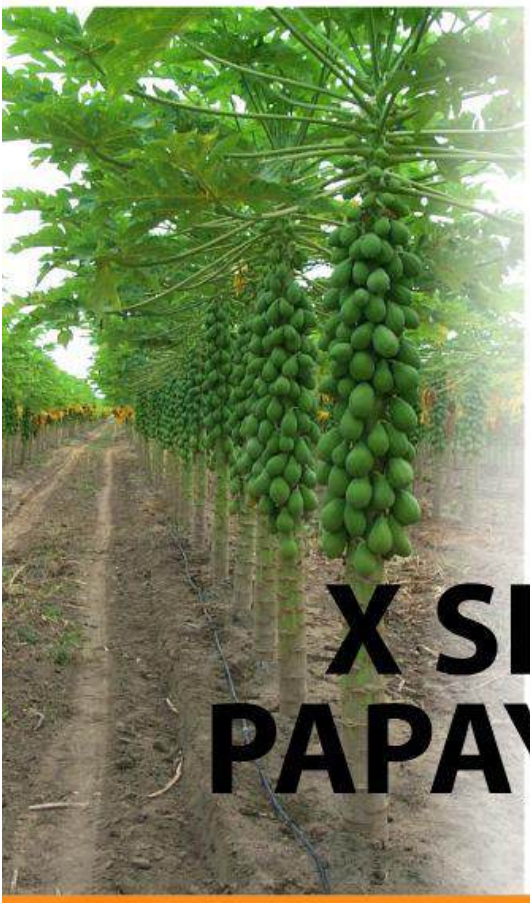
Papaya Brasil





X SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO

Produção Sustentável com Qualidade para o mamão brasileiro

70 anos Incaper

Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

X Simpósio do Papaya Brasileiro

Produção Sustentável com Qualidade para o Mamão Brasileiro

Organizadores
David dos Santos Martins
José Aires Ventura
Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre

Linhares, ES
2026

© 2026 - Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, Brasil
CEP 29052-010 Telefones: (27) 3940-0210
https://incaper.es.gov.br
https://editora.incaper.es.gov.br
coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br

ISBN: 978-85-89274-56-2
DOI: 10.54682/livro.9788589274562
Editor: Incaper
Formato: Digital
Novembro de 2026

Conselho Editorial

Antonio Elias Souza da Silva – Presidente
Agno Tadeu da Silva
André Guarçoni Martins
Fabiana Gomes Ruas
Felipe Lopes Neves
João Vitor Toledo
José Aires Ventura
José Salazar Zanuncio Junior
Mauricio Lima Dan
Michele Ricieri Bastos
Vanessa Alves Justino Borges
Wagner Nunes Rodrigues

Marcos Roberto da Costa – Coordenador Editorial
Thábata Teixeira Brito de Medeiros – Coordenadora Editorial Adjunta

Equipe de Produção

Capa**:** Raiz Comunica
Diagramação: Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre, David dos Santos Martins e Laudeci Maria Maia Bravin
Revisão textual: sob responsabilidade dos autores
Ficha Catalográfica: Merielem Frasson da Silva

Fotos e ilustrações: Crédito e elaboração pelos autores dos respectivos capítulos e trabalhos técnico-científicos.

Todos os direitos reservados nos termos da Lei 9.610/1998, que resguarda os direitos autorais. É proibida a reprodução total ou parcial por qualquer meio ou forma, sem a expressa autorização do Incaper e dos autores.

Incaper - Biblioteca Rui Tendinha
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

634.651 S612 Simpósio do Papaya Brasileiro / (10. : 2026 : Linhares, ES).
Papaya Brasil : produção sustentável com qualidade para o mamão brasileiro. Anais ... / organizadores, David dos Santos Martins, José Aires Ventura e Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre. – Linhares, ES : Incaper, 2026.
643 p. ; 17.465 MB.

E-book, no formato PDF
ISBN: 978-85-89274-56-2
DOI: 10.54682/livro.9788589274562

1. Fruta tropical. 2. *Carica papaya*. 3. Mamão. 4. Cadeia Produtiva. 5. Pesquisa Agrícola. I. Martins, David dos Santos (org.). II. Ventura, José Aires (org.). III. Vinagre, Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa. IV. Incaper. V. Papaya Brasil.

Ficha catalográfica elaborada por Merielem Frasson da Silva – CRB-6 ES/675

Como citar esta publicação:

MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A; VINAGRE, D. O. V. B. (Org.) SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO: Produção sustentável com qualidade para o mamão brasileiro.10, Linhares, 2026. Vitória-ES: Incaper, Cedagro e Brapex, 2026, 643p. (ISBN: 978-85-89274-56-2; DOI: 10.54682/livro.9788589274562).

REALIZAÇÃO

COMISSÃO ORGANIZADORA

David dos Santos Martins (Presidente)
Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Ailton Bretas
Raiz Comunica

Gilmar Gusmão Dadalto
Cedagro - Centro de Desenvolvimento do Agronegócio

José Aires Ventura
Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

José Roberto Macedo Fontes
Brapex - Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya

José Roberto Silva Hernandes
SEEA - Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos

José Wallace de Tassis
Cedagro - Centro de Desenvolvimento do Agronegócio

Lucas Fagundes da Silva
Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Patrícia Machado Bueno Fernandes
Ufes – Universidade Federal do Espírito Santo

Roberta Inácio da Silva
Cedagro - Centro de Desenvolvimento do Agronegócio

COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

José Aires Ventura (Coordenador)
D.Sc. Fitopatologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Antonio Alberto Ribeiro Fernandes
D.Sc. Ciências dos Materiais
UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

André Guarçoni
D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Carla da Silva Dias
D.Sc. Fisiologia Vegetal
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

David dos Santos Martins
D.Sc. Entomologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Diolina Moura Silva
D.Sc. Biologia Molecular
UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

Edileuza Aparecida Vital Galeano
D.Sc. Economia
Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Fabíola Lacerda de Souza Barros
M.Sc. Produção Vegetal / Fruticultura
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Jéssica Broseghini Loss
D.Sc. Produção Vegetal / Agricultura Irrigada
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Henrique Belmonte Petry
D.Sc. Fitotecnia/Fruticultura
SBF – Sociedade Brasileira de Fruticultura
Epagri - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Lucas Fagundes da Silva
D.Sc. Fitopatologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Messias Gonzaga Pereira
Ph.D. Melhoramento Vegetal
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Mirian Piassi
M.Sc. Botânica / Cultura de Tecidos
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Patrícia Machado Bueno Fernandes
D.Sc. Biotecnologia/Bioquímica
UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

Rafael Nunes de Almeida
D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Renan Batista Queiroz
D.Sc. Entomologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Sara Dousseau Arantes
D.Sc. Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Sarah Ola Moreira
D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Silas Pessini Rodrigues
D.Sc. Bioquímica
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Tiago Morales Silva
D.Sc. Entomologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO DOS TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS

Carla da Silva Dias
D.Sc. Fisiologia Vegetal
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

David dos Santos Martins
D.Sc. Entomologia - Incaper

Edileuza Aparecida Vital Galeano
D.Sc. Economia
Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Fabíola Lacerda de Souza Barros
M.Sc. Fitotecnia/Fruticultura - Incaper

José Aires Ventura
D.Sc. Fitopatologia – Incaper

Lucas Fagundes da Silva
D.Sc. Fitopatologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Mirian Piassi
M.Sc. Botânica / Cultura de Tecidos
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Sarah Ola Moreira
D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas – Incaper

Tiago Morales Silva
D.Sc. Entomologia
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

NOTA: A Comissão de Avaliação de Trabalhos Técnicos-Científicos do Papaya Brasil 2026 avaliou o mérito e a pertinência dos temas das palestras da Seção 1 e dos trabalhos científicos apresentados na forma de resumos expandidos da Seçaõ 2. A consistência das informações técnico-científicas, a fundamentação das afirmações, a coerência entre os resultados e as conclusões, a qualidade textual e a correção gramatical, ortográfica e terminológica são de inteira responsabilidades dos autores. Também lhes cabem a originalidade dos trabalhos, a adequada atribuição de autoria, a correta citação das fontes e o cumprimento das exigências éticas e legais aplicáveis.

AGRADECIMENTOS

Às instituições realizadoras do X Simpósio do Papaya Brasileiro – Papaya Brasil 2026: Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (Cedragro), Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex) e Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Às instituições e empresas apoiadoras e patrocinadoras do evento que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do evento e publicação do livro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), à Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag-ES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas, apoio aos projetos de pesquisa e organização do evento; e a todos que contribuíram e compreenderam a importância da cultura do mamoeiro para o Brasil.

APRESENTAÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos maiores produtores e exportadores de mamão do mundo. Essa fruta é cultivada em praticamente todos os estados brasileiros, sendo o Espírito Santo e a Bahia os principais polos de produção. O mamão é a principal fruta de exportação do Espírito Santo, que se destaca como o maior exportador e um dos principais produtores do país.

Apesar de todo esse referencial positivo, é necessário continuar investindo em pesquisas, sobretudo, em manejo cultural, uso da água, nutrição, melhoramento genético, fitossanidade, entre outros. Esses fatores influenciam diretamente a produtividade e a qualidade da fruta, especialmente ao se considerar a demanda crescente por sistemas produtivos sustentáveis.

O conhecimento para aumentar a produtividade das lavouras, melhorar a qualidade e a conservação dos frutos, além de garantir a segurança do alimento, é gerado nas diversas instituições de Ensino, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, que deve ser difundido no meio científico e transferido para o setor produtivo e de comercialização/exportação para ser incorporado às Boas Práticas Agrícolas (BPAs) utilizadas na produção e na pós-colheita do mamão.

O Papaya Brasil – Simpósio do Papaya Brasileiro – é o principal fórum de atualização e intercâmbio técnico-científico que reúne os agentes da cadeia produtiva do mamão, representados pelas instituições de Ensino, Pesquisa, Extensão e segmentos da produção, comercialização e da exportação do mamão. O principal objetivo desse evento é promover a troca de conhecimentos científicos, tecnológicos e de mercado entre todos os integrantes da cadeia do agronegócio dessa fruta.

O Papaya Brasil 2026, em sua décima edição, foi organizado e realizado pelo Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (Cedagro) e pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em conjunto com a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex), Sociedade Brasileira de Fruticultura (SBF) e outros parceiros. Foi realizado de 10 a 13 de novembro de 2026, na cidade de Linhares-ES, cujo município é um dos integrantes do maior polo de produção e exportação de mamão no Brasil. O simpósio tem como tema central a "Produção Sustentável com Qualidade para o Mamão Brasileiro" e aborda questões atuais ligadas ao agronegócio do mamão, incluindo a sua comercialização e os fatores que interferem nos processos de produção, colheita e pós-colheita. Também são apresentados os mais recentes resultados de pesquisas científicas com a cultura, obtidos por diversas instituições brasileiras de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Esta publicação sintetiza, com êxito, os esforços despendidos na realização do Papaya Brasil 2026, possibilitando que as informações e os resultados apresentados no simpósio se tornem acessíveis e de fácil consulta para os interessados das instituições de Pesquisa, Extensão e Ensino, bem como para os produtores rurais, os técnicos e os demais integrantes da cadeia produtiva que se dedicam a essa importante fruta no Brasil.

José Aires Ventura
Coordenador da Comissão Técnico-Científica

David dos Santos Martins
Presidente do Papaya Brasil 2026

SUMÁRIO

Seção 1 – temas das palestras 15
Importância da fruticultura brasileira 16
Cenário atual, oportunidades e desafios na fruticultura brasileira no mundo 29
Ações do arranjo produtivo no enfrentamento dos desafios para o mamão brasileiro 33
Melhoramento genético do mamoeiro: avanços das pesquisas na UENF e perspectivas para o desenvolvimento de novas cultivares 58
Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no México e Espanha 92
Carigen no Brasil: genética de mamoeiro aplicada ao desenvolvimento de híbridos superiores 98
Sexagem molecular do mamoeiro no Brasil: quatro anos de validação comercial e impactos na cadeia produtiva 107
Conservação e vitamina C do mamão: um paradoxo metabólico 118
Meleira do mamoeiro: o vírus em um ambiente celular especializado 131
Avaliação da cobertura de gotas em diferentes superfícies do mamoeiro utilizando drone agrícola 140
Biológicos e naturais na cultura do mamoeiro 150
Papaya de alta performance: o impacto dos bioinsumos 156
Indução de resistência em plantas por meio de bioinsumos: mecanismos e aplicação em mamoeiro 173
Carbon Dots como bioestimulantes de nova geração fisiologia vegetal e estratégias para mitigar os impactos das mudanças climáticas no mamoeiro 177
Seção 2 – trabalhos técnico-científicos 182
Biotecnologia 183
Otimização de protocolo para introdução e multiplicação *in vitro* de mamoeiro (*Carica papaya* L.) .. 184
Efeito de nanopartículas de carbono na emergência de plântulas de mamoeiro híbrido ‘Tainung 01’ . 189
Estabelecimento, micropropagação e enraizamento *in vitro* de mamoeiros da cultivar Aliança 193
Desenvolvimento de uma construção CRISPR/CAS9 para tolerância à meleira do mamoeiro e contexto regulatório para plantas editadas 199
Caracterização metabolômica do látex de *Carica papaya* L. por RMN E GC-MS 205
Interações entre *Chlamydomonas reinhardtii* e bactérias promotoras do crescimento vegetal visando o desenvolvimento de inoculantes para *Carica papaya* L. 209
O Brasil estaria preparado para um surto de bacteriose causada por *Erwinia* spp. na cultura do mamoeiro? 213
Fisiologia da produção 219
Variabilidade e complementaridade de FV/FM e PIABS na avaliação fisiológica de mamoeiros em campo 220
Carga viral do complexo PMeV associada à performance fotossintética em mamoeiro ‘Aliança’ 226
Performance fotossintética de mamoeiros ‘Aliança’ e ‘Calimosa’ durante a fase reprodutiva 231
Estabilidade do aparato fotossintético do mamoeiro híbrido UENF/CALIMAN 01 (‘Calimosa’)

durante a fase reprodutiva 237
Alterações na cinética ojip do mamoeiro 'Aliança' entre os estádios vegetativo e reprodutivo 242
Fisiologia da pós-colheita 248
Análise metabolômica comparativa da casca e sementes de mamão (*Carica papaya* L.) orgânico e convencional como ferramenta para valorização de resíduos agroalimentares 249
Armazenamento do mamão em atmosfera controlada dinâmica 253
Efeito do Nitroprussiato de Sódio sobre a perda de massa e firmeza de mamão Havaí durante o armazenamento 258
Efeito da fotocatálise na produção de etileno e no amadurecimento de frutos de mamão armazenados em atmosfera controlada 264
Melhoramento Genético de Plantas 270
Qualidade da extração de dna em folhas de mamoeiro sob diferentes acondicionamentos e tempo de coleta 271
Relação entre características físico-químicas e coloração da polpa em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo Formosa 276
Avaliação de híbridos de mamoeiro obtidos de linhagens genitoras purificadas 282
Caracterização da qualidade de frutos em populações segregantes de mamoeiro do grupo Formosa .. 287
Correlações do diâmetro do caule e da altura de inserção do primeiro fruto com o rendimento de frutos de populações segregantes de mamoeiro do grupo Formosa 293
Dissimilaridade fenotípica de populações segregantes de mamoeiro com base em características de frutos 299
Desempenho e heterose de híbridos Topcross de mamoeiro para massa de frutos e teor de sólidos solúveis 305
Análise de rede de correlações entre caracteres de produtividade e de aspectos físico-químicos de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) 310
Parâmetros genéticos e seleção de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) para tamanho e qualidade de frutos 316
Seleção combinada de famílias superiores de mamoeiro com potencial genético para ganhos em produtividade 321
Morfologia e qualidade de frutos de familias de meios-irmãos oriundos da 'Rubi Incaper 511' comparados ao 'Tainung 01' 328
Comparação entre familias de meios-irmãos oriundos da cultivar Rubi Incaper 511 e 'Tainung 01' para caracteres vegetativos 334
Entomologia 339
Novo registro da cochonilha *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae) em mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Brasil 340
Ocorrência de dípteros em sala de embalagem de mamão (*Carica papaya* L.) em Linhares, estado do Espírito Santo 346
Fitopatologia 351
Bactérias nativas como agentes de biocontrole de *Colletotrichum fructicola* em frutos de mamão 352

Potencial antagonista *in vitro* de bactérias rizosféricas nativas contra *Colletotrichum fructicola* agente da antracnose do mamão 357

Primeiro relato de *Carica papaya* L. como "hospedeiro alternativo" de Cowpea Mild Mottle Virus no Brasil 364

Validação de escala de severidade em genótipos contrastantes quanto à resistência ao *Papaya ringspot virus*-P em mamoeiro 369

Repetibilidade da avaliação da severidade da mancha anelar em mamoeiro: determinação do número ideal de avaliações 374

Comparação de métodos de inoculação do *Papaya Ringspot Virus* (PRSV-P) em mamoeiro 379

prevalência do *Papaya Ringspot Virus* (PRSV-P) e do complexo viral da meleira (PMeV/PMeV2) em pomares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Espírito Santo 385

Complexidade proteica do microambiente associado ao complexo PMeV/PMeV2 390

Imunolocalização de componentes associados ao complexo PMeV/PMeV2 no sistema laticífero de *Carica papaya* L. 394

Propagação 397

Qualidade de mudas de mamoeiro 'Aliança' em função de diferentes substratos e doses de *Lithothamnium* sp. 398

Qualidade de mudas de mamoeiro 'Aliança' submetidas a doses de hidrolisado proteico 404

Respostas do sistema radicular de mudas de mamoeiro 'Aliança' a doses de Raizal® 409

Sarcotesta e giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 415

Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. Golden sob efeito de luz permanente 419

Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 423

Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N 427

Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. Formosa 432

Giberelina na germinação de sementes do mamoeiro cv. THB 436

Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. Taiwan 441

Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan com sementes armazenadas por um ano 445

Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 450

Giberelina na produção de raiz em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan 455

Giberelina na produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan 460

Giberelina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos 464

Giberelina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 468

Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 472

Giberelina e citocinina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 475

Giberelina e citocinina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 479
Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 483
Giberelina e citocinina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos 487
Giberelina e citocinina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 491
Giberelina e pulverização de citocinina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 495
Citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 499
Citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2M 503
Citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 508
Citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança com diferentes substâncias húmicas 512
Giberelina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizada com citocinina produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas 516
Citocinina pulverizada na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 520
Citocinina pulverizada na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Aliança com diferentes substâncias húmicas 524
Citocinina pulverizada na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos 528
Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 531
Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos 535
Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N 539
Pseudocaule de bananeira como substrato na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa 543
Húmus no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 548
húmus na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança 552
Resíduo verde misturado ao húmus na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 556
Resíduo verde misturado ao húmus no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 560
Resíduo verde misturado ao húmus na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança 564
Substâncias húmicas na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 568
Substância húmicas na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa 573
Substâncias húmicas na produção de raízes em plântulas de mamoeiro cv. Formosa 577
Substância húmicas no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança 581
Substância húmicas no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. THB 585
Substância húmicas na produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Formosa 589

Substâncias húmicas na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Aliança..... 593
Substâncias húmicas na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. THB 597
Tratamentos térmicos da emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan..... 602
Socioeconomia..... 605
Conjuntura da cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo: produção, inserção nacional e comércio exterior..... 606
Estimativa do valor adicionado do mamão no Espírito Santo - 2015 a 2023..... 610
Exportações de mamão capixaba para os Estados Unidos no contexto das tarifas adicionais de 2025. 615
Outras..... 619
Análise bibliométrica das tendências e redes de colaboração científica aplicada à cultura do mamoeiro..... 620
A ausência de estudos sobre microplásticos em mamão e seus reflexos para a segurança alimentar ... 628
Índice de autores..... 634
Instituições e empresas participantes do Papaya Brasil 2026..... 640

Papaya Brasil

SEÇÃO 1

Temas das Palestras

IMPORTÂNCIA DA FRUTICULTURA BRASILEIRA

Paulo Roberto Coelho Lopes*

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Semiárido. Petrolina, PE; Sociedade Brasileira de Fruticultura (SBF). Jaboticabal, SP. *paulo.roberto@embrapa.br

A produção mundial de frutas registra números crescentes devido ao aumento da demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis. Os maiores produtores globais de frutas seguem sendo a China (29%) e a Índia (12%), ambos com crescimento constante. Países como Brasil, Turquia, México e Indonésia também apresentam avanço gradual, embora em menor escala (Figura 1). Por outro lado, os Estados Unidos e Espanha registram queda na produção, enquanto as Filipinas mantêm níveis estáveis, sem variações relevantes. O resultado em 2024 reforça a liderança da Ásia na produção mundial de frutas. Já na América Latina, observa-se um cenário de estabilidade, com destaque para Brasil e México, embora sem sinais de expansão expressiva.



Figura 1 - Principais produtores mundiais de frutas.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial de frutas, sendo o terceiro maior produtor, atrás apenas da China e da Índia, com aproximadamente 58 milhões de toneladas colhidas em 2024. Apesar do volume expressivo, apenas cerca de 1,3 milhão de toneladas foram exportadas, representando 2,5% da produção total, o que indica grande potencial de crescimento no mercado externo.

A produção mundial de frutas cresceu de 924 milhões de toneladas em 2021 para 952 milhões em 2023, um aumento de aproximadamente 3,0% em dois anos. Em 2024 a produção foi de 968 milhões de

toneladas, indicando a manutenção de um crescimento moderado e contínuo.

A produção de frutas no Brasil registrou um avanço expressivo até o início da década de 2010, com destaque para o período entre 1980 e 2005, quando houve uma aceleração quase contínua. Nos últimos anos, porém, esse crescimento tem mostrado sinais de estagnação. A área colhida de frutas no Brasil evoluiu de cerca de 1 milhão para pouco mais de 2,5 milhões de hectares, apresentando um crescimento lento e praticamente linear ao longo das décadas. O rendimento (toneladas por hectare) aumentou de forma constante, passando de aproximadamente 12 t/ha em 1974 para cerca de 18 t/ha em 2023. Apesar de algumas oscilações pontuais, observa-se uma tendência de crescimento gradual. Esses dados indicam que o Brasil tem conseguido expandir sua produção sem a necessidade de grandes aumentos na área cultivada, refletindo ganhos significativos em eficiência e produtividade no setor de frutas.

Enquanto líderes tradicionais em produção de frutas como Espanha, Holanda e Equador enfrentaram quedas expressivas em seus volumes exportados, países como a Guatemala — e, em menor grau, a África do Sul — conseguiram ampliar sua participação relativa, indicando uma reconfiguração nas posições dos exportadores no mercado global. O comércio mundial de frutas apresentou uma leve queda em 2022, mas o mercado se recuperou em 2023. A Espanha mantém a liderança nas exportações, embora sem crescimento expressivo no período. Por outro lado, a América Latina, especialmente Peru, Chile e México, destacou-se com crescimentos significativos tanto em valor quanto em participação de mercado. O Peru, em particular, registrou um aumento de 27%, elevando sua fatia de 2,6% para 3,1%. Já a China sofreu a maior retração, reduzindo sua participação de 7,9% para 6,6%. Em 2024 o mercado global de frutas continuou crescendo, porém em ritmo mais moderado. China, Holanda e Espanha devem retomar o crescimento, reafirmando a estabilidade entre os principais exportadores. Em contrapartida, as projeções apontam para uma leve retração nos Estados Unidos, Chile e Itália

PRINCIPAIS REGIÕES PRODUTORAS DE FRUTAS DO BRASIL

A fruticultura brasileira é marcada pela grande diversidade climática e geográfica, permitindo a produção de frutas tropicais e temperadas. Além do volume, a produção tem grande importância econômica, gerando empregos e renda, e muitas frutas são exportadas, principalmente, para países da Europa e América do Norte. A combinação de clima favorável, tecnologia agrícola e políticas públicas contribui para consolidar o Brasil como um dos principais produtores mundiais de frutas.

O Brasil cultiva uma área ao redor de 2,5 milhões de hectares de frutas em todo o seu território. Embora não existam estatísticas oficiais atualizadas e confiáveis, a ABRAFRUTAS estima que sejam aproximadamente 170 mil produtores rurais, majoritariamente médios e pequenos, que comercializam suas frutas no mercado doméstico e, eventualmente, no internacional. É uma cadeia produtiva extremamente complexa: mais de 30 espécies de frutas e 120 distintas variedades, cada uma com um perfil próprio de produção e comercialização. O produto é perecível, não são raras vendas informais fora das centrais de

abastecimento e, praticamente, não há organização da produção do ponto de vista de oferta e demanda (Abrafrutas, 2025).

A Figura 2 mostra o mapa das regiões brasileiras produtoras de frutas e derivados e a distribuição percentual, estimada pela ABRAFRUTAS, das propriedades rurais frutícolas.



Figura 2 - Principais regiões produtoras de frutas e derivados e a distribuição percentual, estimada pela ABRAFRUTAS, nas propriedades rurais frutícolas.

Na região Sul há o predomínio da produção de frutas típicas de climas temperado e subtropical, como maçã, pera uva, pêssego, ameixa e morango. Além dessas frutas já tipicamente produzidas na região, outras espécies, também de clima temperado, estão sendo introduzidas e em expansão, como a amora preta e o mirtilo, muito apreciado por seu sabor exótico, valor econômico elevado e propriedades nutracêuticas. No Rio Grande do Sul, a amoreira-preta tem tido grande aceitação pelos produtores, devido ao baixo custo de produção, facilidade de manejo, rusticidade e pouca utilização de defensivos agrícolas. O estado é também o maior produtor de pêssegos, tanto para consumo *in natura* voltado para o mercado interno quanto para processamento agroindustrial. Já Santa Catarina destaca-se na produção de maçã nas regiões de altitude elevada e banana na zona mais próxima ao litoral e mais quente. Existe também no sul do estado uma relevante produção de frutas cítricas, voltadas majoritariamente para comercialização no mercado interno.

A Região Sudeste permite a coexistência de muitas frutas como: abacate, manga, goiaba, mamão, caqui, pinha, uva, pitaia, com destaque para as frutas cítricas, entre elas, o limão Tahiti e laranjas para mesa e industrialização. A região está entre as maiores produtoras de frutas, graças à grande produção de laranjas no estado de São Paulo, notadamente para a produção de suco concentrado e congelado. Existem também polos

de produção de bananas no Vale do Ribeira-SP e, em Minas Gerais, nos municípios de em Delfinópolis e Região Janaúba e do Jaíba.

Ainda no Sudeste, cabe destacar o crescimento da produção e exportações de frutas no Espírito Santo. O aumento da demanda externa foi um dos fatores que levaram o Espírito Santo a ampliar em 30% sua fruticultura nos últimos anos. Sua principal produção é de mamão papaya.

Outro destaque é o abacate que, através da variedade *Hass* (avocado), tem conquistado os paladares no mundo todo e é a grande fruta do momento no aspecto de demanda. O Brasil ampliou sua produção de abacate nos últimos anos, principalmente o *Hass* (SP e MG), em função dessa demanda aquecida e o desejo dos produtores em tornar o Brasil um grande fornecedor dessa fruta para o mundo no médio prazo. Os novos pomares entraram em produção em 2024 e as exportações são direcionadas, principalmente, para a Europa, Chile e, recentemente, Índia que concedeu acesso ao seu mercado para o produto brasileiro em 2024.

O investimento em sistemas de irrigação de alta tecnologia trouxe o desenvolvimento e ampliação de áreas de cultivo de frutas no Nordeste, em regiões do semiárido, tornando possível a produção de diversas frutas durante o ano todo, com destaque para a manga, uva, melão, melancia e banana. Acredita-se que a região Nordeste, mais especificamente o Rio Grande do Norte e o Ceará, tem grande potencial para aumentar a produção frutícola para exportação, em função das vantagens logísticas pela proximidade de tradicionais países consumidores das frutas brasileiras e seus derivados no Hemisfério Norte, principalmente na Europa e nos Estados Unidos. Essas vantagens logísticas conferem uma grande vantagem competitiva nesses estados, já que os custos do frete dobraram no pós-pandemia e permanecem muito acima dos padrões do passado recente. A região vem, continuamente, testando e lançando novas cultivares de frutas tropicais e mesmo subtropicais, graças ao eficiente trabalho de introdução de variedades da Embrapa Semiárido com base e estação de pesquisa em Petrolina-PE.

No Centro Oeste, os produtores vêm investindo na fruticultura com a produção de abacaxi, melancia, cítricos, maracujá e, mais recentemente, no mirtilo. Os frutos das espécies nativas do cerrado oferecem um elevado valor nutricional, além de atrativos sensoriais como, cor, sabor e aroma peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente. Os mercados-alvo, contudo, são os grandes centros populacionais e as cidades grandes e de médio porte do Centro-Oeste. O fato novo é que, a partir de 2024, muitos produtores de laranja migraram parte da produção do Sudeste para o Centro-Oeste, na tentativa de mitigar os riscos com a doença conhecida como *"greening"* e que causou severas perdas na produtividade dos pomares, principalmente em São Paulo.

A Região Norte, de clima tropical úmido, permite o desenvolvimento de uma fruticultura típica da região Amazônica, com muitos tipos de frutas ainda pouco conhecidas e consumidas no Brasil e no exterior. Contrapondo à essa realidade, a região tem como destaque o açaí que, além de muito difundido de norte a sul do Brasil, tem a demanda aumentada significativamente no mercado internacional, inclusive no Oriente Médio e Ásia. O setor está em processo acelerado de organização setorial com a criação da Associação Brasileira dos Produtores de Açaí e a criação da marca coletiva do açaí brasileiro em 2021 e com o apoio do projeto setorial

Frutas do Brasil. Vale destacar o crescimento da produção de cítricos no Pará, com excelente qualidade e logística privilegiada para o Hemisfério Norte. O Norte do Brasil tem grande potencial exportador na visão de médio e longo prazos e ações estruturantes são fundamentais para que isso se torne realidade.

Essa diversidade de espécies produzidas nas distintas regiões geográficas do Brasil permite um calendário de produção e oferta extremamente amplo, para inúmeras espécies de frutas, fator este de alta competitividade pois atende às expectativas de distribuidores e varejistas que querem sempre frutas disponíveis para seus clientes (Abrafrutas, 2025). A Figura 3 permite a visualização dessa vantagem competitiva.



Figura 3 - Calendário de produção das principais frutas produzidas no Brasil.

O calendário brasileiro de produção de frutas e seus derivados têm sido fundamental para que a balança comercial do Brasil seja positiva, conforme demonstrado na Figura 3, e é a base da segurança de expansão das exportações planejadas para o futuro. Os importadores têm a regularidade de suprimento como uma das mais importantes características de um bom fornecedor. Melhor exemplo é o consumo de manga na Europa que evoluiu de 2014 para 2022, segundo informações e pesquisa da *Freshfel,* que é a entidade representativa do setor de frutas, verduras e legumes na Europa, de fruta exótica para fruta de consumo semanal na mesa dos europeus.

PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE FRUTAS NO BRASIL

Na safra 2023/24, São Paulo e Bahia juntas produziram 33,33 milhões de toneladas de frutas, representando 73,63% do total nacional. O valor de produção dessas frutas atingiu R$ 54 bilhões, equivalente a quase 67% do valor de produção nacional, em uma área de 2,5 milhões de hectares. O Brasil ocupa a 3ª posição mundial na produção de frutas, com cerca de 58 milhões de toneladas, destacando-se em frutas tropicais e cítricas (Fao, https//www.fao.org/faostat/em#data/RCL).

A Região Nordeste, mediante a participação dos seus polos irrigados, é a principal região produtora e exportadora de frutas tropicais frescas do Brasil. Possui mais de 300.000 ha irrigados localizados nos seus diversos estados e no norte de Minas Gerais, cultivando, principalmente, mangueiras, videiras, bananeiras, cajueiros, cítricos, coqueiros, goiabeiras, aceroleiras, meloeiros, melancieiras, dentre outras.

Dentre os polos irrigados da Região Nordeste, o Submédio do Vale do São Francisco se destaca na produção de mangas e uvas para exportação, produzindo 87% e 99%, respectivamente, das mangas e uvas exportadas pelo Brasil. Possui mais de 120.000 ha irrigados, sendo a mangueira com cerca de 55.000 ha e a videira com 18.000 ha.

A fruticultura representa um segmento relevante da produção agrícola brasileira, com exportações anuais médias em torno de 1,3 milhões de toneladas e receita média ao redor de USD 1,3 bilhões (dados do Agrostat – MAP, 2024 /2025). O Brasil, segundo a FAO, é o terceiro maior produtor mundial de frutas com produção média anual ao redor de 58 milhões de toneladas, superado apenas por China e Índia. Com esse potencial e escala de produção, o setor tem uma grande oportunidade de alavancar exportações pois, é protagonista na produção mundial de frutas, produz o ano todo a maioria das espécies, existe demanda crescente pelas frutas e derivados do Brasil e as exportações têm mostrado uma tendência de crescimento (Figura 4).

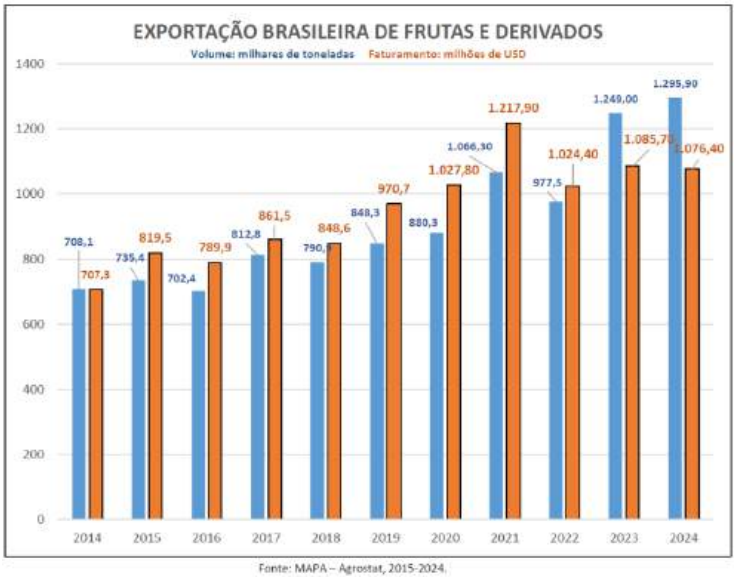
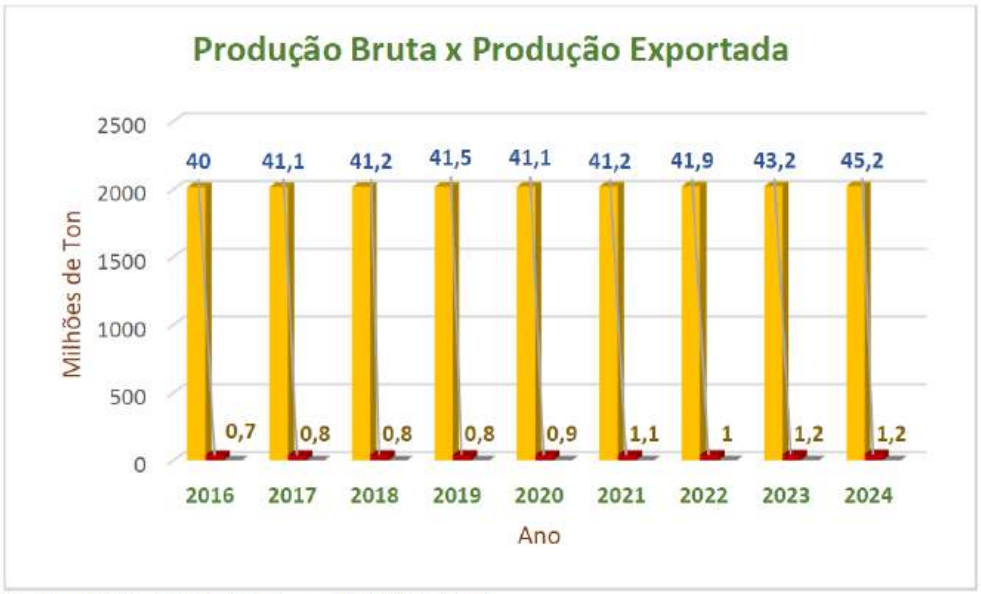


Figura 4 - Evolução das exportações de frutas e derivados no Brasil.

Apesar da produção bruta de frutas do Brasil ser muito grande, o percentual exportado é muito pequeno. A Figura 5 mostra a relação da produção bruta de frutas com a produção exportadas.



Fontes: IBGE, FAOSTAT, Agrostat, 2016-2024

Figura 5 - Produção bruta e produção exportada de frutas do Brasil.

Os principais destinos das frutas frescas brasileiras são União Europeia, principal comprador, absorvendo cerca de 62,0 % do total. O Reino Unido é outro mercado importante, absorvendo cerca de 16,0% das uvas e mangas exportadas. Na América do Sul a Argentina é o principal importador, com uma participação de cerca de 7,0%. As principais frutas frescas exportadas pelo Brasil são manga, melão, limão e lima, uva, melancia e mamão, respectivamente, que lideram o faturamento e o volume dos embarques do setor.

A manga é a campeã absoluta das exportações, com demanda crescente na Europa e Estados Unidos. Ocupa a primeira posição das exportações de frutas frescas do Brasil. A área cultivada de manga no Brasil é de cerca de 86.700 ha, liderada pela Região Nordeste com 65.600 ha, localizadas, principalmente, nos estados da Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará. A produção nacional é de 1,68 milhões de toneladas, dos quais 1,37 milhões foram produzidos na Região Nordeste. Em 2025 o Brasil exportou cerca de 291.000 toneladas, onde o Vale do São Francisco foi o responsável por 87% da exportação nocional. Em 2025 foi registrado um faturamento recorde o que resultou em um valor FOB de U$ 335 milhões, com tendencia de aumento em 2026. Os principais destinos das mangas brasileiras são a União Europeia (78,8 %), seguida do Estados Unidos (14,0%) e outros países (15,0%).

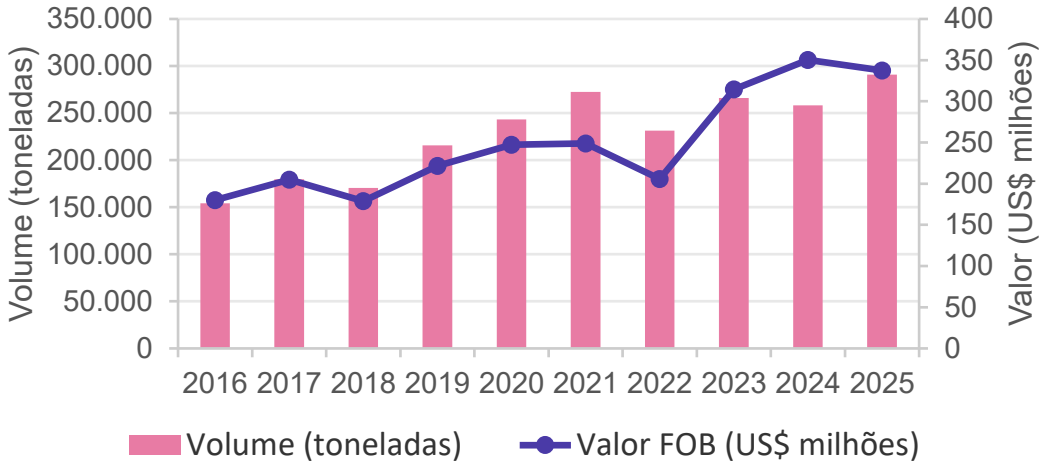


Figura 6 - Histórico do volume exportado e valor FOB de mangas do Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat — Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

O melão ocupa a segunda posição em faturamento e destaca-se pelo alto volume exportado. A área cultivada de melão no Brasil é de cerca de 26.800 ha, liderada pela Região Nordeste com 25.800 ha, localizadas, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. A produção nacional é de 705.800 mil toneladas, dos quais exportou 283.000 toneladas, registrando uma alta de 16,0% do volume exportado. Em 2025 foi registrado um faturamento recorde o que resultou em um valor FOB de U$ 231 milhões, com uma alta de 25% em relação ao ano anterior (Figura 7). O Brasil é o quinto maior exportador mundial, exportando cerca de 9,0% da sua produção nacional. Apenas o Vale do São Francisco foi responsável por 92,0% das exportações brasileiras de melão em 2025. Os principais destinos dos melões brasileiros são Países Baixo (41,9%), Espanha (27,0%) e o Reino Unido.

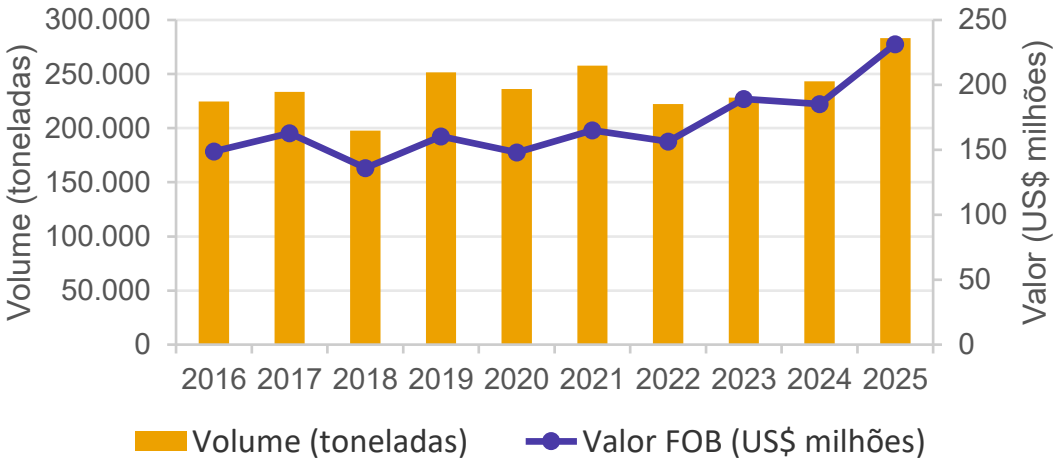


Figura 7 - Histórico do volume e valor exportado de melões no Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat - Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

O limão e lima é a terceira fruta exportada pelo Brasil, com uma demanda crescente no mercado internacional. A área cultivada de limão no Brasil é de cerca de 72.000 ha, liderada pela Região Sudeste com 48.600 ha. A produção nacional é de 1,8 milhões de toneladas, dos quais exporta em torno de 200.000 toneladas, o que resultou em um valor FOB de U$ 199 milhões (Figura 8). O Brasil é o quinto maior exportador mundial, exportando cerca de 9,0% da sua produção nacional. Os principais destinos dos limões brasileiros são a União Europeia (62,0%) e o Reino Unido (16,0%).

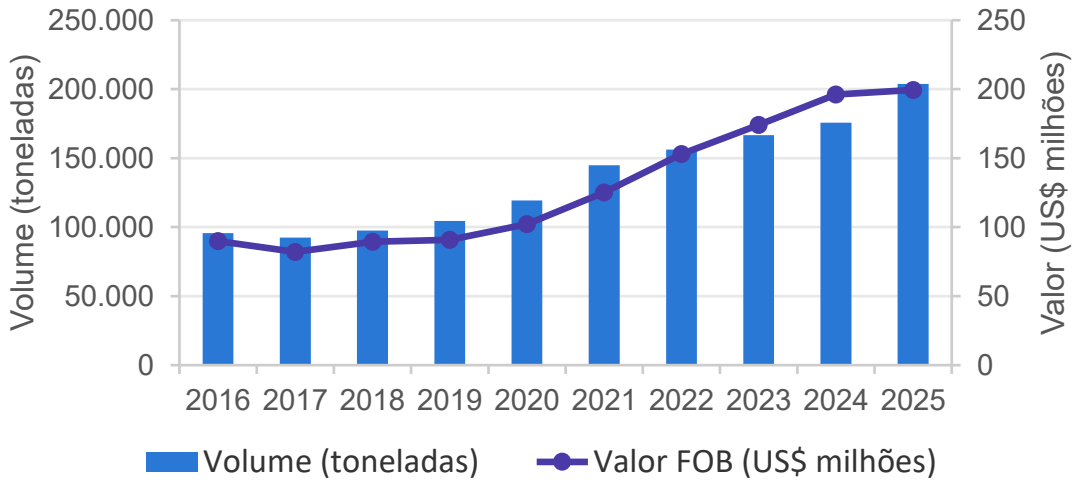


Figura 8 - Histórico do volume e valor exportado de limões no Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat — Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

A área cultivada de uvas no Brasil é de cerca de 84.000 ha, liderada pela Região Sul com 54.500 ha, destinados à produção de vinhos e sucos. As uvas brasileiras têm apresentado uma demanda crescente no mercado internacional, principalmente as uvas sem sementes produzidas no Vale do São Francisco. A área cultivada de uvas de mesa no Vale do Vale do São Francisco é de 18.000 ha, localizadas nos estados de Pernambuco e Bahia, responsável por 98,0% das uvas exportadas pelo Brasil. A uva ocupa a quarta posição das exportações de frutas frescas do Brasil, exportando em 2025 cerca de 145.000 toneladas, resultando em um valor FOB de 158.000 milhões de dólares (Figura 9). Os principais destinos das uvas brasileiras em 2025 foram Holanda (44,97%), Reino Unido (23,94%), Argentina (13,0%), e Estados Unidos (6,7 %), devido a questões tarifárias.

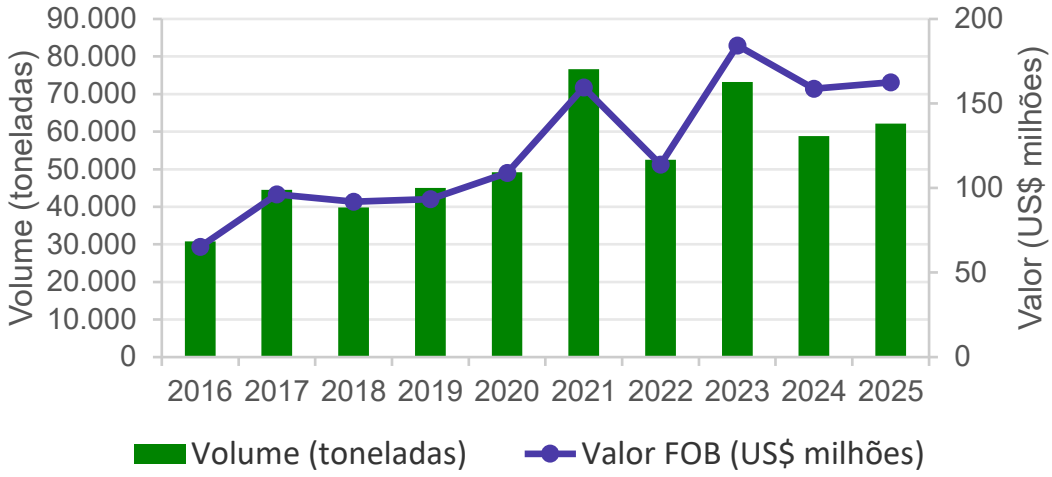


Figura 9 - Histórico do valor exportado de uvas de mesa do Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat — Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

A melancia apresenta um avanço expressivo nos últimos anos, consolidando a força do cultivo na região Nordeste. A melancia é a quinta fruta mais exportada pelo Brasil, destacando-se pelo alto volume exportado. A área cultivada de melancia no Brasil é de cerca de 94.000 ha, liderada pela Região Nordeste com 39.900 ha, localizadas, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco. A produção nacional em 2025 foi de 2,25 milhões de toneladas, dos quais exportou 185.000 toneladas, registrando uma alta de 44,3% do volume exportado, quando foi registrado um faturamento recorde, que resultou em um valor FOB de U$ 115,6 milhões (Figura 10), com uma alta de 60,5%% em relação ao ano anterior. Os principais destinos das melancias brasileiras são União Europeia, com destaque histórico e contínuo para a Holanda e Reino Unido (95,0%).

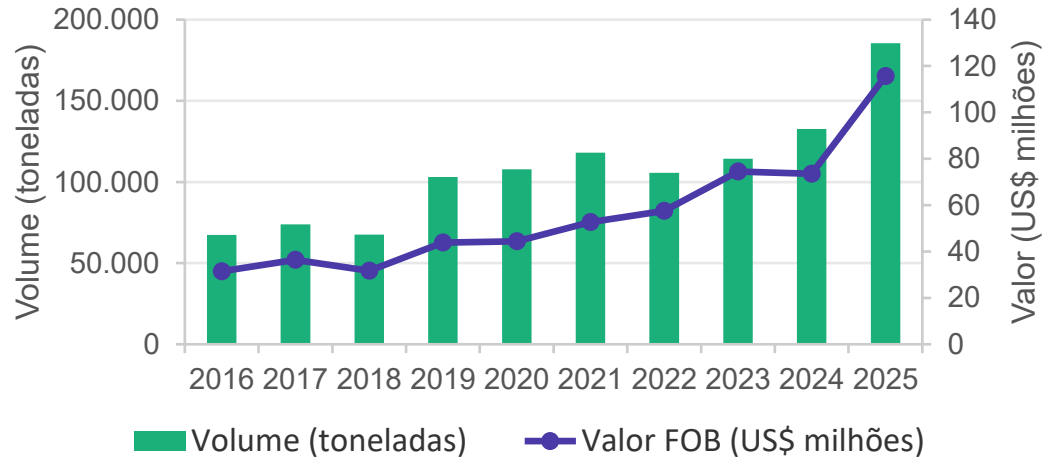


Figura 10 - Histórico do volume e valor exportado de melancia no Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat — Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

O mamão apresenta avanço constante na demanda, principalmente para a União Europeia. O mamão ocupa a sexta posição em faturamento e destaca-se pelo alto volume exportado. A área cultivada de mamão no Brasil é de cerca de 26.800 ha, liderada pela Região Nordeste com 25.800 ha, localizadas, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. A produção nacional é de 705.800 mil toneladas, dos quais exportou 49.100 toneladas, registrando uma alta de 16,4% do volume exportado. O Espirito Santo é o principal exportador de mamão, seguido pela Bahia e Rio Grande do Norte. Em 2025 foi registrado um faturamento recorde nas exportações de mamão, o que resultou em um valor FOB de U$ 56,9 milhões, em relação ao ano anterior. (Figura 11). O Brasil é o segundo maior exportador mundial, de mamão, superado pelo México. Os principais destinos dos mamões brasileiros são União Europeia, Estados Unidos, Argentina e Canadá.

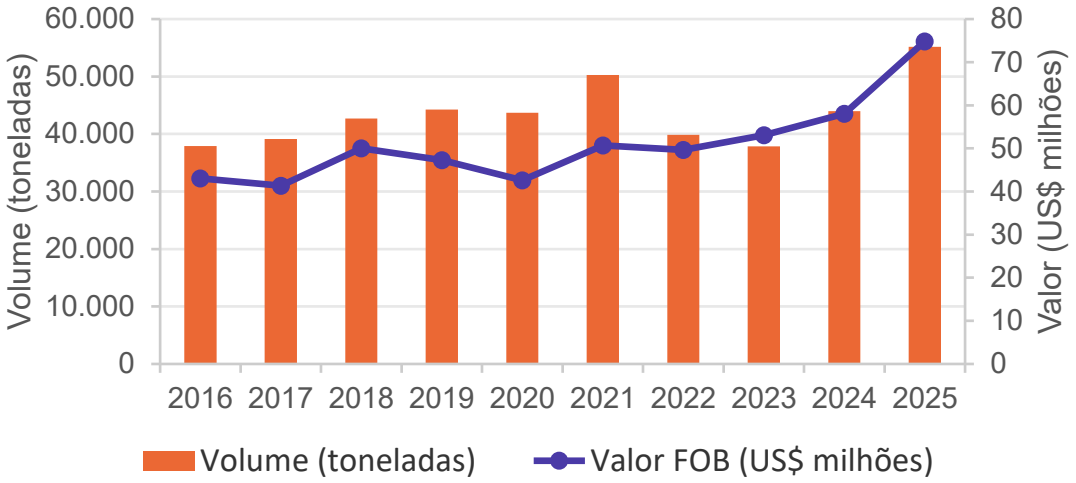


Figura 11 - Histórico do volume e valor exportado de mamão no Brasil.
Fonte: MDIC/Comex Stat — Exportações brasileiras (Valor FOB e Quilograma Líquido), reprocessado pelo Observatório de Mercado da Embrapa (2026).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos países do mundo reúnem simultaneamente características tão favoráveis ao desenvolvimento de determinadas atividades agroindustriais quanto o Brasil. A possibilidade de produção em diferentes épocas do calendário agrícola, a disponibilidade de extensas áreas aptas à incorporação de sistemas produtivos de maior intensidade tecnológica, disponibilidade de água e a posição geográfica relativamente favorável em relação aos mercados internacionais constituem vantagens competitivas de grande relevância.

Ao longo das últimas décadas, o Brasil construiu uma rede de organizações especializadas capazes de apoiar praticamente todas as etapas de uma estratégia de desenvolvimento agrícola produtivo e eficiente. Instituições de pesquisa desenvolveram tecnologias adaptadas às diversas condições edafoclimáticas. Organizações de assistência técnica acumularam experiência na difusão dessas tecnologias. Instituições financeiras estruturaram instrumentos específicos de crédito rural. Organismos de promoção comercial abriram

caminhos para a inserção internacional de produtos brasileiros. Universidades e centros tecnológicos formaram recursos humanos e ampliaram significativamente a capacidade nacional de inovação. Poucos países em desenvolvimento dispõem de uma combinação tão abrangente de recursos naturais, conhecimento científico e capacidade institucional voltada para o desenvolvimento agrícola.

A fruticultura brasileira é marcada pela grande diversidade climática e geográfica, permitindo a produção de frutas tropicais e temperadas. Além do volume, a produção tem grande importância econômica, gerando empregos e renda, e muitas frutas são exportadas, principalmente, para países da Europa e América do Norte. A combinação de clima favorável, tecnologia agrícola e políticas públicas contribui para consolidar o Brasil como um dos principais produtores mundiais de frutas.

A grande extensão territorial do Brasil, com 6 biomas e as mais diferentes condições climáticas, permite que o país produza uma grande diversidade de frutas ao longo do ano. Cada região do território nacional acaba se destacando na produção de determinadas frutas devido às condições climáticas mais propícias para uma ou outra espécie. A grande extensão territorial, atrelada à diversidade edafoclimática, são muito propícias para a expansão da fruticultura brasileira, com potencial de se tornar referência mundial na produção de frutas e derivados.

O Brasil consolidou-se, nas últimas décadas, como uma das maiores potências agrícolas do planeta. O país ocupa posição de destaque na produção mundial de diversos alimentos e possui reconhecida competência científica na geração de tecnologias adaptadas às condições tropicais, subtropicais e temperada. Na fruticultura, entretanto, observa-se uma realidade particularmente interessante.

O país figura entre os maiores produtores mundiais de frutas, mas sua participação no comércio internacional permanece significativamente inferior ao potencial de sua capacidade produtiva. A maior parte da produção nacional destina-se ao mercado interno, revelando a existência de um espaço expressivo para expansão da presença brasileira nos mercados internacionais. Esse contraste revela uma oportunidade estratégica.

Enquanto diversos segmentos do agronegócio brasileiro já alcançaram elevado grau de maturidade exportadora, a fruticultura ainda apresenta um amplo horizonte de crescimento, tanto no mercado doméstico quanto no comércio internacional. Mais do que aumentar volumes produzidos, abre-se a possibilidade de ampliar competitividade, agregar valor, diversificar mercados e fortalecer cadeias produtivas intensivas em emprego e renda.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Proposta para o convênio na modalidade de projeto setorial**: frutas do Brasil 2026-2027. Brasília, DF, 2025. 59 p.

ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Painéis de produção**. Disponível em: https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/. Acesso em: 16 out. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Comex Stat**. Brasília, DF, 2026.

Disponível em: https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em: 22 set. 2026.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP. **PIB do agronegócio**: PIB do agronegócio sofre queda no primeiro trimestre devido aos baixos preços agropecuários. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 16 out. 2024.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP. **Índices:** exportação do agronegócio - janeiro a dezembro de 2023. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Export_jan-dez_2023(2).pdf. Acesso em: 16 out. 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat, 2024.** Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 20 out. 2024.

LIMA, J.R.F. **Atualização dos dados sobre a cultura da manga com dados da PAM/IBGE até 2024**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2025. 19 p. il. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355026/60636822/Boletim+Manga+-+PAM+2024/ae831b0a-98e1-c106-26c3-1372d5d2a933. Acesso em: 22 set. 2026.

CENÁRIO ATUAL, OPORTUNIDADES E DESAFIOS NA FRUTICULTURA BRASILEIRA NO MUNDO

Jorge de Souza*

Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS). Brasília, DF.
*jorge.souza@frutasdobrasil.org

A fruticultura brasileira ocupa a terceira colocação global em volume produzido, sendo superada somente por China e Índia, respectivamente.

Diferentemente de outras cadeias produtivas do agronegócio brasileiro, o setor exporta ainda muito pouco em relação ao potencial da fruticultura nacional, atingindo a marca média de 1,3 milhões de toneladas anualmente, ou 2% do volume total produzido.

Por outro lado, esse setor que planta 2,5 milhões de hectares e gera mais de 5,0 milhões de empregos diretos e indiretos, é responsável pelo desenvolvimento regional dos polos de produção e compensa o pequeno volume ainda exportado com a comercialização intensa das frutas e derivados no mercado doméstico, permitindo assim atender as demandas da população brasileira e gerar os recursos necessários para a sua sobrevivência.

Embora esse modelo de negócio mostre-se viável economicamente, um melhor balanço entre o volume destinado ao mercado interno versus o volume destinado ao mercado internacional, proporcionaria um valor médio de faturamento gerado que poderia ser maior do que aquele conseguido nesta configuração atual.

Como melhorar então, de forma prática, esse balanço de maximizar as oportunidades no Brasil e no mercado global?

A organização setorial é a base do crescimento das exportações, uma vez que no negócio de frutas frescas, é o agricultor que exporta, diferentemente de outras cadeias que tem um elo agroindustrial que concentra essas operações, tais como os frigoríficos nas carnes, os grandes *traders* nos grãos, as empresas se suco de laranja concentrado e congelado, entre outras. Com esse desenho, organizar milhares e milhares de pequenos e médios produtores rurais em todo o Brasil, requer mais dedicação e profissionalismo da governança do setor, além de um processo desenhado para atingir os objetivos de aumento das exportações atrelado à melhores margens e ganhos finais nas operações. O setor frutícola não tem ainda a consolidação das operações em poucos e organizados elos, que facilitam as negociações pelo poder de escala e preparo de seus times comerciais, à exemplo de outras cadeias do agro já mencionadas.

Observa-se já um resultado prático deste trabalho de melhorar a organização setorial, desenvolvido pela Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados – ABRAFRUTAS, fundada

em 2014, com os resultados da Balança Comercial do setor, antes e depois da fundação da entidade (Figura 1). Os resultados são crescentes e promissores no aumento das exportações.

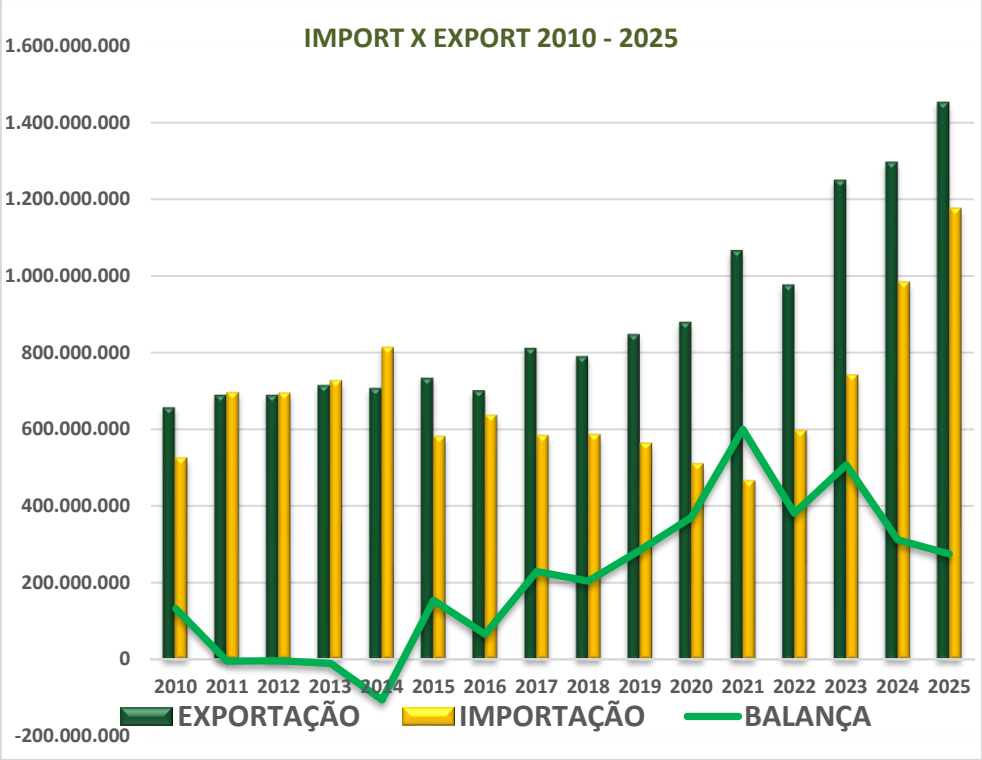


Figura 1 - Exportações, importações e balança comercial do setor frutícola brasileiro no período de 2010 a 2025.
Fonte: AGROSTAT, 2025.

Outros dados relevantes ainda no contexto do mercado internacional, são as projeções de faturamento da fruticultura global que cresce e projeta para 2030 o valor de 730 bilhões de dólares, tendo a Ásia como a região que oferece mais oportunidades de crescimento, considerando os dados de desempenho das economias dos países asiáticos, associados ao grande contingente populacional dessas regiões no mundo e seu potencial consumidor de alimentos saudáveis, como as frutas e seus derivados.

Os dados das exportações de mamão em volume e valor mostram como está o desempenho do setor e as oportunidades e desafios que esse mercado oferece. Vale lembrar que o grande volume de mamão comercializado pelos produtores é focado no mercado interno brasileiro.

Após essa rápida análise da fruticultura brasileira e do desempenho do setor do mamão especificamente, torna-se importante um olhar crítico na conjuntura global do mercado de frutas, cenário este em constante e rápidas mudanças, principalmente nos últimos dois anos, e que afeta os resultados dos negócios aqui no Brasil.

Primeiramente, é importante entender que o comércio global sofre uma crise de credibilidade e falta

confiança para os investidores e empresários na alimentação de um ciclo virtuoso de crescimento. As recentes disputas comerciais entre gigantes como EUA, China, países da União Europeia, do Reino Unido, Canadá, Brasil e outros, criaram um clima de negociações hostis e rompimento ou recrudescimento nas relações comerciais desses países e/ou blocos, com aumento de tarifas e outras ações que, somados aos problemas geopolíticos e militares na região do Golfo e no Leste Europeu, acabaram por afetar significativamente as economias desses países e romperam cadeias de suprimentos importantes para a manutenção da saúde financeira do mundo.

Essas medidas contribuíram para o caos logístico, com aumentos de custos e problemas com rotas e tempo de trânsito das mercadorias, principalmente no modal marítimo, que é o mais barato, mais utilizado e contribui para a estabilização dos preços dos produtos, inclusive frutas, e desaceleração da inflação mundial.

Com a perda de confiança entre os então "parceiros comerciais" e com os efeitos do caos logístico, foi inevitável um aumento significativo nos custos de produção em todo o mundo que, combinado com a desconfiança do consumidor nas economias, reduziram drasticamente as margens do negócio frutícola, terminando em um cenário global de preocupação e muitas dúvidas sobre o futuro. O sentimento protecionista aumentou e os negócios ficaram mais complexos e menos rentáveis no mundo das frutas e também nos negócios em geral.

O que fazer então para minimizar os riscos e na retomada dos investimentos?

Um bom caminho é analisar as oportunidades e os desafios para os fruticultores, onde estão incluídos os produtores de mamão, tanto no mercado doméstico quanto no internacional. Entendendo os prós e os contras, facilita a definição de metas e ações para mitigar os riscos deste cenário complicado que se apresenta hoje.

Seguem os pontos principais da análise:

PRINCIPAIS OPORTUNIDADES:

Mercado interno:

- Aumentar o consumo de mamão, considerado ainda abaixo do seu potencial;
- desenvolver produtos derivados e de conveniência;
- investir em comunicação e estratégias para estimular o consumo;
- estimular uma participação mais empreendedora dos produtores na cadeia.

Mercado internacional:

- Explorar mais e melhor o diferencial de sabor do mamão brasileiro;
- ampliar a presença em mercados além do eixo Europa–Reino Unido;
- desenvolver produtos mais adequados para famílias pequenas e consumidores individuais;
- aumentar a participação dos produtores nas exportações por meio de parcerias e ações conjuntas dentro da cadeia produtiva.

PRINCIPAIS DESAFIOS:

No mercado interno, a análise aponta a necessidade de reorganização do setor produtivo, maior alinhamento entre produção, demanda e comercialização, melhoria da infraestrutura logística e evolução da capacidade empreendedora dos produtores. Também destaca a necessidade de uma **governança setorial forte**.

No mercado internacional, os principais desafios são: manter a qualidade da fruta até o consumidor final, superar problemas logísticos e documentais, atender às exigências de segurança dos alimentos e controlar questões relacionadas a pragas quarentenárias. Também é apontada a falta de uma estratégia conjunta do setor para as exportações, evitando especulações e depreciação de preços.

A conclusão resumida da análise é que o fortalecimento do mamão brasileiro depende de união do setor produtivo, organização da produção, articulação com os demais elos da cadeia, profissionalização e postura empreendedora dos principais atores dessa cadeia produtiva. A defesa de uma atuação coletiva para administrar riscos, aproveitar oportunidades e aumentar a competitividade do mamão nos mercados-alvo torna-se crítica para o sucesso do setor.

A análise sugere que o mamão brasileiro possui espaço para crescer tanto no consumo interno quanto nas exportações, mas esse crescimento exige maior organização, inovação, governança e atuação conjunta dos produtores e demais agentes da cadeia. Ações isoladas, focadas somente nos interesses próprios das empresas produtoras, muitas vezes divergentes nas estratégias, somente permitem que outros elos se aproveitem da situação, colocando o futuro dessas empresas e de seus empreendedores em sério risco.

Entender, no “Mapa do Poder Empresarial” como aproveitar a rede de contatos para influenciar mais os tomadores de decisão em favor do setor e de um objetivo único de recuperação das margens, seria medida de fundamental importância. Alinhamento de objetivos, governança forte e ação imediata e forte nesta direção, aumentariam muito as chances de sucesso.

Sem esse alinhamento setorial, a saída seria analisar os negócios, suas projeções e resultados e até “pivotar” a estratégia e o modelo de negócio para outros produtos e/ou áreas da economia.

A realidade pode ser dura, mas vai conduzir para uma expectativa mais adequada de retorno do capital investido para a sobrevivência dos negócios, seus investidores e empresários.

AÇÕES DO ARRANJO PRODUTIVO NO ENFRENTAMENTO DOS DESAFIOS PARA O MAMÃO BRASILEIRO

José Roberto Macedo Fontes[1]*, Valda Ravani[2]

[1]Presidente da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex). Linhares, ES; [2]Coordenadora do Portal Campo Vivo. Linhares, ES. *josermf@hotmail.com

O mamão brasileiro é muito mais do que uma fruta comum à mesa do café da manhã: é um dos pilares da fruticultura tropical brasileira e uma das frutas mais desejadas no mercado internacional. Com uma produção que coloca o Brasil entre os maiores produtores mundiais, o cultivo do mamoeiro desempenha um papel triplo fundamental: impulsiona a economia, promove a fixação do homem no campo e serve como modelo para práticas agrícolas mais equilibradas sustentavelmente.

A produção brasileira de mamão em 2024 totalizou aproximadamente 1,15 milhão de toneladas. Em 2025, o país registrou um crescimento de quase 30% nas exportações e a União Europeia foi o destino principal. Em 2025, o Brasil exportou 55,2 mil toneladas de papaya, trazendo mais de US$ 74,8 milhões para a economia brasileira. O Espírito Santo, mais uma vez, liderou as exportações, com mais de 22 mil toneladas e mais de US$ 32 milhões, com mais de 40% do volume brasileiro exportado.

Essa potência, com crescimento ano após ano, é resultado de diversos fatores como a tecnologia aplicada na produção; proximidade com a ciência também na sanidade das lavouras; ampliação das regiões de produção em diversos territórios; organização da cadeia produtiva e logística; foco também no mercado interno além da exportação; foco nos impactos positivos sobre os aspectos sociais e humanos; pesquisas sobre o consumo da fruta e sobre o futuro da cultura; e certificação em boas práticas agrícolas padrão internacional.

Devido ao seu ciclo de produção contínuo ao longo de todo o ano, o mamão é uma cultura estratégica, ao contrário de outras frutas sazonais, garantindo um fluxo de caixa constante para o produtor e uma oferta estável para o mercado, inclusive de exportação com alto valor agregado, especialmente para a União Europeia e os Estados Unidos.

Essa inserção internacional não apenas gera divisas em dólar para o país, mas, também exige um padrão de qualidade que eleva o nível técnico de toda a cadeia produtiva nacional.

No âmbito social, o setor mamoeiro também se destaca na fruticultura capixaba como uma das maiores geradoras de empregos diretos e indiretos no setor rural. Por ser uma atividade que demanda tratos culturais intensivos e colheita manual delicada, o mamão retém a mão de obra no campo, combatendo o êxodo rural em regiões como o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia.

O dinamismo dessa cadeia produtiva movimenta desde o setor de transportes e embalagens até a pesquisa científica, criando uma rede socioeconômica que sustenta comunidades inteiras e promove o

desenvolvimento regional.

Quanto à sustentabilidade, o setor tem avançado significativamente na implementação de tecnologias que minimizam o impacto ambiental. O uso de sistemas de irrigação localizada (como gotejamento) otimiza o uso da água, enquanto o Manejo Integrado de Pragas (MIP) no alinhamento da Agricultura Regenerativa, não só reduz a dependência da utilização de químicos, como também reduz sensivelmente os custos de produção.



Figura 1 - Lavoura de mamão Hawai.
Fonte: Foto Acervo da Brapex.

Além disso, a fruta é um exemplo de aproveitamento integral e saudabilidade, sendo uma fonte riquíssima de vitaminas e fibras, o que contribui para a segurança alimentar e nutricional da população brasileira.

O mamão brasileiro é um ativo valioso que harmoniza a geração de riqueza com a responsabilidade social e ambiental. Investir no fortalecimento desta cultura é garantir que o Brasil continue liderando a oferta de alimentos saudáveis para o mundo, unindo produtividade, bem-estar humano e preservação dos recursos naturais.

A seguir, apresentaremos uma série de assuntos relacionados às ações desenvolvidas pela Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex) e seus associados. Este material foi aproveitado da série especial de reportagens “Mamão Brasileiro: Produção, Mercado e Futuro”, apresentada pela Brapex, com produção da jornalista Valda Ravani, publicadas no Portal Campo Vivo (www.campovivo.com.br).

Dentre os assuntos abordados estão: tecnologia na produção; ciência e sanidade; produção e território; cadeia produtiva e logística; mercado interno e exportação; impactos sociais e humanos; consumo e futuro da cultura; e certificação e boas práticas agrícolas para exportação.

MAMÃO BRASILEIRO: COM CONSUMO EM ALTA, MAMÃO AVANÇA E BUSCA MAIS ESPAÇO NO MUNDO

O Brasil está entre os maiores consumidores mundiais de mamão, e cerca de 96% das 1,49 milhão de toneladas produzidas em 2025 foram destinadas ao mercado interno e restante ao externo, segundo dados da Embrapa. O consumo de frutas frescas (in natura) tem ganhado cada vez mais espaço, impulsionado por uma crescente preocupação com saúde e nutrição, e o mamão é a quarta fruta mais consumida pelos brasileiros, sua maior produção se concentra no Espírito Santo, na Bahia e no Ceará.



Figura 2 - A UGBP é uma empresa com mais de 20 anos no mercado.
Fonte: Foto acervo Brapex.

Com metade da produção voltada ao mercado brasileiro, a UGBP – criada em 2004 com foco inicial na exportação — vem ampliando sua atuação doméstica por meio da criação de canais estratégicos de distribuição. Em um cenário que exige alto padrão de regularidade, qualidade e segurança dos alimentos, a

empresa fornece frutas para companhias paulistas de alimentação, como Sapore e Sodexo, que atuam principalmente no segmento educacional, atendendo escolas, universidades e outras instituições.

Essas empresas operam com alimentação planejada e foco em saúde, o que reforça a importância de um fornecimento consistente e de qualidade. “O principal desafio é a alta perecibilidade do produto, mas conseguimos atender bem esse mercado com logística ágil até São Paulo e transporte refrigerado”, afirma o gerente e responsável técnico, José Eugênio Fontes Carvalho.

Além da atuação comercial, a empresa também desempenha um papel social relevante. Parte da produção é destinada a iniciativas como o programa Mesa Brasil, do Sesc, voltado à segurança alimentar, e à Rede ALSA / Lar Semente do Amor, no município da Serra (ES). As doações incluem frutos em perfeitas condições de consumo, mas que, por estarem excessivamente maduros, não suportariam a logística de comercialização.

DESAFIOS PARA AVANÇAR NO MERCADO GLOBAL

Apesar do forte mercado interno, o mamão ainda enfrenta desafios ao longo de toda a cadeia para ampliar sua presença no cenário global. Entre os principais entraves estão questões técnicas, concorrenciais e relacionadas ao perfil de consumo.

No campo, a questão está em manter a produtividade e a estabilidade das variedades. No pós-colheita e no transporte, a principal preocupação é preservar a integridade do fruto, especialmente evitando variações bruscas de temperatura — a chamada “quebra de temperatura” —, que ainda ocorre, por exemplo, em operações aeroportuárias.

Do ponto de vista regulatório, um dos principais desafios é o cumprimento do System Approach, que estabelece rigorosas exigências fitossanitárias acordadas entre Brasil e Estados Unidos. “Para exportar, os frutos precisam ser originários de áreas registradas, com monitoramento contínuo da mosca-das-frutas, além de controles específicos durante o processamento no *packing house*. Isso aumenta a complexidade e o custo da operação”, explica o gerente da UGBP.

Na etapa comercial, avançar no incentivo ao consumo e na padronização da qualidade é fundamental para garantir uma experiência mais consistente ao consumidor. José Eugênio acrescenta: “o crescimento do mamão no mercado internacional depende justamente desse alinhamento entre produção, logística e mercado”.

Outro fator relevante é a concorrência de países como o México, que possui vantagem logística ao fazer fronteira com os Estados Unidos, reduzindo custos e tempo de transporte. Além disso, o país não enfrenta o mesmo nível de exigência fitossanitária, o que amplia sua competitividade.

“Existe também a questão do consumo. O mamão ainda não é uma fruta amplamente difundida entre o consumidor americano em geral, sendo mais consumido por públicos latinos. Isso mostra que há espaço para crescimento, mas também evidencia a necessidade de desenvolver o mercado, e não apenas aumentar a oferta”, ressalta José Eugênio.

Para fortalecer sua presença no exterior, a empresa mantém parceria internacional na área comercial,

responsável por desenvolver o relacionamento com clientes – especialmente nos Estados Unidos – e ampliar o conhecimento sobre esse mercado.

"Ao longo dos anos, essa atuação próxima ao mercado externo tem sido fundamental para compreender melhor as exigências comerciais, os padrões de qualidade e a dinâmica de consumo em diferentes países", completa.

MERCADO MAIS EXIGENTE E OPORTUNIDADES DE EXPANSÃO

O mamão, assim como frutas como banana, maçã, laranja e manga, possui um mercado interno forte, porém altamente competitivo. Esse mercado tem se tornado cada vez mais exigente em relação à qualidade, padronização e apresentação dos produtos — desde mercados tradicionais até redes varejistas que operam com marca própria e auditorias rigorosas de fornecedores.



Figura 3 - Mamão em fase de paletização, para posterior envio para comercialização.
Fonte: Foto acervo Brapex.

"No mercado externo, o nível de exigência sempre foi elevado e continua em evolução. Há uma pressão crescente por certificações em boas práticas agrícolas, segurança dos alimentos, critérios ESG e

controle rigoroso de resíduos químicos. Ao mesmo tempo, trata-se de um mercado com grande potencial de expansão, e a UGBP segue focada em fortalecer sua atuação internacional", conclui o responsável técnico pela UGBP.

PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA E PRESENÇA INTERNACIONAL

Há 22 anos no mercado, a empresa foi criada com foco na exportação e hoje mais de 50% do volume de produção é voltado ao mercado brasileiro. Possui aproximadamente 290 hectares de mamão, entre produção própria e áreas terceirizadas, com capacidade produtiva de em média 560 toneladas por semana, das variedades Papaya e Formosa. A UGBP conta hoje com 350 colaborares diretos.

A UGBP exporta para países como Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Polônia, Espanha e Inglaterra.

MAMÃO BRASILEIRO: ENTRE OSCILAÇÕES E OPORTUNIDADES, O MAMÃO BRASILEIRO AMPLIA FRONTEIRAS

O Brasil ocupa posição estratégica no mapa global do mamão, respondendo entre 12% e 15% da produção mundial, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), figurando entre os principais exportadores da fruta. Mais do que números, o desempenho do país revela a força de uma cadeia produtiva altamente dinâmica, capaz de atender tanto às exigências do mercado externo, quanto à demanda interna, ainda predominante.

Com a maior parte da produção destinada ao mercado doméstico, o setor opera sob forte influência de variáveis como clima, sazonalidade da oferta e oscilações no poder de compra da população, fatores que impactam diretamente preços, margens e planejamento produtivo.

Nesse ambiente complexo e competitivo, empresas que conseguem integrar diferentes elos da cadeia ganham protagonismo. É o caso da Nortefrut, que se consolida como um dos principais agentes na movimentação do mercado interno, e começou a exportar recentemente, seguindo a evolução natural do negócio.

"O mercado interno, apesar de grande, apresenta momentos de baixa rentabilidade. Ao mesmo tempo, o mercado internacional – especialmente o europeu – tem apresentado demanda crescente por frutas tropicais de qualidade. Percebemos que tínhamos três condições fundamentais para exportar: qualidade de produto, escala de produção e localização geográfica privilegiada", explicou o CEO da Nortefrut, Sávio Torezani, sobre a decisão.

O empresário pontua que a exportação começou quando identificaram que poderiam capturar melhores oportunidades de valor fora do país, principalmente em momentos de desequilíbrio no mercado interno.

Para isso, o processo exigiu uma grande adaptação, principalmente em certificação e rastreabilidade; padrões mais rigorosos de qualidade; logística e cadeia de frio; e gestão comercial internacional. "Hoje, a

exportação não é apenas uma alternativa, mas uma estratégia importante de equilíbrio e crescimento do negócio", destacou Torezani.



Figura 4 - A empresa abriu o seu primeiro *packing house* em 2008, na cidade de Pinheiros-ES.
Fonte: Foto acervo Nortefrut.

O mamão tem peso relevante na pauta internacional do agronegócio capixaba. Em 2025, o produto ocupou a 6ª posição entre os principais produtos exportados pelo agro do Espírito Santo, com US$ 32,3 milhões com embarque de 22,15 mil toneladas. Em relação a 2024, houve crescimento de aproximadamente 14,1% em valor e 13,9% em volume, demonstrando avanço tanto em receita quanto em quantidade exportada. As informações são da GDN/Seag, a partir de dados do Mapa.

DESAFIOS SÃO ENFRENTADOS COM ESTRATÉGIA

"Fundada em 2002, com atuação que vai do campo à mesa, a Nortefrut estrutura sua operação combinando produção própria e de parceiros em áreas agrícolas. Conta com uma rede de distribuição eficiente, garantindo regularidade de oferta, padronização de qualidade e maior capacidade de resposta às demandas do varejo.

Em 2008, a empresa abriu o seu primeiro *Packing House* em Pinheiros-ES e posteriormente em 2017, ampliou seu campo de atuação inaugurando seu segundo *Packing House* em Bom Jesus da Lapa, Oeste da Bahia.

"Nosso diferencial está na escala, na padronização e na capacidade de abastecimento contínuo ao longo do ano, o que nos permite atender redes médias e grandes, além de manter presença consistente nas principais

praças consumidoras do país", detalhou o CEO da empresa.

Para enfrentar os desafios do mercado, a empresa sustenta sua atuação em três pilares estratégicos. O primeiro é a eficiência operacional, baseada em gestão de processos, cronoanálise e padronização das atividades, com foco na redução de custos tanto no campo, quanto no *packing house*.

O segundo envolve qualidade e regularidade no fornecimento, garantindo padrão elevado da fruta e continuidade das entregas mesmo em períodos de instabilidade do mercado. Já o terceiro pilar é a integração da cadeia produtiva, com atuação que vai da produção à distribuição, assegurando maior controle sobre as margens e redução de perdas ao longo do processo.

A Nortefrut conta hoje em seu quadro com 400 funcionários diretos em 2 *Packing House*s e outros 1.200 indiretos, com volume de produção anual que gira em torno de 60 mil toneladas de frutas. A receita no mercado interno é 85% do faturamento total e a receita de exportação corresponde a 15% do faturamento total.



Figura 5 - *Packing House*s da Nortefrut.
Fonte: Foto acervo Nortefrut.

MAMÃO BRASILEIRO: TECNOLOGIA VERDE GANHA FORÇA NO CAMPO E TRANSFORMA OS RUMOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O uso de bioinsumos vem crescendo de forma contínua no Brasil, especialmente em cadeias com maior rigor nas exigências de mercado, como a fruticultura. Dados da Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos (ANPII Bio) apontam que na última safra 2024/2025 o faturamento do setor de bioinsumos superou R$ 7 bilhões, sendo o terceiro maior país consumidor, atrás da China e dos Estados Unidos.

Os bioinsumos são produtos, processos ou tecnologias de origem vegetal, animal ou microbiana – incluindo aqueles obtidos por biotecnologia ou que sejam estruturalmente similares e funcionalmente

equivalentes aos de origem natural. Sua atuação envolve a interferência no crescimento, no desenvolvimento e nos mecanismos de resposta de plantas, animais, microrganismos e do solo, além de interagir com processos físico-químicos e biológicos desses sistemas.

Embora ainda existam poucos levantamentos específicos por cultura, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) divulgaram que o país já ocupa posição de destaque mundial nesse segmento. Só em 2025, foram liberados 162 produtos classificados como bioinsumos pelo Mapa – o maior número já registrado no país.

Nesse cenário, impulsionado pela demanda por soluções mais sustentáveis e necessidade de maior eficiência produtiva, a Litho Plant, empresa 100% capixaba, se destaca na produção de biofertilizantes, sendo uma das pioneiras no registro neste segmento no Brasil. Os biofertilizantes são um produto com princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante. É subdivido em cinco grupos: biofertilizante de aminoácidos, substâncias húmicas, extratos de algas, extratos vegetais e ainda ser um biofertilizante composto.

“A empresa detém o primeiro registro no país de biofertilizantes à base de substâncias húmicas de turfa e de extrato de algas, no Mapa. Também é a única com oito registros na categoria, incluindo produtos à base de aminoácidos e biofertilizantes compostos, como o produto comercial Turfa Gel® e o Báltico®”, destacou a pesquisadora da empresa, Dra. Cátia Aparecida Simon. Ela acrescenta que cerca de 95% do portfólio da empresa contém biofertilizantes dentro de sua composição, ampliando assim o potencial bioativador e bioestimulante dentro de suas tecnologias.

“A empresa destaca-se por aliar desenvolvimento regional à adoção de tecnologia própria na produção de seus insumos. Esse domínio tecnológico reflete características típicas de empresas consolidadas no setor, com forte investimento em pesquisa e desenvolvimento, equipe técnica altamente qualificada e rigoroso controle de qualidade nos processos produtivos. Além disso, a utilização de tecnologia própria permite maior padronização, rastreabilidade e adaptação dos produtos às condições agrícolas brasileiras, garantindo eficiência agronômica e competitividade”, frisa a pesquisadora.

A Litho Plant tem presença consolidada em oito estados brasileiros, com capacidade logística e industrial para atender clientes em todo o território nacional. Atualmente produz pouco mais de 1 milhão de litros por ano, com capacidade instalada de até 2,5 milhões de litros anuais em um único turno de operação. Ao todo, conta com 32 colaboradores, entre diretos e indiretos.

A empresa reforça seu compromisso com a inovação ao desenvolver soluções sustentáveis e de alto desempenho, como SombrytBR® e Ativar®, estes refletem sua capacidade de integrar tecnologia e eficiência para o campo.

SOMBRYTBR®: FOTOPROTEÇÃO VEGETAL

Diante do crescimento expressivo da fruticultura brasileira e dos desafios impostos pelas mudanças

climáticas, tecnologias voltadas à mitigação de estresses abióticos tornam-se estratégicas para a sustentabilidade da produção. Nesse contexto, o SombrytBR®, desenvolvido pela Litho Plant em parceria com a Embrapa, destaca-se como uma inovação em fotoproteção vegetal.



Figura 6 - Lavoura que recebeu o SombrytBR®, produto desenvolvido pela Litho Plant em parceria com a Embrapa, uma inovação em fotoproteção vegetal.
Fonte: Foto acervo Litho Plant.

Trata-se de um protetor solar para plantas, registrado no Mapa, que atua reduzindo a temperatura da superfície foliar e dos frutos em até aproximadamente 5 a 6°C, minimizando os danos causados por alta irradiância e temperaturas elevadas. Sua formulação, baseada em partículas minerais nanométricas, permite a reflexão seletiva da radiação UV (UVA e UVB), sem comprometer a radiação fotossinteticamente ativa, essencial ao metabolismo vegetal.

Ensaios conduzidos ao longo de cinco anos pela Embrapa em diversas frutíferas (como banana, abacaxi, mamão, melancia, manga, maracujá, laranja pêra), demonstram que o SombrytBR® promove melhorias significativas na fisiologia das plantas, incluindo aumento da taxa fotossintética, da condutância estomática e da eficiência no uso da água, além de contribuir para incrementos produtivos, mesmo sob condições de estresse hídrico.

Um estudo conduzido em parceria com o Dr. Laércio Zambolim, a fim de avaliar o efeito do uso de protetor solar para plantas na redução de mancha fisiológica em frutos do mamoeiro grupo solo cultivar Aliança, demonstrou que o tratamento com protetor solar proporcionou uma redução considerável no número de lesões, sobretudo em avaliações realizadas nos meses que antecederam o período de maior incidência da mancha fisiológica do mamoeiro.

Outro importante produto da empresa é o Ativar®, um biofertilizante formulado à base de ácidos fúlvicos, L-aminoácidos específicos e extratos de algas que tem como foco a promoção da eficiência nutricional nas plantas.

"Sua proposta tecnológica está diretamente relacionada à otimização do uso de fertilizantes minerais (NPK), atuando como agente complexante e quelante, favorecendo a disponibilidade, mobilidade e absorção de nutrientes no sistema solo-planta. No cenário atual do agronegócio brasileiro, os fertilizantes potássicos, nitrogenados e fosfatados seguem com preços elevados e sujeitos a variações externas, consequentemente aumentando o custo de produção", disse Dra. Cátia Aparecida Simon.

A pesquisadora ressalta que o Ativar® pode contribuir para maior eficiência no uso de fertilizantes e na redução de custos de produção sem comprometer a produtividade.

LABORATÓRIOS PRÓPRIOS

A Litho Plant conta com uma estrutura laboratorial composta por dois laboratórios especializados: um de Pesquisa e Desenvolvimento de Produto e, outro de Microbiologia Agrícola, atuando de forma integrada para garantir a qualidade e a eficiência dos insumos produzidos, desenvolvendo seus produtos com tecnologia própria, garantindo maior controle de qualidade, padronização e eficiência, além de permitir a criação de soluções adaptadas às condições específicas da agricultura brasileira.

"A empresa formula seus produtos com foco direto no produtor rural, priorizando a bioestimulação nas suas formulações. Essa abordagem busca potencializar processos fisiológicos das plantas, promovendo melhor desenvolvimento, maior eficiência no uso de nutrientes e maior tolerância a estresses, resultando em ganhos consistentes de produtividade", relata a pesquisadora.

A Litho Plant mantém parceria direta com o Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, apoiando no desenvolvimento acadêmico e científico, com destaque para o suporte ao curso de Mestrado Profissional em Cafeicultura. Recentemente, ampliou sua atuação internacional por meio da colaboração de sua pesquisadora com uma universidade da China (China–Brazil Scientific Cooperation Program), voltada ao desenvolvimento e à validação de novas tecnologias.

MAMÃO BRASILEIRO: ENTRE CLIMAS E FRONTEIRAS, A ESTRATÉGIA QUE TRANSFORMOU A PRODUÇÃO SEM PAUSA

O mamão não tolera extremos. Chuva em excesso pode comprometer a qualidade da fruta. Temperaturas mais baixas reduzem produtividade. Ventos fortes marcam a casca, prejudicam o padrão comercial e afetam diretamente o valor de mercado. Em uma cultura altamente sensível ao clima, depender de uma única região produtora é um risco que o setor aprendeu a evitar.

Foi justamente dessa necessidade de equilíbrio que nasceu uma das principais estratégias da moderna cadeia do mamão brasileiro: espalhar a produção por diferentes regiões do país para garantir fruta o ano inteiro -independentemente das oscilações do clima.

A AGC Frutas é uma empresa que traduz bem essa lógica. O grupo começou em 2002, em Linhares e cresceu acompanhando os diferentes cinturões produtivos do Brasil. Hoje, a empresa opera três frentes

estratégicas de *packing house*: no Espírito Santo, em Minas Gerais e no Nordeste, formando uma rede capaz de cobrir praticamente todo o mapa nacional da fruta.



Figura 7 - A empresa opera em três frentes estratégicas de *packing house*: no Espírito Santo, em Minas Gerais e no Nordeste.
Fonte: Foto acervo AGC Frutas.

"Um dos motivos de estarmos em três regiões diferentes é justamente ter fruta em climas distintos. Se uma região sofre com excesso de chuva ou seca, outros cinturões produtivos conseguem acobertar a operação", resume o Ceo e fundador do grupo, Altenis Galavotti Carraretto.

A lógica é simples, mas decisiva: enquanto uma região enfrenta adversidades climáticas, outra pode estar no auge produtivo. Isso garante regularidade no abastecimento, preserva contratos nacionais e internacionais e evita rupturas em mercados cada vez mais exigentes.

ESPÍRITO SANTO, REFERÊNCIA EM PAPAYA

A unidade que deu origem ao grupo continua sendo um dos pilares da operação. Instalada em Linhares, no norte capixaba, a AGC Frutas, fundada em 2002, atende toda a produção do Espírito Santo e parte do sul da Bahia – regiões consideradas referência nacional no cultivo papaya, conhecido comercialmente pela variedade Aliança.

Em solo capixaba, o clima tropical quente e úmido, combinado à luminosidade e às características do solo, criou condições ideais para o desenvolvimento da fruta. Não por acaso, cerca de 80% do volume processado na unidade é de mamão Aliança, destinado tanto ao mercado interno quanto às exportações para Europa e Canadá.

A estrutura conta com três linhas de produção e capacidade para processar até 20 caminhões por dia. Mais do que escala, a operação simboliza a força histórica do Espírito Santo na cadeia do mamão brasileiro.

"O Espírito Santo e o sul da Bahia são os lugares mais adequados do Brasil para produzir mamão papaia", destaca Altenis.



Figura 8 - A empresa foi instalada em Linhares, no norte capixaba, em 2002.
Fonte: Foto acervo AGC Frutas.

MINAS GERAIS: FORMOSA DE COLORAÇÃO INTENSA

A expansão da AGC Frutas seguiu o avanço natural da produção nacional. Em Lassance, no norte mineiro, nasceu o Grupo Imperial, que estruturou a operação voltada exclusivamente ao mamão Formosa.

A região está conectada ao cinturão produtivo do Vale do São Francisco e parte da Bahia e reúne características climáticas muito diferentes do litoral capixaba. Com clima mais definido e altitude próxima de 500 metros, o ambiente favorece frutas de coloração mais alaranjada e características valorizadas pelo mercado consumidor.

A unidade mineira processa até 13 caminhões por dia e abastece principalmente o mercado interno, embora também mantenha presença nas exportações para a Europa.

NORDESTE: O POLO DA FRUTA PREMIUM PARA EXPORTAÇÃO

No semiárido de Baraúna, localizado em Rio Grande do Norte, a AGC Nordeste representa outro capítulo dessa geografia estratégica da produção. Lá, o foco é voltado somente ao mercado internacional.

A operação trabalha exclusivamente com mamão Formosa e aposta em um diferencial decisivo: o clima seco, que favorece frutas mais padronizadas, com maior teor de açúcar (brix elevado) e qualidade

altamente valorizada pelos importadores. Até oito caminhões processados diariamente em uma estrutura especializada em atender os rigorosos padrões do mercado externo. O grupo processa no Nordeste até oito caminhões por dia da fruta.

ENGRENAGEM NACIONAL DA FRUTA

A estratégia da AGC Frutas vai além das fazendas próprias. O grupo mantém parcerias com produtores em diferentes regiões, captando frutas para abastecer seus *packing houses* e ampliando a capacidade operacional.

O resultado é uma engrenagem que transformou a empresa em um dos maiores processadores de mamão do mundo.

"Nos tornamos um dos maiores processadores de mamão do mundo. Um dos motivos da estratégia de estar com três frentes de trabalho é ter frutas em vários lugares, em várias regiões e em climas diferentes", relatou o CEO da empresa.

Hoje, o grupo reúne mais de 800 colaboradores e atua em diversas frentes da cadeia logística e comercial. Além das unidades produtivas e beneficiadoras, controla operações de transporte por meio da Doce Vida, responsável pela movimentação da maior parte da fruta do grupo.

A distribuição também é nacional. A empresa mantém presença em centrais estratégicas como a Ceasa de Vitória, a Ceagesp, em São Paulo, e centros de distribuição no Rio Grande do Sul, permitindo atender praticamente todo o território brasileiro.

O DESAFIO INVISÍVEL DA FRUTICULTURA

Por trás da expansão e da modernização da cadeia do mamão existe um desafio silencioso: a mão de obra. A AGC Frutas afirma viver um processo intenso de transformação e profissionalização, com investimentos em governança, com auditorias e certificações para tornar a operação mais preparada para o mercado global. Mas o principal gargalo continua sendo formar e manter trabalhadores especializados em uma atividade que ainda depende fortemente do trabalho humano.

"O grande desafio hoje é profissionalizar pessoas. Existe escassez de mão de obra, e o mamão ainda depende muito disso", aponta Altenis Galavotti Carraretto.

MAMÃO BRASILEIRO: PRODUÇÃO IMPULSIONA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

O setor de fruticultura ocupa posição estratégica no agronegócio brasileiro, destacando-se como um dos principais geradores de renda, empregos e desenvolvimento regional. De acordo com estimativas da Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas), cerca de 16% da mão de obra do agronegócio nacional está ligada à fruticultura. Entre as culturas de maior relevância está o mamão, cuja cadeia produtiva gera, em média, dois empregos diretos por hectare, além de contribuir para a permanência

das famílias no campo.

A característica contínua da produção do mamoeiro — com atividades permanentes de manejo, colheita, comercialização e renovação do plantio a cada dois ou três anos — transforma a cultura em uma importante fonte de estabilidade econômica para milhares de trabalhadores rurais.

No Espírito Santo, o mamão consolidou-se como um dos principais vetores de transformação econômica e social. O Estado é reconhecido nacionalmente pela excelência na produção da fruta e abriga empresas que ajudaram a profissionalizar o setor. Entre elas está a Caliman Agrícola S.A., há 44 anos no mercado e pioneira na formação especializada de mão de obra voltada à cultura do mamão no Brasil.

Para manusear uma fruta tão sensível, e atender às exigências de mercados internacionais rigorosos, especialmente os Estados Unidos, a tecnologia no campo precisava ser acompanhada pela capacitação técnica dos colaboradores, transformando o trabalho braçal em uma operação especializada.

"Os investimentos trouxeram impacto para os trabalhadores, qualificação profissional e valorização salarial, elevando a dignidade e a consciência sobre segurança e qualidade. Para a região, a Caliman funcionou como uma 'escola', disseminando conhecimentos técnicos e ajudando a transformar o Espírito Santo em um polo de excelência em fruticultura. Agora, esse conhecimento vem se expandindo também para o sul da Bahia", afirmou o responsável técnico da empresa, Ronilson Cardoso.



Figura 9 - Caliman Agrícola S.A. está há 44 anos no mercado e é pioneira na formação especializada de mão de obra voltada à cultura do mamão no Brasil.
Fonte: Foto acervo Brapex.

A empresa mantém programas contínuos de capacitação profissional em parceria com instituições especializadas e com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar). Entre os treinamentos oferecidos

estão cursos de pulverização, operação de tratores e empilhadeiras, trabalho em altura, boas práticas agrícolas (BPAs), boas práticas de fabricação (BPFs), higiene, direitos humanos e segurança do trabalho.

Atualmente, a Caliman Agrícola emprega 801 colaboradores diretos, sendo 583 no Espírito Santo e 218 no Rio Grande do Norte.

CERTIFICAÇÕES REFORÇAM RESPONSABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL

Combinando tecnologia no campo, logística de frio e certificações internacionais, a Caliman consolidou um modelo de excelência reconhecido globalmente. Entre as certificações obtidas está o Fairtrade (comércio justo), voltada à promoção de relações comerciais éticas e sustentáveis.

Na prática, o protocolo estabelece um preço mínimo para proteger o produtor contra crises de mercado e paga um prêmio (bônus) para que a comunidade venha decidir sobre como vai investir (em saúde, educação ou infraestrutura), em forma de projetos. O Fairtrade provê estabilidade e autonomia aos produtores, buscando assegurar direitos e segurança aos trabalhadores – proibindo o trabalho escravo ou infantil -, e oferece ao consumidor a garantia ética de que sua compra apoia o desenvolvimento humano e a preservação ambiental.

Segundo a empresa, a busca pela certificação foi motivada pelo alinhamento com valores como transparência, respeito e responsabilidade social. “Para a empresa, o principal impulsionador é a possibilidade de transformar a vida do colaborador e de sua comunidade, garantindo não apenas condições de trabalho dignas e seguras, mas também o acesso ao Prêmio Fairtrade”, destacou Cardoso.

Além do Fairtrade, a empresa possui certificações como LEAF Marque e Rainforest Alliance, que garantem práticas agrícolas sustentáveis, uso racional de recursos naturais, preservação ambiental e condições adequadas de trabalho.

“Aliado às certificações de qualidade, o setor eleva o padrão de vida nas comunidades, convertendo o sucesso das exportações em investimentos, o que consolida a fruta como um agente estratégico para a dignidade e o desenvolvimento regional”, ressaltou o responsável técnico da empresa.

EMPRESA CONTRIBUIU NA MODERNIZAÇÃO DA CULTURA NO BRASIL

A trajetória da Caliman também acompanha a própria modernização da cultura do mamão no Brasil. Inicialmente voltada ao cultivo de laranja, a empresa passou a investir no mamão papaya a partir da visão estratégica de Ermando Caliman, irmão do fundador da empresa, Antero Caliman.

“A Caliman Agrícola é o principal pilar da modernização do mamão no Brasil. A iniciativa de Ermando transformou o cultivo em um agronegócio de precisão, impulsionado pelo desenvolvimento de variedades híbridas, uma tecnologia inovadora que garantiu frutos mais produtivos, resistentes e com o padrão de doçura exigido internacionalmente”, explicou Ronilson Cardoso, que é responsável técnico da empresa.



Figura 10 - A empresa tornou-se pioneira na exportação de papaya para os EUA, ao superar as rigorosas exigências fitossanitárias impostas pelo país.
Fonte: Foto acervo Brapex.

Na ocasião, a empresa tornou-se pioneira na exportação de mamão papaya para os Estados Unidos, ao superar as rigorosas exigências fitossanitárias impostas pelo país.

MAMÃO BRASILEIRO: SELOS INTERNACIONAIS FORTALECEM COMPETITIVIDADE DA CULTURA NO MERCADO GLOBAL

O reconhecimento do mamão brasileiro como um dos melhores do mundo não é por acaso. O fruto é resultado de uma combinação privilegiada de fatores naturais, avanços científicos e rigoroso padrão de qualidade. Nesse cenário, as certificações desempenham um papel central, deixando de ser apenas um diferencial competitivo, mas pré-requisito de acesso aos mercados mais exigentes, como União Europeia e EUA.

Mais do que garantir conformidade, as certificações reforçam a credibilidade do mamão como um produto premium, assegurando padrões de rastreabilidade, segurança do alimento, sustentabilidade e qualidade em toda a cadeia produtiva. Inserida nesse contexto está a Frutas Solo Agroindustrial LTDA que mantém certificações voltadas ao atendimento dos padrões internacionais exigidos pelo mercado externo de mamão como a Good Agricultural Practices (GlobalG.A.P.) e o GlobalG.A.P. Risk Assessment on Social Practice (GRASP), além do CoC (Cadeia de Custódia) para o gengibre.



Figura 11 - A empresa conta com certificações voltadas ao atendimento dos padrões internacionais exigidos pelo mercado de mamão como a GlobalG.A.P. e o GRASP.
Fonte: Foto acervo Frutas Solo.

Segundo o gestor de qualidade da empresa, Alessandro Nunes Vieira, o Brasil consolidou sua posição como referência na exportação de frutas premium, sustentada pelo rigor certificador. Destaca-se que o impacto das certificações na competitividade pode ser analisado em cinco pilares estratégicos: quebra de barreiras técnicas e sanitárias; diferenciação e valor agregado; profissionalização e eficiência operacional; gestão de riscos e rastreabilidade; e atendimento às demandas ESG.

"No cenário atual, a competitividade do mamão brasileiro não reside apenas na doçura ou na cor da fruta, mas na confiança que os selos internacionais transmitem ao comprador final. O Brasil, ao apresentar essas certificações, ganha preferência em contratos de longo prazo frente a concorrentes que não conseguem comprovar práticas sociais éticas", frisou o gestor da empresa fundada há 27 anos.

GLOBALG.A.P. ASSEGURA QUALIDADE DA PRODUÇÃO

Para produtores que desejam exportar o mamão papaya e formosa, especialmente para a Europa, a certificação funciona como um "passaporte". Grandes varejistas europeus exigem o GlobalG.A.P como condição mínima para compra, visando padronizar a qualidade dos fornecedores globais. É um dos padrões internacionais mais reconhecidos para o setor agropecuário.

Um dos papéis principais é estabelecer um sistema de normas técnicas que garantam a segurança do alimento, assegurando que ele chegue ao consumidor sem oferecer riscos à saúde. Isso envolve um controle rigoroso de resíduos de defensivos agrícolas para certificar que o uso de produtos químicos respeita os Limites Máximos de Resíduos (LMR).

"Essa norma vai além do produto final e avalia como ele foi produzido, exigindo a gestão eficiente de recursos naturais – água, solo, e a preservação da biodiversidade na propriedade. No ponto de bem-estar do trabalhador, inclui critérios de saúde e segurança ocupacional para os funcionários do campo. Outro papel

fundamental é garantir o rastreamento do produto desde a gôndola do supermercado, até a parcela de terra onde foi plantado, o que permite uma resposta rápida, caso ocorra algum problema de segurança do alimento", explica o gestor de qualidade da empresa.

Ao adotar as normas, o produtor traz melhorias, profissionaliza a gestão da propriedade, com registros detalhados de todas as atividades, o que auxilia no controle de custos e na eficiência da produção.

BOAS PRÁTICAS TRABALHISTAS GANHAM PESO NAS EXPORTAÇÕES

O GRASP funciona como um módulo adicional e voluntário à GlobalG.A.P.O objetivo é garantir que a produção agrícola respeite os direitos fundamentais dos trabalhadores no campo, incluindo contratos de trabalho, com acordos formais e compreensíveis para todos, salários dignos, com pagamentos que respeitam o mínimo nacional e as leis locais, e jornada de trabalho com controle de horas extras e períodos de descanso.

Também avalia se a propriedade oferece um ambiente seguro. É crucial em atividades que envolvem o manuseio de ferramentas pesadas ou a aplicação de defensivos agrícolas, garantindo que o trabalhador tenha acesso a Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), treinamentos adequados para as funções e instalações de higiene e primeiros socorros.



Figura 12 - *Packing house* da empresa Frutas Solo, fundada há 27 anos.
Fonte: Foto acervo Frutas Solo.

Um dos pilares do GRASP é a existência de um representante dos trabalhadores. O objetivo é criar um canal de comunicação direto entre funcionários e gerência, permitindo que reclamações ou sugestões sejam ouvidas sem represálias. A certificação serve como uma garantia rigorosa para o mercado de que a produção é livre de exploração, trabalho infantil ou qualquer forma de trabalho escravo ou análogo à escravidão.

"Muitos varejistas internacionais (especialmente na Europa) não aceitam mais apenas a conformidade técnica do produto. Eles exigem a comprovação de que o aspecto social também é respeitado. O GRASP é a

ferramenta que “atesta” essa conduta ética para os compradores”, explicou Alessandro.

MAMÃO, PASSAPORTE PARA OUTRAS CULTURAS

O mamão é considerado uma “cultura pioneira” no agronegócio por abrir portas no mercado internacional e preparar produtores para atuar em altos padrões de exigência técnica. Segundo o gestor de Qualidade da Frutas Solo, Alessandro Nunes Vieira, essa experiência facilita a entrada em outras culturas de alto valor agregado.

“Se o produtor consegue exportar o mamão, que é extremamente perecível e delicado com sucesso para Europa e EUA, significa que tem domínio sobre transporte refrigerado de alta precisão, manuseio pós-colheita rigoroso (*packing house*) e rapidez no escoamento (seja via aérea ou marítima). Uma vez que essa estrutura está montada, adicionar culturas como a manga, o abacate, a pitaya ou o gengibre torna-se muito mais simples, pois o ‘caminho’ logístico já está pavimentado”, disse Vieira.

MAMÃO BRASILEIRO: LOGÍSTICA ASSUME PAPEL DECISIVO NA COMPETITIVIDADE DO SETOR

A logística deixou de ser apenas uma etapa operacional para se tornar um dos pilares da competitividade do mamão brasileiro. Em um setor marcado pela alta perecibilidade da fruta e pela necessidade de entregas rápidas, eficiência no transporte passou a ser decisiva para assegurar qualidade, reduzir perdas e manter espaço tanto no mercado interno quanto nas exportações.

Do campo ao consumidor, o mamão exige uma operação milimetricamente coordenada. Após passar pelos *packing house*s, onde é lavado, selecionado, classificado e embalado, o fruto segue em transporte refrigerado até centros de distribuição, portos e aeroportos. No Brasil, o setor ainda convive com gargalos históricos, como dependência do modal rodoviário, longas distâncias, custos elevados e rodovias em condições irregulares.

Nesse cenário, empresas do setor vêm ampliando investimentos em estruturas próprias de transporte e controle logístico. A Frutmel Frutas está entre as companhias que adotaram essa estratégia para reduzir riscos operacionais e garantir maior segurança na entrega da fruta.

FROTA PRÓPRIA AMPLIA CONTROLE E REDUZ RISCOS

Desde 2008, a empresa investe na ampliação da própria estrutura logística. Atualmente, opera com cerca de 52 veículos refrigerados, entre carretas e bitrucks. A decisão surgiu após problemas recorrentes enfrentados com transportadoras terceirizadas, como atrasos, falhas mecânicas e interrupções nos sistemas de refrigeração.



Figura 13 - A empresa opera hoje com uma frota com cerca de 52 veículos refrigerados, entre carretas e bitrucks.
Fonte: Foto acervo Frutmel.

"A logística no Brasil é um desafio, principalmente quando trabalhamos com um produto extremamente perecível como o mamão. Muitas vezes o processo acontecia corretamente até a expedição, mas havia falhas justamente na etapa final da entrega. Nos últimos anos temos feito um investimento alto em logística própria para assegurar uma entrega com confiança e qualidade", relata o diretor Augusto Roza.

A empresa embala até 1,2 mil paletes por semana, e o controle da frota própria passou a garantir maior previsibilidade operacional e mais segurança na manutenção da qualidade da fruta até o destino final.

EXPORTAÇÃO EXIGE VELOCIDADE E RIGOR FITOSSANITÁRIO

Hoje, a Frutmel exporta para mais de dez países. Nas operações destinadas aos Estados Unidos, a logística exige um controle ainda mais rigoroso. Diferentemente de outros mercados, é necessária a presença de um fiscal do Ministério da Agricultura dentro do *packing house* para acompanhar a inspeção dos frutos, verificar parâmetros fitossanitários e realizar a selagem dos pallets. Após esse processo, também é emitido o certificado fitossanitário obrigatório para embarque.

Apesar das exigências específicas, tanto o mercado norte-americano, quanto o europeu demandam rapidez extrema nas entregas.

"Da colheita até a chegada ao destino, o mamão leva entre três e quatro dias no máximo. Em períodos de maior demanda, principalmente aos fins de semana, a operação ganha ritmo mais intenso para garantir que o produto chegue ao consumidor com máxima qualidade, pois prezamos por enviar uma fruta mais fresca possível", afirmou Roza.

NOVA ESTRUTURA FORTALECE OPERAÇÃO LOGÍSTICA

A empresa também avança na expansão da infraestrutura. Uma nova área de 10 mil metros quadrados foi adquirida e abrigará um centro de reparo logístico da companhia.

“Será um local voltado para pequenos reparos, borracharia, troca de óleo, freio e parte elétrica, criando mais agilidade e segurança logística”, explicou o diretor.

O novo espaço também contará com um refeitório com capacidade de oferecer gratuitamente cerca de 350 refeições por dia a colaboradores e prestadores de serviço.

PRODUÇÃO PRÓPRIA GARANTE PADRONIZAÇÃO E REGULARIDADE DE OFERTA

A Frutmel Frutas completa 25 anos em 2026 e atua em três frentes: produção agrícola, logística e *packing house*. Atualmente, a empresa possui cerca de 600 colaboradores e processou aproximadamente 36 milhões de quilos de mamão em 2025. Do faturamento, 80% vêm do mercado interno e 20% das exportações. No mesmo período, a companhia recolheu cerca de R$ 12 milhões em impostos.

Além da estrutura logística, a empresa mantém produção própria, considerada estratégica para assegurar regularidade de oferta e padronização da fruta conforme a demanda de cada cliente.

“Tem clientes que trabalham com a fruta mais colorida, outros mais verdosa. Com lavoura própria conseguimos gerenciar a colheita e entregar exatamente o perfil que o cliente deseja, independentemente das variações do mercado. Na Frutmel, buscamos sempre parcerias de longo prazo”, destacou Roza.



Figura 14 - Classificadora eletrônica importada de Portugal, adquirida pela Frutmel há dois anos, que classifica o fruto por peso e cor — um avanço no processo da empresa.
Fonte: Foto acervo Frutmel.

O *packing house* da empresa possui capacidade para processar cerca de 1 milhão de quilos de mamão, entre papaya e formosa, por semana. A estrutura conta com três linhas de lavagem, quatro linhas de embalagem e uma máquina classificadora eletrônica importada de Portugal, instalada há dois anos.

MAMÃO BRASILEIRO: A CIÊNCIA POR TRÁS DE LAVOURAS MAIS RESILIENTES E FRUTAS MAIS SAUDÁVEIS

A busca por frutas mais saudáveis, produzidas com menor impacto ambiental e atendendo às exigências dos mercados consumidores, coloca a Ciência no centro das estratégias de produção do mamão. Em um cenário marcado por desafios fitossanitários, pesquisas em áreas como biotecnologia, microbiologia agrícola e agricultura digital vêm transformando a forma como produtores enfrentam doenças e pragas no campo. Solos mais equilibrados favorecem plantas mais fortes e resistentes, diminuindo a necessidade de aplicações frequentes de agrotóxicos e resíduos presentes nos alimentos.



Figura 15 - Tecnologia Linhagro para Produção de Bioinsumos *On Farm*.
Fonte: Foto acervo Linhagro.

A agricultura regenerativa se destaca neste contexto por recuperar e conservar os recursos naturais, especialmente a saúde do solo, da água e da biodiversidade. Para isso, utiliza práticas como cobertura vegetal, rotação de culturas, redução do uso de defensivos químicos e adoção de bioinsumos.

Além dos benefícios ambientais, a agricultura regenerativa, quando associada às tecnologias *On Farm* e ao uso de biofertilizantes, comprova ganhos diretos ao produtor: maior produtividade, mais segurança no manejo, qualidade superior dos frutos e, sobretudo, custo menor de produção. Esse diferencial econômico é decisivo, pois garante competitividade e amplia a rentabilidade das lavouras.

Alinhada a essa proposta, a Linhagro transforma pesquisa e Ciência em soluções práticas por meio do

programa Solo Vivo Planta Forte, voltado à Agricultura Regenerativa Sustentável. O objetivo é levar ao produtor tecnologias que promovam o equilíbrio físico, químico e microbiológico do solo, contribuindo para lavouras mais saudáveis, produtivas, sustentáveis e economicamente viáveis, com redução significativa dos custos de produção, informa o coordenador técnico da empresa, Dr. Rafael Assis de Souza.



Figura 16 - Área tratada com o manejo 100% Solo Vivo Planta Forte da Linhagro.
Fonte: Foto acervo Linhagro.

"A Linhagro atua com diferentes tecnologias, como bioinsumos, fertilizantes especiais, biofertilizantes e bioativadores, desenvolvidos para potencializar o desenvolvimento radicular das plantas, estimular a indução de resistência natural, melhorar a regulação fisiológica e auxiliar na mitigação dos efeitos do estresse hídrico. Essas soluções são aplicadas de forma integrada, considerando as necessidades do campo e as condições específicas de cada cultivo. No segmento de bioinsumos, a empresa trabalha com produtos prontos e, também, com sistemas de produção *On Farm*, que permitem ao produtor produzir microrganismos diretamente na fazenda", ressalta.

A tecnologia *On Farm* é utilizada no controle biológico de pragas e doenças, tanto do solo, quanto da parte aérea das plantas, além de contribuir para o manejo nutricional do solo. O modelo oferece maior autonomia ao produtor rural, reduz custos de produção – um dos fatores mais determinantes na tomada de decisão do agricultor – e possibilita maior rentabilidade e produtividade, mantendo o foco na sustentabilidade e na redução do uso de defensivos químicos.

PESQUISA QUE TRANSFORMA O CAMPO

O coordenador técnico da empresa pontuou que unir produtividade, sustentabilidade e redução de resíduos na fruticultura é possível por meio de um manejo integrado que combina tecnologia, boas práticas agrícolas e uso mais eficiente dos recursos naturais. O grande desafio é produzir mais, com menor impacto ambiental e alimentos de maior qualidade e segurança.

Práticas como agricultura regenerativa, manejo integrado de pragas e doenças, uso de bioinsumos e controle biológico têm se destacado como importantes ferramentas para reduzir a dependência de defensivos químicos e diminuir os resíduos nos frutos. Essas estratégias contribuem para o equilíbrio do solo, fortalecem as plantas e aumentam a resistência natural das culturas, destaca o especialista.

"O uso de fertilizantes especiais, biofertilizantes e bioativadores também favorece o desenvolvimento radicular, melhora a absorção de nutrientes e aumenta a tolerância das plantas a estresses climáticos, como seca e altas temperaturas. Com plantas mais saudáveis, a produtividade tende a aumentar de forma sustentável. Além disso, o uso integrado dessas tecnologias garante ao produtor maior previsibilidade de resultados e custos menores, criando um ciclo virtuoso de produção sustentável e rentável", explica o coordenador técnico da Linhagro, Dr. Rafael Assis de Souza.

MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO: AVANÇOS DAS PESQUISAS NA UENF E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVAS CULTIVARES

Helaine Christine Cancela Ramos[1]*, Juliana Saltires Santos [1], Catiane dos Santos Braga[1], Renato Santa-Catarina[1], Julio Cesar Fiorio Vettorazzi[1], Alex Souza Rodrigues[1], Sylvia Makvereng Satdom[1], Lavínia Santana Ladeira Gomes[1], Gabriel Permanhane da Silva[1], Rayssa Minguta Tavares Paes[1], Larissa Vitória Nunes Pinheiro[1], Lucas Ferreira de Souza[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal. Campos dos Goytacazes-RJ. *helainecr@uenf.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira tropical de grande importância econômica, cujo melhoramento genético tem sido direcionado à obtenção de cultivares que conciliem elevada produtividade, qualidade de frutos e resistência a estresses bióticos e abióticos. A continuidade desse processo depende da exploração e conservação da variabilidade genética disponível, bem como da integração de estratégias convencionais de melhoramento com novas ferramentas genômicas e biotecnológicas, visando atender às demandas do sistema produtivo e do mercado consumidor (Dhekney *et al*., 2016; Rimberia *et al*., 2018; Zainal-Abidin *et al*., 2021; Copeland *et al*., 2025; Pereira *et al*., 2025).

Nesse cenário, a parceria estabelecida em 1996 entre a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e a Caliman Agrícola S.A. deu origem ao Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro UENF/Caliman, voltado ao desenvolvimento de cultivares superiores, à geração de conhecimento científico e à formação de recursos humanos especializados. Ao longo de três décadas de atuação, o programa acumulou importantes contribuições para o melhoramento da cultura, destacando-se pelo pioneirismo no desenvolvimento de híbridos nacionais de mamoeiro. Paralelamente, as pesquisas conduzidas ampliaram o conhecimento sobre a herança de caracteres agronômicos, aspectos metodológicos da experimentação e a exploração da heterose. Apesar dessas conquistas, diferentes desafios associados ao melhoramento e à produção do mamoeiro permanecem como objeto das pesquisas conduzidas pelo programa (Pereira *et al*., 2025).

Linhagens parentais com elevado grau de fixação alélica são fundamentais para assegurar a uniformidade genética dos híbridos e reduzir a ocorrência de variação indesejável (Allard, 1960). Estudos conduzidos no âmbito do Programa UENF/Caliman têm buscado caracterizar e explorar a variabilidade intragenotípica presente em linhagens parentais de interesse comercial, associando avaliações agronômicas e informações moleculares (Pirovani *et al*., 2022; Rodrigues *et al*., 2023). Em linhagens como JS-12, SS-72/12

e Sekati, essas estratégias têm subsidiado a seleção de indivíduos com maior grau de fixação alélica e características agronômicas favoráveis, visando à obtenção de parentais mais uniformes e à manutenção ou melhoria do desempenho dos híbridos (Pirovani *et al*., 2022; Rodrigues *et al*., 2023).

No campo da fitossanidade, as pesquisas do programa tiveram início em 2006, inicialmente direcionadas a doenças fúngicas foliares, e foram ampliadas, a partir de 2020, para as viroses. Entre estas, destaca-se a mancha anelar, causada pelo *Papaya ringspot virus* tipo P (PRSV-P), considerada uma das principais limitações fitossanitárias à produção de mamão (Princi *et al*., 2026). As limitações das estratégias disponíveis para o manejo da doença reforçam a importância da obtenção de materiais resistentes ou tolerantes à infecção (Tripathi *et al*., 2008; Sharma; Tripathi, 2022; Jyotika *et al*., 2024). Diferenças na resposta ao PRSV-P observadas entre germoplasmas de mamoeiro evidenciam uma variabilidade potencialmente explorável no melhoramento, cuja caracterização e exploração constituem estratégias promissoras para o desenvolvimento de cultivares menos suscetíveis à doença (Alviar *et al*., 2012; Braga *et al*., 2025a,b; Sánchez-Noriega *et al*., 2025; Sósol-Reyes *et al*., 2026).

Quanto à determinação sexual, as particularidades da espécie e o interesse comercial por plantas hermafroditas tornam a sexagem precoce uma ferramenta importante para aumentar a eficiência no estabelecimento dos pomares (Araya-Valverde *et al*., 2019; Ávila-Hernández *et al*., 2023). Embora diferentes marcadores moleculares tenham sido desenvolvidos para essa finalidade, variações em seu desempenho e desafios associados à aplicação em larga escala ainda estimulam a busca por novas abordagens (Oliveira *et al*., 2007; Bui *et al*., 2024). A proteômica permite investigar os mecanismos moleculares envolvidos na diferenciação sexual e identificar proteínas diferencialmente expressas entre plantas femininas e hermafroditas com potencial aplicação como biomarcadores. A caracterização e validação dessas proteínas podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias alternativas de identificação precoce de plantas de interesse (Duarte *et al*., 2024).

Diante desse panorama, os avanços obtidos pelo Programa UENF/Caliman no último biênio e reunidos neste capítulo estão organizados em três eixos principais: (i) seleção de linhagens parentais e desenvolvimento de híbridos superiores; (ii) melhoramento visando à resistência ao PRSV-P; e (iii) estudos proteômicos aplicados à diferenciação sexual. Em conjunto, esses trabalhos refletem a continuidade das pesquisas do programa e a incorporação de diferentes estratégias para responder aos desafios atuais do melhoramento do mamoeiro.

SELEÇÃO DE LINHAGENS PARENTAIS E DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS SUPERIORES

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MAMOEIRO OBTIDOS DE LINHAGENS GENITORAS PURIFICADAS

A uniformidade do tamanho e do peso dos frutos influencia a classificação, a padronização dos lotes e a aceitação comercial de híbridos de mamoeiro. Nos híbridos UENF7 e UENF6, o peso dos frutos ainda se

afastava do padrão pretendido: para UENF7, buscavam-se frutos de até 2 kg; para UENF6, peso médio entre 1,5 e 1,6 kg. A variabilidade identificada nas linhagens genitoras sugeriu a possibilidade de selecionar novas combinações sem substituir integralmente a base genética desses materiais (Pirovani *et al*., 2022; Rodrigues *et al*., 2023). O estudo avaliou o peso médio dos frutos (PMF) e o teor de sólidos solúveis (TSS) de híbridos obtidos a partir de genitores previamente selecionados, por meio de cruzamentos dialélicos e do método topcross. Os híbridos UENF7 e UENF7 recíproco foram obtidos pelo cruzamento dialélico entre UENF4P e UENF8, enquanto UENF6 foi obtido por top cross entre UENF4G e UENF5.

Houve efeito significativo de tratamentos para PMF e TSS, indicando diferenças entre os genótipos avaliados. Na Figura 1, para UENF7, os híbridos H10, H12, H13 e H14 apresentaram PMF entre 1513,3 e 1676,2 g. Entre os híbridos recíprocos, H33, H34 e H37 apresentaram valores entre 1517,6 e 1528,1 g. Todos ficaram abaixo do limite de 2 kg estabelecido para esse genótipo. Nos híbridos com PMF ideal, o TSS variou de 10,2 a 13,0 °Brix.

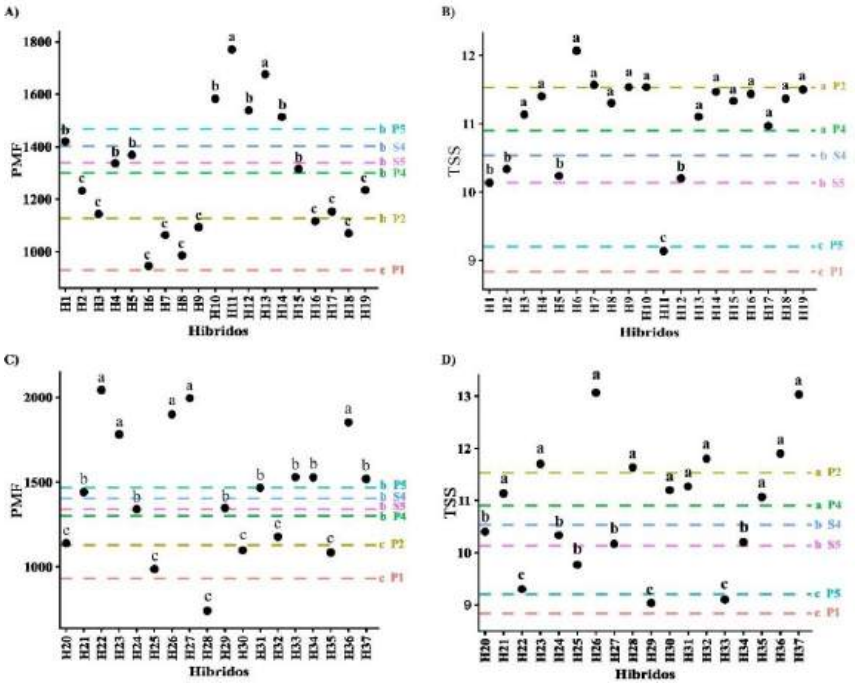


Figura 1 - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott para duas variáveis analisadas: PMF, peso médio de frutos, e TSS, teor de sólidos solúveis. A, B: UENF7; C, D: UENF7 recíproco. As linhas coloridas representam as médias das linhagens parentais. P: UENF4P e S: UENF8.

Para UENF6 (Figura 2), o PMF foi superior ao do parental UENF5, mas permaneceu abaixo da meta de 1,5 a 1,6 kg: variou de 816,1 g, em H41, a 1121,3 g, em H42. O TSS variou de 10,5 a 12,6 °Brix, com maior valor em H40. Assim, as combinações avaliadas permitiram identificar híbridos UENF7 e UENF7 recíproco com peso médio dentro do limite desejado, enquanto, para UENF6, o aumento obtido ainda não foi suficiente para atingir o padrão pretendido.

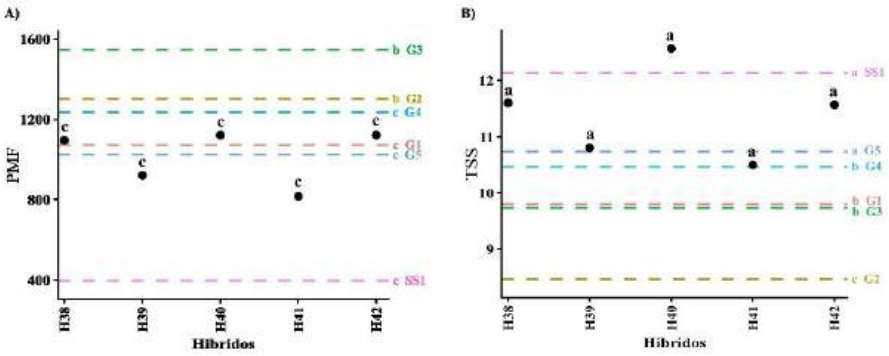


Figura 2 - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott para duas variáveis analisadas: PMF, peso médio de frutos, e TSS, teor de sólidos solúveis. A, B: UENF6. As linhas coloridas representam as médias das linhagens parentais. G: UENF4G e SS:UENF5.

De modo geral, a purificação dos genitores mostrou-se eficiente para a seleção de híbridos UENF7 e UENF7 recíproco com peso médio inferior a 2 kg e TSS adequado. Para o UENF6, os cruzamentos avaliados não elevaram o peso dos frutos à faixa desejada, o que indica a necessidade de novas estratégias de seleção.

APLICAÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO NO DESENVOLVIMENTO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS SUPERIORES

O melhoramento genético do mamoeiro tem como um de seus principais objetivos o desenvolvimento de cultivares que associem elevada produtividade, qualidade de frutos, resistência a doenças e características compatíveis com as exigências dos diferentes segmentos do mercado consumidor. Nesse contexto, a exploração da heterose por meio da obtenção de híbridos constitui uma importante estratégia para reunir, em um mesmo genótipo, alelos favoráveis provenientes de genitores geneticamente distintos e com características complementares.

O desenvolvimento de híbridos superiores depende diretamente da disponibilidade de genitores com elevado mérito genético e adequada capacidade de combinação. Dessa forma, a obtenção e a seleção de linhagens endogâmicas constituem etapas fundamentais dos programas de melhoramento voltados à produção de híbridos. No programa de melhoramento genético do mamoeiro UENF–CALIMAN, diferentes estratégias foram empregadas para desenvolver linhagens com potencial para utilização como genitoras de híbridos. Destacam-se duas linhas principais de pesquisa: a obtenção de linhagens derivadas de retrocruzamentos envolvendo a conversão sexual do genótipo Cariflora (Figura 3a) e o desenvolvimento de linhagens recombinantes a partir de populações biparentais submetidas ao avanço de gerações e seleção (Figura 3b).

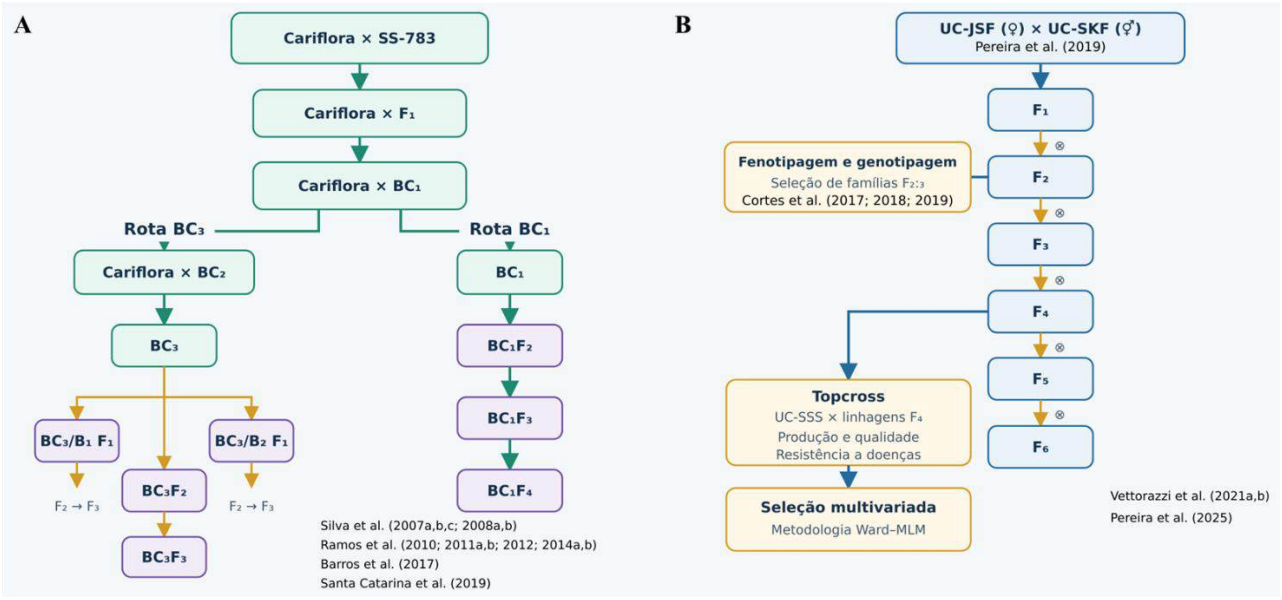


Figura 3 - Linhas de pesquisas desenvolvidas pelo programa UENF-CALIMAN. A) Conversão sexual via retrocruzamento. B) População bi-parental com avanço de gerações.

As linhagens desenvolvidas nas duas linhas de pesquisa foram avaliadas, selecionadas e posteriormente utilizadas como genitoras para a obtenção de híbridos de mamoeiro, permitindo explorar a complementaridade genética entre materiais com características agronômicas distintas. A avaliação conjunta de características relacionadas ao peso e à qualidade dos frutos permitiu identificar genótipos superiores com padrões comerciais compatíveis com os grupos Formosa e Solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Seleção combinada dos 23 genótipos de mamoeiro para peso e qualidade de fruto, Linhares-ES

Genótipo	PMF	FF	FP	TSS
UC75	2194,28	126,05	84,26	10,41
Vitória	1762,77	126,51	88,73	11,04
UC92	1755,72	126,45	83,75	10,76
UC84	1526,93	126,73	84,69	10,90
UC81	1280,18	125,97	82,47	11,22
UC91	1211,24	126,48	80,33	11,91
UC83	1172,29	126,90	85,79	10,64
Candy	1122,04	127,09	86,29	11,73
UC97	647,10	126,35	81,17	10,63
Aliança	512,69	125,21	79,15	11,95
Média	1166.84	126,35	82,95	11,04

PMF: peso médio do fruto (g); FF: firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N) e TSS: teor de sólidos solúveis (ºBrix).

Entre os híbridos com padrão de fruto Formosa, destacaram-se UC75, UC92, UC84, UC81, UC91 e UC83. O UC75 apresentou o maior peso médio de fruto (2.194,28 g), superando a testemunha Vitória (1.762,77 g), enquanto UC92 apresentou peso médio de fruto próximo ao observado para essa cultivar (Tabela 1). Para firmeza do fruto e da polpa, os híbridos apresentaram valores próximos aos das testemunhas, enquanto o teor de sólidos solúveis variou de 10,41 a 11,91 °Brix, com destaque para UC91.

Para o padrão Solo, o híbrido UC97 apresentou peso médio de fruto de 647,10 g, superior ao da cultivar Aliança (512,69 g), mantendo valores de firmeza do fruto e da polpa próximos aos observados na testemunha (Tabela 1). Embora tenha apresentado menor teor de sólidos solúveis, o desempenho conjunto das características demonstra o potencial das linhagens desenvolvidas pelo programa para a obtenção de novas combinações híbridas, destinadas aos diferentes segmentos comerciais do mamoeiro.

Além do desempenho agronômico e das características de qualidade, os híbridos selecionados apresentaram formato de fruto semelhante ao das cultivares comerciais dos grupos Formosa e Solo (Figura 4), evidenciando a manutenção de padrões de fruto compatíveis com os respectivos segmentos de mercado.

Portanto, as linhagens desenvolvidas pelo programa UENF–CALIMAN têm potencial genético para uso como genitoras na obtenção de híbridos superiores. As diferentes estratégias de melhoramento genético empregadas para o desenvolvimento e a seleção dessas linhagens, contribuíram para a obtenção de novas combinações híbridas, com características adequadas aos diferentes segmentos do mercado.

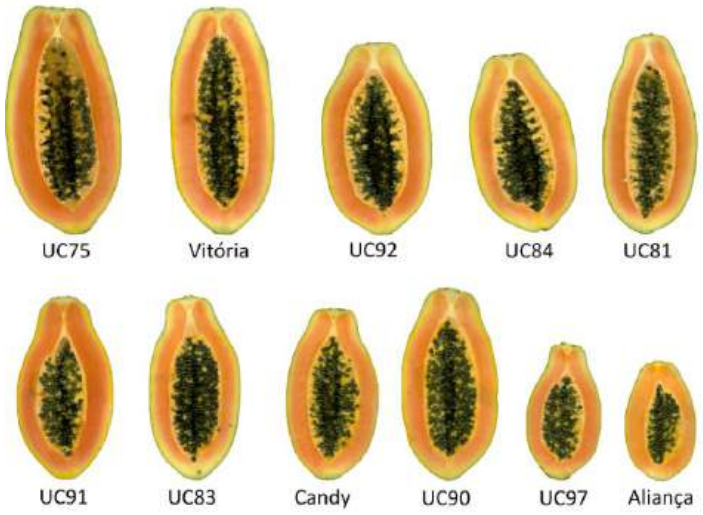


Figura 4 - Frutos dos híbridos de mamoeiro selecionados com padrões comerciais dos grupos Formosa e Solo. **Fonte:** Renato Santa-Catarina.

DIVERSIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES S_1 DE MAMOEIRO

A obtenção de progênies segregantes constitui uma estratégia importante para ampliar a variabilidade disponível nos programas de melhoramento do mamoeiro. Nesse contexto, a caracterização da diversidade genética permite identificar genótipos contrastantes e auxiliar na escolha de materiais superiores e de potenciais genitores. Assim, foram desenvolvidas pesquisas voltadas à caracterização da diversidade fenotípica

de progênies S_1 de mamoeiro provenientes de uma população de seleção recorrente, com o propósito de identificar grupos de genótipos divergentes quanto às características morfoagronômicas e aos padrões comerciais dos frutos.

Foram avaliadas 16 progênies S_1 provenientes da população UCP-C1, paralelo ao segundo ciclo de seleção recorrente intrapopulacional do programa de melhoramento de mamoeiro UENF–CALIMAN. Foram avaliadas 17 características relacionadas ao desenvolvimento vegetativo, componentes de produção e qualidade dos frutos.

Os valores máximos e mínimos, para as características morfoagronômicas mensuradas evidenciaram a ampla variabilidade fenotípica entre as progênies avaliadas (Tabela 2). Os maiores CV% foram observados, para PROD 70,73%, NFC 70,10%, NFD 54,00%, PMF 34,78% e NSF 29,70% e os menores para FF 6,48%, %VP 6,72% e FP 8,79%. Com base na comparação entre diferentes classificações para a cultura do mamoeiro, tem sido sugerido a utilização de classes de CV% que considerem valores superiores a 14%, como indicativos de médio a elevado nível de variação entre os indivíduos.

Tabela 2 - Estatística descritiva para 17 características morfoagronômicas avaliadas em 16 progênies S_1 de mamoeiro

Características	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV%
AIPF	52,71	190,38	104,99	24,20	23,05
AP	145,45	317,27	254,09	34,31	13,50
DC	7,64	17,32	11,38	1,85	16,26
NFC	1,00	89,00	23,78	16,67	70,10
NFD	9,00	161,00	49,89	26,94	54,00
NSF	16,00	73,00	39,29	11,67	29,70
PMF	220,00	2040,00	825,72	287,15	34,78
PROD	0,84	116,92	35,60	25,18	70,73
FF	107,47	148,02	124,33	8,06	6,48
FP	62,10	100,05	85,71	7,53	8,79
TSS	5,60	12,28	9,02	1,42	15,74
CF	13,69	27,36	19,11	2,72	14,23
DF	5,49	13,87	9,35	1,36	14,55
CCO	9,27	20,93	14,52	2,34	16,12
DCO	2,82	8,03	4,94	1,05	21,26
EP	1,31	3,37	2,21	0,36	16,29
%VP	61,33	90,33	78,69	5,29	6,72

DP: desvio padrão; CV(%): coeficiente de variação em percentagem; AIPF: altura da inserção do primeiro fruto (cm); AP: altura da planta (cm); DC: diâmetro do colmo (cm); NFC: número de frutos comerciais; NFD: número de frutos deformados; NSF: nós sem frutos; PMF: peso médio dos frutos (g); PROD: produção (t ha^{-1}); FF: firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); TSS: teor de sólidos solúveis (ºBrix); CF: comprimento do fruto (cm); DF: diâmetro do fruto (cm); CCO: comprimento da cavidade ovariana (cm); DCO: diâmetro da cavidade ovariana (cm); EP: espessura da polpa (cm); %VP: porcentagem de volume de polpa.

Nesse sentido, os maiores valores de CV% observados indicam maior variabilidade relativa dos dados em relação à média, enquanto os menores valores indicam menor variabilidade relativa. Resultados semelhantes foram reportados por Santa-Catarina *et al*. (2020) em análises descritivas realizadas com genótipos de mamoeiro.

A análise de agrupamento pelo método UPGMA, baseada em 17 características morfoagronômicas, permitiu identificar sete grupos de genótipos com diferentes graus de similaridade (Figura 5). A caracterização desses grupos quanto à massa dos frutos revelou genótipos compatíveis com os padrões comerciais Solo e Formosa, além de materiais intermediários. O grupo IV reuniu o maior número de genótipos (49), classificados como intermediários, enquanto o grupo III concentrou 32 genótipos do padrão Solo. Os demais grupos apresentaram menor número de indivíduos, predominantemente associados ao padrão Formosa.

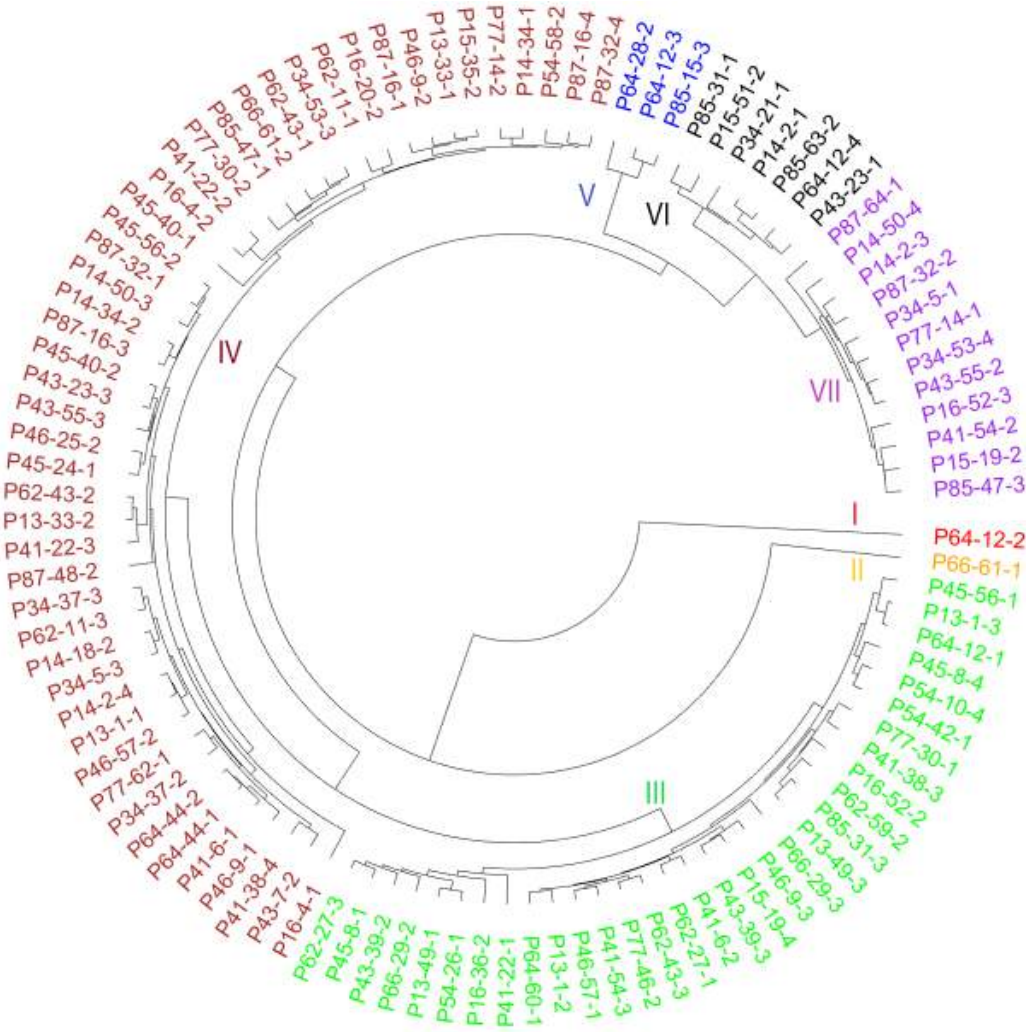


Figura 5 - Dendrograma obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), com base na análise de 17 características avaliadas utilizando a distância média euclidiana padronizada (Coeficiente de correlação cofenética 0,64).

A análise da diversidade genética permitiu identificar sete grupos distintos, evidenciando a variabilidade existente entre as progênies avaliadas e possibilitando a identificação de genótipos geneticamente divergentes. Esses resultados fornecem subsídios para a seleção de linhagens *per se* e de potenciais genitores, bem como para o planejamento de cruzamentos intergrupo e intragrupo, contribuindo para a ampliação da base genética e o avanço do Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro UENF/Caliman.

MELHORAMENTO VISANDO À RESISTÊNCIA AO PRSV-P

DETECÇÃO TEMPORAL DO VÍRUS PRSV-P POR RT-PCR EM AMOSTRAS DE GENÓTIPOS RESISTENTES E SUSCETÍVEIS DE MAMOEIRO

A caracterização da resposta de genótipos de mamoeiro ao Papaya ringspot virus (PRSV-P) é relevante para identificar fontes de resistência e compreender a relação entre o estabelecimento da infecção e a manifestação dos sintomas. Nesse contexto, foram avaliados os acessos UENF2 (suscetível) e UENF3 (resistente), pertencentes ao banco de germoplasma UENF/Caliman, por meio do acompanhamento temporal da severidade da doença e da detecção viral por RT-PCR.

As plantas foram inoculadas mecanicamente com o isolado PRSV-P/UENF01. A presença viral foi investigada em amostras foliares coletadas aos 4, 24 e 44 dias após a inoculação (DAI), utilizando os iniciadores CIRev e CIFor, descritos por Ha *et al.* (2008). Paralelamente, a severidade dos sintomas foi acompanhada até 44 DAI, com base na escala proposta por Braga *et al*. (2025), e foi registrado o tempo de incubação, correspondente ao intervalo entre a inoculação e o surgimento dos primeiros sintomas.

Os genótipos apresentaram respostas contrastantes. No UENF2, os sintomas surgiram entre 12 e 15 DAI em todas as cinco plantas inoculadas. No UENF3, o aparecimento dos sintomas foi mais tardio, aos 30 e 35 DAI, e ocorreu em apenas duas plantas; as outras três permaneceram assintomáticas até o encerramento da avaliação. As testemunhas não inoculadas de ambos os genótipos não apresentaram sintomas (Tabela 3).

A progressão da doença também distinguiu os genótipos. No UENF2, todas as plantas estavam assintomáticas aos 4 DAI; aos 24 DAI, apresentavam severidade 2, com clorose, clareamento das nervuras e mosaico. Aos 44 DAI, todas atingiram severidade 5, caracterizada por intenso comprometimento foliar (Figuras 6 e 7).

A manifestação dos sintomas no UENF2 intensificou-se ao longo do período experimental. Aos 44 DAI, foram observados deformação e espessamento das folhas, redução da lâmina foliar e filiformidade. Em algumas plantas, o comprometimento foi tão intenso que restou pouco tecido foliar; a folha da repetição R5 não pôde ser fotografada devido à deterioração causada pela infecção (Figura 7).

Em contraste, o UENF3 apresentou desenvolvimento mais lento e menor severidade dos sintomas. Nenhuma das cinco plantas apresentou sintomas até 24 DAI. Aos 44 DAI, as repetições R1 e R2 atingiram notas 1 e 3, respectivamente, enquanto R3, R4 e R5 permaneceram assintomáticas (Figuras 8 e 9). Esse resultado é coerente com o maior período de incubação registrado para o genótipo resistente.

Tabela 3 - Tempo de incubação (TI) do PRSV-P em dias, nas cinco repetições dos genótipos UENF2 e UENF3 inoculados com o isolado PRSV-P/UENF01

Genótipo	Repetição	TI (Dias)
UENF2	1	12
UENF2	2	15
UENF2	3	12
UENF2	4	14
UENF2	5	12
UENF3	1	35
UENF3	2	30
UENF3	3	sem sintomas
UENF3	4	sem sintomas
UENF3	5	sem sintomas
UENF2-Testemunha	1	sem sintomas
UENF2-Testemunha	2	sem sintomas
UENF2-Testemunha	3	sem sintomas
UENF2-Testemunha	4	sem sintomas
UENF2-Testemunha	5	sem sintomas
UENF3-Testemunha	1	sem sintomas
UENF3-Testemunha	2	sem sintomas
UENF3-Testemunha	3	sem sintomas
UENF3-Testemunha	4	sem sintomas
UENF3-Testemunha	5	sem sintomas



Figura 6 - Severidade de PRSV-P avaliada aos 4, 24 e 44 dias após a inoculação (DAI) em plantas do genótipo UENF2. R1, R2, R3, R4 e R5 representam as cinco repetições (plantas) avaliadas para cada genótipo sob condições inoculadas e não inoculadas.



Figura 7 - Aspecto foliar de plantas do genótipo UENF2 inoculadas com PRSV-P aos 24 e 44 dias após a inoculação (DAI). (A) Folhas das cinco repetições aos 24 DAI (nota 2 de severidade). (B) Folhas aos 44 DAI (nota 5 de severidade). A repetição R5 não foi representada devido ao severo comprometimento foliar causado pela infecção viral.



Figura 8 - Severidade de PRSV-P avaliada aos 4, 24 e 44 dias após a inoculação (DAI) em plantas do genótipo UENF3. R1, R2, R3, R4 e R5 representam as cinco repetições (plantas) avaliadas para cada genótipo sob condições inoculadas e não inoculadas.



Figura 9 - Aspecto foliar de plantas do genótipo resistente UENF3 inoculadas com PRSV-P aos 24 e 44 dias após a inoculação (DAI). (A) Folhas aos 24 DAI com todas as cinco repetições apresentando nota 0 de severidade. (B) Folhas aos 44 DAI ap -s a inoculação, com R1 e R2 apresentando notas 1 e 3, respectivamente, enquanto as demais plantas permaneceram assintomáticas (nota 0), evidenciando a reduzida severidade dos sintomas mesmo após o avanço da infecção viral.

A detecção por RT-PCR evidenciou diferenças temporais entre os genótipos e mostrou que a ausência de sintomas visíveis não implica necessariamente ausência de infecção (Figura 10). Aos 4 DAI, o fragmento esperado de aproximadamente 700 pb não foi detectado em nenhuma das plantas avaliadas. Esse resultado indica que a presença do vírus nesse período inicial após a infecção ainda não era suficiente para a detecção molecular.

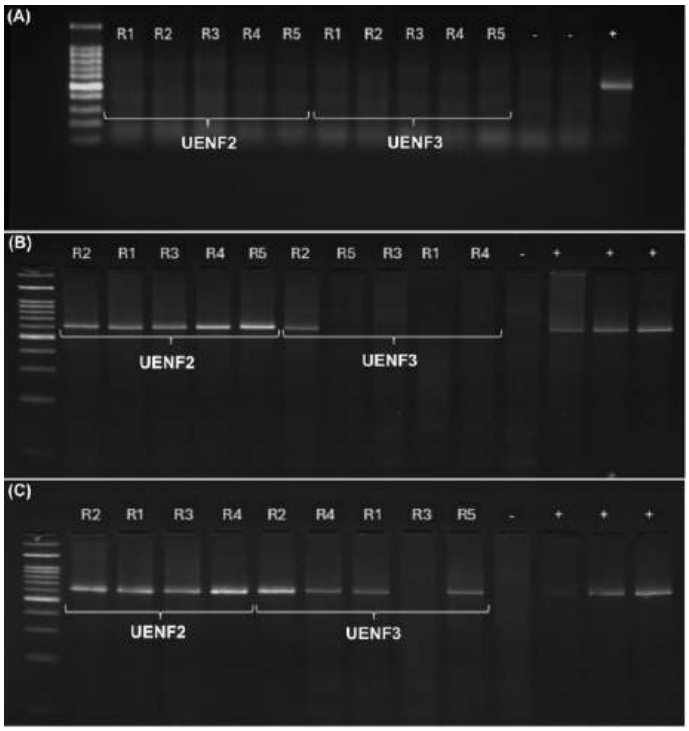


Figura 10 - Confirmação molecular da presença viral por RT-PCR. Produtos de amplificação obtidos a partir de amostras foliares das repetições R1, R2, R3, R4 e R5 coletadas aos 4 (A), 24 (B) e 44 (C) dias após a inoculação (DAI). M: marcador molecular de DNA; banda esperada de aproximadamente 700 pb. (-): controle negativo da corrida de RT-PCR, constituído por reação com amostra de planta não infectada pelo vírus. (+): controle positivo da corrida de RT-PCR, constituído por amostra previamente confirmada como infectada pelo vírus

Aos 24 DAI, todas as cinco plantas do UENF2 apresentaram amplificação positiva, em concordância com a manifestação dos sintomas e a nota 2 de severidade. No UENF3, somente a repetição R2 apresentou resultado positivo nessa avaliação, embora todas as plantas permanecessem sem sintomas visíveis. Essa repetição foi uma das duas que manifestaram sintomas posteriormente.

Aos 44 DAI, o PRSV-P foi detectado em todas as amostras analisadas do UENF2; a repetição R5 não pôde ser analisada em razão do intenso atrofiamento foliar. No UENF3, quatro das cinco plantas apresentaram detecção viral, embora três permanecessem assintomáticas. Assim, a avaliação exclusivamente visual poderia deixar de identificar plantas infectadas, particularmente no genótipo com resposta resistente.

Em conjunto, os resultados mostram que a resposta do UENF3 está associada ao retardamento da manifestação dos sintomas e à menor severidade da doença, mas não à ausência completa de infecção pelo

PRSV-P. A associação entre avaliações fenotípicas e detecção molecular oferece informações complementares para a caracterização de genótipos com diferentes respostas à virose e pode subsidiar as etapas de seleção do Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro UENF/Caliman.

INOCULAÇÃO DO PRSV-P: TESTE DE NOVAS FERRAMENTAS PARA INOCULAÇÃO

A padronização de métodos eficientes e reprodutíveis de inoculação artificial do *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) é fundamental para estudos de resistência e para a avaliação de genótipos em programas de melhoramento. Nesse contexto, foram comparados três métodos de inoculação — mecânica, por seringa e por microagulhamento — em duas linhagens suscetíveis de mamoeiro (UENF-1 e UENF-2), provenientes do Banco de Germoplasma UENF-Caliman.

O estudo foi conduzido em casa de vegetação da UENF, com o isolado PRSV-P/UENF01. A eficiência dos métodos foi avaliada pelo período de incubação (PI) e pelo índice de doença (ID%), a partir da severidade dos sintomas, conforme escala proposta por Braga *et al.* (2025) e cálculo descrito por McKinney (1923). A presença viral foi confirmada por RT-PCR aos 31 dias após a inoculação, utilizando iniciadores descritos por Ha *et al.* (2008). A comparação dessas estratégias permite identificar procedimentos mais eficientes e reprodutíveis para a inoculação artificial do PRSV-P, contribuindo para a padronização das avaliações de resistência ao vírus no programa de melhoramento genético do mamoeiro da UENF.

Para o período de incubação, observou-se que para o genótipo UENF-1 o tempo médio para o aparecimento dos primeiros sintomas foi de cerca de 8 dias para o método mecânico, em 11 dias para a seringa e 13 dias para o microagulhamento (Tabela 4). Para o genótipo UENF-2 o PI foi mais curto nas plantas submetidas à inoculação mecânica (7,8 dias), em comparação a inoculação por seringa (10,5 dias) e a técnica de microagulhamento (12,7 dias) (Tabela 4).

Tabela 4 - Período de incubação médio em dias para inoculação mecânica (IMEC), inoculação na seringa (ISER) e Inoculação por microagulhamento (IMIC)

Genótipo	Método de inoculação		
	IMEC	ISER	IMIC
UENF1	8 dias	11dias	13 dias
UENF2	7,8 dias	10,5 dias	12,7 dias

A análise de variância revelou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os métodos de inoculação para o índice de doença (ID%), indicando diferença na severidade dos sintomas causados pelo PRSV-P entre os métodos avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de variância simplificada do Índice de doença (ID%) para os genótipos UENF1 e UENF2

FV	GL	Quadrado médio	
		UENF1	UENF2
Inoculação	2	1.611,7**	1.915,4**
Repetição	4	50,4	190,6
Resíduo	8	-	-

FV=Fonte de variação; GL= Grau de Liberdade; QM= Quadrado Médio; **Significância de 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de comparação de médias (Figura 11A e 11B) revelaram que o método IMEC apresentou o maior índice de doença (ID%) nos dois genótipos avaliados, além de menor tempo de incubação, indicando maior manifestação e estabelecimento mais rápido dos sintomas. Para o genótipo UENF-1, o método de inoculação mecânica apresentou ID% de 51%, associado ao menor erro-padrão da média, indicando maior consistência entre as repetições. Em contrapartida, os métodos ISER e IMIC apresentaram ID% inferiores, de 24% e 17%, respectivamente, acompanhados de maiores erros-padrão, evidenciando maior variação entre as repetições. Para o genótipo UENF-2, o IMEC também apresentou o maior ID% (59%), associado ao menor erro-padrão, enquanto os métodos IMIC e ISER apresentaram valores de 28.5% e 22.5%, respectivamente.

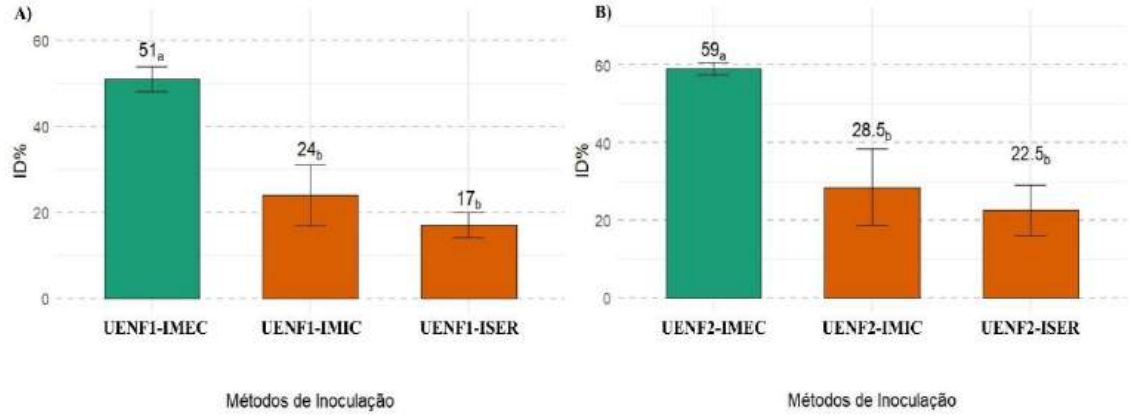


Figura 11 - Teste de comparação de média a 5% de probabilidade para o índice de doença (ID%). (A) Desempenho médio do genótipo UENF1 em inoculação mecânica (IMEC), Seringa (ISER) e Microagulhamento (IMIC). (B) Desempenho médio do genótipo UENF2 em inoculação mecânica (IMEC), Seringa (ISER) e Microagulhamento (IMIC). As barras do gráfico representam a média ± erro padrão da média (EPM).

A maior manifestação dos sintomas após a inoculação mecânica pode estar relacionada à abrasão do tecido foliar e à distribuição do inóculo, que favorecem o contato das partículas virais com as regiões lesionadas. Em contraste, a deposição mais localizada do inóculo pela seringa e sua possível dispersão após o microagulhamento podem ter contribuído para os menores índices de doença observados. Esses resultados indicam a inoculação mecânica como procedimento mais consistente, entre os métodos avaliados, para a

padronização de ensaios de resistência ao PRSV-P no programa de melhoramento genético do mamoeiro UENF/Caliman.

FENOTIPAGEM BASEADA EM ÍNDICES SPAD E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA NA AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO CONTRASTANTES PARA RESISTÊNCIA AO PRSV

O vírus da mancha anelar do mamoeiro (PRSV) constitui uma das principais ameaças à cultura, podendo comprometer severamente o desenvolvimento das plantas e a produtividade. Embora diferentes estratégias sejam empregadas para reduzir os danos causados pela doença, seu controle permanece limitado, reforçando a importância da identificação e utilização de fontes de resistência em programas de melhoramento genético (Jia *et al.*, 2017; Medina-Salgueira *et al.*, 2021; Gupta, 2023; Mohsin *et al.*, 2024). Nesse contexto, a utilização de parâmetros fisiológicos associados à avaliação convencional dos sintomas pode contribuir para uma caracterização mais precisa da resposta dos genótipos à infecção.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da infecção pelo PRSV sobre características fotoquímicas e morfofisiológicas, foram estudados dois genótipos de *C. papaya* provenientes do Banco Ativo de Germoplasma UENF/Caliman: UENF2 e UENF3, previamente caracterizados como suscetível e resistente ao PRSV, respectivamente (Braga *et al.*, 2025a; Braga *et al.*, 2025b). O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), utilizando plantas inoculadas e não inoculadas de ambos os genótipos.

A inoculação foi realizada mecanicamente com o isolado PRSV-P/UENF01. A evolução dos sintomas foi acompanhada por meio de escala de severidade (Braga *et al.*, 2024; Jesus *et al.*, 2026), juntamente com avaliações de características biométricas. A resposta fisiológica das plantas foi monitorada pela eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) e pelo índice relativo de clorofila (SPAD), utilizando fluorímetro modulado MultispeQ V2.0. As avaliações foram realizadas antes da inoculação e periodicamente até 58 dias após a inoculação (DAI). Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade quando observadas diferenças significativas (Tukey, 1949), utilizando o software R (R Core Team, 2026).

Os resultados evidenciaram respostas contrastantes dos genótipos à infecção pelo PRSV-P. Para a eficiência quântica máxima do PSII (Fv/Fm), diferenças entre os tratamentos foram detectadas já aos 2 DAI, antes do aparecimento de sintomas visíveis. O UENF2 inoculado diferiu do respectivo controle, enquanto o UENF3 apresentou comportamento semelhante entre plantas inoculadas e não inoculadas. Com o avanço da infecção, o UENF2 inoculado apresentou acentuado declínio de Fv/Fm, especialmente a partir de 16 DAI, mantendo valores entre 0,6 e 0,7. Em contraste, o UENF3 inoculado apresentou valores próximos aos observados nas plantas não inoculadas, indicando manutenção da eficiência fotoquímica (Figura 12).

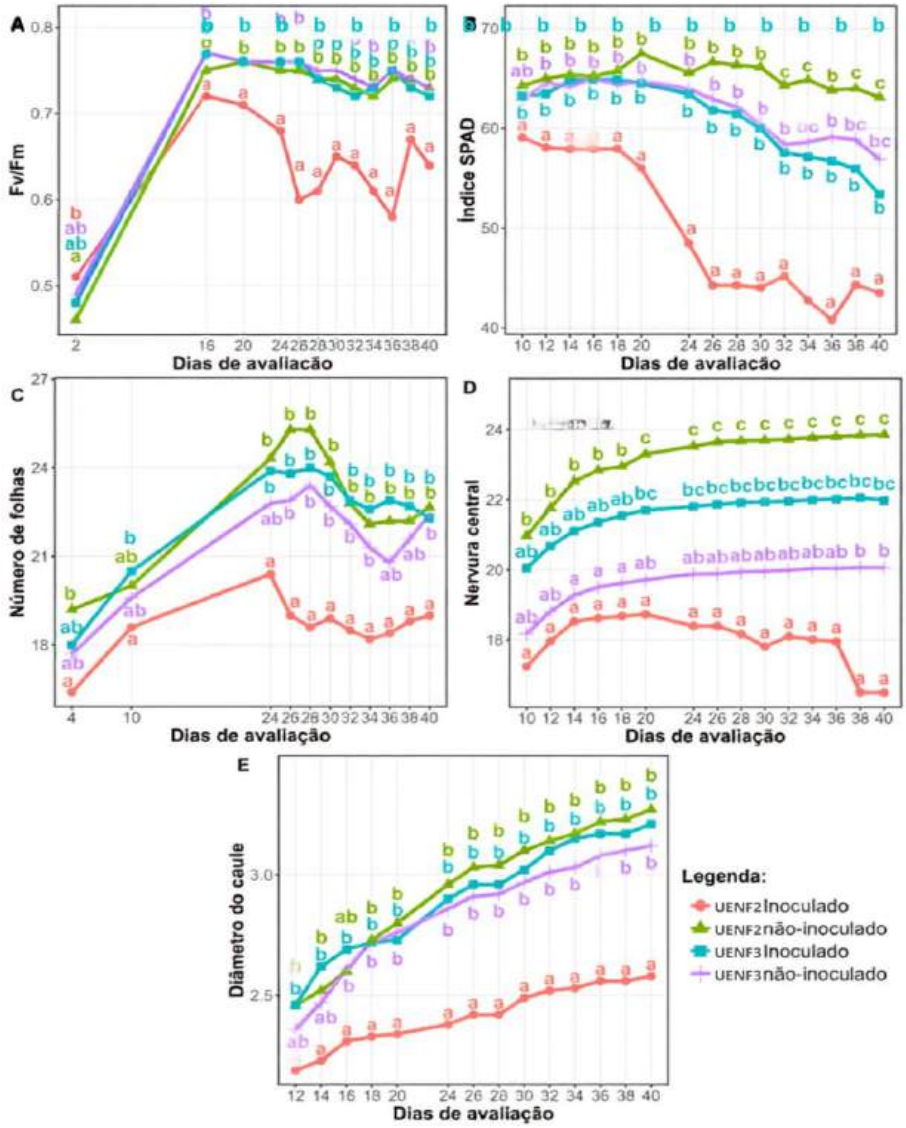


Figura 12 - Variação temporal das análises da eficiência fotoquímica e morfofisiológicas de plantas inoculadas e não inoculadas dos genótipos UENF2 e UENF3. (A) Fv/Fm, (B) índice SPAD, (C) número de folhas, (D) nervura central (cm) e (E) diâmetro do caule (cm). Os pontos representam as médias dos tratamentos em cada época de avaliação. Letras diferentes no mesmo dia de avaliação indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O índice SPAD também evidenciou o efeito diferencial da infecção. O UENF2 inoculado apresentou redução acentuada dos valores a partir de 18 DAI, indicando maior comprometimento do teor de clorofila. No UENF3 inoculado, a redução ocorreu mais tardiamente e foi menos pronunciada. A infecção também afetou o crescimento vegetativo do UENF2, com redução do número de folhas, do comprimento da nervura central e do diâmetro do caule. Para essas características, o UENF3 inoculado apresentou, de maneira geral, desempenho semelhante ao das plantas não inoculadas.

Em conjunto, as avaliações confirmaram a elevada suscetibilidade do UENF2 ao PRSV, caracterizada pelo comprometimento da eficiência fotoquímica, redução do índice SPAD e alterações no crescimento

vegetativo. Em contraste, o UENF3 manteve a eficiência fotoquímica, o teor de clorofila e a maioria das características biométricas mesmo sob infecção. Esses resultados corroboram sua resistência ao PRSV e destacam esse genótipo como material promissor para estudos complementares e como potencial fonte de resistência em estratégias do Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro da UENF voltadas ao desenvolvimento de genótipos resistentes ao vírus.

RESISTÊNCIA AO PRSV-P, EFEITOS RECÍPROCOS E HETEROSE EM HÍBRIDOS F_1 DE MAMOEIRO

A expressão da resistência em híbridos pode envolver, além da ação de genes nucleares, fatores não nucleares e interações dependentes do background genético (Falconer; Mackay, 1996; Liu *et al*., 2020; Dan *et al*., 2025). Estudos anteriores indicam que a transmissão da resistência ao PRSV em mamoeiro apresenta natureza complexa e multigênica (Drew *et al*., 1998; Sudha *et al*., 2013; Jayavalli *et al*., 2015). Nesse contexto, a avaliação de efeitos recíprocos e da heterose pode contribuir para a compreensão da arquitetura genética da resistência e para a identificação de combinações híbridas promissoras.

Foram avaliados três genitores do Banco de Germoplasma UENF/Caliman – UENF2 e UENF9, suscetíveis, e UENF3, resistente - e quatro híbridos F_1 recíprocos: UENF2 × UENF3 (F1-1), UENF3 × UENF2 (F1-3), UENF9 × UENF3 (F1-2) e UENF3 × UENF9 (F1-4). As plantas foram inoculadas mecanicamente com o isolado PRSV-P/UENF01 e avaliadas durante 52 dias quanto ao período de incubação (PI) e índice de doença (ID), utilizando escala de severidade de sintomas conforme Braga *et al*. (2025). A presença do vírus foi confirmada por RT-PCR. Também foram estimados os efeitos recíprocos e a heterose em relação à média dos genitores e ao genitor superior, UENF3.

Tabela 6 - Período de incubação (PI), índice de doença (ID) e reação de genótipos de mamoeiro ao PRSV-P

Genótipo	PI (dias)	ID (%)	Reação
UENF2	13,80 d	52,19 a	S
UENF9	15,13 c	47,04 b	MS
F1-1 (UENF2 × UENF3)	19,72 b	41,50 c	MS
F1-2 (UENF9 × UENF3)	20,13 b	41,48 c	MS
F1-4 (UENF3 × UENF9)	20,10 b	42,69 c	MS
UENF3	39,77 a	5,23 d	R
F1-3 (UENF3 × UENF2)	41,33 a	3,89 d	R

S = suscetível; MS = moderadamente suscetível; R = resistente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A análise revelou diferenças significativas entre os genótipos para PI e ID, demonstrando ampla variação genética na resposta ao PRSV-P. UENF3 e F1-3 (UENF3 × UENF2) foram os únicos materiais classificados como resistentes, apresentando os maiores períodos de incubação e os menores índices de doença. Os híbridos F1-1, F1-2 e F1-4, assim como UENF9, foram classificados como moderadamente suscetíveis,

enquanto UENF2 apresentou a maior suscetibilidade. De modo geral, PI e ID apresentaram desempenho inverso, com menores períodos de incubação associados a maiores índices de doença.

A RT-PCR confirmou a presença do PRSV-P em todos os genótipos avaliados, inclusive UENF3 e F1-3, indicando que a resistência observada nesses materiais está associada ao retardo no desenvolvimento da infecção e dos sintomas, e não à ausência do vírus.

Um dos resultados mais relevantes para o programa de melhoramento foi a diferença entre os cruzamentos recíprocos envolvendo UENF3 e UENF2. Foram detectados efeitos recíprocos altamente significativos para PI e ID nessa combinação, enquanto os recíprocos UENF3 × UENF9 e UENF9 × UENF3 não apresentaram diferenças significativas. Assim, a utilização de UENF3 como genitor feminino resultou em resposta contrastante apenas quando combinado com UENF2.

Tabela 7 - Efeitos recíprocos estimados para PI e ID em híbridos de mamoeiro

Cruzamento	Característica	Efeito recíproco	p
UENF3 × UENF2	PI	+11,21	<0,001
UENF3 × UENF2	ID	-19,31	<0,001
UENF3 × UENF9	PI	-0,01	0,985 ns
UENF3 × UENF9	ID	+0,60	0,523 ns

As estimativas de heterose reforçaram esse desempenho. F1-3 (UENF3 × UENF2) apresentou heterose positiva para PI (+57,27% em relação à média parental e +5,92% em relação ao melhor genitor) e negativa para ID (-86,46% e -25,69%, respectivamente), comportamento favorável à resistência. Em contraste, o híbrido recíproco F1-1 (UENF2 × UENF3) apresentou redução do PI e aumento do ID. Os híbridos derivados de UENF9 apresentaram respostas semelhantes entre as duas direções de cruzamento.

Tabela 8 - Heterose em relação à média dos genitores (MPH) e ao melhor genitor (BPH) para PI e ID nos híbridos recíprocos de mamoeiro

Híbrido F_1	PI – MPH*	PI – BPH*	ID – MPH*	ID – BPH*
F1-1 (UENF2 × UENF3)	-26,39	-50,42	+48,02	+712,62
F1-3 (UENF3 × UENF2)	+57,27	+5,92	-86,46	-25,69
F1-2 (UENF9 × UENF3)	-26,67	-49,38	+58,74	+693,18
F1-4 (UENF3 × UENF9)	-26,77	-49,45	+63,34	+716,19

*Valores em porcentagem (%).

A ocorrência de efeito recíproco significativo exclusivamente na combinação UENF3 × UENF2 sugere que a expressão da resistência pode depender do background genético específico do cruzamento. Diferenças entre híbridos recíprocos podem estar associadas a fatores citoplasmáticos, envolvendo genomas mitocondrial

e plastidial, ou a efeitos maternos (Hanson; Bentolila, 2004; Joseph *et al*., 2013; Leaver; Gray, 1982). Entretanto, como os resultados foram obtidos exclusivamente na geração F_1, a natureza desse mecanismo ainda precisa ser confirmada. Estudos em populações F_2 e análises moleculares dos genomas de organelas são necessários para esclarecer a base genética da resistência observada (Phillips, 2008; Nunes *et al*., 2024).

Em síntese, UENF3 e o híbrido F1-3 (UENF3 × UENF2) destacaram-se como resistentes ao PRSV-P, sendo F1-3 a combinação híbrida de maior interesse para continuidade dos estudos. Os efeitos recíprocos e os padrões contrastantes de heterose observados em UENF3 × UENF2 indicam uma arquitetura de resistência dependente da combinação e da direção do cruzamento. Esses resultados fornecem subsídios para o Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro da UENF e justificam o avanço das investigações em populações segregantes e por meio da caracterização dos genomas de organelas.

DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS DE MAMÃO COM TOLERÂNCIA AO PRSV-P: UMA ABORDAGEM GENÉTICA INOVADORA

Com o aumento da demanda por frutos de mamão de alta qualidade nos mercados interno e externo, torna-se fundamental o desenvolvimento de genótipos que associem produtividade e qualidade de frutos e tolerância a viroses. Nesse contexto, híbridos topcross de mamoeiro com potencial de tolerância ao *Papaya ringspot virus* – tipo P (PRSV-P) foram desenvolvidos, visando contribuir para a sustentabilidade e estabilidade produtiva da cultura no Brasil.

Os híbridos topcross foram obtidos utilizando o genótipo UENF3 como genitor feminino/testador e diferentes genótipos pertencentes ao banco de germoplasma da UENF/Caliman como doadores de pólen, originando os híbridos H1 a H11 e H13. Os cruzamentos e a avaliação experimental foram conduzidos em áreas da empresa Caliman Agrícola S.A., em Linhares, Espírito Santo. O ensaio foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com três repetições e quatro plantas por parcela. Aos 300 dias após o plantio, frutos no estádio de maturação RST1 (Barragán-Iglesias *et al*., 2018) foram avaliados quanto ao peso médio de frutos (PMF, g) e teor de sólidos solúveis (TSS, °Brix).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias ajustadas dos genótipos foram utilizadas para estimar a heterose em relação à média dos parentais e a heterobeltiose, correspondente à superioridade do híbrido em relação ao parental de maior expressão. As análises estatísticas foram realizadas no software R.

Os híbridos topcross apresentaram variabilidade para peso de frutos e teor de sólidos solúveis, demonstrando respostas distintas das combinações envolvendo UENF3 como testador comum. Para TSS, os valores variaram de 9,67 a 12,83 °Brix. O maior valor foi observado em H13 (12,83 °Brix), seguido por H1 (12,33 °Brix), H6 (12,09 °Brix) e H9 (12,06 °Brix). A heterose variou de −16,80 a 12,99%, sendo os maiores valores positivos observados em H7 (12,99%), H9 (9,32%) e H1 (7,69%).

Para peso de frutos, observou-se maior amplitude entre os híbridos. H10 apresentou o maior peso médio (1.286,44 g), seguido por H11 (845,44 g) e H8 (843,67 g). A heterose variou de −29,30 a 64,11%, com destaque para H10 (64,11%) e H11 (56,69%). H3, H6, H8 e H5 também apresentaram heterose positiva

expressiva, com valores de 36,95, 32,09, 28,50 e 26,78%, respectivamente.

Um híbrido pode apresentar elevado desempenho fenotípico em razão do potencial genético de seus parentais sem necessariamente apresentar elevada superioridade em relação à média parental. Da mesma forma, elevada heterose não implica necessariamente maior desempenho fenotípico. Portanto, a seleção deve considerar conjuntamente o desempenho *per se* e a expressão heterótica (Miranda *et al*., 2025). Em relação à heterobeltiose, apenas H13 apresentou superioridade para TSS em relação ao parental de maior expressão, enquanto H3, H4, H5, H6, H10, H11 e H13 apresentaram heterobeltiose positiva para peso de frutos.

Portanto, existem combinações híbridas com características de frutos favoráveis e respostas heteróticas expressivas, constituindo uma etapa importante do programa de melhoramento genético. Entretanto, como esses materiais foram desenvolvidos visando à obtenção de genótipos tolerantes ao PRSV-P, o desempenho agronômico e a qualidade dos frutos deverão ser integrados às avaliações de reação ao vírus, bem como a outras características morfoagronômicas de importância para o mamoeiro. Assim, a identificação dos híbridos efetivamente promissores dependerá da associação entre tolerância ao PRSV-P e características agronômicas e comerciais desejáveis.

PERFIL TRANSCRICIONAL DOS ACESSOS UENF2 E UENF3 DE *C. papaya* EM RESPOSTA AO PRSV-P: GENÓTIPOS DO BANCO DE GERMOPLASMA UENF/CALIMAN COM RESPOSTAS CONTRASTANTES À INFECÇÃO

A identificação de genótipos com respostas marcadamente distintas quanto à infecção pelo PRSV-P ofereceu ao grupo de melhoramento genético do mamoeiro da UENF a oportunidade de utilizar esse sistema como modelo biológico para a compreensão dos processos moleculares que determinam a dinâmica da interação por meio da análise do transcriptoma.

Enquanto UENF2 apresentou sintomas poucos dias após a inoculação mecânica, elevada severidade e alto índice de doença, UENF3 permaneceu assintomático por mais de 50 dias na maioria das plantas avaliadas e, quando os sintomas se manifestaram, apresentou baixa severidade. Esse comportamento foi corroborado por análises do aparato fotoquímico, que demonstraram menor comprometimento fisiológico em UENF3 (Braga *et al.*, 2025b, 2025a).

Dessa forma, decodificar o transcriptoma de genótipos em condições de estresse biótico, permitiria traçar o perfil de expressão de genes de uma série de vias que a planta utiliza como estratégia de defesa que incluem: sinalização de espécies reativas de oxigênio, produção de enzimas antioxidantes, expressão de proteínas relacionadas a patogênese, respostas de hipersensibilidade, desenvolvimento de resistência sistêmica adquirida e uso de hormônio vegetais (Baxter; Mittler; Suzuki, 2014; Elvira *et al.*, 2008; Gonçalves *et al.*, 2013).

Para obter essas respostas, os genótipos UENF2 e UENF3 foram submetidos à inoculação mecânica com o isolado PRSV-P/UENF01, sendo mantidas plantas não inoculadas de cada genótipo como controle. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e, aos oito dias após a inoculação, folhas das plantas

inoculadas e não inoculadas foram coletadas para a extração de RNA e posterior sequenciamento. Ao todo, 16 amostras foram obtidas, correspondentes a quatro condições experimentais, com quatro repetições biológicas por condição: UENF2 não inoculado (S)/Controle-Suscetível; UENF2 inoculado (S)/Tratamento-Suscetível; UENF3 não inoculado (R)/Controle-Resistente; e UENF3 inoculado (R)/Tratamento-Resistente.

As amostras de RNA seguiram para a construção das bibliotecas e ao sequenciamento na plataforma Illumina NextSeq 2000. As leituras obtidas passaram por filtragem por qualidade, foram mapeadas ao genoma de referência de *C. papaya* e utilizadas para a quantificação da expressão gênica. A análise de expressão diferencial foi realizada utilizando o pacote DESeq2, considerando-se diferencialmente expressos os genes com $padj \leq 0,05$.

A análise de expressão gênica diferencial revelou contrastes marcantes entre os tratamentos avaliados (Tabela 9). Foram identificados apenas quatro genes diferencialmente expressos entre UENF3 inoculado e não inoculado, enquanto a comparação entre UENF2 inoculado e não inoculado resultou em 6.640 genes diferencialmente expressos. Entre os acessos sob condição de inoculação, foram identificados 7.154 genes diferencialmente expressos, correspondendo ao maior número de DEGs observado entre as comparações realizadas. Já entre UENF3 e UENF2 não inoculados, foram identificados 854 genes diferencialmente expressos.

Tabela 9 - Número de genes diferencialmente expressos identificados entre os acessos UENF3 (resistente) e UENF2 (suscetível) em diferentes condições de inoculação com PRSV-P, considerando $padj \leq 0,05$

Comparação entre tratamentos	Número de DEGs
UENF3 Inoculado *vs.* UENF3 Não Inoculado	4
UENF2 Inoculado *vs.* UENF2 Não Inoculado	6.640
UENF3 Inoculado *vs.* UENF2 Inoculado	7.154
UENF3 Não Inoculado *vs.* UENF2 Não Inoculado	854

DEGs = genes diferencialmente expressos; *padj* = valor de *p* ajustado para múltiplos testes; vs = *Versus*.

Os resultados indicam que, em comparação às respectivas plantas não inoculadas, a infecção pelo PRSV-P promoveu alterações significativas na expressão dos genes no acesso suscetível UENF2, enquanto o acesso resistente UENF3 apresentou uma resposta muito mais discreta. Além disso, o elevado número de genes diferencialmente expressos entre os acessos sob inoculação sugere que os mecanismos associados à resistência envolvem diferenças substanciais na regulação da expressão gênica em resposta ao vírus.

As diferenças observadas no número de genes diferencialmente expressos entre as comparações também se refletiram no padrão de agrupamento das amostras na análise de componentes principais (PCA). Os resultados indicaram concordância entre a análise de expressão diferencial e a estrutura global dos perfis transcriptômicos. Os dois primeiros componentes principais explicaram 92% da variabilidade total dos dados,

sendo 82% atribuídos ao PC1 e 10% ao PC2 (Figura 13). As amostras do acesso suscetível UENF2 inoculado apresentaram a maior dispersão entre as repetições biológicas, enquanto as amostras do acesso resistente UENF3 inoculado e não inoculado agruparam-se de forma mais próxima. Além disso, observou-se uma clara separação entre os acessos UENF3 e UENF2 sob condição de inoculação, corroborando as diferenças de expressão gênica observadas entre os genótipos.

Dentre os 7.154 genes diferencialmente expressos identificados entre UENF3 inoculado e UENF2 inoculado, foi realizada uma análise exploratória dos transcritos que apresentaram os maiores valores de regulação positiva e negativa de acordo com o log_2FoldChange (dados não apresentados). Essa abordagem preliminar permitiu identificar uma diversidade de processos biológicos potencialmente associados às diferenças de resposta entre os genótipos. De modo geral, os transcritos com maior regulação positiva estiveram relacionados principalmente à defesa e adaptação ao estresse, regulação da expressão gênica, defesa antioxidante, metabolismo secundário e metabolismo de membranas. Em contraste, entre os transcritos com maior regulação negativa, observaram-se predominantemente funções associadas à defesa contra patógenos, sinalização mediada por ácido salicílico, defesa antioxidante e regulação da expressão gênica.

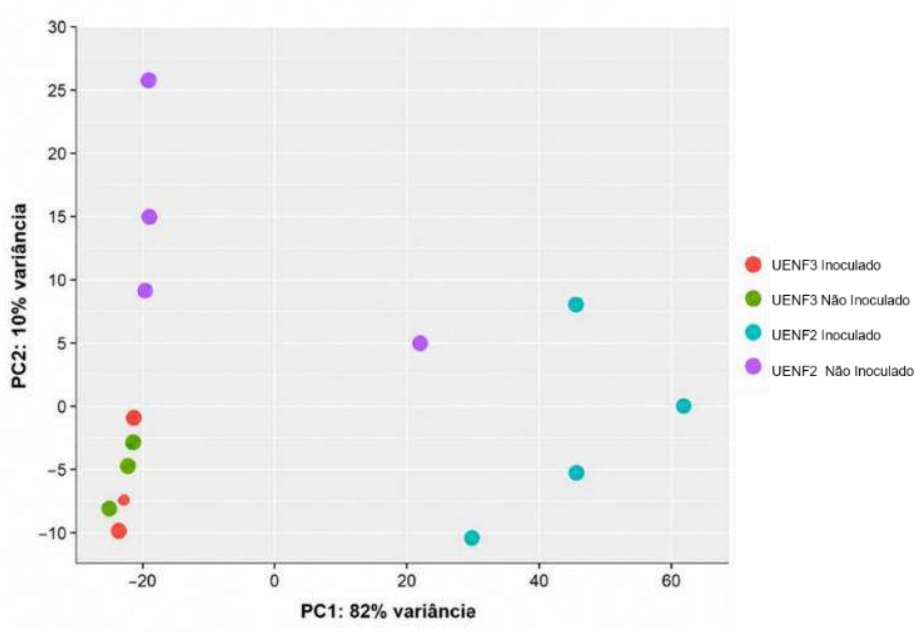


Figura 13 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos perfis de expressão gênica dos acessos UENF3 (resistente) e UENF2 (suscetível), inoculados e não inoculados com PRSV-P. Cada ponto representa uma repetição biológica, e as cores indicam os diferentes grupos experimentais.

As análises complementares de enriquecimento funcional, redes de interação proteína-proteína e validação da expressão gênica por RT-qPCR constituem etapas importantes para o aprofundamento dos resultados obtidos. Essas abordagens permitirão ampliar a interpretação dos dados transcriptômicos e contribuir para a identificação e caracterização de genes potencialmente associados à resposta ao PRSV-P.

SEQUENCIAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO GENOMA COMPLETO DE UM ISOLADO BRASILEIRO DE PRSV-P

A caracterização do genoma completo do PRSV-P é relevante para a compreensão da variabilidade genética do vírus e de suas relações com o hospedeiro, fornecendo informações que podem subsidiar estudos de virulência, resistência e desenvolvimento de estratégias de controle e abordagens biotecnológicas (Hamim *et al.*, 2018; Tripathi *et al.*, 2008). Nesse contexto, considerando a importância da caracterização molecular do isolado brasileiro de PRSV-P utilizado nas pesquisas de nossa equipe sobre a interação vírus–mamoeiro e os mecanismos de resistência ao vírus, sequenciamos e caracterizamos seu genoma completo, contribuindo para o conhecimento da diversidade genômica do PRSV-P e fornecendo uma referência para os estudos desenvolvidos com esse isolado.

O isolado utilizado neste estudo foi obtido a partir de amostras foliares de uma planta de mamoeiro sintomática, coletadas em 2023, em uma área rural de São Francisco de Itabapoana, Rio de Janeiro, Brasil. Após a coleta, o isolado foi mantido e multiplicado em plantas de mamoeiro em casa de vegetação à prova de afídeos, e sua identidade foi confirmada por RT-PCR. Posteriormente, o RNA total foi extraído no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV/UENF) utilizando TRIzol (Invitrogen). Após a avaliação da qualidade do RNA, foi construída uma biblioteca por enriquecimento de poli (A), seguida do sequenciamento de nova geração (NGS) na plataforma NextSeq 2000 (Illumina), com leituras pareadas de 2 × 100 pb e média de 25 milhões de clusters por amostra.

Como resultado das etapas de processamento e montagem, foi obtido o genoma completo do isolado PRSV-P/UENF01, cuja caracterização revelou 10.371 nucleotídeos (nt), sendo constituído por uma região 5′ não traduzida (5′ UTR) de 86 nt, uma única sequência codificadora (CDS) de 10.035 nt, uma região 3′ não traduzida (3′ UTR) de 206 nt e uma cauda poli-A de 44 nt. Sua organização genômica é característica do gênero *Potyvirus*, com uma única ORF responsável pela codificação de uma poliproteína viral. A sequência completa foi depositada no GenBank sob o número de acesso PZ444261 e será disponibilizada publicamente após a publicação do artigo científico. Até o momento, este constitui o primeiro registro de uma sequência genômica completa de PRSV do tipo P proveniente do Brasil.

A análise da poliproteína revelou motivos conservados característicos de *Potyvirus*, incluindo KITC (598–601 aa) e PTK (856–858 aa) na HC-Pro, DAG (3064–3066 aa), WCIEN (3196–3200 aa) e QMKAAA (3297–3302 aa) na CP, associados à transmissão por afídeos, e QPSTVVDN (2831–2838 aa) e NGDDL (2869–2873 aa) na NIb, relacionados à interação com o RNA viral e à atividade da RNA polimerase, respectivamente.

O motivo FRNK da HC-Pro, determinante para a expressão dos sintomas (Desbiez; Lecoq, 2021), foi encontrado conservado no isolado PRSV-P/UENF01 (727–730 aa). Variações nesse motivo, incluindo substituições de K por R e K por E, foram observadas em outros isolados (Medina-Salguero *et al.*, 2021). Alterações no FRNK têm sido associadas à modulação da virulência e à atenuação dos sintomas (Shiboleth *et al.*, 2007). O isolado PRSV-P/UENF01 apresentou danos severos à área foliar de plantas de mamoeiro, com pontuações cloróticas, mosaico, clareamento das nervuras e deformação foliar (Braga *et al.*, 2025a).

A comparação com sequências de PRSV-P e PRSV-W de diferentes regiões revelou maior identidade nucleotídica do PRSV-P/UENF01 com isolados do tipo W provenientes do Brasil, especificamente DQ374152.1 (95,04%), MN364666.1 (94,18%) e DQ374153.1 (93,44%) (Figura 14). As menores identidades foram observadas com o isolado MH444652.1, de Bangladesh (74,31%), seguido pelos isolados KY996464.1, da Coreia do Sul (80,08%), e pelo isolado da China (80,40%).

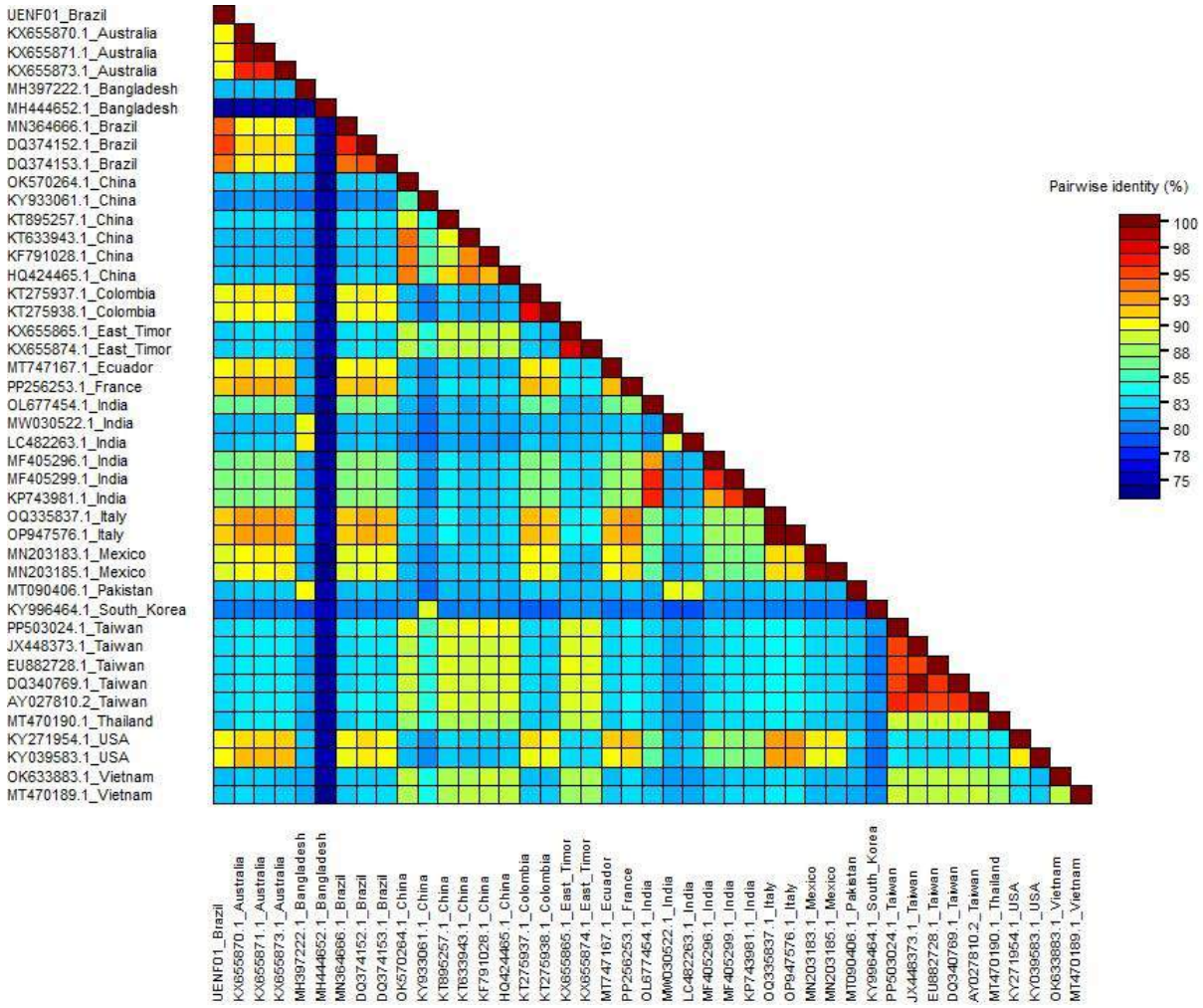


Figura 14 - Matriz de identidade nucleotídica gerada pelo software SDT para o isolado PRSV-P/UENF01 e isolados de PRSV de diferentes regiões do mundo.

ESTUDOS PROTEÔMICOS APLICADOS À DIFERENCIAÇÃO SEXUAL

ANÁLISE PROTEÔMICA COMPARATIVA EM SEMENTES E FOLHAS DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO: EM BUSCA POR BIOMARCADORES SEXUAIS

A determinação precoce do sexo ainda representa uma etapa importante a ser superada na cadeia produtiva do mamoeiro. A espécie apresenta plantas femininas, masculinas e hermafroditas, com constituições

sexuais XX, XY e XY^h, respectivamente, e as plantas hermafroditas são as mais valorizadas comercialmente por produzirem frutos alongados, com menor cavidade ovariana e maior rendimento de polpa. Como a identificação sexual tradicional ocorre apenas após o florescimento, produtores frequentemente plantam três ou quatro mudas por cova e, posteriormente, eliminam as plantas femininas mantendo apenas as plantas hermafroditas. Essa prática aumenta o consumo de sementes, mudas, água, fertilizantes e mão de obra. Diante disso, buscou-se identificar proteínas diferencialmente acumuladas em sementes e folhas de mamoeiro, comparando plantas femininas (XX) e hermafroditas (XY^h), com a finalidade de selecionar proteínas candidatas potencialmente associadas à diferenciação sexual e com aplicação futura na sexagem precoce da cultura.

A análise proteômica foi realizada em sementes e folhas de genótipos pertencentes ao Banco de Germoplasma UENF/Caliman, previamente discriminados quanto ao sexo molecular. As proteínas foram analisadas por nanoUPLC acoplado a Q-TOF, permitindo comparar os perfis proteômicos de materiais femininos (XX) e hermafroditas (XYh) e identificar proteínas diferencialmente acumuladas entre os dois sexos.

Nas sementes, foram identificadas 202 proteínas, das quais 11 apresentaram acúmulo diferencial entre XX e XYh (Figura 15). O perfil observado foi restrito e variável entre os genótipos. No UENF4, foram detectadas duas proteínas com maior acúmulo em sementes hermafroditas; no UENF6, duas proteínas apresentaram esse mesmo padrão e uma foi exclusiva de XYh; e, no UENF5, quatro proteínas apresentaram maior acúmulo em XX e uma foi exclusiva de sementes femininas. Esses resultados evidenciaram diferenças entre os sexos, porém sem um padrão consistente entre os genótipos avaliados.

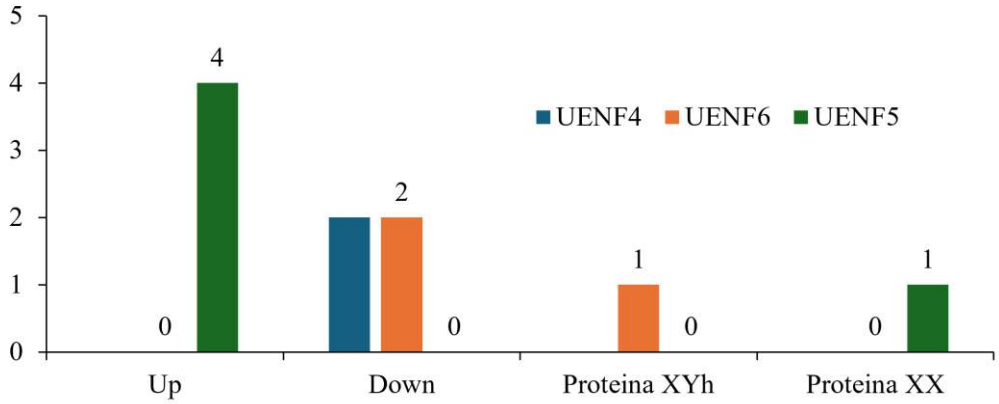


Figura 15 - Proteínas diferencialmente acumuladas em sementes XX e XY^h de três genótipos de mamoeiro (Candy, JS12 e 72/12).

Em tecido foliar, a cobertura proteômica foi substancialmente maior: foram identificadas 1.047 proteínas, das quais 106 foram classificadas como diferencialmente acumuladas entre plantas XX e XYh (Figura 16). O UENF4 apresentou sete proteínas com maior acúmulo em XX e 11 com maior acúmulo em XYh; no UENF6, foram identificadas 25 e 29 proteínas, respectivamente; e, no UENF5, 17 e 23. Nos três

genótipos predominou, portanto, o grupo de proteínas com maior acúmulo em plantas hermafroditas. Os resultados indicaram que as folhas foram mais informativas do que as sementes para detectar diferenças proteômicas entre plantas femininas e hermafroditas.

Em conjunto, as análises demonstraram a ocorrência de proteínas diferencialmente acumuladas entre plantas femininas e hermafroditas tanto em sementes quanto em folhas, com maior número de candidatos no tecido foliar. Nas sementes, o menor número de proteínas diferencialmente acumuladas e a ausência de um padrão consistente entre os genótipos sugerem influência genotípica ou fisiológica sobre o perfil proteômico. Nas folhas, a maior quantidade de proteínas com acúmulo diferencial e de proteínas exclusivas de XYh reforça o potencial desse tecido para a prospecção de candidatos associados à diferenciação sexual.

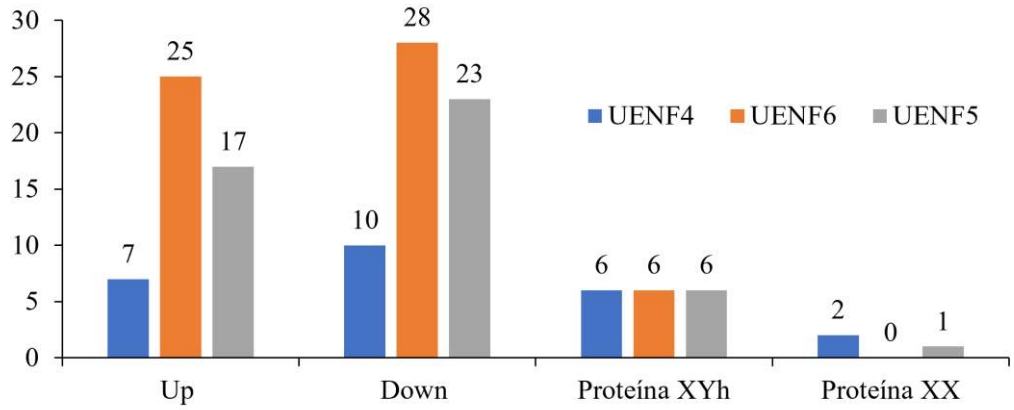


Figura 16 - Proteínas diferencialmente acumuladas em folhas XX e XY^h de três genótipos de mamoeiro.

Os resultados obtidos constituem uma etapa inicial na identificação de potenciais biomarcadores para sexagem precoce do mamoeiro, especialmente a partir de tecido foliar. Como continuidade, os genes codificadores associados às proteínas candidatas serão avaliados por análises de expressão gênica, etapa atualmente em andamento, com o objetivo de verificar se as diferenças observadas no nível proteico também se refletem no nível transcricional e de priorizar candidatos mais consistentes entre genótipos. A validação desses candidatos poderá contribuir para futuras estratégias de sexagem precoce, com possível aplicação no melhoramento genético e na produção comercial de mudas.

PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas do Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro UENF/Caliman estão direcionadas à continuidade das pesquisas voltadas ao desenvolvimento de novas cultivares, com ênfase na resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro (PRSV-P). Essa linha de pesquisa vem sendo conduzida por meio de diferentes abordagens, integrando estratégias de melhoramento genético clássico e ferramentas moleculares, incluindo genômica, transcriptômica e proteômica.

No âmbito do melhoramento clássico, estão em andamento a obtenção e a avaliação de híbridos provenientes de cruzamentos com genitores resistentes ao PRSV-P, visando identificar combinações promissoras quanto à resistência e às características agronômicas de interesse. Paralelamente, serão realizados estudos de herança genética para ampliar a compreensão dos mecanismos envolvidos na resistência ao vírus e subsidiar as estratégias de seleção.

As pesquisas também contemplam abordagens genômicas, incluindo mapeamento de QTL, estudos de associação genômica ampla (GWAS) e genômica comparativa, com o objetivo de identificar regiões genômicas e genes potencialmente associados à resistência ao PRSV-P. Complementarmente, a integração de análises transcriptômicas e proteômicas permitirá aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos moleculares envolvidos na interação entre o mamoeiro e o vírus. Estudos voltados à caracterização da diversidade genética de isolados do PRSV-P também contribuirão para o aprimoramento das estratégias de avaliação e seleção de genótipos resistentes.

Paralelamente, pretende-se avançar nas pesquisas em proteômica voltadas à sexagem precoce do mamoeiro, buscando identificar e validar biomarcadores associados à diferenciação sexual. Espera-se que esses estudos contribuam para o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a identificação precoce de plantas femininas e hermafroditas, ampliando a eficiência das estratégias de seleção e da produção de mudas.

A integração dessas diferentes abordagens busca fortalecer as estratégias de melhoramento genético do mamoeiro, contribuindo para a identificação de fontes de resistência, o desenvolvimento de marcadores moleculares e, futuramente, a obtenção de cultivares que associem resistência ao PRSV-P a características agronômicas e comerciais de interesse.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. Principles of Plant Breeding. New York: John Wiley & Sons, 1960.

ALVIAR, A.N.; STA. CRUZ, F.C.; HAUTEA, D.M. **Assessing the responses of tolerant papaya (*Carica papaya* L.) varieties to Papaya ringspot virus (PRSV) infection and establishment of symptom severity rating scale for resistance screening**. 2012.

ARAYA-VALVERDE, E.; BOGANTES, A.; HOLST, A.; VARGAS-MORA, C.; GÓMEZ-ALPÍZAR, L.; BRENES, A.; SÁNCHEZ-BARRANTES, E.; CHAVARRÍA, M.; BARBOZA-BARQUERO, L. Field performance of hermaphrodite papaya plants obtained through molecular selection and micropropagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, p. 420-427, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a59.

ÁVILA-HERNÁNDEZ, J.G.; CÁRDENAS-AQUINO, M.R.; CAMAS-REYES, A.; MARTÍNEZ-ANTONIO, A. Sex determination in papaya: current status and perspectives. **Plant Science**, v. 335, 111814, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111814.

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L.L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 272-278, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012.

BARROS, G.B.A.; AREDES, F.A.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R. Combining ability of recombinant lines of papaya from backcrossing for sexual conversion. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 166-174, 2017.

BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 5, p. 1229-1240, 1 mar. 2014.

BORATYN, G.M.; CAMACHO, C.; COOPER, P.S.; COULOURIS, G.; FONG, A.; MA, N.; MADDEN, T.L.; MATTEN, W.T.; MCGINNIS, S.D.; MEREZHUK, Y.; RAYTSELIS, Y.; SAYERS, E.W.; TAO, T.; YE, J.; ZARETSKAYA, I. BLAST: a more efficient report with usability improvements. **Nucleic Acids Research**, v. 41, n. W1, p. W29–W33, 1 jul. 2013.

BRAGA, C.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTOS, J.S.; RODRIGUES, A.S.; CATARINA, R.S.; BISPO, R.B.; SILVA, R.P.; BOECHAT, M.S.B.; EIRAS, M.; SILVEIRA, S.F.; PEREIRA, M.G. Effect of papaya ringspot virus infection in Brazilian *Carica papaya* accessions under controlled conditions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 72, p. 7223–7233, 2025a. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-025-02383-2.

BRAGA, C.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTOS, J.S.; SOUZA, G.A.R.; RODRIGUES, A.S.; PEREIRA, M.G.; CAMPOSTRINI, E. Papaya ringspot virus type P affects photochemical efficiency (JIP test parameters) in young papaya plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 140, p. 102894, nov. 2025b.

BRAGA, C.S. **Banco de germoplasma de mamoeiro UENF/CALIMAN: Caracterização da resistência ao PRSV-P e respostas da eficiência fotoquímica à infecção viral**. 2024. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

BRISTER, J.R.; AKO-ADJEI, D.; BAO, Y.; BLINKOVA, O. NCBI Viral Genomes Resource. **Nucleic Acids Research**, v. 43, n. D1, p. D571–D577, 28 jan. 2015.

BUI, T.L.; TRUONG, N.T.; DO, T.K. The application of molecular marker in papaya sex determination: from the laboratory to the field. **Scientia Horticulturae**, v. 327, 112872, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112872.

BURRIEZA, H.P.; RIZZO, A.J.; VALE, E.M.; SILVEIRA, V.; MALDONADO, S. Shotgun proteomic analysis of quinoa seeds reveals novel lysine-rich seed storage globulins. **Food Chemistry**, v. 293, p. 299-306, 2019.

CAMACHO, C.; COULOURIS, G.; AVAGYAN, V.; MA, N.; PAPADOPOULOS, J.; BEALER, K.; MADDEN, T.L. BLAST+: architecture and applications. **BMC Bioinformatics**, v. 10, n. 1, p. 421, 15 dez. 2009.

COPELAND, R.G.R.; BAR, I.; PRASAD, S.H.; MIR, R.R.; GARG, V.; HENRY, R.; MING, R.; VARSHNEY, R.K. Harnessing novel genomic resources and emerging breeding tools to fast-track genetic improvement in papaya. **Horticultural Plant Journal**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.hpj.2025.06.001.

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; BARROS, G.B.A.; AREDES, F.A.S.; SILVEIRA, S.F.; FERREGUETTI, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANNA, A.P.; PEREIRA, M.G. Model-assisted phenotyping by digital images in papaya breeding program. **Scientia Agrícola**, v. 74, n. 4, p. 294-302, 2017.

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; AZEVEDO, A.O.N.; POLTRONIERI, T.P.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; MOREIRA, N.F.; FERREGUETTI, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; PEREIRA, M.G. Papaya recombinant inbred lines selection by image-based phenotyping. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 3, p. 208-215, 2018.

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; PEREIRA, M.G. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/Blup procedure. **Bragantia**, v. 78, n. 3, p. 1-11, 2019.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, A.V.; AMARAL JR., A.T. Genetic divergence among elephantgrass cultivars assessed by RAPD markers in composit samples. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 623-627, 2002.

DAN, Z.; CHEN, M.; LI, J. Quantitative insights into the genetic mechanisms of crop heterosis. **Advanced Genetics**, 2025.

DESBIEZ, C.; LECOQ, H. Papaya ringspot virus (Potyviridae). In: BAMFORD, D. H.; ZUCKERMAN, M. **Encyclopedia of Virology**. [s.l.] Elsevier, 2021. p. 520-527.

DHEKNEY, S.A.; KANDEL, R.; BERGEY, D.R.; SITTHER, V.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; LITZ, R.E. Advances in papaya biotechnology. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 5, p. 133-142, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.01.004.
DIAS, P.N.L., OLIVEIRA, E.J., DANTAS, J.L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimativa de parâmetros genéticos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46 n. 11, p. 1471-1479, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100008.

DOYLE, J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus (Madison)**, v. 12, p. 13-15, 1990.

DREW, R.A.; MOISANDER, J.A.; O'BRIEN, C.M. Inheritance of resistance to papaya ringspot virus in Vasconcellea quercifolia. **Australasian Plant Pathology**, v. 27, n. 4, p. 278-282, 1998.

DUARTE, R.P.; RAMOS, H.C.C.; XAVIER, L.R.; PIROVANI, A.A.V.; RODRIGUES, A.S.; TURQUETTI-MORAES, D.K.; SILVA JUNIOR, I.R.; VENÂNCIO, T.M.; SILVEIRA, V.; PEREIRA, M.G. Comparative proteomic analysis of papaya bud flowers reveals metabolic signatures and pathways driving hermaphrodite development. **Scientific Reports**, v. 14, 8867, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-59306-x.

DUARTE, R.P.; RAMOS, H.C.C.; VIEIRA, H.D.; PIROVANI, A.A.V.; BOECHAT, M.S.B.; SANTANA, F.A.; MENDES, T.N.; POLTRONIERI, T.P.S.; PEREIRA, M.G. Molecular sexing in papaya (*Carica papaya* L.) seeds based on endosperm DNA. **Euphytica**, v. 216, p. 99, 2020.

ELVIRA, M.I.; GALDEANO, M.M.; GILARDI, P.; GARCIA-LUQUE, I.; SERRA, M.T. Proteomic analysis of pathogenesis-related proteins (PRs) induced by compatible and incompatible interactions of pepper mild mottle virus (PMMoV) in Capsicum chinense L3 plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 6, p. 1253-1265, 2008.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Longman, 1996.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Acesso em: 29 ago. 2026.

GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; DIZ, M.S.S.; ROBAINA, R.R.; DO AMARAL JÚNIOR, A.T.; CARVALHO, A.O.; GOMES, V.M. Peroxidase is involved in Pepper yellow mosaic virus resistance in Capsicum baccatum var. pendulum. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 2, p. 1411-1420, 2013.

GUPTA, P.; PARUPUDI, P.L.C.; SUPRIYA, L.; SRIVASTAVA, H.; PADMAJA, G.; GOPINATH, K. Complete genome sequencing and construction of full-length infectious cDNA clone of papaya ringspot virus-HYD isolate and its efficient in planta expression. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, 1310236, 2023.

HA, C.; COOMBS, S.; REVILL, P.A.; HARDING, R.M.; VU, M.; DALE, J.L. Design and application of two novel degenerate primer pairs for the detection and complete genomic characterization of potyviruses. **Archives of Virology**, v. 153, p. 25-36, 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/s00705-007-1053-7

HAMIM, I.; BORTH, W.; MELZER, M.J.; HU, J. Ultra-sensitive detection of papaya ringspot virus using single-tube nested PCR. **Acta Virologica**, v. 62, n. 04, p. 379-385, 2018.

HANSON, M.R.; BENTOLILA, S. Interactions of mitochondrial and nuclear genes that affect male gametophyte development. **Plant Cell**, v. 16, Suppl., p. S154-S169, 2004.

JAYAVALLI, R.; BALAMOHAN, T.N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; MANIVANNAN, N.; RABINDRAN, R. Transmission of resistance to papaya ringspot virus (PRSV) in intergeneric populations of *Carica papaya* and Vasconcellea cauliflora. **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 129-135, 2015.

JESUS, O.N.; CARVALHO, F.D.; MOURA, H.C.P.; SANTANA. D.S.; FIÚZA JÚNIOR, F.J.S.; MEISSNER FILHO, P.E. **Descritores morfoagronômicos ilustrados para a caracterização de mamoeiro (*Carica papaya* L.) e outras Caricaceae**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2026. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 161).

JIA, R.; ZHAO, H.; HUANG, J.; KONG, H. *et al.* Use of RNAi technology to develop a PRSV-resistant transgenic papaya. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 12636, 2017. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-017-13049-0

JOSEPH, B.; CORWIN, J.A.; LI, B.; ATWELL, S.; KLIEBENSTEIN, D.J. Cytoplasmic genetic variation and extensive cytonuclear interactions influence natural variation in the metabolome. **eLife**, v. 2, e00776, 2013.

JYOTIKA, R.K.; HARISH, S.; KARTHIKEYAN, G.; KUMAR, K.K.; MURUGAN, M.; JAYAKANTHAN, M.; CHEN, T.C. Molecular approaches for the management of papaya ringspot virus infecting papaya: a comprehensive review. **Molecular Biology Reports**, v. 51, 981, 2024.

LEAVER, C.J.; GRAY, M.W. Mitochondrial genome organization and expression in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 33, n. 1, p. 373-402, 1982.

LIU, H.; ABLE, A.J.; ABLE, J.A. Exploring the molecular basis of heterosis for plant breeding. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 62, n. 3, p. 287-298, 2020.

LUZ, L.N., PEREIRA, M.G., BARROS, F.R., BARROS, G.D.B., FERREGUETTI, G.A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 159-17, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14.

MCKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-218, 1923.

MEDINA-SALGUERO, A.X.; CORNEJO-FRANCO, J.F.; GRINSTEAD, S.; MOWERY, J.; MOLLOV, D.; QUITO-AVILA, D.F. Genetic characterization of a mild isolate of papaya ringspot virus type-P (PRSV-P) and assessment of its cross-protection potential under greenhouse and field conditions. **PLoS ONE**, v. 16, n. 2, 2021.

MEDINA-SALGUERO, A.X.; CORNEJO-FRANCO, J.F.; GRINSTEAD, S.; MOWERY, J.; MOLLOV, D.; QUITO-AVILA, D.F. Characterization of a mild isolate of papaya ringspot virus type P (PRSV-P) and evaluation of its cross-protection potential under greenhouse and field conditions. **PLoS ONE**, v. 16, n. 2, e0241652, 2021.

MELESHKO, D.; HAJIRASOULIHA, I.; KOROBEYNIKOV, A. coronaSPAdes: from biosynthetic gene clusters to RNA viral assemblies. **Bioinformatics**, v. 38, n. 1, p. 1-8, 22 dez. 2021.

MIRANDA, D.P.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; SANTOS, J.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; SANTANA, J.G.S.; POLTRONIERI, T.P.S.; PEREIRA, M.G. Genetic potential of Brazilian papaya (*Carica papaya* L.) lines and hybrids for improving fruit quality via specific combining ability and heterosis. **Experimental Agriculture**, v. 61, e8, p. 1-15, 2025. DOI: https://doi.org/10.1017/S0014479725000079

MOHSIN MOHSEN, N.; MOHSIN MOHSEN, N.; AZIZ, M.A.; THANGARAJA, K. *et al*. A survey of the occurrence of papaya ringspot virus (PRSV-P) in Malaysia and assessment of genetic diversity of the coat protein region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, n. 12, 1154, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-024-13321-7

MUHIRE, B.M.; VARSANI, A.; MARTIN, D.P. SDT: a virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. e108277, 26 set. 2014.

NANJO, Y.; SKULTETY, L.; UVÁČKOVÁ, L.; KLUBICOVÁ, K.; HAJDUCH, M.; KOMATSU, S. Mass spectrometry-based analysis of proteomic changes in the root tips of flooded soybean seedlings. **Journal of Proteome Research**, v. 11, p. 372-385, 2012.

NUNES, R.P.S.; ALVES, R.S.; BHERING, L.L. Inheritance of resistance to maize lethal necrosis in tropical maize inbred lines. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 1506139, 2024.

OKONECHNIKOV, K.; GOLOSOVA, O.; FURSOV, M. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit. **Bioinformatics**, v. 28, n. 8, p. 1166-1167, 15 abr. 2012.

OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, J.L.L.; CASTELLEN, M.S.; LIMA, D.S.; BARBOSA, H.S.; MOTTA, T.B.N. Molecular markers for sex identification in papaya. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1747-1754, 2007.

OLIVEIRA, E.J., FRAIFE FILHO, G.A., FREITAS, J.P.X., DANTAS, J.L.L., RESENDE, M.D.V. Plant selection in F2 segregating populations of papaya from commercial hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 3, p. 191-198, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1984-70332012000300005.

PASSAMANI, L.Z.; BARBOSA, R.R.; REIS, R.S.; HERINGER, A.S.; RANGEL, P.L.; SANTA-CATARINA, C.; GRATIVOL, C.; VEIGA, C.F.M.; SOUZA-FILHO, G.A.; SILVEIRA, V. Salt stress induces changes in the proteomic profile of micropropagated sugarcane shoots. **PLoS ONE**, 12: 1-21, 2017.

PEREIRA, M.G.; SANTA-CATARINA, R.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P. Functional Papaya Breeding Program: strategies, achievements and challenges. **Fruit Crops Science Journal**, v. 1, e-002, 2025.

PEREIRA, M.G.; POLTRONIERI, T.P.S.; PEREIRA, T.N.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTA CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; VENÂNCIO, T.M.; NUNES, A.O.; CORTES, D.F.M.; MOREIRA, N.F.; BOHRY, D.; SILVEIRA, S.F.; VIVAS, M.; FERREGUETTI, G.A. Twenty-two-year papaya breeding program: from breeding strategy establishment to cultivar development. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, p. 9–27, 2019.

PHILLIPS, P.C. Epistasis - the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems. **Nature Reviews Genetics**, v. 9, n. 11, p. 855-867, 2008.

PIROVANI, A.A.V.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; MIRANDA, D.P.; RODRIGUES, A.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; SILVA, I.R.J.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P. Is there a possibility to improve a developed hybrid? A current demand on papaya (*Carica papaya* L.). **Euphytica**, v. 218, n. 5, 64, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-022-03014-y.

POLTRONIERI, T.P.S.; SILVEIRA, S.F.; VIVAS, M.; SANTA-CATARINA, R.; AZEVEDO, A.O.N.; SANTOS, P.H.D.; VETTORAZZI, J.C.F.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Topcross hybrids in papaya: Genes derived from backcrossing provide resistance to multiple diseases. **Crop Protection**, v. 137, n. 1, p. 1-8, 2020.

PRINCI; SHUKLA, K.; UMAR, S.; NOORANI, M.S. Papaya ringspot virus: from pathogenesis to genetic resistance—a global perspective. **Plant Biotechnology Reports**, v. 20, p. 25, 2026.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026.

RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; SILVA, F.F.; VIANA, A.P. Seasonal and genetic influences on sex expression in a backcrossed segregating papaya population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 97-105, 2011a.

RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.S.A.; PINTO, F.O.; SOUZA FILHO, G.A.; PEREIRA, T.S.N. Genetic characterization of papaya plants (*Carica papaya* L.) derived from the first backcross generation. **Genetic and Molecular Research**, v. 10, n. 1, p. 393-403, 2011b.

RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; GONÇALVES, L.S.A.; BERILI, A.P.C.G.; PINTO, F.O.; RIBEIRO, E.H. Multivariate analysis to determine the genetic distance among backcross papaya (*Carica papaya* L.) progenies. **Genética e Molecular Research**, v. 11, n. 2, p. 1280-1295, 2012.
RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; LUZ, L.N.; CARDOSO, D.L.; FERREGUETTI, G.A. Combined Selection in Backcross Population of Papaya (*Carica papaya* L.) by the Mixed Model Methodology. **American Journal of Plant Sciences**, v. 20, n. 5, p. 2973-2983, 2014a.

RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, T.S.N.; BARROS, G.B.A.; FERREGUETTI, G.A. Characterization of genetic-molecular variability of papaya population based on microsatellite markers. **Genetic and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10367-10381, 2014b.

REIS, R.S.; VALE, E. DE M.; HERINGER, A.S.; SANTA-CATARINA, C.; SILVEIRA, V. Putrescine induces somatic embryo development and proteomic changes in embryogenic callus of sugarcane. **Journal of Proteomics**, v. 130, p. 170-179, 2016.

RIMBERIA, F.K.; OMBWARA, F.K.; MUMO, N.N.; ATEKA, E.M. Genetic improvement of papaya (*Carica papaya* L.). p. 897-928. In: AL-KHAYRI, J.M.; JAIN, S.M.; JOHNSON, D.V. (eds.). **Advances in plant breeding strategies: fruits**. Cham: Springer, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_21.

RODRIGUES, A.S.; RAMOS, H.C.C.; MIRANDA, D.P.; PIROVANI, A.A.V.; SANTA-CATARINA, R.; DUARTE, R.P.; BRAGA, C.S.; BOHRY, D.; PEREIRA, M.G. Intra-genotypic variability in elite parent lines of papaya. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 1, e20220468, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220468.

SÁNCHEZ-NORIEGA, L.M.; KIRCHMAYR, M.R.; RODRÍGUEZ-GARAY, B.; NAVARRO-LÓPEZ, D.E.; GUTIÉRREZ-MORA, A. Evaluation of papaya plants tolerant to PRSV obtained through conventional genetic improvement. **Stresses**, v. 5, 51, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/stresses5030051.

SANTA-CATARINA, R.; CORTES, D.F.M.; VETTORAZZI, J.C.F.; POLTRONIERI, T.P.S.; BARROS, G.B.A.; ARÊDES, F.A.S.; AZEVEDO, A.O.N.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Combining ability for fruit yield and quality in papaya recombinant inbred lines from the sexual conversion backcrossing. **Euphytica**, v. 215, n. 1, p. 1-10, 2019.

SANTA-CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; CORTES, D.F.M.; SANTANA, J.G.S.; POLTRONIERI, T.P.S.; MIRANDA, D.P.; PIROVANI, A.A.V.; MOREIRA, N.F.; VIVAS, M.; PEREIRA, M.G. Phenotypic characterization of recurrent selection S1 Papaya (*Carica papaya* L.) families by multivariate approach. **Euphytica**, v. 216, n. 17, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-020-02655-1.

SANTANA, J.G.S., RAMOS, H.C.C., SANTA-CATARINA, R., VETTORAZZI, J.C.F., MIRANDA, D.P., PIROVANI, A.A.V., POLTRONIERI, T.P.S., DUARTE, R.P., PEREIRA, M.G. Exploring genetic diversity in inbred papaya lines for fruit quality in advanced stage of improvement. **Scientific Reports**, v. 13, n. 13431, 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-40613-8.

SAYERS, E.W.; AGARWALA, R.; BOLTON, E.E.; BRISTER, J.R.; CANESE, K.; CLARK, K.; CONNOR, R.; FIORINI, N.; FUNK, K.; HEFFERON, T.; HOLMES, J.B.; KIM, S.; KIMCHI, A.; KITTS, P.A.; LATHROP, S.; LU, Z.; MADDEN, T.L.; MARCHLER-BAUER, A.; PHAN, L.; SCHNEIDER, V.A.; SCHOCH, C.L.; PRUITT, K.D.; OSTELL, J. Database resources of the National Center for Biotechnology Information. **Nucleic Acids Research**, v. 47, n. D1, p. D23-D28, 2019.

SHARMA, S.K.; TRIPATHI, S. Overcoming limitations of resistance breeding in *Carica papaya* L. against papaya ringspot virus—recent approaches. p. 489-506. In: Gaur, R.K.; Paul Khurana, S.M.; Sharma, P.; Hohn, T. (eds.). **Plant virus-host interactions**. 2022. p. 489-506. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821629-3.00008-7

SHIBOLETH, Y.M.; HARONSKY, E.; LEIBMAN, D.; ARAZI, T.; WASSENEGGER, M.; WHITHAM, S.A.; GABA, V.; GAL-ON, A. The conserved FRNK box in HC-Pro, a plant viral suppressor of gene silencing, is required for small RNA binding and mediates symptom development. **Journal of Virology**, v. 81, n. 23, p. 13135-13148, 2007.
SILVA, J.C.; GORENSTEIN, M.V.; LI, G.-Z.; VISSERS, J.P.C.; GEROMANOS, S.J. Absolute quantification of proteins by LCMSE: a virtue of parallel MS acquisition. **Molecular & Cellular Proteomics**, v. 5, p. 144-156, 2006.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; CAMPOS, W.F.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; SOUZA FILHO, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; FERREGUETTI, G.A. DNA marker-assisted sex conversion in elite papaya genotype (*Carica papaya* L.). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 52-58, 2007a.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; VIANA, A.P.; DAHER, R.F.; RAMOS, H.C.C.; FERREGUETTI, G.A. Evaluation of the sexual expression in segregation BC1 papaya population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 16-23, 2007b.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, H.C.C.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; IDE, C.D. Genotypic correlations of morpho-agronomic traits in papaya and implications for genetic breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 345-352, 2007c.

SILVA, F.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, H.C.C.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PERERIA, T.N.S.; VIANA, A.P.; DAHER, R.F.; FERREGUETTI, G.A. Estimation of genetic parameters related to morpho agronomic and fruit quality traits of papaya. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 65-73, 2008.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, H.C.C.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; GABRIEL, A.P.C.; VIANA, A.P.; FERREGUETTI, G.A. Selection and estimation of the genetic gain in segregating generations of papaya (*Carica papaya* L.). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2008b.

SÓSOL-REYES, D.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; SOTO-ESTRADA, A.; LÓPEZ-ROMERO, G.; HERNÁNDEZ-CASTRO, E. Papaya (*Carica papaya* L.) accessions native to Mexico with resistance to papaya ringspot virus pathotype papaya (PRSV-P). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 73, p. 13, 2026.

SUDHA, R.; BALAMOHAN, T.N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; MANIVANNAN, N.; RABINDRAN, R. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). **Scientia Horticulturae**, v. 158, p. 68-74, 2013.

TRIPATHI, S.; SUZUKI, J.Y.; FERREIRA, S.A.; GONSALVES, D. Papaya ringspot virus-P: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. **Molecular Plant Pathology**, v. 9, p. 269-280, 2008. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00467.x

TUKEY, J.W. Comparing individual means in the analysis of variance. Biometrics, v. 5, p. 99–114, 1949.

UPADHYAY, R.K. Nutritional, therapeutical, and pharmaceutical uses of papaya: a review. **International Journal of**

Green Pharmacy, v. 18, n. 3, p. 161-172, 2024. DOI: https://doi.org/10.22377/ijgp.v18i03.3591

VETTORAZZI, J.C.F.; SANTA-CATARINA, R.; POLTRONIERI, T.P.S.; CORTES, D.F.M.; AZEVEDO, A.O.N.; MIRANDA, D.P.; SANTANA, J.G.S.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Combining ability of recombined F4 papaya lines: A strategy to selection of hybrids combination. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, p.e20190191, 2021a.

VETTORAZZI, J.C.F.; SANTA-CATARINA, R.; POLTRONIERI, T.P.S.; MIRANDA, D.P.; SANTANA, J.G.S.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Genetic diversity of papaya (*Carica papaya* L.) F5 recombinant inbred lines using the Ward-MLM strategy. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 68, n. 1, p. 3333-3343, 2021b.

ZAINAL-ABIDIN, R.A.; RUHAIZAT-OOI, I.H.; HARUN, S. A review of omics technologies and bioinformatics to accelerate improvement of papaya traits. **Agronomy**, v. 11, 1356, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11071356.

MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) NO MÉXICO E ESPANHA

Sergio Lucio David Marin[1]*, José Manuel Chávez Bravo[2]

[1]Rubisco Genética em Papaya. Linhares, ES; [2]Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Ingeniería Agrícola. Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.
*sergioldmarin@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A extrema susceptibilidade da espécie *Carica papaya* L. ao "vírus do mosaico do mamoeiro" tem se constituído no principal entrave ao desenvolvimento e estabelecimento da cultura do mamoeiro. A ocorrência endêmica desse vírus tem contribuído para que a que a cultura se torne, quase sempre, nômade na maioria das regiões em que o mamoeiro cultivado no mundo. (Marin, Ledo 2022). Espécies do mesmo gênero Carica geneticamente aparentadas com o mamoeiro, como a *Carica cauliflora*, têm apresentado comprovada resistência a esse vírus. Contudo os cruzamentos interespecíficos entre *Carica papaya* e *Carica cauliflora* não induzem à formação do embrião, necessário à hibridação entre essas duas espécies. Dessa forma o melhoramento genético do mamoeiro no mundo ainda carece de programas voltados para obtenção de híbridos e ou variedades que apresentem comprovada tolerância ou resistência a essa enfermidade. (Marin; Ledo 2024).

Uma outra agravante de fundamental importância para a cultura do mamoeiro refere-se à sua baixa variabilidade genética, o que tem se constituído em um sério entrave para o avanço genético do melhoramento dessa espécie em todas as regiões do mundo. Essa baixa variabilidade tem limitado tanto o uso de variedades como genitores em programas de hibridação, quanto a oferta e a disponibilidade de variedades e híbridos para cultivos comerciais. Se por um lado as variedades do grupo 'Solo' apresentam rendimentos limitados à produtividade média de cerca de 70 t/ha, os híbridos do grupo "Formosa", por sua vez, embora produtivos, provêm de sementes importadas de Kaohsiung-Taiwan e têm apresentado problemas de segregação no formato, peso, tamanho e qualidade do fruto. Uma alternativa viável para a solução deste problema seria recorrer à ampliação da base genética do mamoeiro, através de programas de melhoramento utilizando hibridações. Contudo, a falta de informações sobre parâmetros genéticos e herança das principais características de interesse econômico, além de poucos estudos sobre capacidade de combinação e de procedimentos de melhoramento genético com a espécie, tem contribuído para agravar o problema a nível mundial. (Marin, 2002). A despeito disso há que se destacar os trabalhos de melhoramento genético do mamoeiro conduzidos no México e Espanha pelas empresas Rubisco Genética, Semillas del Caribe, Oásis Fresh Genética, East West Seeds e Carigen Seeds.

Pretende-se com o presente trabalho, apresentar um resumo dos avanços do melhoramento genético do mamoeiro por hibridação com ênfase aos trabalhos desenvolvidos no México e na Espanha que se destacam por apresentar, atualmente, os mais avançados programas de melhoramento com mamoeiros no mundo.

MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO NA ESPANHA E NO MÉXICO

O México tem se destacado como o país mais competitivo no que concerne a programas de pesquisa com melhoramento genético do mamoeiro no mundo.

Variedades de domínio público, anteriormente muito cultivadas como 'Maradol', 'Mulata', 'Maradol Roja' e 'Lenia' vêm sendo, gradativamente, substituídas por híbridos de elevado valor heterótico obtidos de programas de melhoramento genético desenvolvidos por empresas privadas no México.

Os primeiros trabalhos de melhoramento genético visando a obtenção de híbridos para as condições de cultivo no México e nas ilhas Canárias, Espanha, foram desenvolvidos em 2010 pelo pesquisador Sergio David Marin (Rubisco Genética) atuando em parceria com a empresa mexicana Semilllas del Caribe. Foram estabelecidos Dialelos Parciais obtidos do cruzamento entre seis genitores do grupo 'Solo' ('Sunrise Solo TJ´, 'Sunrise Solo 7212', 'Sunrise Solo BSA', 'Sunrise Solo Line 9', 'Baixinho de Santa Amália' e 'Waimanalo') e seis do grupo "Formosa" ('Tailândia A', 'Tailândia B', 'Costa Rica A', 'Costa Rica B', 'Sekati' e 'BH 27') obtendo-se 64 novas combinações híbridas. O resultado dos Ensaios de Competição dessas 64 combinações resultou na obtenção dos híbridos 'Siluet' (Figura 1), 'Sensation' (Figura 2) e 'Intenzza' (Figuras 3).



Figura 1 - Híbrido 'Siluet' em condições de cultivo no México, 2010.



Figura 2 - Híbrido 'Sensation' em condições de cultivo no México, 2010.

Ressalta se que o híbrido ‘Sensation’ por apresentar elevada produtividade, frutos com peso médio de 1.200 gramas, formato, peso e sabor ideal para exportação, chegou a ocupar, em 2015, importantes áreas de cultivo no México com grande impacto na exportação de papaya deste país para a costa oeste dos Estados Unidos.



Figura 3 - Híbrido ‘Intenzza’ em condições de cultivo em estufa nas Ilhas Canárias, Espanha, 2015.

O híbrido ‘Intenzza’ devido sua de elevada produtividade aliado a grande uniformidade dos frutos foi cultivado com grande sucesso no México, chegando a atingir grandes áreas de cultivo e rendimentos médios de 280 t/ha. Após seu lançamento e introdução no México esse híbrido foi introduzido e testado, a partir de 2015, pela Semillas del Caribe, nas Ilhas Canárias, Espanha. Nessa região ‘Intenzza’ destacou-se pelo seu elevado rendimento médio, de 340 a 370 t/ha, e pela alta uniformidade de seus frutos, chegando a ocupar cerca de 90% da área cultivada com mamoeiros em estufas nas Ilhas Canárias. (Figuras 3).

Ultimamente empresas privadas como a Semillas del Caribe, Rubisco Genética, Oásis Fresh Genética, East West Seeds e Carigen Seeds vêm desenvolvendo excelentes trabalhos de melhoramento e lançando uma série de novos híbridos com resultados satisfatórios tanto no mercado mexicano quanto espanhol. Ressalta se a parceria firmada entre a Oásis Fresh e a Rubisco visando desenvolver projetos de melhoramento para obtenção de híbridos no Brasil e no México. Nesse sentido ensaios de competição realizados na região Norte

e Noroeste do Espírito Santo têm evidenciado efeitos heteróticos favoráveis no híbrido ‘RB 16’ cognominado de ´Docínho de Santa Bárbara´. (Fígura 4).



Figura 4 - Fruto do híbrido ‘RB 16’. Rubisco Genética, Linhares, ES, 2025.

Híbridos como ‘Intenzza’, ‘Passion Red’, ‘Colimosa’ e ‘Flavia’ lançados pela Semillas del Caribe, empresa mexicana sediada em Colima e Guadalajara, têm apresentado elevado vigor híbrido, notadamente a ‘Passion Red’, em grandes áreas de cultivo no México e nas Ilhas Canárias, Espanha.

Destacado programa de hibridação conduzido pela Oásis Fresh Genética nas províncias de Colima e Guadalajara, México, culminou no desenvolvimento dos híbridos ‘Yesenia’, ‘Sofia’, ‘Imperial’, ‘Victória’, ‘Lucero’, ‘Paulista’ e ‘Carioca’. Em nossa visita empreendida à empresa em Colima, em junho de 2024, observou-se o elevado vigor híbrido desses materiais em grandes áreas de cultivo no México.

Melhoramento conduzido pela East, West Seeds redundou na obtenção e no lançamento dos híbridos ‘Maradona’, ‘Bela Nova’ e ‘Vega’ para as condições de cultivo no México. Ressalta-se a elevada produtividade do híbrido ‘Vega’ nessa região.

Outra empresa mexicana, a Carigen Seeds, sediada na cidade de Vera Cruz, vem desenvolvendo com muito sucesso um programa de melhoramento na região do Golfo do México visando a obtenção de híbridos para o cultivo nas diversas regiões desse país. Vale destacar os híbridos 'Maribel', 'Don Juan', 'Rica' e 'Olmeca'. Elevados efeitos de heterose foram também observados, quando de nossa visita à área experimental da empresa, nos híbridos 'NF', MC', 'NF 01', 'NF 02', 'NF 07' e '13-1 L' em fase de testes. Ressalta-se que um de seus híbridos, recentemente lançados a público, denominado de 'Honey' tem apresentado notável vigor híbrido ocupando a maior área em cultivo protegido (estufas) nas Ilhas Canárias, Espanha com produtividades médias de cerca de 250 t/ha (Figura 5).



Figura 5 - Híbrido ´Honey´ em estufas nas Ilhas Canárias, Espanha, 2022**.**

CONCLUSÃO

O maior entrave ao desenvolvimento da cultura do mamoeiro deve-se à sua extrema susceptibilidade a ação endêmica do "vírus do mosaico". Esse fato reveste de importância porque tem tornado a cultura, quase sempre, nômade em todas as regiões em que é cultivada no mundo.

A despeito do destaque no cenário mundial, deve ser ressaltado que os programas de melhoramento do mamoeiro desenvolvidos no México e na Espanha têm visado a obtenção de híbridos de elevados efeitos heteróticos somente para caracteres agronômicos relacionados à produção e qualidade do fruto. Lamentavelmente esses programas não têm visado a obtenção de híbridos com tolerância ou resistência ao "vírus do mosaico do mamoeiro", posto que nos cruzamentos intraespecíficos da espécie *Carica papaya* não se tem encontrado fontes de tolerância ou resistência a essa virose. Essa desejada fonte de tolerância ou resistência poder-se-ia ser obtida através de hibridações interespecíficas entre *Carica papaya* e espécies do mesmo gênero, como *Carica cauliflora*, que apresentam comprovada fonte de tolerância ou resistência a essa virose. Contudo cruzamentos interespecíficos entre *Carica papaya* e *Carica cauliflora* não induzem à formação do embrião necessário para a hibridização entre essas duas espécies.

Programas de melhoramento genético utilizando-se de cruzamentos inter e intraespecíficos e do uso da ferramenta molecular para viabilizar a formação de embriões, poderiam constituir-se em uma grande alternativa para a obtenção de híbridos e, ou variedades tolerantes ou resistentes ao "vírus do mosaico do mamoeiro".

REFERÊNCIAS

MARIN, S.L.D. **Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): habilidade combinatória de genótipos dos grupos 'Solo' e 'Formosa'.** Tese (Doutorado em Melhoramento Genético Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 2002. 114 p.

MARIN, S.L.D., LEDO, C.A.S. Melhoramento genético de mamão (*Carica papaya* L.) no Brasil, México e nas Ilhas Canárias, Espanha. In: MARTINS, D.S.; VENTURA J.A. Simpósio do Papaya Brasileiro, 8, 2022, Linhares. Papaya Brasil: produção e sustentabilidade. **Anais**. Linhares: Incaper, Cedagro e Brapex, 2022. p. 56-61**.**

MARIN, S.L.D., LEDO, C.A.S. Melhoramento genético de mamão no mundo. In: MARTINS, D.S.; VENTURA J. A. Simpósio do Papaya Brasileiro, 9, 2024, Linhares. Papaya Brasil: produção e sustentabilidade. **Anais**. Linhares: Incaper, Cedagro e Brapex, 2024. p. 70-75

MARIN, S.L.D.; ARANTES, S.D.; LEDO, C.A.S. Melhoramento genético de mamão (*Carica papaya* L.) no Brasil, México e nas Ihas Canárias, Espanha. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 7, 2018. **Anais**. Vitória: Incaper, 2018. p. 1-25.

CARIGEN NO BRASIL: GENÉTICA DE MAMOEIRO APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS SUPERIORES

Luis Diego Urena Solis[1]*, Antonio Ferreguetti Pascualetti[2]

[1]Carigen. Veracruz, Soledad de Doblado, Mexico; [2] Carigen Brasil. Linhares, ES, Brasil.
*diego.urena@chulabrand.com

INTRODUÇÃO

A Carigen é uma empresa agrícola mexicana dedicada ao melhoramento genético, à produção e à comercialização de sementes de mamão não transgênicas, com atuação voltada à obtenção de materiais geneticamente superiores e de desempenho agronômico consistente no campo e no mercado. Este trabalho apresenta a trajetória da empresa, seu catálogo de variedades e híbridos, e sua chegada ao Brasil como parte da estratégia de adaptação de sua genética às condições brasileiras.

A CARIGEN

A Carigen é a divisão de genética agrícola do Grupo Chulabrand, empresa mexicana com três gerações de dedicação à produção e comercialização de frutas, com distribuição por toda a América do Norte. Em 2004, o grupo decidiu diversificar sua atuação para frutas tropicais, o que deu origem, em 2012, à Carigen — hoje com dez anos de mercado, sediada em Soledad de Doblado, Veracruz, no México, e com presença comercial em Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, CDMX, Puebla, Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco e Chiapas, além de ensaios e comercialização em oito países fora do México: Espanha, República Dominicana, Guatemala, Costa Rica, Colômbia, Equador, Peru e Brasil. A empresa atua por meio de equipe própria e de uma rede de distribuidores em diversos países, incluindo México, Costa Rica, Guatemala, Colômbia, Ilhas Canárias, Espanha, Equador, Peru, Venezuela, Cuba e países do continente Africano.

A visão da empresa é posicionar a Carigen no mercado mundial de sementes por meio de uma equipe talentosa de melhoramento genético; sua missão é impactar positivamente produtores, comercializadores e consumidores de mamão no mundo, por meio de recursos genéticos superiores. A atuação da empresa é orientada por quatro valores centrais — integridade, desenvolvimento, responsabilidade e compromisso — que orientam as relações com colaboradores, clientes, fornecedores e comunidade.

O processo de melhoramento genético conduzido pela empresa busca a obtenção de plantas de alto

vigor e sanidade, com maior número de flores e frutos por planta, resultando em produção abundante de frutos de tamanho comercial ao longo de todo o ciclo produtivo, com boas características sensoriais e nutricionais.

A operação da Carigen é organizada em um ciclo integrado de sete etapas — melhoramento genético, produção de sementes, laboratório de sementes, produção agrícola, desenvolvimento comercial, venda de sementes e administração — que converte conhecimento em genética, e genética em resultados para o produtor. O desenvolvimento de novos materiais segue um pipeline estruturado em seis fases: pré-screening, screening, fase 1, fase 2, fase 3 pré-comercial e fase comercial, com critérios de seleção cada vez mais rigorosos a cada etapa, de modo que apenas os materiais de desempenho comprovadamente superior avancem até chegar ao produtor. A empresa mantém um banco de germoplasma com 49 linhas de papaya desenvolvidas por meio de melhoramento convencional, distribuído em cinco estruturas de melhoramento no México, totalizando mais de 17 hectares de área experimental, sendo 2 hectares em ambiente protegido e 15 hectares em campo aberto.

Esse processo é sustentado pelo Modelo Carigen 360°, que integra genética, investigação, tecnologia, produção e mercados em um ciclo contínuo de inovação, e pela Plataforma Carigen, que organiza dez índices proprietários — genético, radical, microbiológico, de transporte de água e nutrientes, fisiológico, bioquímico, fenotípico, de rentabilidade do produtor, de mercado e, mais recentemente, um índice global apoiado em inteligência artificial — para orientar o desenvolvimento do que a empresa chama de "Super Híbrido": um material que integra dados, ciência e experiência para gerar resultados excepcionais de rendimento, qualidade, rentabilidade e resiliência.

Além de seguir aprimorando as variedades já existentes no mercado, a Carigen desenvolve atualmente novas variedades e novos híbridos de mamão com características de destaque: maior rendimento, melhor adaptação a altas densidades de plantio, menor suscetibilidade a mudanças climáticas e maior tolerância a pragas e doenças. As embalagens de sementes utilizadas pela empresa são metálicas e seladas a vácuo, com o objetivo de reduzir a exposição à luz solar e ao calor e preservar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

CARIGEN BRASIL - ANTECEDENTES

A Carigen Brasil foi fundada em 2025, com sede em Linhares-ES, contando com o Eng. Agr. Antonio Ferreguetti como responsável pela operação no Brasil e assessoria técnica do Eng. Agr. Geraldo Ferreguetti. A empresa obteve autorização de importação de 12 híbridos do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e já se encontram no Brasil. A partir dessa introdução, a Carigen Brasil estruturou um programa de melhoramento, produção e distribuição de sementes de mamão adaptado à realidade do país, com ensaios de adaptação em três regiões produtoras estrategicamente selecionadas.

TRABALHOS NO BRASIL

Os 12 híbridos importados estão em avaliação em três regiões produtoras: Linhares-ES, sede da Carigen Brasil e polo histórico da ‘papicultura’ capixaba, referência nacional em tecnologia de produção;

Eunápolis-BA, segunda maior região produtora do país, com clima e solo distintos dos do estado do Espírito Santo, o que permite testar a adaptabilidade dos materiais; e Baraúna-RN, representativa do semiárido nordestino, com condições de maior calor e ciclo mais curto, ampliando a robustez dos dados obtidos. Essa distribuição geográfica busca capturar a variabilidade edafoclimática relevante para a tomada de decisão sobre quais materiais avançar para as fases seguintes do pipeline de melhoramento no Brasil.

Além das regiões de ensaio, a empresa mantém presença em diversas outras áreas produtoras do Brasil por meio de agricultores parceiros.

CATÁLOGO DE VARIEDADES E HÍBRIDOS

VARIEDADES MARADOL

Constituem as variedades mais comercializadas e consumidas no México.

Maradol Maribel



Figura 1 - Fruto de mamão ‘Maradol Maribel’.

Planta forte e vigorosa. Floresce entre 35 e 45 dias, com 66% das plantas hermafroditas. Graças à sua alta produtividade de flores e amarrios duplos, mantém o mesmo tamanho de fruto durante toda a etapa de colheita.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,8 – 2,5 kg	Amarelo-alaranjada	9° a 11° Brix	72,6 N / 16,4 N	27,5 x 12,4 cm

Maradol Don Juan



Figura 2 - Fruto de mamão ‘Maradol Don Juan’.

Planta forte e robusta durante todas as etapas de crescimento e desenvolvimento. Destaca-se pela homogeneidade entre plantas e frutos.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
2,5 – 3,5 kg	Alaranjada-avermelhada (polpa grossa)	9° a 11° Brix	70,57 N / 15,16 N	29,27 x 13,07 cm

Maradol Olmeca



Figura 3 - Fruto de mamão Maradol Olmeca.

Planta compacta e vigorosa, com entrenós curtos. Suporta melhor os climas extremos, com amarrio compacto e forte. Seus frutos apresentam alta firmeza e excelente consistência.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,5 – 3 kg	Amarelo-alaranjada	9° a 11° Brix	71 N / 16,1 N	25,6 x 13,3 cm

Maradol Mulato



Figura 4 - Fruto de mamão Maradol Mulato.

Planta constante e vigorosa, com entrenós curtos. As plantas apresentam amarrio forte e compacto; o cultivo tem desenvolvimento vegetativo vigoroso, sendo sua característica mais marcante o pecíolo de cor roxa.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,5 – 2,5 kg	Amarelo-alaranjada	9° a 11° Brix	89,5 N / 17,3 N	26,2 x 13,9 cm

INOVAÇÃO — MAMÃO ENXERTADO E PORTA-ENXERTO

A Carigen foi a primeira empresa a lançar mamão enxertado em nível comercial. A técnica de enxertia consiste em usar um porta-enxerto (patrão) vigorizante, que reúne todas as qualidades desejadas, combinado a um enxerto com as características do fruto que se deseja colher.

Crispin #1



Figura 5 - Sistema radicular do porta-enxerto Crispin #1.

Possui um crescimento firme em suas raízes, com maior número de raízes por m² e grande quantidade de raízes secundárias e pelos absorventes. Potencializa a absorção de nutrientes e melhora o aproveitamento da água. Sua raiz pivotante se prolonga verticalmente como extensão do tronco, desenvolvendo-se forte e profunda, permitindo melhor ancoragem ao solo e menor suscetibilidade ao tombamento. Fortalece o caule, as folhas, os pecíolos, as flores e os frutos, vigorizando toda a planta. A Carigen é a primeira empresa a oferecer mudas de mamão enxertadas, atendendo à demanda existente nos mercados da América Latina.

MAMÕES HÍBRIDOS F1

Por meio do melhoramento genético convencional, a Carigen obtém o cruzamento de diferentes variedades de uma mesma espécie, com o objetivo de aprimorar suas características genéticas.

Híbrido Rica F1



Figura 6 - Fruto de mamão Híbrido Rica F1.

Planta de desenvolvimento vigoroso; o porte da árvore se mantém durante todo o ciclo de produção. O fruto é ideal para o mercado dos mamões Formosa, um dos segmentos com maior demanda em nível mundial.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,2 – 1,8 kg	Alaranjado-salmão (polpa)	11° a 13° Brix	49,41 N / 14,13 N	24,1 x 11,0 cm

Híbrido Honey F1



Figura 7 - Fruto de mamão Híbrido Honey F1.

Planta de caule grosso, forte e resistente, com fruto de formato "aperado". Destaca-se por uma melhor ancoragem e apresenta numerosos amarrios simples, duplos e triplos. É ideal para exportação a mercados europeus.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,2 – 1,8 kg	Alaranjada (polpa)	12° a 14° Brix	82,68 N / 14,00 N	22,4 x 13,7 cm

Híbrido New Fashion F1



Figura 8 - Fruto de mamão Híbrido New Fashion F1.

Floresce entre 45 e 60 dias. Foi desenhado especialmente para produtores que buscam obter altos rendimentos de colheita sem necessidade de modificar radicalmente seu sistema atual de produção.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,8 – 2,8 kg	Amarelo-avermelhada (polpa)	10° a 11° Brix	105,8 N / 11,0 N	27 x 13,5 cm

Híbrido Karina F1



Figura 9 - Fruto de mamão Híbrido Karina F1.

Plantas com notável vigor vegetativo. Desenvolvimento uniforme das plantas, com frutos duplos e triplos de igual tamanho, proporcionando uma produção estável para mercados exigentes.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,8 - 2,7 kg	Amarelo-avermelhada (polpa)	10° a 11° Brix	138,4 N / 9,8 N	26,6 x 13,9 cm

Híbrido C170 F1



Figura 10 - Fruto de mamão Híbrido C170 F1.

Uma planta nascida para dar vida, plantas fortes e colheitas abundantes. De alto vigor, uniforme e com excelente amarrio, produz frutos doces de forma atrativa para mercados de exportação.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,8 - 2,5 kg	Amarelo-avermelhada (polpa)	10° a 12° Brix	120 N / 9,8 N	25,6 x 13,4 cm

Híbrido HP F1



Figura 11 - Fruto de mamão Híbrido HP F1.

Floresce entre 45 e 60 dias. Ideal para mercados de exportação: fruto uniforme, com doçura e tamanho comercial adequados a mercados exigentes em apresentação e sabor.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,5 – 2,2 kg	Amarelo-avermelhada (polpa)	10° a 11° Brix	114,1 N / 4,9 N	24,8 x 12,7 cm

Híbrido Healthy Max F1



Figura 12 - Fruto de mamão Híbrido Healthy Max F1.

Um híbrido com constância produtiva e alto rendimento. Combina força, tamanho e uniformidade, oferecendo rendimentos estáveis com fruta de qualidade para os mercados globais.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
2,2 – 2,9 kg	Amarelo-avermelhada (polpa)	9° a 11° Brix	135,3 N / 7 N	26,1 x 14,12 cm

Híbrido Tutti Frutti F1



Figura 13 - Fruto de mamão Híbrido Tutti Frutti F1.

Planta vigorosa de caule grosso durante todo o ciclo produtivo. Floresce entre 45 e 60 dias. É a ideal para exportação a mercados europeus, pois é muito doce, com sabor e aroma tropicais.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
0,8 – 1,6 kg	Alaranjada (polpa)	13° a 14° Brix	81,8 N / 14,4 N	21,0 x 12,1 cm

Híbrido Sweet Orange F1



Figura 14 - Fruto de mamão Híbrido Sweet Orange F1.

Planta de porte alto, vigorosa e de caule grosso. Floresce entre 45 e 60 dias, com formato aperado/ovalado. Seu sabor é 100% tropical, combinando notas de mamão, cítricos e manga.

Peso médio	Cor	Doçura da polpa	Firmeza (casca/polpa)	Dimensões (comp. x larg.)
1,5 – 2,5 kg	Amarelo-alaranjada (polpa)	13° a 15° Brix	80,701 N / 17,137 N	23,373 x 15,132 cm

Atualmente, a Carigen também desenvolve novos híbridos para atender distintos mercados internacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A chegada da Carigen ao Brasil, com sede em Linhares e ensaios em três regiões produtoras estrategicamente distintas, marca uma nova etapa da estratégia da empresa de levar sua genética de mamão, desenvolvida ao longo de sua trajetória no México, para um dos maiores mercados produtores e exportadores do mundo. O catálogo de variedades e híbridos apresentado reflete a experiência acumulada pela empresa em melhoramento genético convencional, e serve de base para a seleção dos materiais mais adequados às condições edafoclimáticas brasileiras nas próximas etapas do programa de melhoramento, produção e distribuição de sementes da Carigen Brasil.

Os materiais aqui apresentados encontram-se em fase de avaliação nas condições brasileiras, cujos resultados serão objeto de trabalhos futuros.

SEXAGEM MOLECULAR DO MAMOEIRO NO BRASIL: QUATRO ANOS DE VALIDAÇÃO COMERCIAL E IMPACTOS NA CADEIA PRODUTIVA

Fernanda Abreu Santana Arêdes[1]*, Santana Bastos [1], Cícero Alvino Covre[2], Messias Gonzaga Pereira[1]

[1]MF Papaya. Campos dos Goytacazes, RJ; [2]Viveiro Santa Fé. Pinheiros, ES.
*fernandaabreusantana@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) ocupa posição de destaque entre as frutíferas tropicais cultivadas no Brasil, sendo o país um dos maiores produtores mundiais da cultura. Entretanto, a determinação do sexo das plantas é um dos principais desafios da cadeia produtiva.

As plantas de mamoeiro podem apresentar flores femininas, masculinas ou hermafroditas. Dentre elas, as plantas hermafroditas produzem frutos alongados, característica de interesse comercial e preferida em importantes segmentos do mercado.

Como o sexo das plantas somente pode ser determinado após o florescimento, aproximadamente 90 dias após o plantio, os produtores são obrigados a implantar quatro ou cinco mudas por cova para assegurar que, após a sexagem tradicional, permaneça ao menos uma planta hermafrodita de interesse comercial.

Esse sistema aumenta os custos de produção devido ao uso excessivo de sementes, mudas, fertilizantes, água e mão de obra, além de reduzir a eficiência do sistema produtivo.

A sexagem molecular surgiu como uma alternativa capaz de identificar o sexo das mudas ainda na fase de viveiro, permitindo que apenas mudas hermafroditas sejam transplantadas para o campo.

A tecnologia de sexagem molecular foi introduzida comercialmente pela MF Papaya em 2021, empresa de base tecnológica fundada com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Sua primeira apresentação pública ao setor produtivo ocorreu durante o VIII Simpósio Papaya Brasil, em 2022. Desde então, a tecnologia vem sendo utilizada e avaliada comercialmente em diferentes regiões produtoras do país.

O DESAFIO DA SEXAGEM TRADICIONAL

Na sexagem tradicional, o produtor normalmente planta quatro ou cinco mudas por cova e, somente após aproximadamente três meses, quando ocorre o surgimento dos botões florais, realiza a identificação visual do sexo das plantas. A partir dessa identificação, é selecionada uma muda hermafrodita para permanecer na

lavoura, enquanto as demais são eliminadas por meio do desbaste.

Esse sistema apresenta diversas limitações técnicas e econômicas, dentre as quais se destacam:

- maior consumo de sementes para a formação das mudas;
- desperdício de água, fertilizantes e defensivos;
- necessidade de desbaste manual;
- necessidade de mão de obra capacitada para a identificação visual do sexo das plantas;
- competição entre plantas;
- atraso no desenvolvimento inicial da cultura;
- aumento dos custos operacionais; e
- falhas na lavoura quando todas as plantas de uma mesma cova são femininas.

Durante aproximadamente 90 dias, quatro ou cinco plantas permanecem competindo entre si pelos recursos disponíveis na mesma cova, como luz, água, nutrientes e espaço para o desenvolvimento. Nesse período, o produtor investe em irrigação, fertilizantes, defensivos e mão de obra em plantas que, após a identificação do sexo, serão eliminadas durante o desbaste. Dessa forma, parte significativa dos recursos empregados na implantação da lavoura é destinada a plantas que não permanecerão no sistema produtivo, reduzindo a eficiência técnica e econômica da produção.

Essa competição também pode comprometer o desenvolvimento da própria planta hermafrodita que permanecerá na lavoura. Durante essa fase inicial, crítica para o estabelecimento da cultura, a competição por recursos essenciais pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, reduzir o vigor vegetativo e retardar o crescimento inicial das plantas, com possíveis reflexos sobre seu desempenho produtivo.

Além da competição por recursos, a permanência de quatro ou cinco plantas na mesma cova aumenta o contato entre folhas, proporcionando maior sombreamento e retenção de umidade no microambiente entre as plantas. Essas condições podem favorecer a disseminação de patógenos por contato direto, respingos de água provenientes de chuvas ou irrigação e operações de manejo, constituindo um fator adicional de risco à sanidade da lavoura.

A TECNOLOGIA DA MF PAPAYA

Como alternativa às limitações da sexagem tradicional, a MF Papaya desenvolveu uma tecnologia de sexagem molecular que permite identificar precocemente o sexo das plantas de mamoeiro ainda na fase de viveiro, antes do transplante para o campo.

Para a realização da análise molecular, é coletado de cada muda um pequeno disco foliar, de aproximadamente 3 mm de diâmetro. As amostras são encaminhadas ao laboratório da MF Papaya, onde são submetidas à análise molecular para identificação do sexo de cada planta.

O método de análise baseia-se na amplificação, por meio da técnica de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), utilizando marcadores moleculares específicos capazes de distinguir plantas femininas e hermafroditas com elevada precisão.

Após a emissão dos resultados pelo laboratório, a separação e a seleção das mudas hermafroditas são realizadas no próprio viveiro. Dessa forma, somente as mudas previamente identificadas como hermafroditas são destinadas ao plantio definitivo no campo, permitindo a implantação da lavoura com uma única muda hermafrodita por cova.

Essa estratégia elimina a necessidade de aguardar a identificação visual do sexo das plantas no campo e de realizar posteriormente o desbaste, reduzindo o número de plantas conduzidas por cova durante os primeiros meses da cultura e, consequentemente, o consumo de insumos, a demanda por mão de obra e a competição entre plantas.

Além de otimizar a implantação da lavoura, a tecnologia permite que os recursos produtivos, como água, fertilizantes, defensivos e mão de obra, sejam direcionados desde o início às plantas que efetivamente permanecerão no campo.

A aplicação da tecnologia em escala comercial permitiu incorporar a sexagem molecular à rotina de produção de mudas, modificando o sistema convencional de implantação da cultura.

QUATRO ANOS DE VALIDAÇÃO COMERCIAL

Como padrão comercial, a MF Papaya estabelece índice de acerto de pelo menos 99% na sexagem molecular, admitindo margem máxima de erro de 1%. Nos casos em que o percentual de erro ultrapassa esse limite, está previsto o ressarcimento ao cliente.

A primeira utilização comercial da tecnologia ocorreu em 2021, em uma lavoura do produtor Sávio Torezani, no município de Pinheiros, Espírito Santo, marcando o início da validação da sexagem molecular em condições reais de produção.

Um marco importante para a divulgação e inserção da tecnologia no setor produtivo ocorreu em 2022, durante o Papaya Brasil, quando a solução desenvolvida pela MF Papaya foi apresentada diretamente ao público-alvo da cadeia produtiva do mamão. A participação no evento ampliou a visibilidade da tecnologia junto a produtores, viveiristas e demais atores do setor e resultou no estabelecimento de uma parceria com o viveiro Santa Fé em Pinheiros-ES, que se mantém até os dias atuais e teve papel importante na ampliação do acesso dos produtores à tecnologia.

A partir dessa aproximação com o setor produtivo, a utilização comercial da sexagem molecular apresentou crescimento contínuo. A área plantada com mudas sexadas pela MF Papaya passou de 1 hectare, em 2021, para 632 hectares em 2025, evidenciando a expansão progressiva em escala comercial (Figura 1).

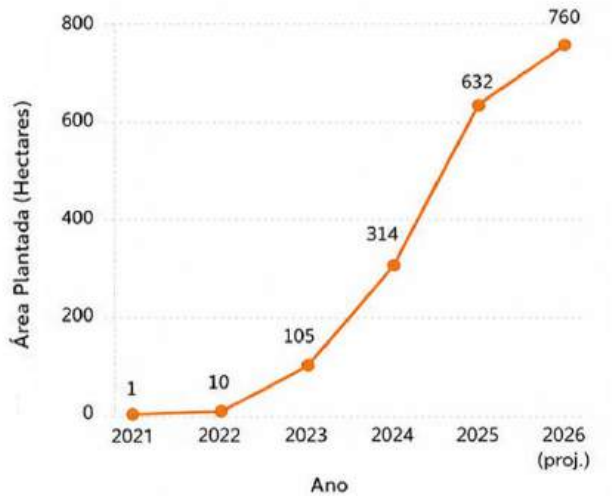


Figura 1 - Evolução da área plantada com mudas de mamoeiro sexadas pela tecnologia de sexagem molecular da MF Papaya entre 2021 e 2025 e projeção para 2026, expressa em hectares.

O crescimento contínuo da área cultivada com mudas sexadas molecularmente evidencia a ampliação da adoção da tecnologia pelo setor produtivo e sua consolidação em condições comerciais. Os resultados obtidos ao longo desse período permitem avaliar os efeitos da sexagem molecular sobre o sistema produtivo.

ESCALA OPERACIONAL DA TECNOLOGIA

Embora a área plantada seja um importante indicador da adoção comercial da tecnologia (Figura 1), o volume de análises realizadas permite dimensionar de forma mais precisa a escala operacional da MF Papaya e a evolução de sua capacidade de atendimento ao setor produtivo.

A capacidade operacional da empresa evoluiu significativamente desde o início da utilização comercial da tecnologia. Nos primeiros anos de operação, a estrutura permitia processar aproximadamente o volume necessário para atender um hectare por semana. Com a otimização dos processos laboratoriais, a ampliação da infraestrutura e o aprimoramento das rotinas operacionais, essa capacidade foi progressivamente ampliada. Atualmente, a MF Papaya possui capacidade estimada para realizar até 30.000 análises moleculares por dia.

Para compreender a dimensão dessa capacidade, é importante considerar a proporção entre as plantas analisadas e as mudas efetivamente destinadas ao plantio. Em materiais híbridos utilizados comercialmente, como o ‘Tainung 01’, espera-se uma proporção aproximada de 50% de plantas hermafroditas e 50% de plantas femininas. Dessa forma, para cada muda hermafrodita selecionada e destinada ao campo, aproximadamente duas mudas precisam ser submetidas à análise molecular.

Em condições comerciais, são utilizadas, em média, cerca de 1.500 mudas hermafroditas para a implantação de um hectare. Assim, são necessárias aproximadamente 3.000 análises moleculares para a obtenção das mudas hermafroditas destinadas à implantação de um hectare.

Considerando a capacidade operacional atual de até 30.000 análises por dia, a MF Papaya pode

identificar aproximadamente 15.000 mudas hermafroditas por dia, volume suficiente para atender, em média, cerca de 10 hectares de implantação por dia. Esse avanço representa uma expressiva ampliação da capacidade operacional em relação ao início da atividade comercial, quando o processamento correspondia aproximadamente ao volume necessário para atender um hectare por semana.

A evolução da escala operacional também pode ser observada pelo crescimento do número de mudas hermafroditas identificadas e destinadas ao plantio ao longo dos anos. Conforme apresentado na Figura 2, esse volume apresentou crescimento expressivo desde o início da utilização comercial da tecnologia, acompanhando a expansão de sua adoção pelo setor produtivo. A projeção para 2026 indica a continuidade dessa trajetória de crescimento.

EXPANSÃO GEOGRÁFICA

A atuação comercial da MF Papaya teve início no Espírito Santo, onde a tecnologia permaneceu concentrada durante seus primeiros anos de utilização. Em 2024, ocorreu a expansão para a Bahia, que passou a representar uma parcela expressiva da área atendida naquele ano. Em 2025, a atuação foi ampliada para Minas Gerais, consolidando a presença da tecnologia em três importantes estados produtores de mamão do país. Essa expansão geográfica demonstra a capacidade de aplicação da tecnologia em diferentes regiões e sistemas de produção.

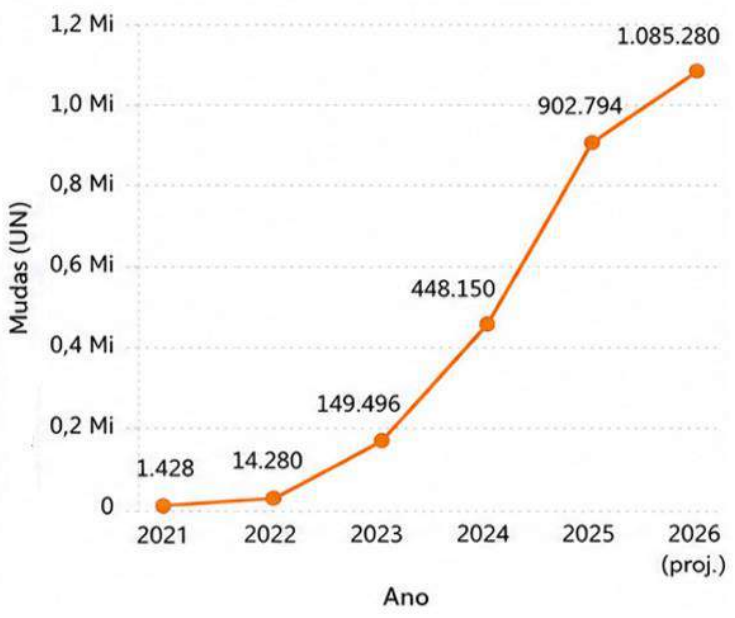


Figura 2 - Evolução do número de mudas hermafroditas identificadas pela tecnologia de sexagem molecular da MF Papaya entre 2021 e 2025 e projeção para 2026.

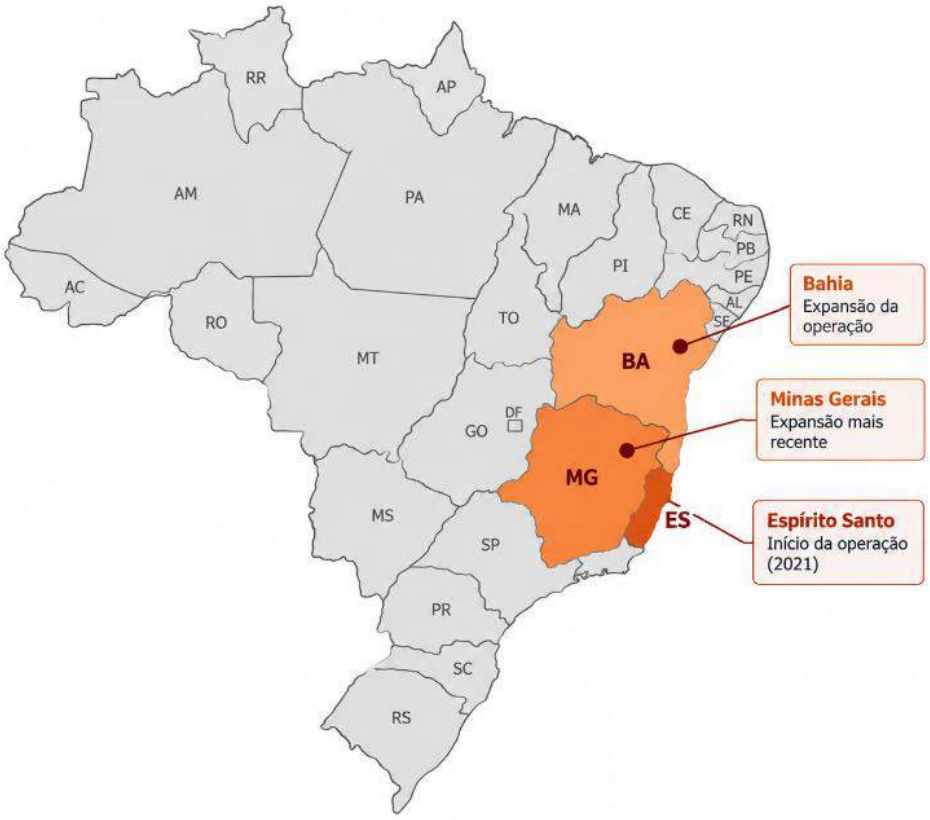


Figura 3 - Expansão geográfica da utilização comercial da tecnologia de sexagem molecular da MF Papaya no Brasil.

RESUMINDO O PANORAMA DA VALIDAÇÃO COMERCIAL

Entre 2021 e 2025, a tecnologia de sexagem molecular da MF Papaya alcançou:

- 1.062 hectares implantados com mudas previamente sexadas;
- mais de 1,5 milhão de mudas hermafroditas identificadas e destinadas ao plantio;
- mais de 3 milhões de análises moleculares realizadas para identificação do sexo das plantas;
- expansão comercial para três estados brasileiros: Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais.

Além de demonstrar a consolidação e a expansão comercial da tecnologia, esses resultados permitiram acompanhar seu desempenho em condições reais ao longo dos últimos anos. A experiência acumulada em diferentes lavouras possibilitou observar não apenas a viabilidade operacional da sexagem molecular, mas também seus efeitos sobre a implantação, o desenvolvimento e o desempenho produtivo da cultura, bem como seus reflexos econômicos para o produtor. Esses aspectos são apresentados a seguir, considerando os principais benefícios agronômicos da tecnologia e seus impactos econômicos.

BENEFÍCIOS AGRONÔMICOS DA SEXAGEM MOLECULAR

A implantação da lavoura com uma única muda hermafrodita por cova modifica significativamente as condições de estabelecimento inicial da cultura em comparação ao sistema tradicional. A eliminação da competição entre múltiplas plantas favorece maior disponibilidade de luz, água, nutrientes e espaço para o desenvolvimento radicular, além de eliminar a necessidade de desbaste.

Ao longo de quatro anos de utilização comercial da tecnologia, o acompanhamento das áreas comerciais permitiu observar reflexos positivos no desenvolvimento inicial das plantas, no vigor vegetativo, na uniformidade das lavouras, na precocidade da produção e no desempenho produtivo. As principais diferenças observadas entre o sistema tradicional e a sexagem molecular estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre o sistema convencional de sexagem e a sexagem molecular do mamoeiro

Característica	Sexagem tradicional	Sexagem molecular
Mudas por cova	4–5	1
Competição entre plantas	elevada	ausente
Desbaste	necessário	não necessário
Contato entre plantas	elevado	reduzido
Desenvolvimento inicial	sujeito à competição	sem competição entre mudas
Vigor vegetativo	menor	maior
Uniformidade da lavoura	menor	maior
Início da produção	mais tardio	antecipado em 30–45 dias

Durante os quatro anos de validação comercial, produtores parceiros relataram menor incidência de plantas com sintomas de mosaico em áreas implantadas com mudas previamente sexadas. Na sexagem tradicional, quatro ou cinco mudas permanecem na mesma cova até a definição do sexo, enquanto, na sexagem molecular, apenas uma planta ocupa o espaço definitivo desde o início. A menor densidade de plantas por cova pode reduzir condições favoráveis à disseminação de patógenos entre plantas próximas, contribuindo potencialmente para a sanidade inicial da lavoura.

Embora essas observações ainda necessitem de validação experimental controlada, os relatos obtidos em condições comerciais ao longo dos quatro anos indicam uma possível associação entre o uso da sexagem molecular e a menor ocorrência de sintomas de mosaico nas fases iniciais da cultura.

A eliminação da competição entre mudas favorece o desenvolvimento inicial das plantas, contribuindo para o florescimento e a frutificação mais precoces e, consequentemente, para o início mais rápido da produção (Figura 4). Nas áreas comerciais avaliadas, observou-se antecipação da produção entre 30 e 45 dias, permitindo ao produtor iniciar a colheita antecipadamente.



Figura 4 - Mamoeiro oriundo de muda submetida à sexagem molecular, apresentando baixa altura de inserção dos primeiros frutos, característica associada à precocidade de produção.

A combinação desses fatores esteve associada ao melhor desempenho produtivo das áreas avaliadas, nas quais foram observados incrementos de aproximadamente 30% na produtividade.

IMPACTO ECONÔMICO

Os benefícios proporcionados pela sexagem molecular refletem diretamente na eficiência econômica do sistema de produção de mamão (Tabela 2). A implantação da lavoura com apenas uma muda hermafrodita por cova reduz o desperdício de recursos durante a fase inicial de cultivo, uma vez que água, fertilizantes, defensivos e mão de obra são direcionados desde o início à planta que efetivamente permanecerá no campo, além de eliminar a necessidade de desbaste inicial para seleção da planta hermafrodita.

A sexagem molecular também proporciona redução significativa no consumo de sementes. No sistema tradicional, são utilizadas geralmente quatro a cinco sementes por cova para posterior seleção da planta hermafrodita. Na sexagem molecular, considerando a proporção esperada de aproximadamente 50% de plantas hermafroditas nos materiais comerciais utilizados, são necessárias, em média, duas sementes para a obtenção de uma muda hermafrodita destinada ao plantio. Dessa forma, a tecnologia possibilita uma redução de pelo menos 50% no consumo de sementes em comparação ao sistema tradicional, podendo alcançar aproximadamente 60% quando são utilizadas cinco sementes por cova.

Tabela 2 - Principais impactos econômicos observados após a adoção da sexagem molecular

Parâmetro avaliado	Benefício Econômico Observado
Consumo de sementes	Redução de pelo menos 50%
Mudas conduzidas no campo	Redução significativa
Desbaste	Eliminado
Água, fertilizantes e defensivos	Redução de desperdícios
Mão de obra associada ao desbaste	Eliminada
Início da produção	Antecipação de 30–45 dias
Geração de receita	Antecipada
Produtividade	Incremento de ~30% nas áreas avaliadas
Eficiência no uso de recursos	Maior
Potencial de retorno econômico	Maior

Outro efeito observado nas áreas acompanhadas foi a antecipação da produção entre 30 e 45 dias, permitindo ao produtor iniciar a colheita e, consequentemente, a geração de receita em menor intervalo de tempo. Essa antecipação pode representar uma vantagem adicional, especialmente quando coincide com períodos de maior valorização do mamão no mercado.

Além da redução de desperdícios e da antecipação da receita, nas áreas comerciais acompanhadas durante o período de validação, foram observados incrementos de produtividade de aproximadamente 30% em relação ao sistema tradicional de implantação (Figura 5).

Esse melhor desempenho está associado às melhores condições de estabelecimento inicial das plantas, à ausência de competição entre múltiplas mudas na mesma cova e à maior eficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis

A combinação entre menor consumo de sementes, redução de desperdícios de insumos, eliminação do desbaste, antecipação da geração de receita e incremento da produtividade amplia o potencial de retorno econômico da lavoura, indicando potencial de melhoria da eficiência técnica e econômica do sistema de produção. Paralelamente, o uso mais eficiente dos recursos durante a implantação contribui para um sistema de produção mais racional, com menor direcionamento de insumos para plantas que posteriormente seriam descartadas.



Figura 5 - Lavoura de mamoeiro estabelecida com mudas submetidas à sexagem molecular, ilustrando o desempenho produtivo observado em condições comerciais.

VIVEIRO SANTA FÉ: PARCERIA ESTRATÉGICA

A consolidação da sexagem molecular em escala comercial foi impulsionada pela parceria estabelecida entre a MF Papaya e o Viveiro Santa Fé, localizado em Pinheiros (ES). A parceria, iniciada a partir da aproximação ocorrida durante o Papaya Brasil, em 2022, permitiu integrar a tecnologia à rotina de produção de mudas e ampliar seu acesso aos produtores.

No modelo adotado, o Viveiro Santa Fé é responsável pela produção das mudas, coleta das amostras foliares e envio das amostras ao laboratório da MF Papaya. A MF Papaya, por sua vez, realiza as análises moleculares, identifica o sexo de cada planta e envia os resultados ao Viveiro Santa Fé, que realiza a separação das mudas identificadas como hermafroditas. Essas mudas são posteriormente destinadas aos produtores para o plantio no campo.

Essa integração estabeleceu um fluxo operacional entre viveiro e laboratório, permitindo que a sexagem molecular fosse incorporada ao processo de produção de mudas. Dessa forma, os produtores passaram a receber mudas hermafroditas previamente identificadas e selecionadas ainda no viveiro, prontas para o plantio de uma única muda por cova.

Além de contribuir para a expansão comercial da tecnologia, a parceria teve papel importante em sua validação em condições reais de produção, possibilitando o acompanhamento de diferentes lavouras e o aperfeiçoamento contínuo do processo operacional.

CONCLUSÃO

Os quatro anos de validação comercial demonstram a viabilidade da aplicação da sexagem molecular do mamoeiro em escala comercial. Mais do que uma ferramenta para identificação precoce do sexo das plantas, a tecnologia modifica o sistema de implantação da lavoura, permitindo o plantio definitivo de uma única muda hermafrodita por cova e eliminando etapas associadas ao sistema tradicional.

Ao longo desse período, a utilização da tecnologia em condições comerciais esteve associada a benefícios agronômicos e operacionais relevantes, incluindo eliminação da competição inicial entre múltiplas plantas, maior vigor vegetativo, maior uniformidade das lavouras, eliminação do desbaste, antecipação da produção entre 30 e 45 dias e incrementos de produtividade de aproximadamente 30% nas áreas avaliadas. Esses benefícios, associados à redução de desperdícios e ao uso mais eficiente de insumos e mão de obra, contribuem para ampliar o potencial de retorno econômico ao produtor.

As observações realizadas em condições comerciais também indicam possíveis benefícios relacionados à sanidade inicial das lavouras, decorrentes da redução do contato entre plantas. Esses resultados constituem uma perspectiva relevante para estudos que poderão avaliar experimentalmente a relação entre o sistema de implantação com uma única muda por cova e a ocorrência de doenças.

A expansão para diferentes regiões produtoras e os resultados obtidos durante o período de validação demonstram a consolidação da sexagem molecular como tecnologia de aplicação comercial, com viabilidade técnica e operacional e potencial para contribuir para a modernização e o aumento da eficiência da cadeia produtiva do mamão no Brasil.

AGRADECIMENTOS

A MF Papaya agradece à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento que possibilitou o desenvolvimento inicial da tecnologia. À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pelo apoio institucional durante as etapas iniciais de desenvolvimento da tecnologia. Ao produtor Sávio Torezani (Nortefrut), pela confiança na tecnologia desde sua primeira aplicação comercial e por permitir o acompanhamento da lavoura em condições reais de produção. Ao Simpósio Papaya Brasil, pela oportunidade e pelo espaço concedido, em 2022, para a apresentação da tecnologia de sexagem molecular ao setor produtivo. Ao Viveiro Santa Fé pela parceria estabelecida a partir dessa aproximação e pela confiança na incorporação da sexagem molecular à rotina de produção de mudas.

CONSERVAÇÃO E VITAMINA C DO MAMÃO: UM PARADOXO METABÓLICO

Jurandi Gonçalves de Oliveira[1]*, Isabela Salles Foryta[1], Sandy Castro da Silva Baia Deulefeu[1], Marcos Bruno Rosa de Souza[1], Ana Paula da Silva Costa[1], Isabelle Faria Matos[1], Marcelo Gomes da Silva[1], Daniel Alexandre Neuwald[2]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ; [2]Lake of Constance Research Centre for Fruit Cultivation (KOB), Ravensburg, Germany. *jugo@uenf.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) ocupa uma posição de destaque no agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o segundo maior exportador mundial dessa cultura no ano de 2025 (FAO, 2026). Para além da sua relevância econômica, o fruto é amplamente valorizado pelo seu elevado valor nutricional, sendo uma fonte essencial de vitamina A e ácido ascórbico (AA, vitamina C) na dieta humana (Koul *et al*., 2022). No entanto, a cadeia produtiva enfrenta o desafio crítico da elevada perecibilidade pós-colheita, uma vez que o mamão é um fruto climatérico, caracterizado por um aumento súbito na taxa respiratória e na produção de etileno (C_2H_4) após a colheita (Souza *et al*., 2014; Liu *et al*., 2020; Soares *et al*., 2021; Martins *et al*., 2024). Estima-se que quase um terço do total de alimentos produzidos mundialmente seja desperdiçado, o que reforça a urgência de estratégias que garantam que este alimento chegue à mesa do consumidor com qualidade e integridade (FAO, 2023).

Esse processo de amadurecimento envolve transformações bioquímicas profundas, como o amolecimento da polpa e a mudança na coloração da casca, coordenadas pelo C_2H_4 e pela intensificação do metabolismo oxidativo (Barry; Giovannoni, 2007; Kumar *et al*., 2011; Liu *et al*., 2020; Soares *et al*., 2021). Para mitigar esses efeitos, o armazenamento sob atmosfera controlada (AC) surge como uma tecnologia fundamental, baseada na redução estratégica da concentração de oxigênio (O_2) para níveis próximos a 3% (Buccheri *et al*., 2021; Goulart *et al*., 2022; Zhao *et al*., 2025). Essa técnica permite modular o metabolismo do fruto, retardando a senescência e preservando atributos sensoriais e estruturais por períodos mais longos do que a refrigeração convencional. A eficácia da AC reside na sua capacidade de diminuir a síntese de C_2H_4 e a atividade respiratória, mantendo a estabilidade fisiológica necessária para o transporte e comercialização (Imahori *et al*., 2004; Pathak *et al*., 2019; Brizzolara *et al*., 2020; Lugaresi *et al*., 2025).

A vitamina C destaca-se como um dos principais antioxidantes acumulado nos frutos, atuando na neutralização de espécie reativa de oxigênio (ERO) e na manutenção da estabilidade celular. Além de sua importância fisiológica para o fruto, a vitamina C possui elevado valor nutricional para a saúde humana. Por isso é considerado um importante indicador da qualidade funcional dos alimentos (Ali *et al*., 2024). Durante o

amadurecimento e o armazenamento pós-colheita, o conteúdo de vitamina C resulta do balanço dinâmico entre síntese, consumo oxidativo, reciclagem e degradação, processos fortemente influenciados pela atividade respiratória e pelas condições ambientais de armazenamento (Fenech *et al*., 2021; Matos *et al*., 2022). Paralelamente, a compreensão do metabolismo do AA revela que a redução da disponibilidade de O_2 não apenas atrasa o amadurecimento visual, mas também preserva o sistema antioxidante do fruto, diminuindo o consumo oxidativo da vitamina C (De Tullio *et al*., 2013; Martey; Osei, 2024; Silva *et al*., 2024). Dessa forma, a aplicação de tecnologias de controle atmosférico com influência na atividade respiratória e bioquímica do fruto representa um caminho promissor para o manejo sustentável, garantindo a manutenção da qualidade funcional e a redução das perdas na fruticultura tropical.

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram selecionados frutos de mamão (*C. papaya* L.) da cultivar Aliança, colhidos no estádio verde-maduro. Os frutos foram sanitizados, no laboratório, com a imersão em solução de hipoclorito de sódio por 5 min, secos ao ar e submetidos a seguir a tratamento hidrotérmico na região do pedúnculo (70 °C por 15 segundos) para melhor controle do desenvolvimento de fungos. Após esse preparo, os frutos foram identificados e aleatoriamente separados em lotes para caracterização inicial (tempo 0) segundo avaliações de qualidade física e química as quais se seguiriam ao longo de 12 dias de tratamento.

Parte dos frutos foram mantidos em atmosfera ambiente (AN), na bancada do laboratório (23 °C) e parte dentro de câmaras com AC a partir de um sistema desenvolvido no próprio laboratório por uma equipe multidisciplinar, que utilizou microcontroladores Arduino e fluxômetros de massa para manter a concentração de O_2 em precisos 3%. Os frutos foram acondicionados em câmaras herméticas (dessecadores de 7,0 L), onde a composição gasosa era monitorada sequencialmente por válvulas solenoides ligados a uma câmara de análise central (Figura 1).

Para o controle da mistura gasosa dentro das câmaras, sensores de UR e O_2 registravam os dados em tempo real que eram usados pelo controlador Arduino para a correção da composição gasosa dentro de cada câmara de armazenamento e registro na interface usada pelo computador. O usuário pode ajustar a vazão dos fluxômetros para alterar a concentração de O_2 dentro da câmara, assim como o sistema pode ser programado para fazer esses ajustes automaticamente através do próprio Arduino. Todas as alterações e resultados ficam armazenados na memória do computador. No mesmo local, fora das câmaras, foram armazenados os frutos do tratamento AN. A Figura 2 ilustra o sistema em funcionamento no laboratório.

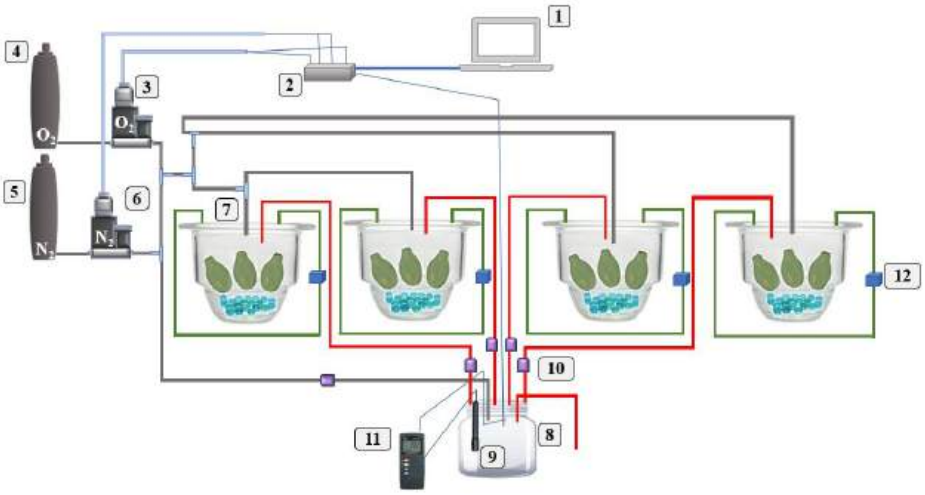


Figura 1 - Imagem representativa do sistema de armazenamento do mamão em AC. O sistema é composto de: Computador (1); Microcontrolador Arduino (2); Fluxômetro de massa para o controle da vazão de O_2 (3); Cilindro de O_2 (4); Cilindro de N_2 (5); Fluxômetro de massa para o controle da vazão de N_2 (6); Câmaras de armazenamento dos frutos (7); Câmara de análise (8); Sensor de temperatura e UR (9); Válvula solenoide (10); Oxímetro (11); Bomba de fluxo de ar (12). As linhas cinzas representam as entradas dos gases nas câmaras, as vermelhas são as de saída e as verdes são para manter a circulação de ar dentro das câmaras.
Fonte: Deulefeu (2026).

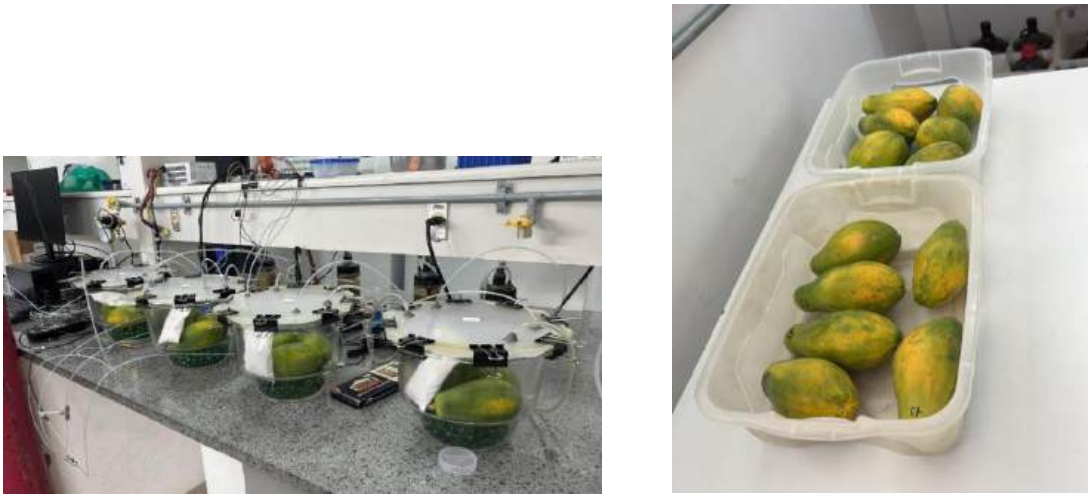


Figura 2 - Foto ilustrativa do sistema de armazenamento do mamão em AC (esquerda) e AN (direita) em funcionamento no laboratório. Dentro das câmaras os frutos e um pacote com sílica para o controle da umidade relativa, que registrou valores entre 70 e 90% durante todo o ensaio.
Fonte: Deulefeu (2026).

Durante o ensaio os frutos foram analisados quanto à perda de massa fresca determinada pela pesagem dos frutos em balança semi-analítica, firmeza do fruto determinada por resistência à penetração, a mudança de cor da casca (ângulo *hue* e a variação global de cor - ΔE) via colorimetria, teor de sólidos solúveis por refratometria, a capacidade de síntese e o acúmulo de AA em mitocôndrias isoladas da polpa do fruto determinados via cromatografia líquida de ultra eficiência (UPLC). Todo o delineamento seguiu um esquema

inteiramente casualizado e os dados foram submetidos ao teste t de *Student* para comparação das médias entre os tratamentos, adotando-se o nível de significância de 5%. Os resultados foram expressos como média ± erro padrão da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

IMPACTO NA QUALIDADE FÍSICA E VISUAL

A atmosfera com baixo O_2 promoveu uma manutenção mais duradoura da coloração da casca e da massa fresca dos frutos (Figura 3).

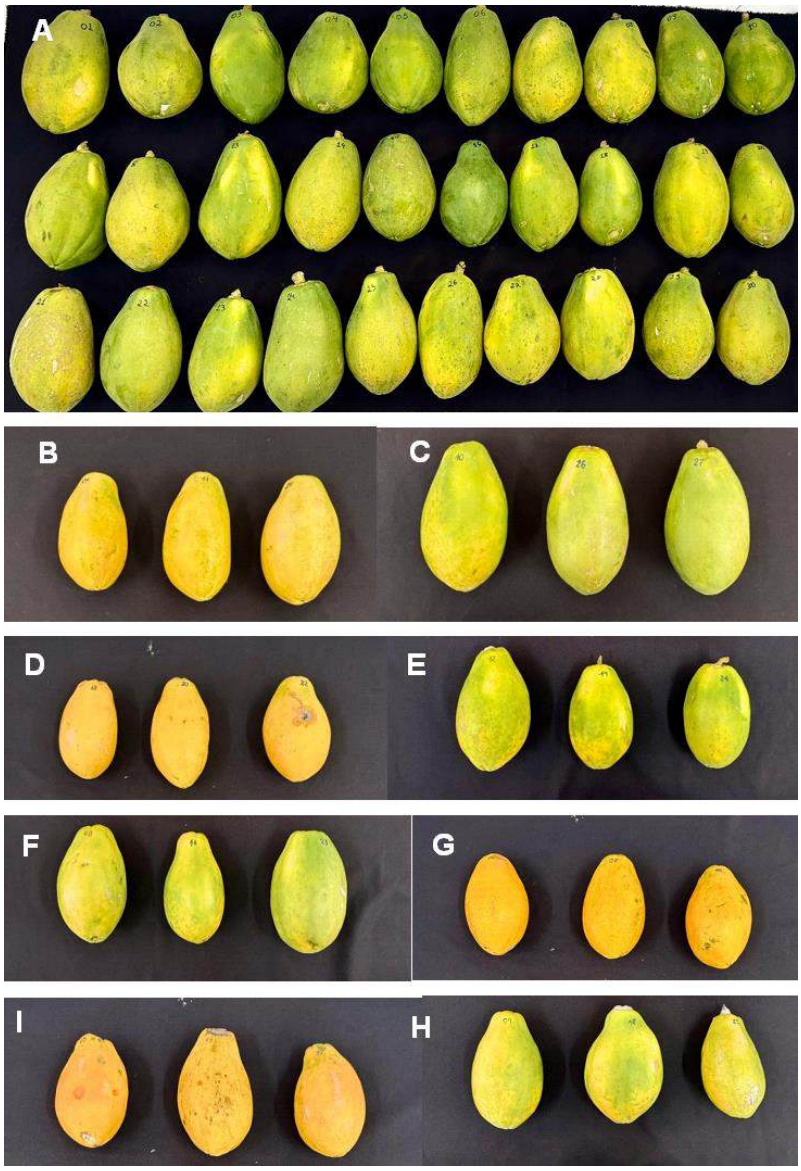


Figura 3 - Fotos ilustrativas dos frutos de mamão 'Aliança' após a chegada ao laboratório, no tempo 0 (A), após 3 dias de armazenamento em AN (B) e AC (C), após 6 dias de armazenamento em AN (D) e AC (E), após 9 dias de armazenamento em AN (F) e AC (F) e após 12 dias de armazenamento em AN (H) e AC (I). **Fonte:** Deulefeu (2026).

Firmeza do fruto (FF)

Frutos em AN mostraram queda mais significativa da firmeza já no 3º dia (~4,8 N), enquanto aqueles mantidos sob AC mantiveram valores próximos a 11 N, chegando ao 12º dia com firmeza aproximadamente três vezes superior à dos frutos armazenados em AN (~7,0 N contra ~2,4 N) (Figura 4A). A maior manutenção da firmeza sob AC pode estar relacionada à baixa disponibilidade de O_2, condição que limita a biossíntese e a ação do C_2H_4 e, consequentemente, atrasa os processos de desestruturação da parede celular associados ao amadurecimento. No mamão, o C_2H_4 exerce papel central no amolecimento da polpa, estimulando alterações no metabolismo das pectinas e a atividade de enzimas hidrolíticas, entre elas a poligalacturonase (Fabi *et al*., 2009; Soares *et al*., 2021).

Perda de massa fresca (PMF)

Enquanto frutos em AN perdem até 13,3% de sua massa por transpiração e respiração, a AC reduz essa perda para apenas 5,2%, mantendo o turgor e uma melhor aparência comercial (Figura 4B).

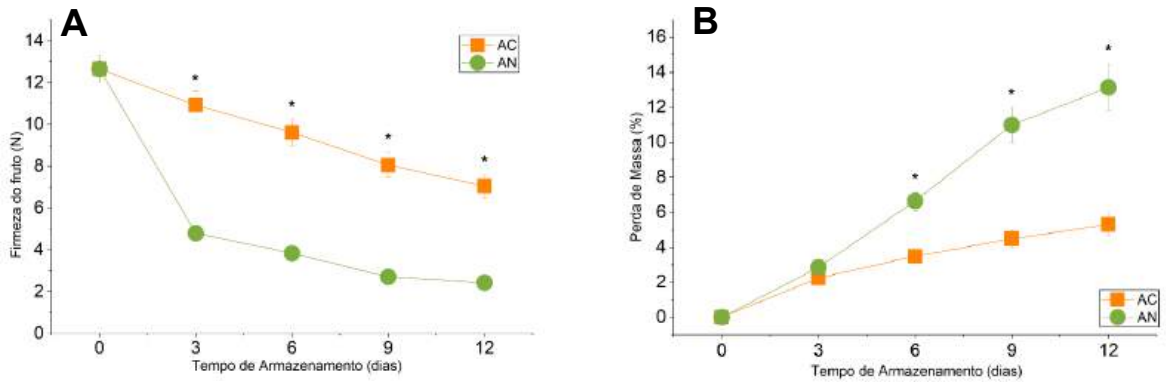


Figura 4 – Firmeza (A) e perda de massa fresca (B) do mamão 'Aliança' armazenados em AC e em AN por até 12 dias. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. *Médias diferem estatisticamente entre si, no mesmo intervalo de tempo, pelo teste t de *Student*, ao nível de 5% de probabilidade.

Coloração

A ΔE evidenciou que a AC atrasou as alterações de coloração da casca associadas ao amadurecimento dos frutos (Figura 5). Embora o ΔE tenha aumentado progressivamente tanto nos frutos armazenados em AC quanto naqueles armazenados sob AN, indicando mudança da coloração inicial, essa variação foi substancialmente maior nos frutos mantidos em AN. Aos 12 dias, o ΔE atingiu 43,84 em AN, enquanto os frutos armazenados sob AC apresentaram valor de 22,28.

Essa diferença demonstra que a baixa concentração de O_2 reduziu a velocidade das mudanças de cor durante o armazenamento, efeito compatível com a modulação da atividade respiratória e da produção e ação do C_2H_4 promovida pela AC (Martins *et al*., 2015; Zhao *et al*., 2025). O C_2H_4 desempenha papel central na coordenação do amadurecimento de frutos climatéricos, incluindo os processos responsáveis pela perda da coloração verde e pelo desenvolvimento das tonalidades características do fruto maduro. Dessa forma, a menor

alteração de cor observada sob AC é consistente com o atraso nos processos fisiológicos dependentes do C_2H_4 em condições de baixa disponibilidade de O_2.

Os resultados para o ângulo *hue* confirmam essa resposta e permite caracterizar a direção das alterações evidenciadas pelo ΔE (Figura 5). A redução do *hue* ao longo do armazenamento representa a transição da coloração predominantemente verde para tonalidades amarelas e alaranjadas, típica do amadurecimento do mamão. Ao final de 12 dias, os frutos mantidos em AN apresentaram *hue* de 77,60°, indicando avanço acentuado dessa transição, enquanto aqueles armazenados sob AC mantiveram valor significativamente mais elevado (99,07°), demonstrando maior preservação da tonalidade verde. A interpretação conjunta dos dois parâmetros é particularmente consistente: enquanto o ΔE demonstra que a magnitude da alteração global da cor foi menor sob AC, o ângulo *hue* evidencia que essa condição retardou especificamente a transição do verde para o amarelo. Assim, os resultados indicam que a redução da disponibilidade de O_2 retardou a evolução da coloração durante os 12 dias de armazenamento, provavelmente como consequência da menor progressão dos processos de amadurecimento regulados pelo C_2H_4, contribuindo para a manutenção das características visuais do fruto por um período mais prolongado.

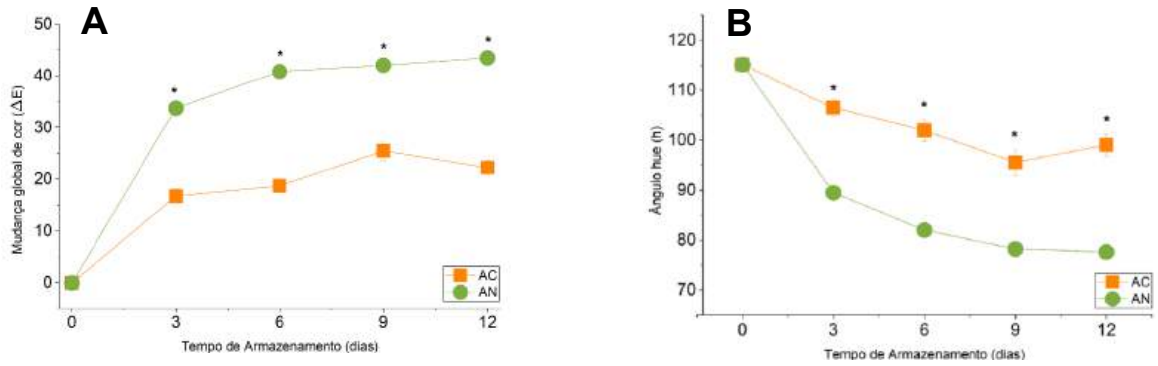


Figura 5 - Variação global de cor - ΔE (A) e ângulo *hue* (B) do mamão 'Aliança' armazenados em AC e em AN por até 12 dias. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. * Médias diferem estatisticamente entre si, no mesmo intervalo de tempo, pelo teste t de *Student*, ao nível de 5% de probabilidade.

Teor de sólidos solúveis (SS)

O teor de SS diminuiu progressivamente ao longo do armazenamento, passando de 11,30 °Brix no tempo inicial para 9,59 °Brix aos 12 dias, seguindo tendência semelhante nos frutos mantidos em AN e em AC (Figura 6), sem diferença significativa entre os tratamentos em cada período de avaliação.

Esses resultados são coerentes com a fisiologia pós-colheita do mamão, uma vez que o fruto apresenta reduzida reserva de amido e acumula grande parte dos açúcares solúveis ainda enquanto permanece ligado à planta. Assim, diferentemente de frutos ricos em amido, o mamão dispõe de limitada reserva de carbono para sustentar aumentos expressivos no teor de açúcares após a colheita (Gomez *et al*., 2002; Farina *et al*., 2020). Durante o armazenamento, os açúcares presentes na polpa permanecem metabolicamente disponíveis e podem

ser utilizados como substratos da respiração, contribuindo para explicar a ausência de aumento expressivo dos sólidos solúveis durante o amadurecimento pós-colheita.

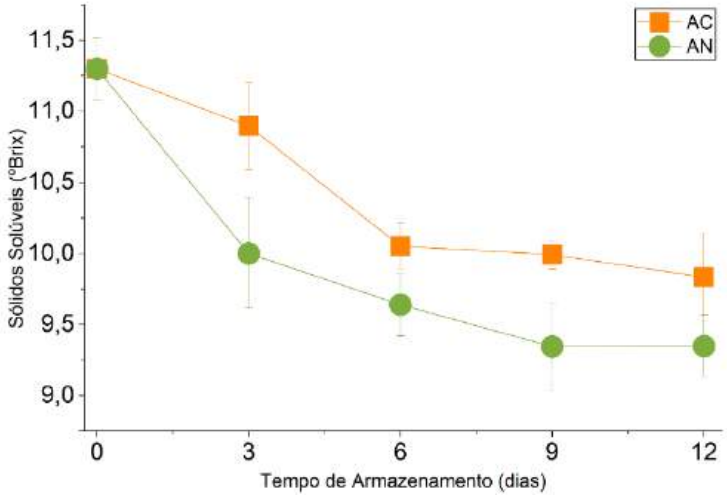


Figura 6 – Teor de sólidos solúveis do mamão 'Aliança' armazenados em AC e em AN por até 12 dias. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão.

Embora a baixa concentração de O_2 na AC reduza a respiração e também possa limitar a produção e a ação do C_2H_4, atrasando vários eventos característicos do amadurecimento (Buccheri *et al*., 2021; Zhao *et al*., 2025), esse efeito não se refletiu em diferenças no teor de SS entre AC e AN. Esse resultado é particularmente interessante porque, apesar de o C_2H_4 coordenar importantes transformações do amadurecimento do mamão, incluindo mudanças no metabolismo de carboidratos e açúcares solúveis (Soares *et al*., 2021), os dados sugerem que, nas condições deste experimento, a redução da respiração e da ação do C_2H_4 promovida pela AC foram suficientes para atrasar o processo do amadurecimento, mas não alterou de forma detectável a dinâmica dos SS, indicando que esse parâmetro foi menos sensível à modulação do amadurecimento pela baixa disponibilidade de O_2.

O PARADOXO METABÓLICO DA VITAMINA C

O AA desempenha diversas funções no metabolismo vegetal, com destaque para o seu papel como antioxidante na neutralização das ERO geradas durante o metabolismo oxidativo celular, incluindo a respiração mitocondrial (Smirnoff; Wheeler, 2000; Foyer; Noctor, 2011). A síntese de AA ocorre na mitocôndria, onde a enzima L-galactono-1,4-lactona desidrogenase (L-GalLDH) catalisa a etapa final, transferindo elétrons diretamente para o citocromo *c* da cadeia transportadora de elétrons mitocondrial (CTEm) (Figura 7). Portanto, teoricamente, uma redução severa de oxigênio (hipóxia) poderia inibir a produção de vitamina C por falta de aceptores de elétrons na CTEm.

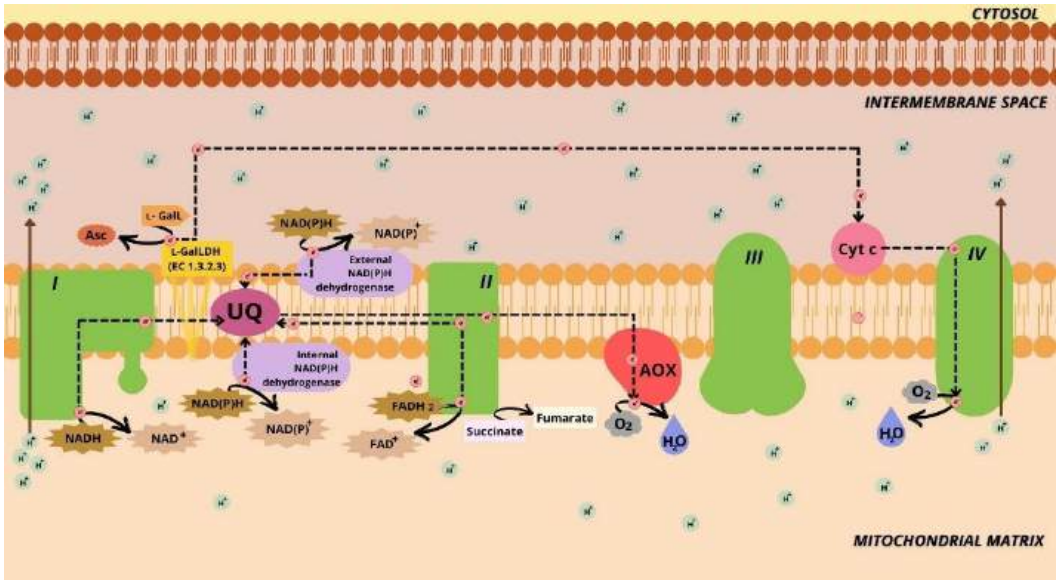


Figura 7 – Representação ilustrativa da cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria (CTEm), indicando os principais componentes. As setas pontilhadas pretas indicam as vias de transporte de elétrons no interior da CTEm, enquanto as setas marrons representam o local de transporte de prótons que ocorre da matriz para o espaço intermembranar. A enzima L-GalLDH está indicada em amarelo e a atividade enzimática demonstra a associação da enzima com o fluxo de elétrons na CTEm. Em verde, estão os quatro complexos da CTEm, indicados pelos algarismos romanos correspondentes (I a IV). A alternativa oxidase (AOX) está representada em vermelho e as NADP(H)-desidrogenases interna e externa em roxo, sendo consideradas vias alternativas exclusivas das mitocôndrias vegetais. O *pool* de ubiquinona (UQ) e o citocromo c (Cyt c) estão representados em púrpura e rosa, respectivamente.
Fonte: Matos *et al*. (2022).

Capacidade de síntese e teor de ácido ascórbico em mitocôndrias isoladas do mamão

A capacidade de síntese de AA, determinada em mitocôndrias isoladas da polpa do mamão 'Aliança', diminuiu ao longo do armazenamento nos dois tratamentos, porém essa redução foi menos acentuada nos frutos mantidos sob AC (Figura 8A). No tempo inicial, a capacidade de síntese foi de 20,02 nmol AA mg^{-1} de proteína enquanto aos 12 dias diminuiu para 7,56 nos frutos armazenados sob AN e 13,02 nmol AA mg^{-1} de proteína naqueles sob AC. A diferença na capacidade de síntese de AA entre os tratamentos tornou-se particularmente evidente nos períodos finais: aos nove dias, a capacidade de síntese de AA dos frutos sob AC foi aproximadamente 35% superior a dos frutos sob AN e, aos 12 dias, cerca de 42% superior (Figura 8A). A síntese de AA pela L-GalLDH está funcionalmente associada à CTEm, pois os elétrons provenientes da oxidação da L-GalL são transferidos ao citocromo c; portanto, alterações na atividade respiratória durante o amadurecimento podem repercutir diretamente sobre essa capacidade biossintética (Matos *et al*., 2022; Smirnoff *et al*., 2024).

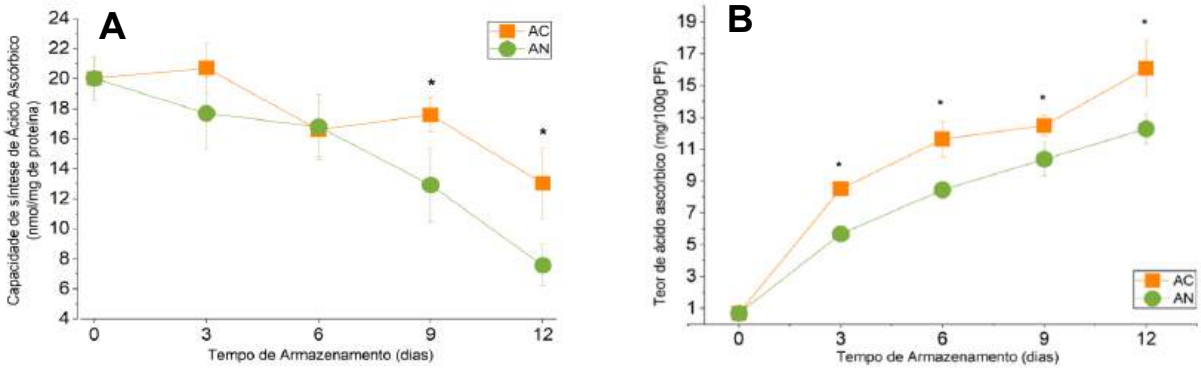


Figura 8 - Capacidade de síntese de ácido ascórbico (A) e teor de ácido ascórbico (B) do mamão 'Aliança' armazenados em AC e em AN por até 12 dias. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. * Médias diferem estatisticamente entre si, no mesmo intervalo de tempo, pelo teste t de *Student*, ao nível de 5% de probabilidade.

A diferença na capacidade de síntese de AA entre frutos armazenados sob AC e AN pode ser compreendida no contexto fisiológico do amadurecimento climatérico. Em AN, a produção autocatalítica de C_2H_4 favorece o avanço do amadurecimento e do climatério respiratório, aumentando o fluxo de elétrons e o metabolismo oxidativo. O processo de amadurecimento, por natureza, é um processo que culmina com a senescência onde prevalece um estado de estresse oxidativo que compromete progressivamente a funcionalidade mitocondrial e a capacidade da L-GalLDH de sustentar a síntese de AA (Matos *et al*., 2022). Sabe-se também que a manutenção do equilíbrio redox mitocondrial está associada à atividade da oxidase alternativa (AOX), que favorece a disponibilidade de citocromo c oxidado e, consequentemente, a atividade da L-GalLDH (Silva *et al*., 2024). Em contraste, a baixa disponibilidade de O_2 sob AC reduz a atividade respiratória e limita a produção e a ação do C_2H_4, retardando a progressão do amadurecimento; assim, os maiores valores da capacidade de síntese de AA observados nos frutos sob AC nos períodos finais sugerem que essas condições contribuíram para preservar por mais tempo a competência metabólica das mitocôndrias para a síntese de AA.

Apesar da redução progressiva da capacidade biossintética, o teor de AA na polpa aumentou durante o armazenamento, sendo esse acúmulo mais pronunciado nos frutos mantidos sob AC (Figura 8B). Nos períodos finais do ensaio, os frutos sob AC apresentaram teor de AA aproximadamente 25–30% maior que aqueles armazenados em AN. A aparente oposição entre menor capacidade de síntese e maior conteúdo acumulado é fisiologicamente relevante: o teor de AA no tecido representa o balanço entre síntese, oxidação, degradação e reciclagem, e não apenas sua taxa de biossíntese (De Tullio *et al*., 2013; Martey; Osei, 2024). Assim, a menor atividade respiratória e o amadurecimento mais lento dos frutos sob AC, associados à redução da ação do C_2H_4 e do metabolismo oxidativo, provavelmente diminuíram a demanda por AA como antioxidante, permitindo sua maior conservação e acúmulo. Paralelamente, a maior capacidade de síntese de AA mantida sob AC nos períodos finais pode estar relacionada à preservação da funcionalidade mitocondrial

e da interação entre a L-GalLDH e a CTEm, cuja relação com a respiração alternativa e a disponibilidade de citocromo c foi demonstrada em mitocôndrias de frutos por Silva *et al*. (2024).

EFEITO DO ARMAZENAMENTO SOB AC NA CONSERVAÇÃO DOS FRUTOS DE MAMÃO

O armazenamento de mamões por 12 dias sob AC atrasou o amadurecimento em comparação à AN, reduzindo a PMF e preservando a firmeza e a coloração dos frutos. A AC também preservou por mais tempo a capacidade de síntese mitocondrial de AA e favoreceu seu maior acúmulo na polpa. Em conjunto, os resultados demonstram o potencial da AC para atrasar o amadurecimento e prolongar a qualidade pós-colheita do mamão (Tabela 1).

Tabela 1 - Síntese dos resultados mais relevantes para o presente estudo

Variável	Atmosfera normal	Atmosfera controlada	Interpretação para o sistema
PMF aos 12 dias	13,31%	5,22%	AC reduziu perdas associadas à transpiração e ao metabolismo respiratório
ΔE aos 12 dias	43,84	22,28	AC reduziu a magnitude da alteração visual da casca
Hue aos 12 dias	77,60°	99,07°	AC preservou tonalidade verde-amarelado
Firmeza aos 12 dias	2,43 N	7,05 N	AC atrasou o amolecimento do fruto
Síntese de AA aos 12 dias	7,56 nmol mg^{-1} proteína	13,02 nmol mg^{-1} proteína	AC atenuou a queda da capacidade biossintética de AA
Teor de AA aos 12 dias	0,70 nmol mg^{-1} massa fresca	0,91 nmol mg^{-1} massa fresca	AC favoreceu maior acúmulo/preservação de AA na polpa

CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados surpreendem uma vez que os frutos sob AC (3% O_2) apresentaram teores de AA até 30% superiores aos armazenados em NA, após 12 dias. A explicação para tais resultados pode ser devido à uma "economia metabólica", causada por: *i) redução do consumo* - sob condições de baixo O_2, a taxa respiratória cai, gerando menos ERRO; *ii) menor estresse* - com menos ERO, o fruto não utiliza (ou utiliza menos) seu estoque de AA para neutralizar o estresse oxidativo e por fim *iii) síntese de AA preservada* - mesmo com baixo O_2, a atividade da AOX mantém o fluxo de elétrons mitocondrial ativo o suficiente para sustentar a síntese de AA, enquanto a AC preserva a integridade da mitocôndria por mais tempo.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ (Ciências Agrárias, Proc. Nº E-26/210.133/2023; CNE, Proc. Nº E-26/203.906/2024), CNPq (Universal, Proc. Nº 404557/2023-6; Produtividade, Proc. Nº 303939/2024-9) e Capes pelo apoio financeiro (PROBRAL, Proc. Nº 88881.894938/2023-01) e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

ALI, A.; RIAZ, S.; KHALID, W.; MUBEEN, U.; BABAR, Q.; MANZOOR, M.F.; KHALID, M.Z.; MADILO, F.K. Potential of ascorbic acid in human health against different diseases: an updated narrative review. **International Journal of Food Properties**, v. 27, p. 493-515, 2024.

BARRY, C.S.; GIOVANNONI, J.J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 26, p. 143-159, 2007.

BRIZZOLARA, S.; MANGANARIS, G.A.; FOTOPOULOS, V.; WATKINS, C.B.; TONUTTI, P. Primary metabolism in fresh fruits during storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 80, 2020.

BUCCHERI, M.; PICCHI, V.; GRASSI, M.; BIANCHI, G.; LO RE, S. Dynamic changes of antioxidants and fermentative metabolites in apple peel in relation to storage, controlled atmosphere, and initial low oxygen stress. **Scientia Horticulturae**, v. 288, p. 110312, 2021.

DEULEFEU, S.C.S.B. **Armazenamento de mamão sob atmosfera controlada: influência na qualidade do fruto e no metabolismo do ácido ascórbico**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2026. 51 p.

DE TULLIO, M.; GUETHER, M.; BALESTRINI, R. Ascorbate oxidase is the potential conductor of a symphony of signaling pathways. **Plant Signaling & Behavior**, v. 8, p. e23213, 2013.

FABI, J.P.; CORDENUNSI, B.R.; SEYMOUR, G.B.; LAJOLO, F.M.; NASCIMENTO, J.R.O. Changes in cell wall composition associated to the softening of ripening papaya: evidence of extensive solubilization of large molecular mass galactouronides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 15, p. 7064-7071, 2009.

FARINA, V.; TINEBRA, I.; PERRONE, A.; SORTINO, G.; PALAZZOLO, E.; MANNINO, G.; GENTILE, C. Physicochemical, nutraceutical and sensory traits of six papaya (*Carica papaya* L.) cultivars grown in greenhouse conditions in the Mediterranean climate. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 501, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Major tropical fruits market review**. Preliminary results 2025. Rome, 2026. 24 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Responsible consumption and production**: ensure sustainable consumption and production patterns. 2023. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3a8baf8c-960d-4105-9538-e4bd9b1d4503/content/cc7088en.html#/12>. Acesso em: 03 ago. 2026.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 2-18, 2011.

FENECH, M.; AMORIM-SILVA, V.; ESTEBAN DEL VALLE, A.; ARNAUD, D.; RUIZ-LOPEZ, N.; CASTILLO,

A.G.; SMIRNOFF, N.; BOTELLA, M.A. The role of GDP-L-galactose phosphorylase in the control of ascorbate biosynthesis. **Plant Physiology**, v. 185, p. 1574-1594, 2021.

GOMEZ, M.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 1, p. 442-447, 2002.

GOULART, C.; CANTILLANO, R.F.F.; AGUIAR, G.A.; KIRINUS, M.B.M.; MELLO-FARIAS, P.C.; MALGARIM, M.B. Preservation of cv. Jubileu peaches in a conventional cold storage system under a dynamic controlled atmosphere. **Semina**: Ciências Agrárias, v. 43, n. 4, p. 1737-1750, 2022.

IMAHORI, Y.; SUZUKI, Y.; UEMURA, K.; KISHIOKA, I.; FUJIWARA, H.; UEDA, Y.; CHACHIN, K. Physiological and quality responses of Chinese chive leave to low oxygen atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 3, p. 295-303, 2004.

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J.O. *Carica papaya* L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, p. 683, 2022.

KUMAR, S.; YADAV, P.; JAIN, V.; MALHOTRA, S.P. Evaluation of oxidative stress and antioxidative system in ber (*Ziziphus mauritiana* L.) fruits during storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 35, p. 1434-1442, 2011.

LUGARESI, A.; PADRUDKAR, A.; SAQUET, A.A.; BÜCHELE, F.; STEFFENS, C.A.; KHERA, K.; NEUWAL, D.Q.O.; ACUNHA, J.G.; UHLMANN, L.O.; THEWES, F.R.; DOGAN, A.; HAGEMANN, M.H.; PASTOR, M.E.G.; NEUWALD, D.A. Quality of 'Xenia' pear under controlled atmosphere storage and 1-methylcyclopropene application. **Postharvest Biology and Technology**, v. 230, p. 113728, 2025.

LIU, Y.; TANG, M.; LIU, M.; SU, D.; CHEN, J.; GAO, Y.; BOUZAYEN, M.; LI, Z. The molecular regulation of ethylene in fruit ripening. **Small Methods**, v. 4, n. 3, p. 1900485, 2020.

MARTEY, A.; OSEI, R. Biosynthesis of ascorbic acid and its metabolism across plant growth stages, fruit maturation, and postharvest physiology: a review. **Asian Research Journal of Agriculture**, v. 17, n. 3, p. 180-190, 2024.

MARTINS, D.R.; BARBOSA, N.C.; RESENDE, E.D. Respiration rate of Golden papaya stored under refrigeration and with different controlled atmospheres. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 345-355, 2015.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória : Incaper, 2024. 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487
MATOS, I.F.; MORALES, L.M.M.; SANTANA, D.B.; SILVA, G.M.C.; GOMES, M.M.A.; AYUB, R.A.; COSTA, J.H.; OLIVEIRA, J.G. Ascorbate synthesis as an alternative electron source for mitochondrial respiration: possible implications for plant performance. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 987077, 2022.

PATHAK, N.; CALEB, O.J.; RAUH, C.; MAHAJAN, P.V. Efficacy of photocatalysis and photolysis systems for the removal of ethylene under different storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 68-77, 2019.

SILVA, G.M.C.; MORALES, L.M.M.; SANTANA, D.B.; SANTA-CATARINA, C.; OLIVEIRA, J.G. The alternative respiration is linked with the ascorbate synthesis capacity in climacteric and non-climacteric fruit mitochondria. **Postharvest Biology and Technology**, v. 210, p. 112780, 2024.

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G.L. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 19, n. 4, p. 267-290, 2000.

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G.L. The ascorbate biosynthesis pathway in plants is known, but there is a way to go with understanding control and functions. **Journal of Experimental Botany**, v. 75, p. 2604-2630, 2024.

SOARES, C.G.; PRADO, S.B.R.; ANDRADE, S.C.S.; FABI, J.P. Systems biology applied to the study of papaya fruit ripening: the influence of ethylene on pulp softening. **Cells**, v. 10, p. 2339, 2021.

SOUZA, A.F.; SILVA, W.B.; GONÇALVES, Y.S.; SILVA, M.G.; OLIVEIRA, J.G. Ripening physiology of varieties of papaya commercialized in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 385-395, 2014.

ZHAO, Q.; QI, Y.; WANG, F.; YANG, H.; YANG, Q.; ZHANG, X. Controlled atmosphere treatment reduces fruit surface pitting by improving antioxidant capacity and modulating membrane lipid metabolism of refrigerated sweet cherries. **Food Chemistry**, v. 32, p. 103240, 2025.

MELEIRA DO MAMOEIRO: O VÍRUS EM UM AMBIENTE CELULAR ESPECIALIZADO

Silas Pessini Rodrigues*

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Duque de Caxias, Duque de Caxias, RJ, Brasil.
*srodrigues@xerem.ufrj.br

MELEIRA DO MAMOEIRO: DA DOENÇA AO SISTEMA VÍRUS–HOSPEDEIRO

A meleira do mamoeiro é uma doença de etiologia viral caracterizada, em sua manifestação mais típica, pela exsudação espontânea de látex em frutos e outros órgãos da planta. Os primeiros estudos realizados no Brasil associaram a doença à presença de partículas aproximadamente isométricas, com cerca de 50 nm de diâmetro, observadas no lúmen dos laticíferos de plantas afetadas, juntamente com uma molécula de RNA de fita dupla (dsRNA) ausente em plantas sadias (Kitajima *et al*., 1993). A purificação dessas partículas a partir do látex e sua inoculação em plantas sadias permitiram posteriormente reproduzir os sintomas da doença, fortalecendo a associação causal entre o agente viral e a meleira (Maciel-Zambolim *et al*., 2003).

O avanço das abordagens moleculares mostrou, entretanto, que a etiologia da doença era mais complexa do que inicialmente se supunha. A identificação do *Papaya meleira virus* (PMeV) foi seguida pela caracterização de um segundo componente viral, o *Papaya meleira virus 2* (PMeV2), e, mais recentemente, pela descrição de associações entre vírus relacionados a esses dois componentes em outras regiões produtoras (Sá Antunes *et al*., 2016; Quito-Avila *et al*., 2023; Merchán-Gaitán *et al*., 2024). A meleira passou, assim, a representar um patossistema marcado não apenas por uma etiologia viral incomum, mas também pela estreita associação de seus componentes virais com um sistema celular altamente especializado: os laticíferos.

Essa localização constitui uma característica central para compreender a interação vírus–hospedeiro. O látex produzido pelos laticíferos apresenta composição molecular complexa e reúne proteínas e metabólitos relacionados a diferentes funções fisiológicas e de defesa (Konno, 2011; Ramos *et al*., 2019; Merchán-Gaitán *et al*., 2024). Ao longo das últimas décadas, estudos de microscopia, bioquímica e abordagens ômicas mostraram que a infecção está associada a alterações nesse ambiente e a respostas mais amplas da planta (Rodrigues *et al*., 2009, 2011, 2012; Soares et al., 2017; Madroñero *et al.*, 2018; Maurastoni *et al*., 2023; Rodrigues *et al*., 2024).

Neste capítulo, esses avanços são revisitados buscando integrar três dimensões da meleira: a natureza incomum do complexo viral, sua associação com o sistema laticífero e as respostas do hospedeiro ao longo da infecção. A partir dessa trajetória, é discutido como o ambiente especializado ocupado pelo complexo PMeV/PMeV2 pode contribuir para compreender sua organização e sua interação com o mamoeiro.

UM COMPLEXO VIRAL INCOMUM

A caracterização molecular do agente inicialmente associado à meleira revelou um vírus com genoma de RNA de fita dupla (dsRNA), denominado *Papaya meleira virus* (PMeV), atualmente proposto como *Fusagravirus kyu*, na família *Fusagraviridae* (Vieira *et al*., 2026). Posteriormente, um segundo componente viral, de RNA de fita simples e polaridade positiva (ssRNA+), foi identificado em plantas afetadas e denominado *Papaya meleira virus 2* (PMeV2), apresentando características genômicas relacionadas às de vírus *umbra-like* (Sá Antunes *et al*., 2016).

A relação entre esses dois vírus constitui uma das características mais singulares do patossistema. O PMeV2 não codifica uma proteína capsidial própria, e os RNAs dos dois vírus foram identificados em preparações de partículas constituídas pela proteína estrutural codificada pelo PMeV, indicando que essa proteína também participa da encapsidação do RNA de PMeV2 (Sá Antunes *et al*., 2016). Assim, PMeV e PMeV2 não representam simplesmente duas infecções coexistentes, mas componentes associados de um complexo viral.

Essa associação também modificou a compreensão da relação entre infecção e doença. O PMeV pode ser detectado em plantas sem os sintomas característicos da meleira, enquanto a presença conjunta de PMeV e PMeV2 está associada ao desenvolvimento da doença (Sá Antunes *et al*., 2016). Mesmo na presença dos dois vírus, entretanto, plantas infectadas podem permanecer assintomáticas durante parte considerável do desenvolvimento, indicando uma separação temporal entre infecção e manifestação da meleira.

A identificação, no Equador, do *Papaya sticky fruit-associated virus* (PSFaV), relacionado ao PMeV, e do *Papaya virus Q* (PpVQ), relacionado ao PMeV2, ampliou esse cenário e levou à proposição de diferentes pares virais (*virus couples*) associados à meleira (Quito-Avila *et al*., 2023; Merchán-Gaitán *et al*., 2024). No sistema brasileiro, entretanto, uma característica permanece particularmente marcante: a estreita associação do complexo PMeV/PMeV2 com os laticíferos do mamoeiro (Kitajima *et al*., 1993; Maurastoni, 2021). Compreender sua biologia exige, portanto, considerar também o ambiente celular especializado no qual essa associação se estabelece.

O SISTEMA LATICÍFERO COMO AMBIENTE DA INFECÇÃO

Os laticíferos são estruturas secretoras internas encontradas em diferentes grupos vegetais e associadas a funções como defesa e resposta a danos (Konno, 2011; Ramos *et al*., 2019; Merchán-Gaitán *et al*., 2024). Em *Carica papaya*, são do tipo articulado e formam um sistema celular especializado distribuído por diferentes órgãos da planta (Figura 1). Essa organização é particularmente relevante para a meleira, pois o compartimento associado ao complexo PMeV/PMeV2 não corresponde a uma célula isolada, mas a um sistema celular extenso e conectado nos tecidos.

A especialização dos laticíferos também se expressa na composição do látex. Esse material constitui

uma matriz molecular complexa, contendo proteínas, metabólitos, lipídios e outros componentes derivados dessas células (Konno, 2011; Ramos *et al*., 2019). Entre suas funções mais conhecidas estão a proteção de ferimentos e a defesa contra herbívoros e microrganismos. No mamoeiro, o látex é particularmente rico em proteases, incluindo cisteíno-proteases associadas à defesa (Konno *et al*., 2004; Rodrigues *et al*., 2012). A presença do complexo PMeV/PMeV2 nesse contexto coloca, portanto, uma questão importante: como esses vírus se estabelecem em um ambiente celular molecularmente especializado e com intensa atividade proteolítica?

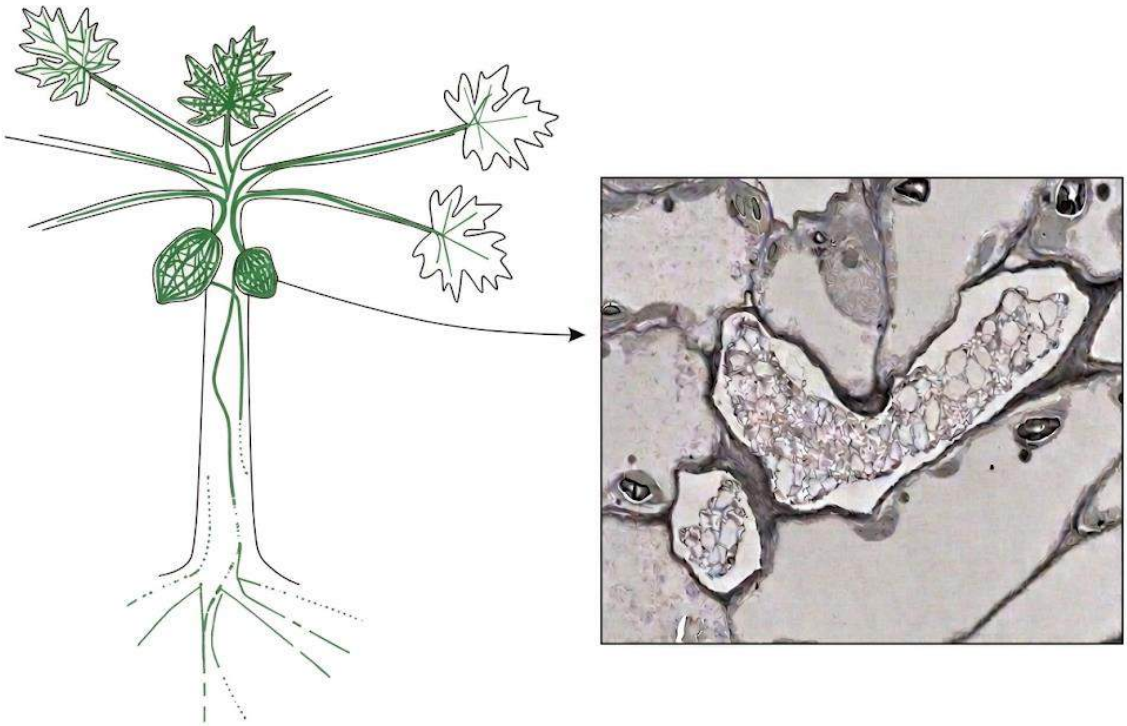


Figura 1 - Organização do sistema laticífero de *Carica papaya*. Representação esquemática da distribuição dos laticíferos em diferentes órgãos da planta e representação ampliada de sua organização celular. Em *C. papaya*, os laticíferos são classificados como articulados anastomosados, originando-se de conjuntos de células cujas paredes transversais podem desaparecer durante o desenvolvimento, formando estruturas tubulares ramificadas e interconectadas (Foster, 1943; Roth & Clausnitzer, 1972; Evert, 2006). Imagem celular: Lucas E. C. Nunes, Banco de Imagens de *C. papaya*, NUMPEX-Bio/UFRJ.

A relação entre o vírus e esse sistema pode ser observada diretamente. Análises ultraestruturais mostram partículas virais no interior dos laticíferos de plantas afetadas e alterações no conteúdo dessas células em comparação com plantas sadias (Kitajima *et al*., 1993; Rodrigues *et al*., 2009) (Figura 2). Ao mesmo tempo, o látex exsudado fornece uma via particularmente útil de acesso experimental a esse ambiente, permitindo recuperar partículas virais e seus RNAs diretamente do conteúdo laticífero, sem a maceração integral do tecido vegetal (Maciel-Zambolim *et al*., 2003; Rodrigues *et al*., 2009; Sá Antunes *et al*., 2016). Essa característica tem permitido investigar não apenas os vírus, mas também componentes do hospedeiro presentes nas preparações obtidas a partir do látex.

A associação entre o complexo viral e o sistema laticífero deve ainda ser considerada em uma perspectiva de desenvolvimento. Evidências indicam que componentes virais podem estar presentes em tecidos embrionários ou em estágios precoces, antes que o sistema laticífero apresente sua organização madura (Oliveira, 2019). Essas observações sugerem que a presença do vírus pode anteceder a diferenciação completa do compartimento ao qual ele estará posteriormente associado, mas ainda não permitem estabelecer quando ou como essa associação se forma. A ontogenia dos laticíferos constitui, assim, uma dimensão adicional para compreender a distribuição do complexo viral na planta.

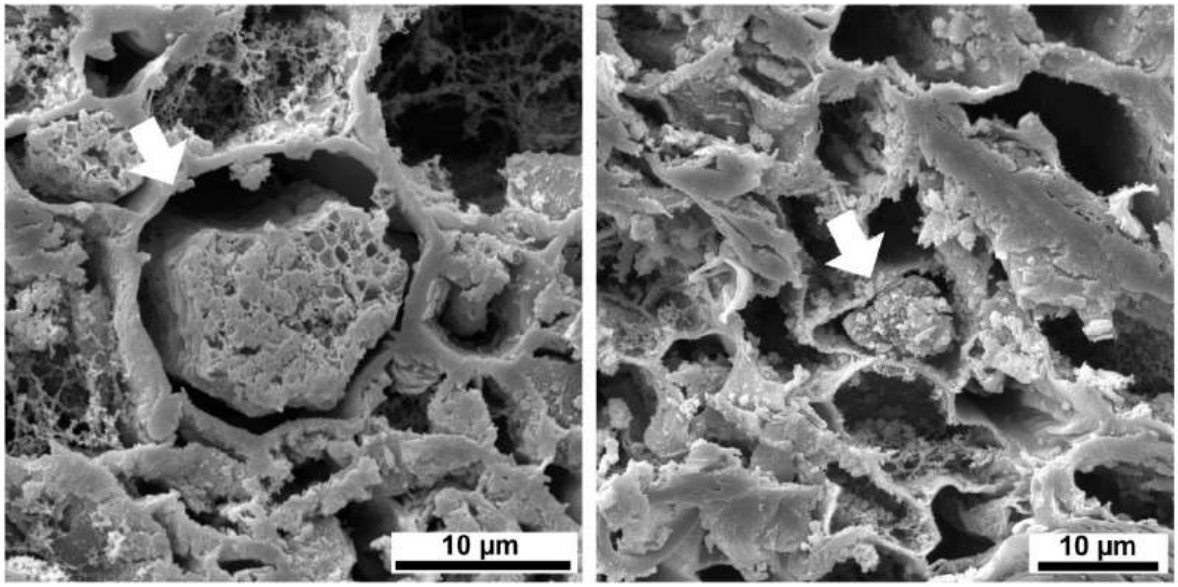


Figura 2 - Alterações no conteúdo dos laticíferos associadas à manifestação da meleira em *Carica papaya*. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (SEM) de folhas de plantas infectadas assintomáticas (esquerda) e sintomáticas (direita). Os laticíferos, indicados pelas setas brancas, apresentam-se preenchidos por conteúdo celular na condição assintomática e com acentuada redução desse conteúdo na condição sintomática, característica associada à progressão da doença (Rodrigues *et al*., 2024). Imagens: Lucas E. C. Nunes, Banco de Imagens de *C. papaya*, NUMPEX-Bio/UFRJ.

A INTERAÇÃO VÍRUS-HOSPEDEIRO AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO DA MELEIRA

A associação preferencial do complexo PMeV/PMeV2 com os laticíferos não implica que seus efeitos permaneçam restritos a esse sistema celular. Estudos realizados em plantas infectadas revelaram alterações na composição e nas propriedades do látex, incluindo processos relacionados ao balanço redox e à homeostase de cálcio, ao mesmo tempo em que análises proteômicas e transcriptômicas identificaram respostas mais amplas em diferentes processos fisiológicos e moleculares da planta (Rodrigues *et al*., 2009, 2011, 2012; Soares *et al*., 2017; Madroñero *et al*., 2018; Rodrigues *et al*., 2024). A infecção envolve, portanto, tanto modificações no ambiente celular associado ao complexo viral quanto respostas sistêmicas do hospedeiro.

Uma característica particularmente importante desse processo é a separação temporal entre infecção e

manifestação da doença. Plantas contendo o complexo viral podem permanecer assintomáticas durante parte considerável de seu desenvolvimento, embora alterações moleculares já sejam detectáveis nesse período. Estudos realizados antes do aparecimento dos sintomas identificaram mudanças em processos relacionados à defesa, metabolismo, sinalização e regulação da expressão gênica, mostrando que a fase assintomática corresponde a uma interação molecularmente ativa entre vírus e hospedeiro (Soares *et al*., 2017; Madroñero *et al*., 2018).

Essa interação também se modifica ao longo do desenvolvimento da planta. Comparações entre diferentes estágios indicam que os padrões de resposta observados em plantas infectadas variam à medida que o mamoeiro se desenvolve e se aproxima da manifestação da doença (Rodrigues *et al*., 2024). Assim, o aparecimento dos sintomas não parece refletir simplesmente a presença do complexo viral, mas uma transição na relação entre vírus e hospedeiro, influenciada pelo estado fisiológico e pelo estágio de desenvolvimento da planta.

Outra dimensão dessa interação emergiu da análise do próprio material obtido do látex. Preparações enriquecidas em componentes virais podem preservar componentes derivados do hospedeiro, inclusive após etapas de fracionamento e purificação (Rodrigues *et al*., 2012; Maurastoni *et al*., 2023). A copurificação desses componentes não demonstra, por si só, interação física específica ou participação funcional na infecção. Sua recorrência, entretanto, indica que a análise do material associado às partículas pode fornecer informações adicionais sobre o ambiente molecular no qual o complexo viral se encontra organizado.

DO AMBIENTE LATICÍFERO À PERSPECTIVA DE UM MICROAMBIENTE VIRAL

As diferentes abordagens utilizadas no estudo da meleira têm revelado que os componentes virais recuperados do látex não se apresentam necessariamente de forma completamente dissociada do material desse ambiente. Em preparações obtidas de plantas infectadas, partículas aproximadamente isométricas foram observadas em associação com material amorfo e eletrondenso, enquanto o dsRNA viral foi encontrado preferencialmente associado à fração sólida do látex (Maciel-Zambolim *et al*., 2003; Rodrigues *et al*., 2009). Durante o fracionamento e a purificação, a proporção entre partículas e outros materiais se modifica, mas sua separação nem sempre é completa (Maurastoni *et al*., 2023; Nunes, 2026) (Figura 3).

Análises proteômicas acrescentaram outra dimensão a essas observações. Proteínas derivadas do hospedeiro permanecem detectáveis em preparações enriquecidas em componentes virais, incluindo proteínas relacionadas ao metabolismo de RNA, defesa e proteólise (Rodrigues *et al*., 2012; Maurastoni *et al*., 2023). Esses achados demonstram copurificação, mas não permitem concluir que cada componente estabeleça interação direta com proteínas ou RNAs virais ou desempenhe função específica na infecção. Da mesma forma, parte do material associado pode refletir sua abundância no látex ou propriedades físico-químicas do processo de purificação.

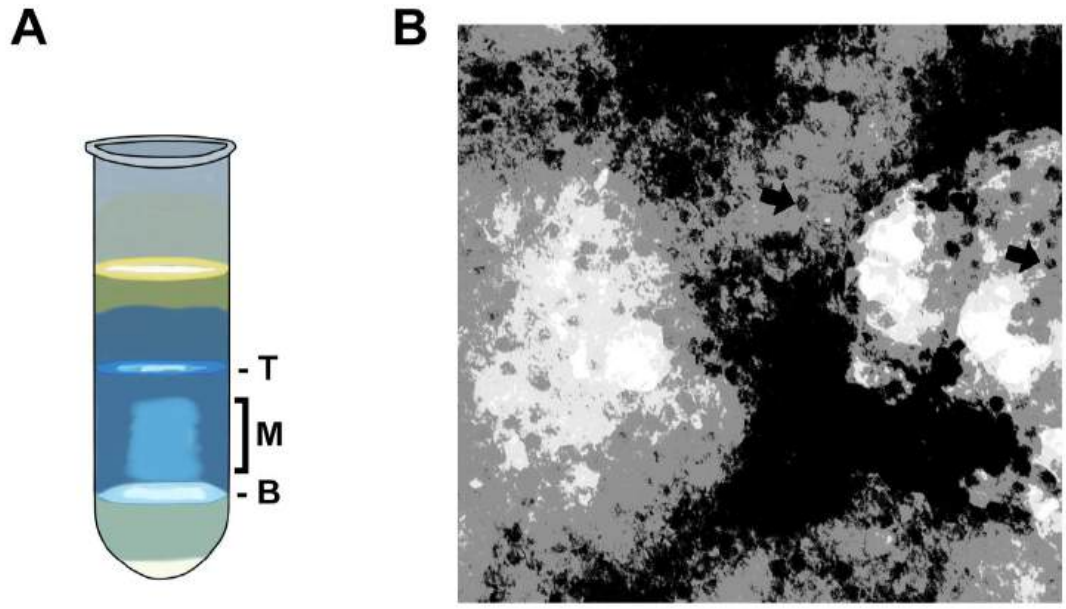


Figura 3 - Associação de partículas do complexo PMeV/PMeV2 com material remanescente após o fracionamento do látex. **(A)** Representação esquemática das frações obtidas durante a purificação do complexo viral a partir do látex de plantas sintomáticas, incluindo as frações superior (T), intermediária (M) e inferior (B) obtidas após ultracentrifugação em gradiente isopícnico de CsCl. **(B)** Representação esquemática baseada em imagem de microscopia eletrônica de transmissão da fração B, mostrando partículas aproximadamente isométricas do complexo PMeV/PMeV2 (setas) acompanhadas por material associado. Mesmo após sucessivas etapas de purificação, parte desse material permanece associada às partículas virais (Sá Antunes *et al*., 2016; Maurastoni *et al*., 2023). Ilustrações: Lucas E. C. Nunes, NUMPEX-Bio/UFRJ.

Evidências obtidas diretamente nos laticíferos complementam esse quadro. Análises ultraestruturais e de imunolocalização mostram uma distribuição espacialmente organizada de material associado às preparações virais no interior dessas células, embora a natureza e a composição dessas estruturas ainda não estejam estabelecidas (Nunes, 2026). Consideradas em conjunto, as observações *in situ*, a microscopia das preparações e as análises bioquímicas e proteômicas indicam um cenário mais complexo do que aquele representado apenas por partículas virais isoladas em uma matriz homogênea.

Nesse contexto, o termo microambiente viral pode ser utilizado como uma perspectiva operacional para considerar a escala molecular local na qual componentes associados ao complexo PMeV/PMeV2 coexistem com elementos derivados do ambiente laticífero. O termo não pressupõe uma arquitetura específica, delimitação por membrana ou mecanismo de condensação, nem atribui função aos componentes que acompanham as partículas. Ele permite, sobretudo, integrar observações produzidas por diferentes abordagens e considerar que a organização do complexo viral pode depender não apenas das propriedades das partículas, mas também das relações estabelecidas no ambiente celular em que a infecção ocorre.

A natureza dessas associações permanece em aberto. Determinar quais componentes estão efetivamente associados ao complexo viral, como essa organização se modifica ao longo da infecção e qual

seu significado para a biologia do PMeV/PMeV2 representa uma perspectiva para estudos futuros. Nesse sentido, a meleira oferece um sistema particularmente interessante para investigar a interface entre um complexo viral incomum e um ambiente celular altamente especializado.

PERSPECTIVAS

A compreensão da meleira avançou desde as primeiras observações de partículas virais nos laticíferos até a identificação do complexo PMeV/PMeV2 e a caracterização de diferentes aspectos de sua interação com o hospedeiro (Kitajima *et al*., 1993; Sá Antunes *et al*., 2016; Maurastoni *et al*., 2023; Rodrigues *et al*., 2024). Nesse percurso, o sistema laticífero deixou de representar apenas o local de detecção do vírus e passou a constituir uma dimensão importante para compreender sua biologia. As evidências reunidas neste capítulo indicam que a interação deve ser considerada tanto em relação às propriedades do complexo viral quanto ao ambiente celular especializado em que ele se estabelece.

Algumas questões permanecem particularmente importantes. Entre elas estão a identificação dos componentes do hospedeiro efetivamente associados ao material viral, a compreensão de como essas associações se modificam durante o desenvolvimento da planta e a determinação de sua relevância para a transição entre infecção assintomática e manifestação da meleira. A ocorrência de diferentes pares virais (*virus couples*) em regiões produtoras distintas acrescenta ainda uma dimensão comparativa, que poderá revelar quais características são particulares do complexo PMeV/PMeV2 e quais são compartilhadas por sistemas relacionados (Quito-Avila *et al*., 2023; Merchán-Gaitán *et al.,* 2024).

Nesse contexto, a perspectiva de um microambiente viral oferece uma forma de integrar observações produzidas em diferentes escalas, sem pressupor uma organização ou função ainda não demonstrada. Mais do que estabelecer um modelo definitivo para a interação, essa perspectiva amplia as perguntas que podem ser formuladas sobre a meleira e reforça a importância de compreender conjuntamente o vírus, o sistema laticífero e as mudanças do hospedeiro ao longo da doença. Esse conhecimento poderá contribuir tanto para a compreensão da biologia desse patossistema quanto, progressivamente, para o aprimoramento de estratégias de diagnóstico e manejo.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, pelo financiamento APQ1 (Processo nº 210.334/2024), e a Lucas E. C. Nunes (UFRJ), pelo auxílio na concepção e montagem das figuras deste capítulo. O ChatGPT (OpenAI) foi utilizado como apoio à revisão do texto e à geração de elementos gráficos das Figuras 1 e 2.

REFERÊNCIAS

EVERT, R.F. **Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body***:* their structure, function, and development. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

FOSTER, L.T. Morphological and cytological studies on *Carica papaya*. **Botanical Gazette**, v. 105, n. 1, p. 116-126, 1943.

KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, C.H.; SILVEIRA, J.S.; ALVES, F.; VENTURA, J.A.; ARAGÃO, F.J.L.; OLIVEIRA, L.H.R. Association of isometric virus-like particles, restricted to laticifers, with "meleira" ("sticky disease") of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 118-122, 1993.

KONNO, K. Plant latex and other exudates as plant defense systems: roles of various defense chemicals and proteins contained therein. **Phytochemistry**, v. 72, p. 1510-1530, 2011.

KONNO, K.; HIRAYAMA, C.; NAKAMURA, M.; TATEISHI, K.; TAMURA, Y.; HATTORI, M.; KOHNO, K. Papain protects papaya trees from herbivorous insects: role of cysteine proteases in latex. **The Plant Journal**, v. 37, p. 370-378, 2004.

MACIEL-ZAMBOLIM, E.; KUNIEDA-ALONSO, S.; MATSUOKA, K.; DE CARVALHO, M.; ZERBINI, F. Purification and some properties of Papaya meleira virus, a novel virus infecting papayas in Brazil. **Plant Pathology**, v. 52, p. 389-394, 2003.

MADROÑERO, J.; RODRIGUES, S.P.; ANTUNES, T.F.S.; ABREU, P.M.V.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A. R.; FERNANDES, P.M.B. Transcriptome analysis provides insights into the delayed sticky disease symptoms in *Carica papaya*. **Plant Cell Reports**, v. 37, p. 967-980, 2018.

MAURASTONI, M.A. **Dynamics of the papaya meleira virus complex during the development of papaya (*Carica papaya* L.)**. 2021. 127 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2021.

MAURASTONI, M.A.; SÁ ANTUNES, T.F.; ABREU, E.F.M.; RIBEIRO, S.G.; MEHTA, A.; SANCHES, M.M.; FONTES, W.; KITAJIMA, E.W.; CRUZ, F.T.; SANTOS, A.M.C.; VENTURA, J.A.; GOMES, A.C.M.M.; ZERBINI, F.M.; SOSA-ACOSTA, P.; NOGUEIRA, F.C.S.; RODRIGUES, S.P.; ARAGÃO, F.J.L.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. A capsid protein fragment of a Fusagra-like virus found in *Carica papaya* latex interacts with the 50S ribosomal protein L17. **Viruses**, v. 15, p. 541, 2023.

MERCHÁN-GAITÁN, J.B.; MENDES, J.H.L.; NUNES, L.E.C.; BUSS, D.S.; RODRIGUES, S.P.; FERNANDES, P.M.B. The role of plant latex in virus biology. **Viruses**, v. 16, p. 47, 2024.

NUNES, L.E.C. **Ontogenia do sistema laticífero e organização ultraestrutural do microambiente viral do complexo PMeV em *Carica papaya* L**. 2026. 75 f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular (PMBqBM), Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, 2026.

OLIVEIRA, S.A. **Transmissão vertical e localização do papaya meleira virus (PMeV) em tecidos embrionários de *Carica papaya* L**. 2019. 84 f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/handle/10/11061. Acesso em: 26 jul. 2026.

QUITO-AVILA, D.F.; REYES-PROAÑO, E.; CAÑADA, G.; CORNEJO-FRANCO, J.F.; ALVAREZ-QUINTO, R.; MOREIRA, L.; GRINSTEAD, S.; MOLLOV, D.; KARASEV, A.V. Papaya sticky disease caused by virus "couples": a challenge for disease detection and management. **Plant Disease**, v. 107, p. 1649-1663, 2023.

RAMOS, M.V.; DEMARCO, D.; DA COSTA SOUZA, I.C.; DE FREITAS, C.D.T. Laticifers, latex, and their role in plant defense. **Trends in Plant Science**, v. 24, p. 553-567, 2019.

RODRIGUES, S.P.; DA CUNHA, M.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Effects of the Papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009.

RODRIGUES, S.P.; VENTURA, J.A.; AGUILAR, C.; NAKAYASU, E.S.; ALMEIDA, I.C.; FERNANDES, P.M.; ZINGALI, R.B. Proteomic analysis of papaya (*Carica papaya* L.) displaying typical sticky disease symptoms. **Proteomics**, v. 11, p. 2592-2602, 2011.

RODRIGUES, S.P.; VENTURA, J.A.; AGUILAR, C.; NAKAYASU, E.S.; CHOI, H.; SOBREIRA, T.J.P.; NOHARA, L.L.; WERMELINGER, L.S.; ALMEIDA, I.C.; ZINGALI, R.B.; FERNANDES, P.M.B. Label-free quantitative proteomics reveals differentially regulated proteins in the latex of sticky diseased *Carica papaya* L. plants. **Journal of Proteomics**, v. 75, p. 3191-3198, 2012.

RODRIGUES, S.P.; SOARES, E.A.; SÁ ANTUNES, T.F.; MAURASTONI, M.; MADROÑERO, L.J.; BROETTO, S.G.; NUNES, L.E.C.; VERÇOZA, B.R.F.; BUSS, D.S.; SILVA, D.M.; RODRIGUES, J.C.F.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Juvenile-related tolerance to papaya sticky disease (PSD): proteomic, ultrastructural, and physiological events. **Plant Cell Reports**, v. 43, p. 269, 2024.

ROTH, I.; CLAUSNITZER, V. Desarrollo y anatomía del fruto y de la semilla de *Carica papaya* L. **Acta Botanica Venezuelica**, v. 7, n. 1-4, p. 187-206, 1972.

SÁ ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA virus Papaya meleira virus and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **PLoS ONE**, v. 11, e0155240, 2016.

SOARES, E.A.; WERTH, E.G.; MADROÑERO, L.J.; VENTURA, J.A.; RODRIGUES, S.P.; HICKS, L.M.; FERNANDES, P.M.B. Label-free quantitative proteomic analysis of pre-flowering PMeV-infected *Carica papaya* L. **Journal of Proteomics**, v. 151, p. 275-283, 2017.

VIEIRA, M.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.A.; FERNANDES, P.M.B.; ZERBINI, F.M. Papaya sticky disease management: biotechnological strategies as sustainable alternatives to roguing. **Plant Health Cases**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2026.0006.

AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE GOTAS EM DIFERENTES SUPERFÍCIES DO MAMOEIRO UTILIZANDO DRONE AGRÍCOLA

Alexandre Basílio Oliveira[1]*, Celso José Moschen Júnior[1], Fabio Madeira Barreto[1]

Sócio-Diretor da XRF Tecnologia Agrícola. Linhares-ES. *alexandrebasilioo.ab@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) ocupa posição de destaque na fruticultura brasileira, apresentando elevada importância econômica e social nas principais regiões produtoras e relevante participação no mercado de frutas frescas. Nesse cenário, o Espírito Santo consolidou-se como um dos principais pólos de produção e exportação da cultura no País, com forte concentração da atividade nas regiões norte e extremo norte do Estado. Dados recentes da conjuntura agropecuária capixaba mostram que, em 2025, foram cultivados aproximadamente 6.749 hectares, com produção estimada em 414,8 mil toneladas e rendimento médio de 61,46 t ha^{-1}. Em comparação com 2024, quando foram produzidas 398,1 mil toneladas e obtido rendimento médio de 59,14 t ha^{-1}, houve crescimento de 4,19% na produção e de 3,91% na produtividade, enquanto a área cultivada permaneceu praticamente estável (Galeano *et al*., 2025).

Além da relevância produtiva, a cadeia do mamão capixaba apresenta expressiva inserção no mercado internacional. Em 2025, as exportações de mamão do Espírito Santo movimentaram US$ 29,4 milhões, com crescimento de aproximadamente 14% em valor e volume em relação ao ano anterior. O Estado respondeu por cerca de 40% das exportações brasileiras da fruta, mantendo posição de liderança nacional nesse segmento (SEAG, 2026). A participação em mercados internacionais aumenta, tornando a manutenção de elevados padrões de qualidade e sanidade dos frutos cada vez mais necessários, fazendo o manejo fitossanitário um componente estratégico para a competitividade da cadeia produtiva.

Entre os principais problemas fitossanitários associados ao cultivo do mamoeiro no Espírito Santo encontram-se pragas como o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*), o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) e as cigarrinhas, além das doenças pinta-preta, antracnose, podridões causadas por *Phytophthora* spp. e doenças associadas a *Phoma* spp. Somam-se a esses problemas, importantes doenças virais, especialmente o mosaico e a meleira, que têm causado sérios danos às lavouras capixabas (Incaper, 2024). O manejo dessas ocorrências apresenta características distintas: enquanto as viroses exigem estratégias baseadas principalmente em prevenção, monitoramento, identificação e eliminação de plantas infectadas, diferentes artrópodes-praga e doenças fúngicas demandam, quando necessária a intervenção, aplicações de produtos fitossanitários como parte de programas de manejo integrado.

A eficácia desses tratamentos depende não somente da correta identificação do problema e da escolha do produto fitossanitário, mas também da capacidade de depositar quantidade adequada do produto sobre o alvo biológico. Essa condição constitui um desafio particular na cultura do mamoeiro. Em plantas adultas, a altura, as folhas de grandes dimensões sustentadas por longos pecíolos e a disposição dos frutos ao redor do caule formam uma arquitetura complexa para a pulverização. Dependendo da praga ou doença a ser controlada, o alvo pode estar localizado na superfície adaxial ou abaxial das folhas, nos frutos ou em regiões mais protegidas da planta. Dessa forma, atingir satisfatoriamente os diferentes alvos não depende apenas do volume aplicado, mas da interação entre equipamento, espectro de gotas, fluxo de ar, arquitetura vegetal e condições meteorológicas.

Tradicionalmente, o controle químico no mamoeiro é realizado predominantemente por meio de pulverizadores terrestres, com destaque para equipamentos hidropneumáticos que utilizam fluxo de ar para auxiliar o transporte das gotas da entrelinha em direção à planta. Embora esses sistemas estejam consolidados e possam apresentar elevada eficiência quando corretamente dimensionados e regulados, a pulverização de plantas adultas de mamoeiro impõe desafios relacionados à distribuição da calda entre os diferentes alvos da planta. A própria escassez de informações científicas específicas sobre tecnologia de aplicação no mamoeiro já motivou pesquisas no Espírito Santo avaliando deposição de calda em folhas e frutos, diferentes volumes de aplicação e eficácia de controle da pinta-preta e do ácaro-rajado utilizando pulverização hidropneumática (Vitória, 2015).

Além dos aspectos relacionados à deposição, a pulverização terrestre está condicionada ao deslocamento do conjunto mecanizado (trator + pulverizador hidropneumático) pelas entrelinhas da cultura, tornando a operação dependente das condições de trafegabilidade, disponibilidade de máquinas e operadores e capacidade operacional para realizar a intervenção no momento adequado. A passagem recorrente de máquinas ao longo do ciclo produtivo e a necessidade de transportar grandes volumes de calda também integram a logística das aplicações. Portanto, o desafio não consiste apenas em realizar a pulverização, mas em fazê-la no momento oportuno e conseguir transportar e depositar o produto de forma adequada nos diferentes alvos da planta.

Nesse contexto, a evolução das aeronaves remotamente pilotadas (ARPs), ou drones agrícolas, introduziu uma alternativa tecnológica para aplicações fitossanitárias. Diferentemente dos pulverizadores terrestres assistidos por ar, nos quais a pulverização e o fluxo de ar são predominantemente direcionados lateralmente a partir das entrelinhas, as aeronaves multirrotores realizam a aplicação sobre a cultura e produzem um intenso fluxo de ar descendente gerado pelos rotores. Esse fluxo, denominado *downwash*, interage com a vegetação, podendo promover movimentação das folhas e modificar o transporte e a deposição das gotas no interior do dossel. Entretanto, sua intensidade e distribuição dependem de fatores como configuração e carga da aeronave, altura e velocidade de voo e características da própria vegetação (Calderone *et al*., 2025; Guo *et al*., 2025).

Estudos recentes em culturas perenes demonstram que a interação entre o fluxo descendente dos

rotores e a copa das plantas pode exercer influência significativa sobre a penetração e a distribuição da pulverização. Ao mesmo tempo, os resultados mostram que maior intensidade de fluxo de ar não significa necessariamente melhor qualidade de aplicação, uma vez que combinações inadequadas entre velocidade, altura, espectro de gotas e fluxo aerodinâmico podem resultar em distribuição desuniforme, deriva ou perdas para o solo (Yang *et al*., 2026). Assim, parâmetros operacionais não devem ser simplesmente extrapolados entre culturas ou equipamentos, especialmente em plantas com arquitetura particular como o mamoeiro.

A pulverização por drones apresenta vantagens operacionais potenciais, como elevada mobilidade, ausência de tráfego do equipamento pelas entrelinhas, ausência de dependência das condições de trafegabilidade e possibilidade de rápida intervenção em áreas agrícolas, no momento ideal de controle. Contudo, ainda são escassas as informações específicas sobre a qualidade dessas aplicações em plantas adultas de mamoeiro, particularmente quanto à capacidade das gotas atingirem alvos de difícil acesso, como a superfície abaxial das folhas, regiões internas da planta e frutos. Dessa forma, mais do que assumir a eficiência dessa tecnologia, torna-se necessário avaliá-la experimentalmente, identificando suas potencialidades, limitações e parâmetros operacionais mais adequados. A geração dessas informações poderá contribuir para determinar em quais condições a pulverização com drones pode constituir uma ferramenta tecnicamente viável e complementar aos sistemas tradicionalmente empregados no manejo fitossanitário do mamoeiro.

DRONES E QUALIDADE DA APLICAÇÃO NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DO MAMOEIRO

Uma aplicação fitossanitária eficiente não depende apenas da escolha correta do produto. É necessário que a pulverização consiga atingir, em quantidade e distribuição adequadas, o local onde a praga ou a doença está presente. No mamoeiro, isso representa um desafio importante, pois os principais alvos não estão todos igualmente expostos à pulverização.

O ácaro-branco, por exemplo, está associado principalmente às regiões mais novas da planta, enquanto o ácaro-rajado é encontrado com maior frequência na face inferior das folhas. Já doenças como a pinta-preta podem afetar tanto folhas quanto frutos. Isso significa que uma pulverização com boa cobertura na parte superior da planta não necessariamente apresentará o mesmo desempenho em locais mais protegidos, como a face abaxial das folhas, a região interna da copa ou os frutos (Embrapa, 1998; Santos Filho *et al*., 2007).

Essa dificuldade está diretamente relacionada à arquitetura do mamoeiro. Plantas adultas apresentam folhas grandes, sustentadas por pecíolos longos, formando uma copa sobre a região onde os frutos estão distribuídos ao redor do caule. Para que a aplicação seja eficiente, portanto, as gotas precisam ultrapassar as partes mais expostas da planta e alcançar também pontos de difícil acesso. Dependendo da praga ou doença que se pretende controlar, a simples presença de gotas nas folhas superiores pode não representar uma aplicação adequada e eficaz sobre o alvo de interesse.

Tradicionalmente, esse controle é realizado com pulverizadores terrestres, principalmente equipamentos hidropneumáticos, que utilizam fluxo de ar para transportar a calda em direção às plantas. Quando bem regulados, esses sistemas podem apresentar bom desempenho, porém dependem do deslocamento

do conjunto mecanizado entre as linhas e de ajustes adequados de volume, velocidade, pressão e direcionamento dos bicos. Além disso, as características do mamoeiro tornam a distribuição da calda entre folhas e frutos um desafio constante. Trabalhos realizados no Espírito Santo já demonstraram a necessidade de estudar de forma específica a tecnologia de aplicação nessa cultura, avaliando a deposição em folhas e frutos e a eficiência do controle fitossanitário (Vitória, 2015).

Nesse contexto, os drones agrícolas surgem como uma alternativa interessante. Entre suas principais vantagens estão a rapidez de operação, a ausência de tráfego de máquinas entre as linhas, a facilidade de acesso a áreas com limitações para equipamentos terrestres e a possibilidade de trabalhar com menores volumes de calda. Por outro lado, essas vantagens operacionais não significam, por si só, que a aplicação realizada pelo drone terá melhor qualidade.

Nos drones multirotores, o ar produzido pelas hélices é direcionado para baixo e interfere diretamente na movimentação das folhas e das gotas. Esse efeito, conhecido como *downwash*, pode auxiliar na condução da pulverização para regiões internas da planta. Além disso, o ar gerado pelos rotores não se movimenta exclusivamente de forma vertical, apresentando também movimentos circulares e laterais que podem alterar a trajetória das gotas. Em determinadas condições, esse comportamento pode favorecer o contato da pulverização com superfícies menos expostas, como a face inferior das folhas. Entretanto, esse efeito depende das características da aeronave, da planta e da configuração utilizada na aplicação e, portanto, não deve ser considerado automático (Calderone *et al*., 2025; Jiang *et al*., 2026).

Entre os fatores que mais influenciam esse comportamento estão a velocidade de voo, a altura da aeronave, o volume aplicado e o tamanho das gotas. Velocidades menores podem aumentar o tempo de permanência do drone sobre determinada região da planta e prolongar a ação do fluxo de ar sobre a copa. Maiores volumes de aplicação podem aumentar a quantidade de calda disponível para cobrir a vegetação. Já gotas menores proporcionam maior número de gotas para um mesmo volume aplicado e podem acompanhar com maior facilidade o movimento do ar gerado pelos rotores. Em contrapartida, gotas muito finas apresentam maior risco de deriva e evaporação, principalmente quando as condições meteorológicas não são favoráveis (C*aputti et al*., 2025; Yang *et al*., 2026).

Por esse motivo, não existe uma configuração única que possa ser considerada ideal para todas as culturas ou situações. Uma regulagem que proporcione boa cobertura na parte superior das folhas pode não apresentar o mesmo desempenho na face inferior ou na região dos frutos. Da mesma forma, aumentar o volume de aplicação, diminuir a velocidade de voo ou reduzir o tamanho das gotas não garante, isoladamente, melhor penetração da pulverização. Esses parâmetros precisam ser avaliados de forma conjunta, considerando também as condições edafoclimáticas, as características do equipamento e, principalmente, o alvo que se pretende atingir.

No mamoeiro, onde existem diferentes alvos dentro da mesma planta, a qualidade da aplicação deve ser avaliada de forma separada. A deposição na face superior e inferior das folhas, na região dos frutos e nas partes internas da planta pode apresentar diferenças importantes. Embora os drones apresentem características

operacionais que podem ser interessantes para a cultura, ainda são limitadas as informações disponíveis sobre a qualidade dessas aplicações em mamoeiros adultos e, principalmente, sobre sua capacidade de atingir os alvos de mais difícil acesso. É justamente diante dessa necessidade que se propõe a realização de avaliações em condições de campo, buscando gerar informações sobre a distribuição e a deposição das gotas em diferentes regiões da planta e sobre a influência dos parâmetros utilizados na aplicação. Mais do que demonstrar a viabilidade da tecnologia, pretende-se identificar suas potencialidades e limitações e gerar dados que possam contribuir para produtores, técnicos, pesquisadores e prestadores de serviço na tomada de decisões sobre o uso de drones no manejo fitossanitário do mamoeiro. A discussão desses resultados em eventos técnicos e científicos ligados à cadeia produtiva do mamão contribui para aproximar a experiência de campo da pesquisa e ampliar o conhecimento disponível sobre uma tecnologia que ainda necessita ser melhor compreendida nessa cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em condições de campo, em uma lavoura de mamoeiro adulto, utilizando uma aeronave remotamente pilotada DJI Agras T100. Foi selecionada uma área considerada representativa da lavoura para avaliação da cobertura da pulverização nas diferentes superfícies das plantas. O ensaio foi realizado no dia 10/10/2026 na Fazenda Arizona 4, propriedade de topografia predominantemente plana localizada no município de Linhares-ES. A variedade de mamoeiro plantada é BS 2000, com cerca de 1 ano e dois meses e a altura aproximada das plantas é de 2,8 m.

Foram avaliadas nove combinações de volume de aplicação e tamanho nominal de gotas, resultantes de três volumes de calda (15, 20 e 25 L ha^{-1}) e três configurações nominais de gotas (150, 250 e 350 µm), identificadas como tratamentos T1 a T9. Os valores de tamanho de gotas correspondem às configurações selecionadas no sistema de pulverização da aeronave e não representam medições diretas dos diâmetros efetivamente produzidos, que podem variar conforme as características da calda e as condições operacionais.

As aplicações foram realizadas com velocidade de voo de aproximadamente 25 km h^{-1}, altura de 4 m acima do dossel, faixa de 8 m e a orientação das passadas foi no sentido das carreiras. O início da operação ocorreu por volta das 7h25, sob temperatura de 27,3 °C, umidade de 65,3% e velocidade média do vento de 4,9 km h^{-1}. As condições meteorológicas foram medidas utilizando o Termohigroanemômetro. Para fins de avaliação a calda foi composta apenas por água.

Para avaliar a cobertura, foram utilizados papéis hidrossensíveis posicionados em três superfícies de interesse: face adaxial das folhas, face abaxial das folhas e superfície dos frutos (Figura 1). Após as aplicações, os papéis foram recolhidos, identificados e fotografados para análise digital. O processamento digital das imagens dos papéis hidrossensíveis foi realizado de forma semiautomática, utilizando rotinas desenvolvidas em linguagem Python, com auxílio das bibliotecas OpenCV, NumPy e Pillow. Inicialmente, a área dos papéis foi delimitada por segmentação de cores, utilizando o espaço HSV para identificar a superfície amarela. As regiões correspondentes às gotas foram identificadas pela diferenciação entre a coloração amarela do papel e

as marcas azuladas produzidas pela pulverização. Foram aplicados procedimentos de filtragem para reduzir ruídos e identificar regiões comprometidas por umidade, perfurações ou outros artefatos. As máscaras digitais resultantes foram submetidas à inspeção visual, com ajustes e exclusões realizados manualmente, quando necessários, com base na avaliação do responsável pelo ensaio. A cobertura percentual foi calculada pela relação entre o número de pixels classificados como gotas e o total de pixels da área avaliável do papel, multiplicada por 100.

Os resultados foram apresentados de forma descritiva, por tratamento e por superfície. As médias por volume de aplicação foram calculadas considerando os três tamanhos nominais de gotas; analogamente, as médias por tamanho nominal de gotas foram obtidas a partir dos três volumes avaliados. Não foram realizadas inferências estatísticas sobre diferenças entre tratamentos.

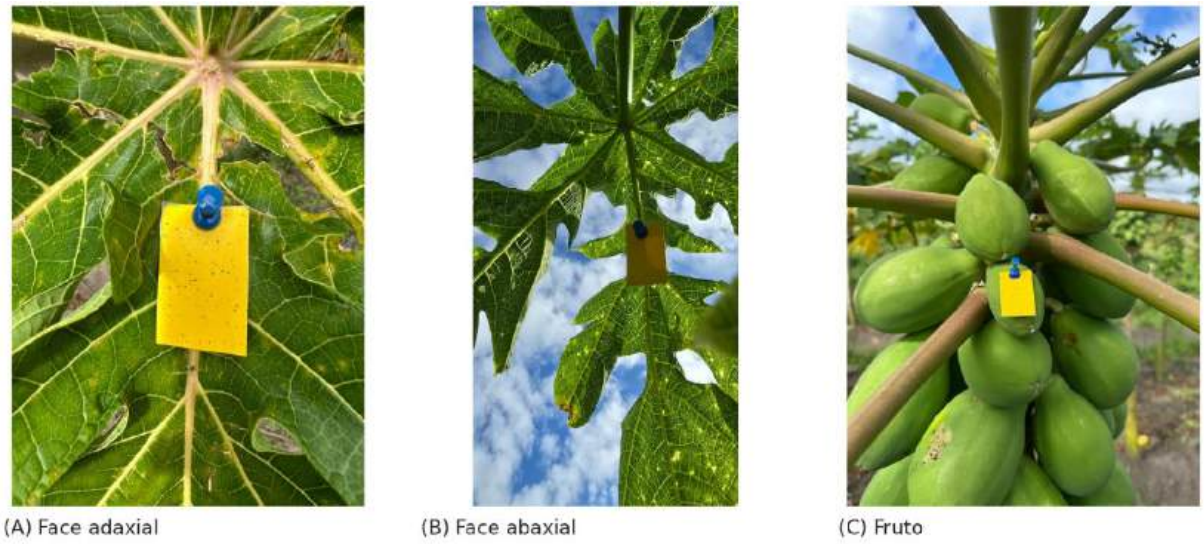


Figura 1 - Posicionamento dos papéis hidrossensíveis nas superfícies avaliadas do mamoeiro: (A) face adaxial da folha; (B) face abaxial da folha; (C) fruto. Fotografias realizadas em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura dos papéis hidrossensíveis apresentou variações entre as combinações de volume de aplicação e tamanho nominal de gotas, assim como entre as superfícies avaliadas do mamoeiro. Os resultados indicaram comportamentos distintos na face adaxial (superior) das folhas, na face abaxial (inferior) e nos frutos, demonstrando que uma mesma configuração de pulverização não proporcionou necessariamente coberturas semelhantes nas diferentes posições da planta (Tabela 1 e Figura 2).

As maiores coberturas individuais foram observadas nos tratamentos com volume de aplicação de 25 L/ha, porém com diferentes tamanhos nominais de gotas. Na face adaxial das folhas, a maior cobertura foi de 6,85%, obtida com gotas de 350 µm (T9). Na face abaxial, o maior valor foi de 1,35%, com gotas de 250 µm (T8), enquanto nos frutos a maior cobertura foi de 6,08%, utilizando gotas de 150 µm (T7). Esses resultados evidenciam que as diferentes superfícies do mamoeiro apresentaram respostas distintas às combinações de

volume de aplicação e tamanho nominal de gotas, indicando que a configuração associada à maior cobertura em determinada superfície não necessariamente proporciona o mesmo desempenho nas demais.

Tabela 1 – Cobertura (%) dos papéis hidrossensíveis nas diferentes superfícies do mamoeiro em função do volume de aplicação e do tamanho nominal das gotas.

Tratamento	Volume (L/ha)	Gotas (µm)	Adaxial (%)	Abaxial (%)	Fruto (%)
T1	15	150	4,98	1,04	1,88
T2	15	250	2,72	0,51	2,95
T3	15	350	1,34	0,15	1,79
T4	20	150	3,88	0,23	2,45
T5	20	250	2,66	0,20	4,54
T6	20	350	3,39	0,35	2,18
T7	25	150	4,16	0,18	6,08
T8	25	250	1,41	1,35	2,63
T9	25	350	6,85	0,37	4,02

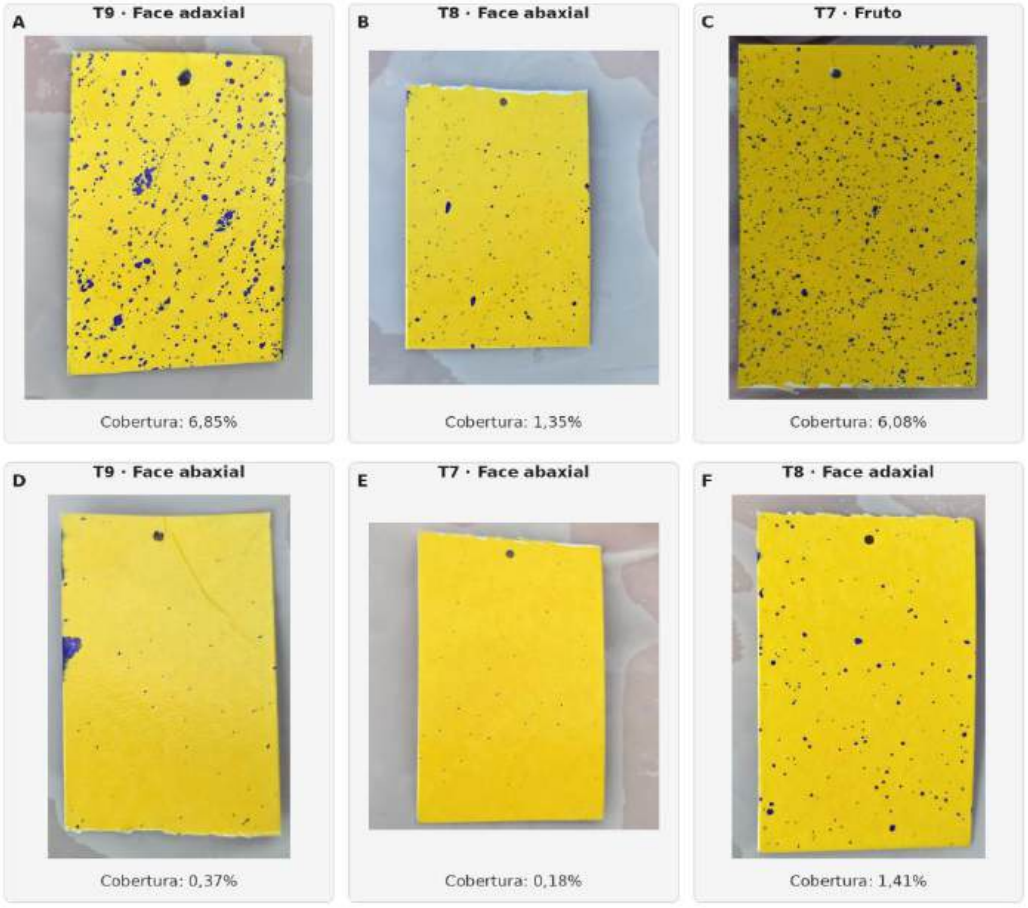


Figura 2 – Papéis hidrossensíveis originais representativos da cobertura das gotas nas superfícies avaliadas. (A) T9, face adaxial; (B) T8, face abaxial; (C) T7, fruto; (D) T9, face abaxial; (E) T7, face abaxial; (F) T8, face adaxial. Os percentuais apresentados correspondem à cobertura calculada sobre a área avaliável dos respectivos papéis.

As diferenças de cobertura entre as superfícies avaliadas podem estar relacionadas à posição e à exposição dos alvos ao fluxo de pulverização. Durante o ensaio, observou-se que os frutos apresentavam maior exposição do que a face abaxial das folhas, permitindo que as gotas alcançassem sua superfície por trajetórias predominantemente descendentes ou oblíquas. Por outro lado, a face inferior das folhas, especialmente posicionadas na horizontal, apresenta orientação menos favorável ao contato direto com as gotas provenientes da pulverização aérea. Nessas condições, a chegada das gotas pode depender de trajetórias mais complexas, influenciadas pela circulação de ar ao redor da vegetação e pela movimentação das folhas. Entretanto, esses mecanismos não foram avaliados diretamente neste estudo, o que limita a identificação de sua contribuição para as diferenças de cobertura observadas.

O aumento do volume de aplicação apresentou comportamentos distintos entre as superfícies avaliadas. Na face adaxial das folhas, as médias de cobertura, considerando os três tamanhos nominais de gotas (150, 250 e 350 µm), foram de 3,01%, 3,31% e 4,14% para os volumes de 15, 20 e 25 L/ha, respectivamente. Nos frutos, também foi observado aumento das médias, passando de 2,21% para 3,06% e 4,24%. Entretanto, essa tendência não foi observada na face abaxial das folhas, onde as médias foram de 0,57%, 0,26% e 0,63%, respectivamente. Embora o volume de 25 L/ha tenha apresentado a maior média nessa superfície, o valor intermediário de 20 L/ha foi o menor. Assim, nas condições do ensaio, o aumento do volume de calda não proporcionou crescimento progressivo da cobertura na face abaxial, diferentemente do observado nas superfícies mais expostas à pulverização.

O tamanho nominal das gotas também apresentou comportamentos distintos entre as superfícies avaliadas. Na face adaxial das folhas, as médias de cobertura, considerando os três volumes de aplicação (15, 20 e 25 L/ha), foram de 4,34%, 2,26% e 3,86% para os tamanhos nominais de 150, 250 e 350 µm, respectivamente. Na face abaxial, as médias foram de 0,48%, 0,69% e 0,29%, enquanto nos frutos foram de 3,47%, 3,37% e 2,66%, na mesma ordem. As gotas de 150 µm apresentaram a maior cobertura média na face adaxial e nos frutos, enquanto as gotas de 250 µm apresentaram o maior valor médio na face abaxial. Entretanto, não foi observada uma relação progressiva entre a redução do tamanho nominal das gotas e o aumento da cobertura. Cabe destacar que gotas menores apresentam maior suscetibilidade à deriva, exigindo condições meteorológicas favoráveis para sua utilização. Além disso, os percentuais de cobertura obtidos neste estudo não devem ser interpretados diretamente como indicadores de eficiência de controle fitossanitário, uma vez que esta depende também de fatores como a formulação do produto, o ingrediente ativo e as características do alvo biológico.

Do ponto de vista prático, os resultados demonstram a importância de considerar a localização do alvo fitossanitário na escolha dos parâmetros de pulverização. A cobertura das superfícies mais expostas não representa necessariamente a cobertura alcançada em regiões protegidas da planta, especialmente na face abaxial das folhas. Dessa forma, a avaliação da qualidade da aplicação deve considerar não apenas o volume de calda e o tamanho nominal das gotas, mas também a distribuição das gotas nas superfícies de interesse.

A interpretação desses resultados deve considerar as condições específicas em que o ensaio foi

realizado. Diferenças na arquitetura das plantas, na posição das folhas e na exposição dos papéis hidrossensíveis podem ter contribuído para a variabilidade observada. Além disso, o estudo avaliou a cobertura das gotas, não sendo possível estabelecer, a partir desses resultados, a eficiência de controle de pragas ou doenças, nem indicar uma configuração de pulverização universalmente superior.

CONCLUSÃO

Nas condições avaliadas, a cobertura da pulverização com drone variou conforme a superfície do mamoeiro e a combinação de volume de aplicação e tamanho nominal de gotas. As maiores coberturas individuais na face adaxial, na face abaxial e nos frutos ocorreram com configurações diferentes, todas no volume de 25 L ha^{-1}. Embora as médias de cobertura tenham aumentado progressivamente com o volume na face adaxial e nos frutos, esse comportamento não foi observado na face abaxial, que apresentou menor média no volume intermediário de 20 L ha^{-1}. Os resultados reforçam que o aumento do volume de calda, isoladamente, não garante melhora progressiva da cobertura em superfícies de difícil acesso e que a avaliação da pulverização deve considerar a localização do alvo fitossanitário. As conclusões são descritivas e não permitem inferir eficiência de controle de pragas ou doenças.

REFERÊNCIAS

CALDERONE, G.; FERRO, M.V.; CATANIA, P. A systematic literature review on recent unmanned aerial spraying systems applications in orchards. **Smart Agricultural Technology**, v. 10, 100708, 2025. DOI; https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100708

CAPUTTI, T.; OLIVEIRA, L.P.; RODRIGUES, C.; CREMONEZ, P.; FOSHEE, W.; SIMMONS, A.M.; SILVA, A.L.B.R. Flight parameters for spray deposition efficiency of unmanned aerial application systems (UAASs). **Drones**, v. 9, n. 7, 461, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/drones9070461

EMBRAPA. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Brasília, DF: Embrapa, 1998.

GALEANO, E.A. V.; SAMPAIO, T.L.; MACEDO, I.M.S. **Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba**. Vitória: Incaper, v. 11, n. 2. Vitória, 2025. DOI: https://doi.org/10.54682/bcac.v11n2

GUO, Q.; CHEN, X.; TANG, Y.; HOU, C.; FANG, M.; ZHU, Y. CFD and field-validated investigation of forward-flight downwash airflow of a quadrotor over fruit trees at varying growth stages. **Smart Agricultural Technology**, v. 12, 101600, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101600

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Incaper capacita extensionistas para reforço no controle de pragas e doenças do mamoeiro**. Vitória, 2024.

JIANG, S.; ZHU, S.; LIU, Y.; WANG, C.; SONG, J.; HE, X. UAV-based spraying in orchard systems: mechanisms, performance indicators, and integrated applications. **Pest Management Science**, v. 82, n. 6, p. 5107-5125, 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/ps.70688

SANTOS FILHO, H.P.; OLIVEIRA, A.A.R.; NORONHA, A.C.S.; SANCHES, N.F.; LOPES, F.F.; ANDRADE, P.R.O.; OSÓRIO, A.C.B.; SOUZA, J.A.; OLIVEIRA, A.M.G.; SANTOS, M.J. **Monitoramento e controle da pinta-preta do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. Comunicado Técnico 125.

SEAG – Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo alcança R$ 17,2 bilhões em exportações do agro em 2025, segundo maior valor da série**. Vitória, 2026.

VITÓRIA, E.L. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cultura do mamoeiro, *Carica papaya* L.** Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

YANG, M.; HAN, D.; WU, H.; ZHANG, H.; LI, J.; SHI, T.; LIU, Y.; QI, P.; WANG, X.; HE, X.; ZHANG, Z.; WANG, C. Effects of downwash airflow and droplet size on unmanned agricultural aerial sprayer (UAAS) spray deposition and ground loss in citrus orchards. **Smart Agricultural Technology**, v. 14, 102320, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atech.2026.102320

BIOLÓGICOS E NATURAIS NA CULTURA DO MAMOEIRO

Antonio Carlos Zem[1]*, Ederson Santos[2]

[1]CEO da BIOVIRTUS Soluções Biológicas Ambientais e Agrícola. Vinhedo, SP; [2] Gerente de Marketing da BIOTROP Soluções em Tecnologia Biológica. Santo Antônio da Posse, SP. *zem@agriconsultant.com.br

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta de elevado valor nutricional e comercial sendo destinado predominantemente ao consumo *in natura*. A adoção de estratégias que contribuam para a redução do uso indiscriminado de produtos fitossanitários e produção de frutos com qualidade e segurança constitui importante componente da sustentabilidade da cultura. Nesse contexto, produtos biológicos, bioestimulantes, extratos vegetais e demais insumos de origem natural vêm ganhando relevância como ferramentas complementares para o manejo de pragas, doenças e estresses abióticos (Jiang *et al*., 2024; Singh *et al*., 2024).

O uso dessas tecnologias deve ser inserido em programas de Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIP/MID), não devendo ser interpretado como substituição automática dos produtos químicos. A eficiência dos agentes biológicos depende da espécie ou cepa utilizada, concentração, formulação, condições ambientais, momento de aplicação e interação com a microbiota da planta e do solo. Assim, a integração entre agentes microbiológicos, produtos naturais, práticas culturais, monitoramento e defensivos químicos devidamente registrados pode proporcionar maior estabilidade ao sistema produtivo (Santoyo *et al*., 2024).

Esse conjunto de ferramentas pode ser utilizado desde a fase de produção das mudas, buscando o estabelecimento antecipado de uma microbiota benéfica na região radicular. Microrganismos dos gêneros *Bacillus* e *Trichoderma* apresentam potencial de promoção do crescimento vegetal e controle biológico, atuando por mecanismos como competição, antibiose, produção de metabólitos, indução de mecanismos de defesa e estímulo ao desenvolvimento radicular (Santoyo *et al*., 2024). Ademais, determinadas espécies e linhagens apresentam atividade contra nematoides, contribuindo para a redução dos danos causados por esses organismos.

No mamoeiro, estudos recentes reforçam esse potencial. Jaseem *et al*. (2024) verificaram que a utilização de *Trichoderma viride* e torta de neem em plantas de mamoeiro infestadas por *Meloidogyne incognita* contribuiu para melhorias no crescimento e redução da infestação do nematoide. Da mesma forma, estudos com bactérias do gênero *Bacillus* demonstram mecanismos múltiplos de antagonismo contra nematoides-das-galhas e outros organismos fitopatogênicos (Moreira *et al*., 2025). Essas características tornam esses microrganismos candidatos importantes para programas de manejo integrado, especialmente quando empregados preventivamente e associados ao adequado manejo do solo.

Tendo em vista a dinâmica nutricional e de desenvolvimento da cultura os bioestimulantes constituem outra ferramenta de interesse. Produtos de origem microbiana ou não microbiana podem favorecer o

desenvolvimento radicular, a eficiência nutricional, a atividade fotossintética e a tolerância a estresses abióticos. Apesar da resposta variável a fatores como tipo do produto, cultivar, dose, época de aplicação e condições ambientais, esses produtos podem ser combinados aos programas de manejo e práticas agrícolas essenciais complementando e potencializando a absorção de nutrientes, a nutrição e resiliência da planta a estresses (Jiang *et al*., 2024).

Recentemente Mukesh *et al*. (2024) observaram efeitos positivos de diferentes bioestimulantes sobre características de crescimento e produção. Ferreira *et al*. (2025a) mostraram que mudas de mamoeiro submetidas a temperaturas elevadas apresentaram resultados fisiológicos promissores quando tratadas com produtos à base de *Ascophyllum nodosum*. Em outro estudo do mesmo grupo de pesquisa (Ferreira *et al*., 2025b) observaram que aplicações de *Ascophyllum nodosum*, *Lithothamnion/Lithothamnium* e melatonina contribuíram para a manutenção ou recuperação de funções fotossintéticas em plantas submetidas a ciclos de déficit hídrico.

Apesar de o mamoeiro ser adaptado às condições tropicais, o manejo do estresse térmico e hídrico também merece atenção. Temperaturas excessivamente elevadas podem comprometer o aparato fotossintético principalmente nas regiões produtoras caracterizadas por elevada temperatura e intensa radiação solar. Souza *et al*. (2022) demonstraram que temperaturas superiores a 40 °C podem provocar danos fotoquímicos nas folhas de mamoeiro e reduzir a eficiência fotossintética.

A associação de plantas e microrganismos específicos e a capacidade desses microrganismos, entre outros benefícios, de protegerem o sistema radicular da dessecação causada por veranicos severos e modularem fisiologicamente as plantas a resistirem às altas temperaturas e períodos com menor quantidade de água é uma importante estratégia. Como observado por Dantas *et al*. (2025) a aplicação de *Bacillus aryabhattai*, *Trichoderma harzianum* e *Ascophyllum nodosum* sob diferentes condições de evapotranspiração promoveu mitigação do estresse hídrico, aumento da assimilação de carbono, aumento da transpiração e aumento da eficiência instantânea de carboxilação evidenciando maior aclimatação de plantas tratadas ao déficit hídrico e altas temperaturas. Sob estresse térmico, plantas aumentam o estresse e produzem em excesso substâncias ligadas ao mecanismo oxidativo. Espécies de bactérias do gênero *Bacillus* ainda podem contribuir na redução dessas substâncias, manutenção do turgor celular e regulação da abertura e fechamento de estômatos podendo inclusive regular a temperatura do limbo foliar em função dessas alterações fisiológicas, mecanismo ligado a produção e estímulo das chaperonas relacionadas a tolerância térmica (Khan *et al*., 2020, Kurniawan; Chuang, 2022).

Além dos fatores acima citados, doenças e pragas comprometem a produtividade e qualidade dos frutos. Dentre as doenças: pinta preta/varíola (*Asperisporium caricae*), antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*), oídio, mancha alvo (*Corynespora cassicola*) e principalmente viroses (vírus da mancha anelar, vírus da meleira e vírus do amarelo letal) são hoje grandes desafios à expansão do cultivo e o alcance de grandes produtividades. Contrariando o costumeiro uso de fungicidas e inseticidas sintéticos, o uso de alternativas complementares e a noção do uso de ferramentas integradas tem trazido alternativas ao cultivo

intensivo do mamão. Os gêneros *Bacillus* e *Trichoderma*, além de extratos vegetais, apresentam potencial para integrar programas de manejo de diferentes agentes. Bactérias do gênero *Bacillus* apresentam potencial para integrar estratégias de manejo de doenças do mamoeiro, tanto na fase de produção quanto na pós-colheita, em razão da capacidade de colonizar superfícies vegetais e produzir uma ampla diversidade de compostos antimicrobianos, incluindo lipopeptídeos, enzimas hidrolíticas, compostos voláteis e outros metabólitos secundários. Em mamoeiro, estudos demonstraram atividade de extratos vegetais e isolados de *Bacillus* contra *Corynespora cassiicola*, agente associado à mancha-alvo (Morais *et al*., 2018). Para a varíola ou pinta-preta, causada por *Asperisporium caricae*, estudos conduzidos no Brasil indicam potencial de isolados de *Bacillus* para reduzir a infecção em condições de campo. Para a antracnose dos frutos, causada por espécies de *Colletotrichum*, as evidências são mais consistentes: *Bacillus amyloliquefaciens* demonstrou atividade antagonista contra *C. gloeosporioides*, reduzindo a incidência e o diâmetro das lesões em frutos de mamão, com participação de compostos voláteis e possível indução de mecanismos antioxidantes de defesa do fruto (Osman *et al*., 2011). Em condições de pós-colheita, *Bacillus* apresenta especial interesse por possibilitar a aplicação direta sobre os frutos, reduzindo o desenvolvimento de patógenos durante armazenamento e comercialização. Nesse contexto, estudos recentes demonstraram que compostos orgânicos voláteis produzidos por *B. cereus* ZW21, particularmente hidroxicetona e 3-metil-3-buten-1-ol, reduziram significativamente a incidência e a área das lesões de antracnose em mamão, atuando diretamente sobre a integridade das membranas e a função mitocondrial do fungo e, simultaneamente, modulando vias de defesa e metabolismo do fruto. Esses resultados reforçam o potencial dos microrganismos e de seus metabólitos como ferramentas para o manejo integrado de doenças do mamoeiro, especialmente em sistemas de pós-colheita, nos quais a aplicação de agentes biológicos pode contribuir para prolongar a vida útil e preservar a qualidade dos frutos, reduzindo a dependência de fungicidas sintéticos.

Como mencionado, doenças fúngicas e bacterianas podem ser amenizadas com a utilização de diferentes estratégias. No caso das viroses o controle é dificultado, mas, a depender da relação de infecção do inseto vetor e vírus, é possível atuar sobre as populações desses indivíduos e reduzir a disseminação fortemente. Entre os produtos de origem vegetal, o neem (*Azadirachta indica*) apresenta especial interesse. A azadiractina e outros compostos limonoides presentes na planta podem interferir na alimentação, crescimento, desenvolvimento e comportamento de diferentes insetos. Estudos recentes demonstram potencial de derivados vegetais no manejo de pragas associadas ao mamoeiro, incluindo a cochonilha-do-mamoeiro (*Paracoccus marginatus*) (Mwanauta *et al*., 2023). A melhor eficácia desses compostos naturais está associada a qualidade de formulação, estabilidade e proteção dessas moléculas contra a fotodegradação. A garantia de concentração e proteção foliar aumentam o período de controle e conferem às moléculas características translaminares importantes que atuarão sobre insetos em suas fases sésseis e de difícil atingimento, reduzindo população e aumentando o controle (Coelho Junior; Deschamps, 2014). Sobre o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), produtos à base de óleo de neem reduziram exponencialmente a população da praga em salsa. O resultado foi variável em função da formulação e concentração dos produtos, reforçando que mesmo um ativo promissor

carece de investimento em características de qualidade (Venzon *et al*., 2020). Sobre afídeos, o controle pode atingir níveis altíssimos, especialmente sobre fases jovens, em alvos como pulgão e mosca-branca (Lowely; Isman, 1994).

Soma-se ao manejo de insetos e pragas o uso de bactérias, toxinas e metabólitos relacionados. Além de *Bacillus thuringiensis*, outras bactérias apresentam potencial no manejo biológico de artrópodes-praga em sistemas agrícolas, incluindo espécies dos gêneros *Chromobacterium*, *Pseudomonas* e *Burkholderia*. Esses microrganismos podem atuar por diferentes mecanismos, envolvendo a produção de toxinas, enzimas, metabólitos secundários e compostos voláteis, que podem apresentar efeitos inseticidas, acaricidas, antialimentares, repelentes ou interferir no desenvolvimento e na reprodução dos artrópodes. *Chromobacterium subtsugae*, por exemplo, apresenta atividade contra diferentes grupos de insetos e ácaros, associada à produção de metabólitos bioativos, incluindo violaceína e outros compostos inseticidas (Sparks *et al*., 2025). Em *Pseudomonas*, a atividade inseticida de algumas cepas está relacionada à produção da toxina Fit, além de outros fatores de virulência, metabólitos e compostos voláteis, podendo ocorrer por ingestão ou colonização do hospedeiro (Ruffner *et al*., 2013). Já *Burkholderia rinojensis* demonstrou atividade inseticida e acaricida por contato e ingestão, sendo que a manutenção da atividade em sobrenadantes livres de células e após tratamento térmico indica a participação de metabólitos secundários e/ou enzimas termoestáveis (Cordova-Kreylos *et al*., 2013).

A associação entre produtos biológicos e defensivos químicos deve ser utilizada dentro de programas de manejo integrado, desde que tecnicamente fundamentada. A mistura ou aplicação sequencial deve considerar a compatibilidade entre os produtos, pois determinados fungicidas, inseticidas e adjuvantes podem reduzir a viabilidade ou eficiência dos microrganismos utilizados como agentes de controle biológico. Portanto, devem ser observadas as recomendações técnicas, os registros legais e, quando necessário, realizar testes prévios de compatibilidade.

Com a aproximação da colheita, a utilização racional de produtos biológicos e naturais assume importância adicional, considerando que o mamão é comercializado principalmente para consumo fresco. A redução da dependência de determinadas aplicações químicas pode contribuir para sistemas produtivos mais sustentáveis, mas os produtos biológicos e naturais também devem ser utilizados de acordo com registro, recomendação técnica, dose e intervalo de segurança estabelecidos.

A adoção dessas tecnologias deve, contudo, considerar o custo-benefício para o produtor. A utilização de um bioinsumo somente é economicamente justificável quando o benefício agronômico ou financeiro obtido é compatível com o investimento realizado. A evolução da indústria tem permitido o desenvolvimento de formulações com maior estabilidade, padronização e praticidade de armazenamento e aplicação, mas a qualidade deve ser avaliada considerando concentração do ingrediente ativo, viabilidade dos microrganismos, estabilidade da formulação, procedência e consistência dos resultados em campo.

Assim, os produtos biológicos e naturais devem ser compreendidos como componentes de um sistema integrado de produção, no qual genética, nutrição, irrigação, microbiologia do solo, monitoramento

fitossanitário, controle biológico, produtos naturais e defensivos convencionais atuam de maneira complementar. A utilização racional dessas ferramentas apresenta potencial para reduzir a dependência de determinados produtos químicos, melhorar a eficiência fisiológica das plantas, aumentar a tolerância a estresses bióticos e abióticos e contribuir para a produtividade e qualidade dos frutos.

Para a cultura do mamoeiro, os avanços recentes indicam que os bioinsumos e produtos naturais podem ocupar posição estratégica na construção de sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis. Entretanto, sua consolidação depende da geração contínua de resultados experimentais em condições de campo, da avaliação econômica das tecnologias e da capacitação dos produtores e técnicos para sua correta utilização.

Produzir mais e melhor, com eficiência econômica, segurança dos alimentos e sustentabilidade, deve ser o objetivo central do manejo moderno do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

CORDOVA-KREYLOS, A.L.; FERNANDEZ, L.E.; KOIVUNEN, M.; YANG, A.; FLOR-WEILER, L.; MARRONE, P.G. Isolation and characterization of *Burkholderia rinojensis* sp. nov., a non-*Burkholderia cepacia* complex soil *Bacterium* with insecticidal and miticidal activities. **Applied and Environmental Microbiology Journal**, v. 79, n. 24, p. 7669-7678, 2013. DOI: https://doi.org/10.1128/AEM.02365-13

DANTAS, M.V.; FÁTIMA, R.T.; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R. *et al*. Microorganism-based biostimulants for alleviating water deficit in 'Formosa' papaya: physiological indices and growth. **Horticulturae**, v. 11, n. 11, p. 1348, 2025.

FERREIRA, T.R.; RODRIGUES, J.S.; GALOTE, J.K.B.; CRASQUE, J.; NETO, B.C.; FALQUETO, A.R.; ARANTES, L.O.; ARANTES, S.D. Mitigation of high temperatures with *Ascophyllum nodosum* biostimulants in papaya (*Carica papaya* L.) seedlings. **Plants**, v. 14, n. 3, 317, 2025a.

FERREIRA, T.R.; TOGNERE POLONINI, G.; FREITAS FONSECA, L.; BRANDÃO, C.T.F.; FALQUETO, A.R.; SCHMIDT, E.R.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SANTANA, E.N.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Seaweed and melatonin in the induction of tolerance to recurrent water deficit in papaya. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1630028, 2025b.

GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J.; DRAKE, S.R.; UNRUH, T.R.; KNIGHT, A.L. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, p. 358-364, 2002.

JASEEM, K.P.; KHAN, A.; WAQAR, S.; KHAN, A.A.; FAVAS, A.V.; SHERIN, S.; MUBEENA, E.S. Co-application of bio-organic and fly ash: strategies for managing root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in papaya (*Carica papaya* L.) crop. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 9, n. 5, p. 6-17, 2024.

JIANG, Y.; YUE, Y.; WANG, Z.; LU, C.; YIN, Z.; LI, Y.; DING, X. Plant biostimulant as an environmentally friendly alternative to modern agriculture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 10, p. 5107-5121, 2024.

KHAN, M.A.; ASAF, S.; KHAN, A.L.; JAN, R.; KIM, K.M. Thermotolerance effect of plant growth-promoting *Bacillus cereus* SA1 on soybean during heat stress. **BMC Microbiology**, v. 20, p. 175, 2020.

KURNIAWAN, A.; CHUANG, H.-W. Rhizobacterial *Bacillus mycoides* functions in stimulating the antioxidant defence system and multiple phytohormone signalling pathways to regulate plant growth and stress tolerance. **Journal of Applied Microbiology**, v. 132, p. 1260-1274, 2022.

MOREIRA, A.C.S.; LOPES, E.A.; VISÔTTO, L.E. *et al*. *Bacillus amyloliquefaciens* strain BaNCT02: an antagonist with multiple mechanisms of action against *Meloidogyne incognita*. **Plant Pathology**, v. 74, n. 2, p. 320-329, 2025.

MORAIS, E.G.F. *et al*. Alternative control of *Corynespora cassiicola* in papaya using plant extracts and microorganisms. 2018.

MWANAUTA, R.W.; VENKATARAMANA, P.B.; NDAKIDEMI, P.A. Insecticidal activity of selected plant-derived essential oils against papaya mealybug (*Paracoccus marginatus*). **Sustainability**, v. 15, n. 23, 16501, 2023.

MUKESH, A.; ASWINI, A.; ZAHIDA, P.M.; RASHMI, C.R.; BHASKAR, J. Impact of biostimulants on papaya (*Carica papaya* L.) yield enhancement. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 62, n. 2, p. 329-334, 2024.

RODRÍGUEZ, J.M. et al. A study of kaolin effects on grapevine physiology and its ability to protect grape clusters from sunburn damage. **Scientia Horticulturae**, v. 311, 111824, 2023.

RUFFNER, B.; PÉCHY-TARR, M.; RYFFEL, F.; HOEGGER, P.; OBRIST, C.; RINDLISBACHER, A.; KEEL, C.; MAURHOFER, M. Oral insecticidal activity of plant-associated pseudomonads. **Environmental Microbiology**, v. 15, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2012.02884.x

SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M.C.; AFRIDI, M.S.; MITRA, D.; VALENCIA-CANTERO, E.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. *Trichoderma* and *Bacillus* multifunctional allies for plant growth and health in saline soils: recent advances and future challenges. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 1423980, 2024.

SINGH, R.; KAUR, S.; BHULLAR, S.S.; SINGH, H.; SHARMA, L.K. Bacterial biostimulants for climate smart agriculture practices: mode of action, effect on plant growth and roadmap for commercial products. **Journal of Sustainable Agriculture and Environment**, v. 3, n. 1, e12085, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/sae2.12085

SPARKS, M.E., HERAGHTY, S.D., KUHAR, D. *et al.* Larval spongy moth transcriptomic response to ingestion of broad-versus narrow-spectrum insecticidal *Chromobacterium* species. **Scientific Reports**, 15, 8106, 2025. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-92113-6

SOUZA, G.A.R.; NEVES, D.A.; RUAS, K.F.; BARONI, D.F.; SANTOS, K.D. *et al*. Supra-optimal temperatures induce photochemical leaf damage and reduce photosynthetic O_2 evolution in *Carica papaya* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 203, 105051, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105051

PAPAYA DE ALTA PERFORMANCE: O IMPACTO DOS BIOINSUMOS

Sara Dousseau-Arantes[1,2,3]*, Vinicius de Souza Oliveira[1,2], Fernando Gomes Hoste[1,2], Janyne Soares Braga Pires[1,2,3], Simone Alves Fernandes[3], Carla da Silva Dias[1], Ana Júlia Câmara Jeveaux-Machado[1,2], Thaline Martins Pimenta[1], Lúcio de Oliveira Arantes[1], José Altino Machado Filho[1]

[1]Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Norte, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Linhares, ES; [2]Departamento de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES;[3]Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES.
*saradousseau@gmail.com

INTRODUÇÃO

O aumento do desempenho das culturas agrícolas depende de estratégias que elevem a eficiência do uso da água e dos nutrientes, aprimorem o manejo fisiológico e incorporem cultivares tolerantes a estresses bióticos e abióticos (Malhi; Kaur; Kaushik, 2021). O avanço do conhecimento em fisiologia vegetal também permite desenvolver manejos capazes de modular as respostas das plantas e reduzir os danos causados por condições ambientais adversas.

Ao mesmo tempo, o mercado demanda alimentos produzidos com menor impacto ambiental. Essa realidade impulsiona a busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis (Oliveira Magalhães *et al.*, 2021). O desafio para o setor produtivo e para a ciência consiste em inovar nos processos, reduzir desperdícios e otimizar o uso de insumos. Nesse contexto, os insumos biológicos podem contribuir para uma produção mais racional e para a segurança alimentar, desde que apresentem eficácia comprovada e sejam integrados ao manejo da cultura (Srivastava *et al.*, 2019).

Entre as tecnologias que ganharam espaço nos últimos anos estão os bioinsumos com ação bioestimulante. Além da origem biológica ou renovável de muitos produtos, seu interesse agronômico decorre da capacidade de modular processos fisiológicos. Os bioestimulantes podem aumentar a eficiência de absorção e utilização de nutrientes, favorecer características de qualidade e ampliar a tolerância a estresses bióticos e abióticos, tanto em condições favoráveis quanto adversas (Du Jardin, 2015).

As principais classes de bioestimulantes vegetais incluem substâncias húmicas, hidrolisados de proteínas e outros compostos nitrogenados, extratos de algas, quitosana, compostos inorgânicos benéficos e microrganismos. A aplicação isolada de alguns desses produtos pode melhorar o desempenho das culturas. Contudo, combinações não devem ser presumidas como aditivas ou sinérgicas, pois seus componentes podem interagir de modo antagônico. Por isso, a eficácia de misturas precisa ser demonstrada experimentalmente

(González *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes podem afetar a fotossíntese, a respiração, o metabolismo do nitrogênio, a absorção de íons e o equilíbrio hormonal. Sob estresse hídrico, temperaturas extremas, ação de herbicidas ou ataque de patógenos, alguns produtos também modulam o sistema antioxidante e ajudam a limitar o dano oxidativo (Hamza; Suggars, 2001; Zhang; Schmidt, 2000). A intensidade e a direção dessas respostas dependem da composição do produto, da dose, do momento de aplicação, da espécie e do ambiente.

Para assegurar eficácia agronômica e segurança de uso, portanto, é necessário distinguir as categorias de bioinsumos, compreender seus mecanismos de ação e reconhecer as limitações do emprego indiscriminado ou sem base técnica.

BIOINSUMOS COM AÇÃO BIOESTIMULANTE NAS PLANTAS

Bioinsumos com ação bioestimulante formam um grupo diverso de substâncias e microrganismos capazes de favorecer o crescimento, a eficiência nutricional, a qualidade e a tolerância das plantas a estresses. Sua função não se confunde com a de fertilizantes ou pesticidas, pois o efeito principal decorre da modulação de processos da planta ou da rizosfera, e não apenas do fornecimento direto de nutrientes ou do controle de organismos-alvo (Koutsougera *et al.*, 2023). Os mecanismos descritos incluem alterações na absorção de nutrientes, no metabolismo, na expressão gênica, na sinalização hormonal, no sistema antioxidante e nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Zulfiqar *et al.*, 2024).

Quanto à origem, os bioinsumos podem ser microbianos ou não microbianos. Quanto à função predominante, podem atuar, por exemplo, como biofertilizantes, agentes de controle biológico ou bioestimulantes (Mamani De Marchese; Filippone, 2018). Os biopesticidas incluem agentes microbiocidas, indutores de defesa contra pragas e doenças e biorrepelentes. Du Jardin (2015) define bioestimulante vegetal como substância ou microrganismo aplicado à planta ou à rizosfera para estimular processos naturais que aumentem a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse e as características de qualidade, independentemente do teor de nutrientes do produto.

Du Jardin (2015) organizou os bioestimulantes em sete grupos principais: ácidos húmicos e fúlvicos; hidrolisados de proteínas e outros compostos contendo nitrogênio, como betaínas, poliaminas e aminoácidos não proteicos; extratos de algas marinhas e extratos botânicos; quitosana e outros biopolímeros; compostos inorgânicos benéficos; fungos benéficos, incluindo fungos micorrízicos e endofíticos; e bactérias benéficas, como rizóbios e rizobactérias promotoras do crescimento.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas, componentes importantes da matéria orgânica do solo, podem atuar como promotores naturais do crescimento (Nardi *et al.*, 2021). Essa denominação reúne principalmente ácidos húmicos e fúlvicos (Bondareva; Kudryasheva, 2021). Em termos gerais, os ácidos húmicos apresentam maior

massa molecular e maior proporção de carbono aromático, enquanto os ácidos fúlvicos apresentam menor massa molecular e maior proporção de carbonos alifáticos e grupos carboxílicos (Faithfull, 2002; Wang *et al.*, 2014).

As substâncias húmicas podem melhorar a estrutura do solo, favorecer a solubilidade, o transporte e a assimilação de nutrientes e estimular o desenvolvimento radicular (Anitha, 2020; Khan *et al.*, 2020; Nardi *et al.*, 2021). Parte desses efeitos envolve bioatividade semelhante à das auxinas e modulação de proteínas de membrana, incluindo bombas de prótons que ampliam o gradiente eletroquímico na membrana plasmática e favorecem a absorção de nutrientes (Canellas *et al.*, 2023).

Alterações anatômicas e bioquímicas no sistema radicular podem aumentar a absorção de nutrientes e a exsudação das raízes, com reflexos na interação entre solo, planta e microrganismos (Jindo *et al.*, 2020; Canellas *et al.*, 2023). Entretanto, a resposta depende da dose e das propriedades do material. Em concentrações inadequadas, certas frações húmicas podem se acumular na superfície das paredes celulares e reduzir a condutividade hidráulica da raiz, o crescimento foliar e a tolerância ao déficit hídrico (García *et al.*, 2019).

HIDROLISADOS DE PROTEÍNAS E OUTROS COMPOSTOS CONTENDO NITROGÊNIO

Os hidrolisados de proteínas podem favorecer o metabolismo do nitrogênio, a eficiência nutricional e a tolerância a estresses abióticos (Moreno-Hernández *et al.*, 2020). Sua composição em aminoácidos depende da matéria-prima e do processo de fabricação. Produtos vegetais frequentemente apresentam maior proporção de ácido glutâmico, enquanto produtos de origem animal podem conter mais glicina e prolina, embora haja ampla variação mesmo entre produtos da mesma origem (Baroccio *et al.*, 2017). Em um hidrolisado proteico de origem animal, Hoste *et al.* (2026) identificaram 0,54% de aminoácidos livres, com predominância de ácido glutâmico, valina, prolina, ácido aspártico e leucina. A resposta da planta também depende da espécie, do órgão, do estádio de desenvolvimento e da condição ambiental (Hildebrandt, 2018; Kumar *et al.*, 2017).

Os aminoácidos são utilizados na agricultura há décadas e podem participar da assimilação de nitrogênio, da síntese de proteínas e hormônios, da quelação de elementos e do sistema antioxidante. Seus efeitos agronômicos também podem envolver alterações na biomassa, na atividade microbiana e na respiração do solo (Du Jardin, 2015; Castro *et al.*, 2019). Quimicamente, um aminoácido apresenta um carbono central ligado a um grupo carboxila, um grupo amino, um átomo de hidrogênio e uma cadeia lateral que determina suas propriedades. Nas plantas, aminoácidos específicos atuam como precursores, sinais metabólicos ou substratos e podem contribuir para as respostas ao déficit hídrico, às altas temperaturas e a agentes bióticos.

Os metabolismos do carbono e do nitrogênio são estreitamente integrados. A redução da disponibilidade de carboidratos pode estimular a autofagia e a degradação de proteínas (Hildebrandt, 2018). Durante o estresse, a oxidação de aminoácidos de cadeia ramificada e de lisina pode fornecer energia quando a fotossíntese está limitada. Alguns aminoácidos, entre eles glicina e alanina, também podem atuar como substratos respiratórios alternativos (Batista-Silva *et al.*, 2019).

A aplicação de um hidrolisado proteico altera a homeostase dos aminoácidos e pode produzir interações sinérgicas ou antagônicas entre vias metabólicas (Wang *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2020). Mudanças no perfil de aminoácidos também sinalizam ajustes relacionados ao estresse, à proteólise e à senescência dos órgãos (Hildebrandt, 2018; Batista-Silva *et al.*, 2019).

EXTRATOS DE ALGAS MARINHAS

Extratos de algas podem modular o sistema antioxidante, favorecer a tolerância a condições ambientais adversas e melhorar a recuperação após o estresse (Castro *et al.*, 2019). Sua composição varia conforme a espécie, a origem da biomassa e o processo de extração, podendo incluir minerais, aminoácidos, vitaminas, carboidratos e compostos com atividade semelhante à de hormônios vegetais (Khan *et al.*, 2009). Os efeitos relatados envolvem crescimento radicular, absorção e translocação de nutrientes, metabolismo de carboidratos e proteínas, compostos fenólicos e respostas de defesa. Por essa variabilidade, a origem do extrato e sua caracterização devem integrar a interpretação dos resultados (González *et al.*, 2020).

FUNGOS E BACTÉRIAS BENÉFICAS

Microrganismos benéficos constituem uma fração essencial da biota do solo e podem favorecer a produção agrícola e a sustentabilidade do agroecossistema (Rouphael *et al.*, 2015). Fungos micorrízicos arbusculares, por exemplo, formam associações simbióticas nas raízes. A planta fornece fotoassimilados ao fungo e as hifas ampliam o volume de solo explorado, favorecendo a aquisição de fósforo e de outros nutrientes (Ferrol *et al.*, 2019). Essas associações também podem modificar as respostas a seca, salinidade, pragas e patógenos, mas o efeito depende da compatibilidade entre microrganismo, hospedeiro e ambiente (Song *et al.*, 2015).

O gênero *Trichoderma* reúne fungos saprófitos e micoparasitas encontrados principalmente no solo e em resíduos vegetais. Seu potencial no manejo de doenças decorre da competição por recursos, da produção de metabólitos com atividade antimicrobiana e do micoparasitismo. Algumas linhagens também promovem crescimento e induzem respostas de defesa associadas às vias do ácido jasmônico, do ácido salicílico e do etileno. Esses efeitos variam entre espécies, linhagens, culturas e condições de cultivo (Bettiol, 2009).

Os fungos micorrízicos arbusculares apresentam ampla diversidade e se associam às raízes de numerosas espécies vegetais (Santos *et al.*, 2020; Zuniga-Orozco, 2022). Entre seus principais efeitos estão a expansão do volume de solo explorado e o aumento da aquisição de nutrientes, sobretudo fósforo (Lima, 2020). Dependendo do sistema, a associação também pode reduzir a transferência de metais pesados para a parte aérea, como observado em estudos com cacaueiro (Pérez Moncada *et al.*, 2019).

Bactérias benéficas, especialmente rizobactérias promotoras do crescimento, podem atuar na fixação biológica de nitrogênio, na solubilização de nutrientes pouco disponíveis, na produção de ácidos orgânicos e sideróforos e na síntese de metabólitos antimicrobianos e enzimas líticas (Hamid *et al.*, 2021). Essas bactérias também podem modular respostas a estresses bióticos e abióticos e favorecer o crescimento e o

desenvolvimento das plantas (López-Padrón *et al.*, 2021; Kaushal *et al.*, 2023).

MELATONINA

A melatonina é uma molécula bioativa presente nas plantas e participa da regulação das respostas a estresses bióticos e abióticos. Seus efeitos incluem modulação da expressão gênica, do metabolismo antioxidante, da sinalização hormonal e da homeostase celular (Arnao; Hernández-Ruiz, 2019). Aplicações exógenas têm sido associadas a maior tolerância a diferentes condições adversas, inclusive à toxicidade por metais pesados, embora a resposta dependa da espécie, da dose, da via e do momento de aplicação (Bartucca *et al.*, 2022).

QUITOSANA E QUITINA

Quitosana e quitina são biopolímeros naturais e biodegradáveis obtidos de crustáceos, insetos, aracnídeos, fungos e outros microrganismos (Sun *et al.*, 2023). Esses compostos podem atuar como elicitores, ativando sistemas de defesa contra estresses bióticos e abióticos. Em determinadas condições, também favorecem o crescimento e a produtividade, mas seus efeitos dependem da estrutura molecular, da concentração e da forma de aplicação (Shahrajabian *et al.*, 2021).

COMPOSTOS INORGÂNICOS

Entre os compostos inorgânicos com ação bioestimulante estão elementos minerais benéficos, como o silício, e sais como fosfitos, silicatos e carbonatos. O silício pode atuar isoladamente ou em associação com microrganismos benéficos, com efeitos sobre o crescimento e a tolerância a estresses (Bubanz *et al.*, 2019). Os fosfitos podem modular o metabolismo primário e secundário e ativar respostas de defesa. Seu uso, contudo, exige distinção clara entre efeito nutricional, ação sobre patógenos e indução de respostas da planta (Han *et al.*, 2021; Mohammadi *et al.*, 2021).

BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO MAMOEIRO

Na cultura do mamoeiro, os bioinsumos podem complementar o manejo convencional quando o objetivo consiste em aumentar a eficiência de processos fisiológicos ou reduzir os efeitos de condições ambientais adversas. Os grupos mais estudados incluem extratos de macroalgas e microalgas, substâncias húmicas, hidrolisados de proteínas, quitosana e inoculantes microbianos. A resposta depende do produto e de sua composição, da dose, da via de aplicação, da cultivar, do substrato e da condição ambiental. Essa variabilidade reforça a necessidade de diferenciar bioinsumo, uma categoria ampla, de bioestimulante, cuja finalidade específica consiste em modular processos da planta ou da rizosfera.

A resposta aos bioestimulantes é frequentemente dependente da dose e pode seguir uma curva não linear. Doses baixas podem ser insuficientes, uma faixa intermediária pode maximizar o benefício e doses

elevadas podem reduzir o crescimento ou causar desequilíbrios fisiológicos. Além disso, a ativação de mecanismos de defesa tem custo metabólico. Na ausência do estresse-alvo, esse custo pode não ser compensado por ganho agronômico. Assim, cada produto requer caracterização de dose, momento, frequência e via de aplicação para a espécie e o ambiente de interesse.

As características morfológicas continuam entre os indicadores mais utilizados para descrever a resposta de mudas aos bioinsumos. Altura, diâmetro do caule ou do coleto, número de folhas, área foliar e massa seca aparecem com frequência, acompanhados por medidas do sistema radicular e pelo Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Araújo *et al.*, 2019; Targino *et al.*, 2023; Ramos *et al.*, 2025). Entretanto, o tamanho absoluto não deve ser interpretado isoladamente como sinônimo de qualidade. Uma planta mais alta pode apresentar alongamento sem aumento correspondente do diâmetro ou da biomassa radicular. Relações de biomassa e índices integrativos, como o IQD, complementam a interpretação, embora seus valores também dependam do sistema de produção e das condições de avaliação (Guedes *et al.*, 2018).

A incorporação de indicadores fisiológicos amplia a capacidade de avaliar os efeitos dos bioinsumos. Sob salinidade, déficit hídrico ou temperatura elevada, a condutância estomática (gs), a fotossíntese líquida (PN), a transpiração (E), a concentração interna de CO_2, o potencial hídrico e os pigmentos fotossintéticos podem revelar alterações antes que diferenças de crescimento se tornem visíveis (Dias *et al.*, 2020).

A fluorescência da clorofila a constitui outro conjunto útil de indicadores. A eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) permite acompanhar a estabilidade fotoquímica quando as condições de adaptação ao escuro e de medição são padronizadas. O índice de desempenho baseado na absorção (PIabs) integra diferentes etapas do fluxo de energia no fotossistema II e pode ser mais sensível a alterações iniciais. Esses parâmetros devem ser interpretados em conjunto com o protocolo e o estado fisiológico da planta, sem atribuir a um único índice um mecanismo molecular que não tenha sido medido diretamente.

No Espírito Santo, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e a Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), em articulação com o Centro Temático AgroResilience, o Grupo de Pesquisa em Agrofisiologia e empresas parceiras, realizam estudos para compreender os mecanismos de ação e validar bioinsumos na cultura do mamoeiro (Figura 1). As pesquisas combinam avaliações morfológicas, fisiológicas, nutricionais e bioquímicas para identificar produtos e protocolos capazes de melhorar a qualidade das plantas e reduzir os efeitos de estresses bióticos e abióticos.

Hoste (2025) avaliou a aplicação foliar de Arbolina, produto com 70% de carbono orgânico obtido de matérias-primas renováveis, em mudas de mamoeiro ‘Aliança’. As doses de 0,75 a 0,85 mL L^{-1} favoreceram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular e a alocação de massa seca (Figura 2). Doses superiores a 1,0 mL L^{-1}, por outro lado, reduziram o desempenho fotossintético e o vigor das mudas. O tratamento também modificou a composição mineral, com incrementos de Fe e Zn nas folhas e de P e B nas raízes. Os resultados mostram uma resposta dependente da dose e indicam uma faixa promissora para novos testes de validação, sem sustentar a aplicação indiscriminada do produto.



Figura 1 - Avaliações morfológicas e fisiológicas realizadas em plantas de mamoeiro em condições de campo. Crédito: acervo Grupo Agrofisiologia/Incaper.

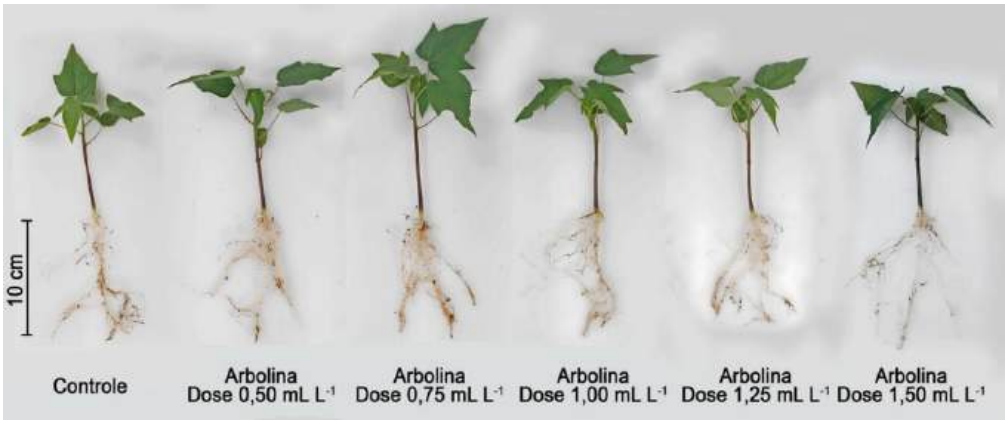


Figura 2 - Mudas de mamoeiro 'Aliança' tratadas com diferentes doses de Arbolina. A resposta visual confirma o efeito dependente da dose.
Fonte: Acervo Grupo Agrofisiologia/Incaper.

Hidrolisados de proteínas também apresentaram respostas promissoras em mudas de mamoeiro 'Aliança'. Em estudo realizado com os bioinsumos AC, AC VM, Ação H3+ e CO, que são fertilizantes organomineral Classe A contendo proteínas hidrolisadas, fertilizante orgânico, preparados dinamizados e minerais, cuja composição pode se vista na Tabela 1, comparados com o controle (sem a aplicação de bioinsumos) foi possível constatar, que uma aplicação por semana, em cinco semanas de 3 mL L^{-1} do produto Ação H3+ aumentaram a área foliar, a massa seca total e o Índice de Qualidade de Dickson (Figura 3). Durante a exposição a 35 °C, o tratamento também preservou melhor o índice de desempenho total do aparato fotossintético após 180 e 240 minutos. Esses resultados indicam maior qualidade das mudas e maior estabilidade fotoquímica durante um estresse térmico agudo. Ensaios após o transplantio ainda são necessários para determinar se esses ganhos se traduzem em estabelecimento, crescimento e produtividade no campo.

Tabela 1 - Composição dos bioinsumo de Hidrolisados de proteínas AC, AC VM, Ação H3+ e CO

Componente	Produto			
	AC	AC VM	Ação H3+	CO
Glicerina ou compostos orgânicos	990 ml	990 ml	990 ml	990 ml
Água	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml
Álcool	7 ml	7 ml	7 ml	7 ml
Carbono orgânico	7% p/p (80,5 g/l)	7% p/p (80,5 g/l)	-	7% p/p (80,5 g/l)
pH	4	4	5,5	4
Índice salino	7	7	2	7
Densidade	1,15 g/mL	1,15 g/mL	1,25 g/mL	1,15 g/mL
Manganês solúvel em água	-	-	0,06% (0,6 g/litro)	-
Boro solúvel em água:	0,4% p/p (4,6 g/litro)	0,3% p/p (3,4 g/litro)	0,1% p/p (0,6 g/litro)	-
Zinco solúvel em água	-	-	-	0,2% p/p (2,3 g/litro)
Natureza física	Fluído/Suspensão	Fluído/Suspensão	Fluído/Suspensão	Fluído/Suspensão
Maior relação soluto/solvente	200 mL/l	200 mL/l	200 mL/l	200 mL/l

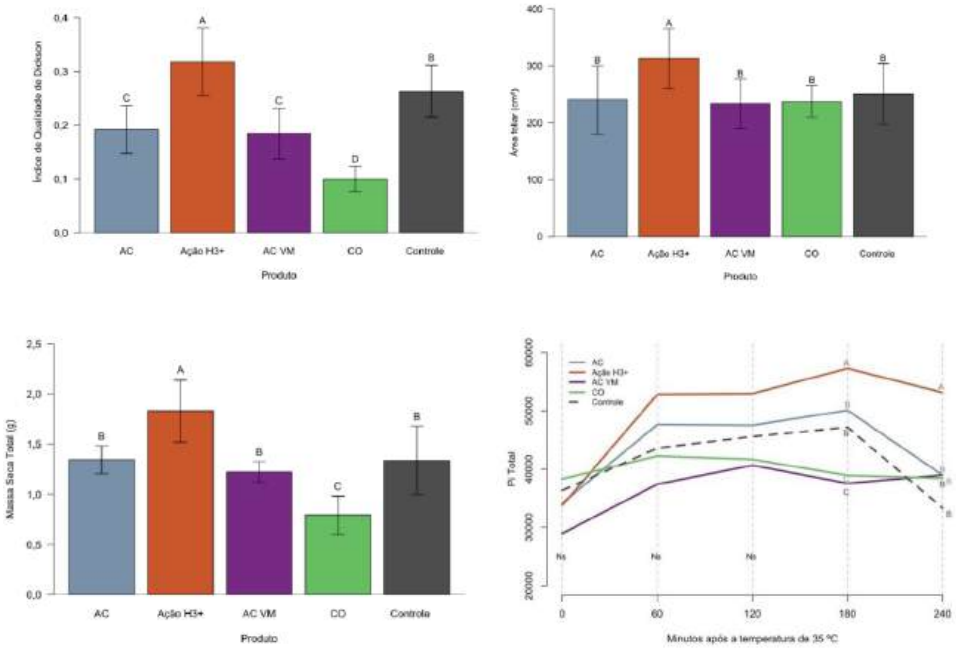


Figura 3 - Área foliar, massa seca total, Índice de Qualidade de Dickson e índice de desempenho total (PI total) de mudas de mamoeiro 'Aliança' tratadas com diferentes bioinsumos e no controle. No ensaio térmico, o PI total foi acompanhado durante 240 minutos a 35 °C. Médias com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); barras representam o erro-padrão ($n = 8$).
Fonte: Acervo Grupo Agrofisiologia/Incaper.

Outra aplicação avaliada em campo foi o uso de hidrolisados de proteínas em plantas de mamoeiro 'Tainung 01' sob ocorrência de ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*). Aos 90 dias após o plantio, os tratamentos não diferiram quanto ao PI abs. Aos 120 dias, AC e AC VM apresentaram valores superiores aos do controle (Figura 4), indicando melhor desempenho do fotossistema II naquele momento de avaliação. O resultado demonstra uma resposta fisiológica associada aos tratamentos, mas não permite atribuir, isoladamente, efeito de controle sobre os ácaros.

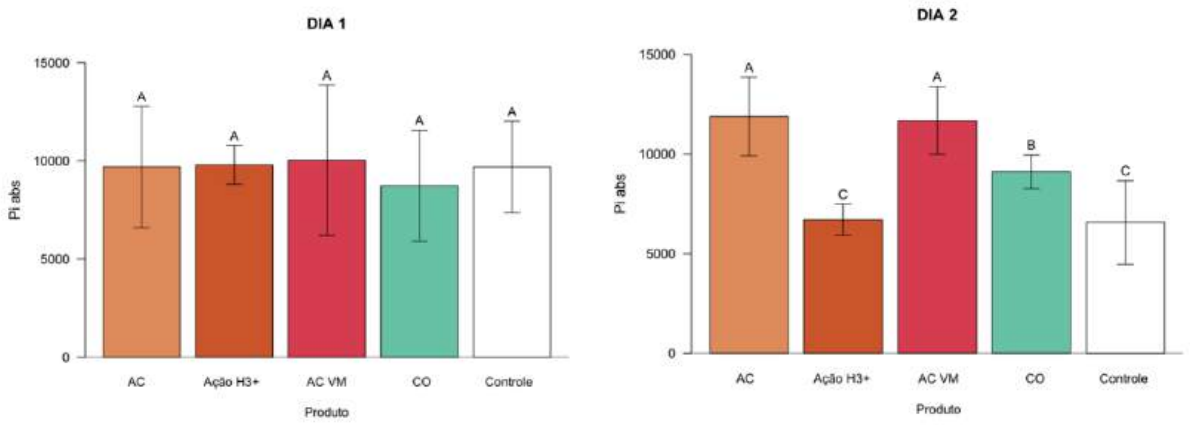


Figura 4 - Índice de desempenho baseado na absorção (PI abs) em plantas de mamoeiro 'Tainung 01' tratadas com diferentes bioinsumos e no controle, sob ocorrência de ácaro-branco e ácaro-rajado, aos 90 dias (Dia 1) e 120 dias (Dia 2) após o plantio. Médias com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); barras representam o erro-padrão ($n = 4$).
Fonte: acervo Grupo Agrofisiologia/Incaper.

Extratos de macroalgas também apresentam potencial para a produção de mudas e o manejo de estresses. Produtos derivados da alga marrom *Ascophyllum nodosum* são associados à modulação das respostas ao déficit hídrico, à salinidade e a outras condições adversas (Shukla *et al.*, 2019; Frioni *et al.*, 2021; Pires *et al.*, 2026). Em outro sistema, Acadian®, um bioativador 100% natural feito à base da alga marinha *A. nodosum*, modificou o teor de clorofila de mudas irrigadas com água residuária, mas os efeitos sobre o crescimento dependeram da concentração da água e do tratamento (Moura *et al.*, 2020).

Lithothamnion calcareum, uma alga calcária, fornece uma matriz rica em cálcio e outros minerais e pode modificar o crescimento das raízes e a nutrição das plantas. O Grupo de Pesquisa em Agrofisiologia, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), também conduz estudos preliminares com *Kappaphycus alvarezii* (Figura 5) para definir faixas eficientes de dose e compreender os efeitos do extrato sobre o desenvolvimento radicular, a nutrição mineral e o desempenho produtivo do mamoeiro.

Resultados de estudos recentes publicados do grupo indicam bioatividade de *A. nodosum* e *L. calcareum* em mudas de mamoeiro submetidas a déficit hídrico, incluindo alterações e aumento do potencial hídrico na recuperação após passarem por três ciclos de seca e reidratação (Ferreira *et al*., 2025). Em estudos de Ramos *et al.* (2025) e Hoste (2025) mostraram que *L. calcareum* produz resposta dependente da dose:

concentrações muito baixas ou elevadas podem limitar o crescimento, enquanto doses próximas de 4 kg m^{-3} favoreceram a qualidade de mudas de 'Aliança' e 'Tainung 01' nas condições avaliadas.



Figura 5 - Etapas de produção e coleta da macroalga marinha *Kappaphycus alvarezii*.
Fonte: Acervo Grupo Agrofisiologia/Incaper.

Sob salinidade, Nascimento *et al.* (2024) observaram respostas favoráveis ao extrato de microalga enriquecido com cálcio, incluindo aumento de PN, gs e E e preservação de pigmentos. A via de aplicação também integra o tratamento. Em mudas de mamoeiro 'Formosa', Guedes *et al.* (2018) obtiveram respostas superiores para determinadas características quando *Spirulina platensis* foi aplicada ao sistema radicular em comparação com a aplicação foliar. Esse resultado evidencia a interação entre produto e via de aplicação, mas não permite generalizar a superioridade da aplicação ao substrato para todos os bioinsumos.

Quitosana e microrganismos benéficos também mostram potencial, sobretudo na germinação, no crescimento inicial e no desenvolvimento radicular (Araújo *et al.*, 2019; Fundora-Sánchez *et al.*, 2021). Estudos com quitosana relatam alterações em compostos relacionados à defesa e ao ajuste osmótico, como prolina e fenóis, além de mudanças na atividade enzimática. A magnitude dessas respostas depende do tratamento e do estádio de desenvolvimento (Fundora-Sánchez *et al.*, 2021; Aboryia *et al.*, 2024).

Substâncias húmicas podem atenuar perdas de crescimento e de desempenho fisiológico em mudas de mamoeiro sob salinidade (Dias *et al.*, 2020; Targino *et al.*, 2023). Além de atuar diretamente sobre a planta, esses materiais podem modificar propriedades físico-químicas do substrato, com possíveis efeitos sobre a capacidade de troca de cátions, a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes. A contribuição de cada mecanismo deve ser avaliada de acordo com a composição do produto e o sistema planta-substrato.

Em mudas de mamoeiro 'Aliança', resultados recentes indicam que a aplicação foliar de melatonina modificou o potencial hídrico foliar, a fluorescência da clorofila a, os pigmentos fotossintéticos, a alocação de carboidratos e o crescimento vegetativo. Esses resultados sugerem que a molécula participa do ajuste morfofisiológico durante ciclos recorrentes de déficit hídrico.

Na concentração de 100 µM, a melatonina favoreceu a recuperação do potencial hídrico após a

reidratação de mudas de mamoeiro ‘Aliança’ submetidas a ciclos recorrentes de seca (Ferreira *et al.*, 2025). A resposta pode envolver acúmulo de solutos osmoticamente ativos, modulação do metabolismo de açúcares e manutenção do estado hídrico e da funcionalidade celular, mecanismos descritos em outras espécies (Goñi *et al.*, 2018; El-Yazied *et al.*, 2022). A mobilização de açúcares solúveis também pode fornecer energia para o crescimento do caule e das raízes durante a recuperação. Essa interpretação deve ser confirmada pela integração entre variáveis hídricas, metabólicas e de crescimento no próprio mamoeiro.

Fungos micorrízicos promoveram incrementos no comprimento e no diâmetro das raízes de mudas de mamoeiro, atributos relacionados à aquisição de água e nutrientes (Massuh Marcillo *et al.*, 2022). O bioestimulante Root® aumentou a altura, o comprimento radicular e a biomassa em três acessos de mamoeiro, embora a resposta tenha variado com a dose e o material genético (Guimarães *et al.*, 2015). *Trichoderma harzianum* e outros inoculantes microbianos também favoreceram a germinação e o crescimento inicial em estudos de viveiro (Araújo *et al.*, 2019; Desai *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes classes de bioinsumos podem modificar o crescimento, a fisiologia, a nutrição e a qualidade de plantas de mamoeiro. As respostas, contudo, não são uniformes. Elas dependem da natureza e da composição do produto, da dose, da via de aplicação, da cultivar, do substrato e da condição ambiental.

Entre os estudos disponíveis para mamoeiro, extratos de algas e microalgas, substâncias húmicas, hidrolisados de proteínas, melatonina, quitosana e microrganismos benéficos apresentam resultados promissores em mudas e, em menor número, em plantas no campo. A evidência disponível não sustenta uma receita única. O bioinsumo deve ser escolhido de acordo com o objetivo fisiológico, o estádio da cultura, o estresse-alvo e o contexto de produção.

A avaliação mais informativa combina crescimento e qualidade morfológica com indicadores fisiológicos e nutricionais. Altura e número de folhas são úteis, mas ganham valor interpretativo quando analisados com diâmetro, biomassa radicular, área foliar e índices integrativos. Sob estresse, trocas gasosas, estado hídrico e fluorescência da clorofila a podem revelar respostas antes do aparecimento de diferenças morfológicas evidentes.

O avanço científico depende da construção de protocolos baseados em curvas de dose-resposta, com definição clara da via, do momento e da frequência de aplicação, além do acompanhamento após o transplantio. Estudos em condições controladas permitem identificar mecanismos e faixas promissoras, mas a recomendação agronômica exige validação em campo, avaliação da consistência entre safras e análise do retorno produtivo e econômico.

REFERÊNCIAS

ABORYIA, M.S.; AL-SAOUD, A.B.A.; EL-BORAIE, E-S.A.; EL-GAWAD, H.G.; ISMAIL, S.; ALKAFAFY, M.; ALJUAID, B.S.; ABU-ZIADA, L.M. Seed germination, seedling growth performance, genetic stability and

biochemical responses of papaya (*Carica papaya* L.) upon pre-sowing seed treatments. **Folia Horticulturae**, v. 36, n. 4, p. 533-558, 2024. DOI: https://doi.org/10.2478/fhort-2024-0036

ANITHA, K.V. Role of biostimulants in uptake of nutrients by plants. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 4S, p. 563-567, 2020.

ARAÚJO, R.C.; BABILÔNIA, G.B.; MENDES, L.S.; REIS, J.M. Uso de *Trichoderma harzianum* na produção de mudas de mamoeiro. **Cerrado Agrociências**, v. 10, p. 86-95, 2019.

ARNAO, M.B.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J. Melatonin as a chemical substance or as phytomelatonin rich-extracts for use as plant protector and/or biostimulant in accordance with EC legislation. **Agronomy**, v. 9, n. 10, p. 570, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy9100570

BAROCCIO, F.; BARILARO, N.; TOLOMEI, P.; MASCINI, M. Classification of biostimulants origin using amino acids composition of hydrolyzed proteins. **Journal of Horticultural Science and Research**, v. 1, p. 30-35, 2017.

BARTUCCA, M.L.; CERRI, M.; BUONO, D.D.; FORNI, C. Use of biostimulants as a new approach for the improvement of phytoremediation performance - A Review. **Plants**, v. 11, n. 15, p. 1946, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11151946

BATISTA-SILVA, W.; HEINEMANN, B.; RUGEN, N.; NINES-NESI, A.; ARAÚJO, W.L.; BRAUN, H-P.; HILDEBRANDT, T.M. The role of amino acid metabolism during abiotic stress release. **Plant, Cell & Environment**, v. 42, n. 5, p. 1630-1644, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/pce.13518

BETTIOL, W. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341 p.

BONDAREVA, L.; KUDRYASHEVA, N. Direct and indirect detoxification effects of humic substances. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 198. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11020198

BUBANZ, H.C.S.; RAMOS, R.F.; BETEMPS, D.L.; SOBUCKI, L.; DOSSIN, M.F.; SCHNEIDER, E.P. Crescimento, desenvolvimento e aspectos produtivos do morangueiro submetido a inoculações com *Bacillus amyloliquefaciens*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma asperellum* com e sem associação ao silício**. Revista Brasileira Multidisciplinar (ReBram)**, v. 22, n. 1, p. 131-147, 2019. DOI: https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i1.572

CANELLAS, L.P.; CANELLAS, N.O.A.; SILVA, R.M.; SPACCINI, R.; MOTA, G.P.; OLIVARES, F. Biostimulants using humic substances and plant-growth-promoting bacteria: effects on cassava (*Manihot esculentus*) and okra (*Abelmoschus esculentus*) yield. **Agronomy**, v. 13, n. 1, p. 80, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy13010080

CASTRO, P.R.C.; CAMPOS, G.R.; CARVALHO, M.E.A. **Biorreguladores e bioestimulantes agrícolas**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019, 74 p.

CERRI NETO, B.; SILVA, F.R.N.; FERREIRA, T.R.; CRASQUE, J.; ARANTES, L.O.; MACHADO FILHO, J.A.; SOUZA, T.C.; FALQUETO, A.R.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Responses of wild *Piper* species to drought and rehydration cycles considering stomatal closure as a marker of the alarm phase. **Photosynthetica**, v. 61, p. 363-376, 2023. DOI: https://doi.org/10.32615/ps.2023.030

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 1-2, 2015.

DESAI, D.H.; TANK, R.V.; DESAI, K.D.; DESAI, H.S.; MEHTA, V.S.; CHAMPANERI, D.D. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and bio- inoculants on germination and seedling growth of *Carica papaya* L. var. Gujarat Junagadh

Papaya-1. **International Journal of Plant Sciences**. v. 34, n. 17, p. 1- 10, 2022. DOI: https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i1731030

DIAS, T.J.; LEAL, M.P.S.; NASCIMENTO, E.S.; VERAS, M.L.; SILVA, T.I.; LOPES, A.S. Morphological and physiological changes in papaya seedlings irrigated with saline water and application of humic substances. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3290, 2020. DOI: https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3290

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.

EL-YAZIED, A.A.; IBRAHIM, M.F.M.; IBRAHIM, M.A.R.; NASEF, I.N.; AL-QAHTANI, S.M.; AL-HARBI, N.A.; ALZUAIBR, F.M.; ALAKLABI, A.; DESSOKY, E.S.; ALABDALLAH, N.M.; OMAR, M.M.A.; IBRAHIM, M.T.S.; METWALLY, A.A.; HASSAN, K.M.; SHEHATA, S.A. Melatonin mitigates drought induced oxidative stress in potato plants through modulation of osmolytes, sugar metabolism, ABA homeostasis and antioxidant enzymes. **Plants**. v. 11, n. 1151, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11091151

FAITHFULL, N.T. **Methods in agricultural chemical analysis – a practical handbook.** Publicação CABI: Wallingford, Reino Unido, 2002.

FERREIRA, T.R.; POLONINI, G.T.; FONSECA, L.F.; BRANDÃO, C.T.F.; FALQUETO, A.R.; SCHMILDT, E.R.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SANTANA, E.N.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Seaweed and melatonin in the induction of tolerance to recurrent water deficit in papaya. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, n. 1630028, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1630028

FERROL, N., AZCÓN-AGUILAR, C.; PÉREZ-TIENDA, J. Review: Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: an overview on the mechanisms involved. **Plant Science**, v. 280, p. 441-447, 2019

FRIONE, T.; VANDERWEIDE, J.; PALLIOTTI, A.; TOMBESI, S.; PONI, S.; SABBATINI, P. Foliar vs. soil application of *Ascophyllum nodosum* extracts to improve grapevine water stress tolerance. **Scientia Horticulturae**, v. 277, n. 5, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109807

FUNDORA-SÁNCHEZ, L.R.; DELGADO-ÁLVAREZ, A.; CABRERA-RODRÍGUEZ, J.A.; MARTÍN-ALONSO, G.M. Efecto del bioproducto QuitoMax® en el cultivo del papayo (*Carica papaya* L.) en fase de vivero. **Cultivos Tropicales**, v. 42, n. 3, e10, 2021.

GARCÍA, A.C.; CASTRO, T.A.T.; SANTOS, L.A.; TAVARES, O.C.H.; CASTRO, R.N.; BERBARA, R.L.L.; GARCÍA-MINA, J.M. Structure–property–function relationship of humic substances in modulating the root growth of plants: a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 6, p. 1622-1632, 2019. DOI: https://doi.org/10.2134/jeq2019.01.0027

GONZÁLEZ, M.F.G.; ALVAREZ, H.O.; RUVALCABA, F.S.; HERNÁNDEZ, C.V.S.; CASTILLO, K.C.; ESPINOSA, A.B.; NAVA, J.J.C.; HERRERA, R.M.H. Physiological, ecological, and biochemical implications in tomato plants of two plant biostimulants: arbuscular mycorrhizal fungi and seaweed extract**. Frontiers in Plant Science**. v. 11, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00999

GOÑI, O.; QUILLE, P.; O'CONNELL, S. Biostimulants from *Ascophyllum nodosum* extract and their role in enhancing drought stress tolerance in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 126, p. 63-73, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.024

GUEDES, W.A.; ARAÚJO, R.H.C.R.; ROCHA, J.L.A.; LIMA, J.F.; DIAS, G.A.; OLIVEIRA, Á.M.F.; LIMA, R.F.; OLIVEIRA, L.M. Production of papaya seedlings using *Spirulina platensis* as a biostimulant applied on leaf and root.

Journal of Experimental Agriculture International, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2018. DOI: https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/45053

GUIMARÃES, I.P.; PAIVA, E.P.; ALMEIDA, J.P.N.; ARRAIS, Í.G.; CARDOSO, E.A. SÁ, F.V.S. Production of seedling of three accessions of papaya under increasing dose of Biostimulant Root. **Revista de Ciências Agrárias.** [Lisboa], v. 38, n. 3, p. 414-421, 2015.

HAMID, B.; ZAMAN, M.; FAROOQ, S.; FATIMA, S.; SAYYED, R.Z.; BABA, Z.A.; SHEIKH, T.A.; REDDY, M.S.; EL ENSHASY, H.; GAFUR, A.; SURIANI, N.L. Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2856, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13052856

HAMZA, B.; SUGGARS, A. Biostimulants: myths and realities. **Turfgrass Trends,** Newton, v. 10, p. 6-10, 2001.

HAN, X.; XI, Y.; ZHANG, Z.; MOHAMMADI, M.A.; JOSHI, J.; BORZA, T.; WANG-PRUSKI, G. Effects of phosphite as a plant biostimulant on metabolism and stress response for better plant performance in *Solanum tuberosum*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 210, p. 111873, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111873

HILDEBRANDT, T.M. Synthesis versus degradation: directions of amino acid metabolism during Arabidopsis abiotic stress response. **Plant Molecular Biology**, v. 98, p. 121-135, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s11103-018-0767-0

HOSTE, F.G. **Avaliação de estratégias para otimizar a produção de mudas do mamoeiro**. 2025. 168 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2025.

HOSTE, F.G.; BRANDÃO, C.T.F.; JEVEAUX-MACHADO, A.J.C.; PIRES, J.S.B.; MORO, F.; ARAÚJO, D.C.; BACHETI, B.M.; SOUZA, M.E.L.; BALLA FILHO, D.; OLIVEIRA, V.S.; SANTANA E.N.; KUHLCAMP, K.T.; ARANTES, L.O.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Dose-dependent effects of the protein hydrolysate-based biostimulant Terrativa® on growth, photochemical performance, and quality of *Theobroma cacao* L. seedlings. **International Journal of Plant Biology**, v. 17, art. 46, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/ijpb17060046

JALALI, M. Effect of iron-amino acid chelates on antioxidant capacity and nutritional value of soybean. **Plant Productions**, v. 43, n. 4, p. 477-486. 2020. DOI: https://doi.org/10.22055/ppd.2020.30728.1810

JINDO, K.; OLIVARES, F.L.; MALCHER, D.J.P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; KEMPENAAR, C.; CANELLAS, L.P. Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, art. 426, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426

KAUSHAL, P.; ALI, N.; SAINI, S.; PATI, P.K.; PATI, A.M. Physiological and molecular insight of microbial biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1041413, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1041413

KHAN, N.; ALI, S.; ZANDI, P.; MEHMOOD, A.; ULLAH, S.; IKRAM, M.; ISMAIL, SHAHID, M.A.; BABAR, M.A. Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. Pak. **Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 355-363, 2020. http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-2(24)

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.; CRICHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PROTHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. **Plant Growth Regulation**. v. 28, p. 386-399, 2009.

KOUTSOUGERA, D.; ZAFEIRIOU, I.; GIANNAKOPOULOU, F.; IPSILANTIS, I.; KALDERIS, D.; GASPARATOS, D.; BILIAS, F. Biostimulants: an introduction. In: GILL, R.; NEHRA, A.; AGARWALA, N.;

KHAN, N.A.; TUTEJA, N.; GILL, S.S. (Orgs.). Biostimulants and protective biochemical agents: biostimulants in alleviation of metal toxicity in plants. **Academic Press**, p. 21-50, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99600-6.00007-4

KUMAR, V.; SHARMA, A.; KAUR, R.; THUKRAL, A.K.; BHARDWAJ, R.; AHMAD, P. Differential distribution of amino acids in plants. **Amino acids**, v. 49, p. 821-869, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s00726-017-2401-x

LIMA, R.L.F.A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1062-1079, 2020. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1062-1079

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. Disponível em://www.golfenviro.com/alticle%archive/biostimulants-roots.html. Acesso em 5 dez. 2020.

LÓPEZ-PADRÓN, I.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, L.; PÉREZ-DOMÍNGUEZ, G.; REYS-GUERRERO, Y.; NÚÑEZ-VÁZQUEZ, M.; CABRERA-RODRÍGUEZ, J. A. Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. **Cultivos Tropicales**, v. 42, n. 4, 2021.

MALHI, G.S.; KAUR, M.; KAUSHIK, P. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: a review. **Sustainability,** v. 13, n. 3, p. 1318, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13031318

MAMANI DE MARCHESE, A.; FILIPPONE, M.P. Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, v. 38, n. 1, p. 9-21, 2018.

MASSUH MARCILLO, E.M.; LANDÍN, A.C.; ORTEGA, J.G.; TUMBACO, M.V.; CAMPANA, W.N. Producción de plántulas de calidad de papaya (*Carica papaya* L.) utilizando bioestimulantes bajo condiciones de vivero en fibra de coco. **Revista Alcance**. v. 5, n. 1, 2022. DOI: https://doi.org/10.47230/ra.v1i5.11

MOHAMMADI, M.A.; CHENG, Y.; ASLAM, M.; JAKADA, B.H.; WAI, M.H.; YE, K.; HE, X.; LUO, T.; YE, L.; DONG, C.; HU, B.; PRIYADARSHANI, S.V.G.N.; WANG-PRUSKI, G.; QIN, Y. ROS and oxidative response systems in plants under biotic and abiotic stresses: revisiting the crucial role of phosphite triggered plants defense response. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 631318, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.631318

MORENO-HERNÁNDEZ, J.M.; BENÍTEZ-GARCÍA, I.; MAZORRA-MANZANO, M.; RAMÍREZ-SUÁREZ, J.C.; SÁNCHEZ, E. Strategies for production, characterization and application of protein-based biostimulants in agriculture: A review. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 80, n. 2, p. 274-289, 2020. DOI: https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000200274

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules**, v. 26, n. 8, p. 2256, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules26082256

NASCIMENTO, I.R.S.; SILVA, L.D.R.; RODRIGUES, E.N.S.; CRUZ, J.M.F.L.; ARÁUJO, D.B.; PEREIRA, C.D.S.; SILVA, L.M.F.; PEREIRA, W.E.; SILVA, M.C.; SANTOS, J.P.O.; FARIAS, O.R. Effect of calcium-enriched microalgae extract on mitigating saline stress in papaya seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e283432, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.283432

RAMOS, E.P.; AGUIAR, D.B.; BARBOSA, A.K.M.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SCHMILDT, E.R.; FALQUETO, A.R.; FERNANDES, A.A.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Production of 'Aliança' papaya seedlings under different dosages and sources of *Lithothamnion* sp. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, e1630560, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1630560

MONCADA, U.A.P.; GÓMEZ, M.R.; ORDOÑEZ, D.P.S.; ROLÓN, A.M.P.; ORTIZ, W.A.W.; RAMÍREZ, L.; ESTRADA, G.A.R. Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) como estrategia para reducir la absorción de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao*). **Terra Latinoamericana**, v. 37, n. 2, p. 121-130, 2019.

MOURA, E.A.; OLIVEIRA, L.M.; MENDONÇA, V.; MENDONÇA, L.M.F.; FIGUEIREDO, F.R.A.; CELEDÔNIO, W.F.; CARDOSO, A.P.M. Production of Formosa papaya seedlings irrigated with wastewater and application of biostimulant. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3153, 2020. DOI: https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3153

OLIVEIRA MAGALHÃES, G.; DUARTE, E.R.; ZAWADZKI, F.; BERTOLINI, E.; PADUAN, F.N.; LAJÚS, C.R.; MIYASHIRO, C.F.; SAUER, A.V. Agricultura e sustentabilidade: mudanças climáticas e modificações no desenvolvimento agropecuário. **Divers@!**, v. 14, n. 1, p. 100-112, 2021.

PIRES, J.S.B.; SILVA, F.B.C.; BARBOSA, M.E.S.; CAVILHA, G.R.; COELHO, M.M.; OTILIA, S.M.; HOSTE, F.G.; JEVEAUX-MACHADO, A.J.C.; ARANTES, L.O.; OLIVEIRA, V.S.; FERNANDES, S.A.; MARCHIORI, J.J.P.; FERNANDES, A.A.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Bioactivity of *Ascophyllum nodosum* in mitigating water stress induced by PEG-6000 in maize seeds. **International Journal of Plant Biology**, v. 17, n. 9, art. 78, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/ijpb17090078

ROUPHAEL, Y.; FRANKEN, P.; SCHNEIDER, C.; SCHWARZ, D.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M.; PASCALE, S.; BONINI, P.; COLLA, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.196, p. 91-108, 2015.

SAMANE, E. Translocation, leaf distribution, and nutritional status of manganese in cucumber plants as affected by foliar application of exogenous amino acids. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 1191-1204, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00344-019-10053-8

SANTOS, M.A.N.; SOUSA, C.S.; GROSS, E.; OLIVEIRA FILHO, L.J.X.; LIMA, T.M.; GOTO, B.T. Fungos micorrízicos arbusculares na cultura do cacaueiro I: ocorrência e diversidade em sistemas cacau-cabruca. **Agrotrópica**, v. 32, n. 3, p. 189-196, 2020.

SHAHRAJABIAN, M.H.; CHASKI, C.; POLYZOS, N.; TZORTZAKIS, N.; PETROPOULOS, S.A. Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. **Biomolecules**, v. 11, n. 6, p. 819, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/biom11060819

SHIVANAND, R.K.; MURTHY, P.V.; GOUDAPPANAVAR, B.; REDDY, M.V. Effect of microbial inoculants on germination of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Red Lady seedlings under polyhouse conditions**. International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 4, p. 1739-1742, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655

SHUKLA, P. S. MANTIN, E.G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, art. 655, 2019. htts://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655

SONG, Y.; CHEN, D.; LU, K.; SUN, Z.; ZENG, R. Enhanced tomato disease resistance primed by arbuscular mycorrhizal fungus. Front. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 786, 2015.

SUN, W.; SHAHRAJABIAN, M.H.; PETROPOULOS, S.A.; SHAHRAJABIAN, N. Developing sustainable agriculture systems in medicinal and aromatic plant production by using chitosan and chitin-based biostimulants. **Plants**, v. 12, n. 13, p. 2469, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/plants12132469

SRIVASTAVA, D.; MAURYA, R.; KHAN, N.; NAYYER, M.A.; MISHRA, A.; FATIMA, F.; AHMAD, S.; SIDDIQUI, S.; SIDDIQUI, M.H. General Introduction of Bio-Inputs Versus Chemical Inputs in Agriculture and Ill

Effects. In: KAUSHIK, B.D.; KUMAR, D.; SHAMIM, M.d. **Biofertilizers and biopesticides in sustainable agriculture**. [S. l.]: Apple Academic Press, 2019. p. 1-21.

TARGINO, V.A.; LOPES. A.S.; SOUSA, V.F.O.; HEMSCHEL, J.M.; SILVA, J.H.B.; RODRIGUES, L.S.; MEDEIROS, W.J.F.; BATISTA, D.S.; DIAS, T.J. Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 352-358, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p352-358

WANG, C.; TU, Q.; DONG, D.; STRONG, P.J.; WANG, H.; SUN, B.; WU, W. Spectroscopic evidence for biochar amendment promoting humic acid synthesis and intensifying umification during composting. Journal of Hazardous Materials, v. 280, p. 409-416, 2014.

WANG, G.; XU, M.; WANG, W.; GALILI, G. Fortifying horticultural crops with essential amino acids: a review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 6, p. 1306, 2017. DOI: https://doi.org/ 10.3390/ijms18061306

YANG, Q.; ZHAO, D.; LIU, Q. Connections between amino acid metabolisms in plants: lysine as an example. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 928, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00928

ZHANG, X.; SCHMIDT, R.E. Hormone-containing products' impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. **Crop Science**, v. 40, p. 1344-1349, 2000. http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-3(35)

ZULFIQAR, F.; YOUNIS, A.; RIAZ, A.; MANSOOR, F.; HAMEED, M.; AKRAM, N.A.; ABIDEEN, Z. Morphoanatomical adaptations of two *Tagetes erecta* L. cultivars with contrasting response to water stress. **Pakistan Journal of Botany**, v. 52, p. 801-810, 2020. http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-3(35)

ZULFIQAR, F.; MOOSA, A.; ALI, H.M.; BERMEJO, N.F.; MUNNÉ-BOSCH, S. Biostimulants: a sufficiently effective tool for sustainable agriculture in the era of climate change? **Plant Physiol Biochem**, v. 211, art. 108699, 2024. http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108699

ZUNIGA-OROZCO, A. Micorrizas y rhizobios: un diálogo molecular con el huésped vegetal. **Cultivos Tropicales**, v. 43, n. 2, e13, 2022.

INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS POR MEIO DE BIOINSUMOS: MECANISMOS E APLICAÇÃO EM MAMOEIRO

Raul Castro Carriello Rosa[1]*, José Leonardo Santos Jiménez[2]

[1]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ; [2]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Microbiologia, Departamento de Virologia, Rio de Janeiro, RJ.
*raul.rosa@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) apresenta elevada suscetibilidade a diferentes agentes fitopatogênicos, capazes de comprometer a produtividade e a qualidade comercial dos frutos. Entre as doenças fúngicas de importância para a cultura destacam-se a pinta-preta, também denominada varíola do mamoeiro, causada por *Asperisporium caricae* (Santos Filho *et al.*, 2007), e a antracnose associada a espécies de *Colletotrichum*. Estudos com *Colletotrichum brevisporum* têm demonstrado diferenças na resposta de resistência entre genótipos de mamoeiro (Yang *et al*., 2022).

A indução de resistência representa uma alternativa ao controle químico convencional, caracterizada pela ativação de mecanismos de defesa latentes na planta por meio de agentes bióticos ou abióticos. Este processo envolve a alteração do estado de vigilância fisiológica vegetal, preparando-a para responder mais rapidamente e intensamente contra futuros patógenos. As bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR), microrganismos benéficos como espécies de *Trichoderma* e elicitores químicos podem ativar diferentes vias de sinalização relacionadas à resistência vegetal, incluindo a resistência sistêmica adquirida (SAR) e a resistência sistêmica induzida (ISR), dependendo do agente indutor e das interações estabelecidas com a planta.

DESENVOLVIMENTO

MECANISMOS FISIOLÓGICOS DA RESISTÊNCIA INDUZIDA

A resistência induzida envolve a ativação de duas principais vias de sinalização: a dependente de ácido salicílico (SA) e a dependente de ácido jasmônico (JA) e etileno (ET). A via SA-dependente, designada SAR, caracteriza-se pelo acúmulo sistêmico de SA em tecidos não-inoculados, ativando fatores de transcrição como NPR1 (Nonexpressor of Pathogenesis-Related Genes 1), que atua como regulador central da sinalização dependente de ácido salicílico e como coativador transcricional em associação com fatores de transcrição, coordenando particularmente a expressão de genes codificadores de proteínas relacionadas à patogênese

(proteínas PR). A via JA/ET-dependente, denominada ISR, opera independentemente do acúmulo de SA sistêmico, sendo acionada por microrganismos de raiz benéficos, resultando em *priming* das defesas da planta contra artrópodes e patógenos necrotróficos.

O *priming* representa o estado de prontidão aprimorada das plantas, em que mecanismos de defesa encontram-se molecularmente preparados para ativação mais rápida e robusta durante desafio subsequente. Conforme demonstrado em estudos recentes, o *priming* envolve alterações epigenéticas e modulação de fatores de transcrição, ampliando o repertório defensivo da planta sem incorrer em custo energético basal significativo, tornando-o energeticamente mais eficiente que a defesa constitutiva (Rumyantsev *et al*., 2023). Essa característica torna relevante a aplicação de bioinsumos em culturas com restrições nutricionais ou hídricas, como o mamoeiro cultivado em regiões semi-áridas.

O metabolismo de espécies reativas de oxigênio (ROS) constitui componente central na transdução de sinais de defesa (Zheng *et al*., 2025). A geração controlada de ROS, particularmente superóxido e peróxido de hidrogênio, ativa cascatas de fosforilação de proteínas cinases ativadas por mitógeno (MAPK) e induz a expressão de genes relacionados à defesa. Enzimas antioxidantes como superóxido dismutase, catalase e peroxidases atuam de forma coordenada na manutenção do equilíbrio redox, prevenindo danos celulares enquanto permitem a sinalização apropriada (Hasanuzzaman *et al*., 2021). O fortalecimento da parede celular, por meio do aumento da deposição de calose e lignina, constitui outro componente relevante das respostas defensivas vegetais, pois dificulta a penetração e a colonização dos tecidos por agentes fitopatogênicos.

BIOINSUMOS E MICRORGANISMOS BENÉFICOS

Bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* constituem importantes bioagentes para indução de ISR. *Pseudomonas* spp. colonizadoras de rizosfera produzem metabólitos secundários, incluindo 2,4-diketopiperazinas e fenazinas, que acionam vias de defesa dependentes de JA/ET, conferindo proteção contra múltiplos patógenos fúngicos. Espécies de *Bacillus* produzem lipopeptídeos cíclicos (surfactinas, iturina) que atuam como elicitores, promovendo tanto o crescimento vegetal quanto a indução de resistência. *Bacillus subtilis* SL18r, por exemplo, promove a ativação de RNAs não codificantes, incluindo MSTRG18363, envolvido na regulação de miR1918, contribuindo para respostas de defesa contra *Botrytis cinerea* em tomateiro (Zhou *et al*., 2021); estudos em *Carica papaya* são necessários para validar esses mecanismos nessa cultura.

Espécies de *Trichoderma* são fungos amplamente associados ao solo e à rizosfera, e determinadas linhagens também apresentam capacidade de colonização endofítica, atuando como bioagentes multifuncionais. Estes organismos estimulam a multiplicação de raízes, aumentam a absorção de nutrientes e acionam mecanismos de defesa via produção de compostos voláteis e não-voláteis. *Trichoderma* secretam enzimas hidrolíticas (celulases, quitinases, glucanases) que danificam paredes celulares de patógenos, enquanto seus metabólitos secundários (peptaibióticos, trichoderminas) exercem atividade antimicrobiana direta. *Trichoderma koningiopsis* Tk905, isolado de ambientes tropicais, demonstrou induzir resistência

sistêmica contra *Fusarium oxysporum* em banana (Luo *et al*., 2023). A extrapolação desses resultados para o mamoeiro depende de validação experimental, considerando diferenças na compatibilidade hospedador-patógeno e nas condições edafoclimáticas.

ELICITORES QUÍMICOS E MANEJO INTEGRADO

Compostos como o ácido β-aminobutírico (BABA) e o acibenzolar-S-metil (ASM) são utilizados como indutores de resistência. O BABA está associado ao estabelecimento de *priming*, enquanto o ASM atua como ativador de respostas relacionadas à resistência sistêmica adquirida. ASM induz a expressão de genes PR e fortalecimento de parede celular através da sinalização por ácido salicílico. Em mamoeiro, Fan *et al*. (2022) avaliaram os efeitos interativos de chitosan, lentinan e ningnanmycin sobre a resistência ao papaya ringspot virus (PRSV), observando respostas associadas à redução da doença e a características de crescimento e qualidade dos frutos. Análises transcriptômicas revelam que fatores WRKY como CpWRKY50 amplificam defesas dependentes de ácido jasmônico contra *C. brevisporum* em *Carica papaya* (Yang *et al*., 2024).

O manejo integrado da indução de resistência inclui práticas agronômicas complementares: adoção de cultivares com resistência parcial ou horizontal, otimização de densidade de plantio para reduzir umidade foliar, aplicações preventivas de bioinsumos em períodos críticos de desenvolvimento (floração e frutificação), e rotação com culturas não-hospedeiras de patógenos específicos do mamoeiro. A efetividade dessas combinações depende do isolado utilizado, da cultivar, das condições edafoclimáticas locais e da estabilidade das formulações comerciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indução de resistência mediante bioinsumos, bioprodutos e microrganismos benéficos representa ferramenta importante para o manejo de doenças em mamoeiro. A ativação de vias de sinalização associadas à SAR e à ISR, o *priming* fisiológico e o fortalecimento de barreiras celulares ampliam o repertório de respostas defensivas da planta. Quando integradas a outras medidas de manejo, essas estratégias podem contribuir para reduzir a dependência exclusiva de fungicidas sintéticos. No entanto, a efetividade em campo depende criticamente de fatores como compatibilidade entre os agentes biológicos empregados, características do isolado específico, cultivar hospedeira, condições climáticas locais e qualidade da formulação do bioproduto. A integração com práticas agronômicas adequadas favorece sistemas de produção com maior diversificação das estratégias de manejo.

Futuras pesquisas devem priorizar validação em campo de isolados específicos de PGPR e *Trichoderma* em diferentes regiões produtoras brasileiras, considerando variabilidade edafoclimática e cultivares comerciais. A seleção participativa com agricultores de formulações que combinem múltiplos bioagentes constitui etapa essencial para adoção real dessas tecnologias. Estudos comparativos da efetividade de diferentes isolados, dosagens e épocas de aplicação contribuirão para otimizar o uso da resistência induzida como componente do manejo integrado de pragas e doenças em fruticultura tropical.

REFERÊNCIAS

FAN, H.; YAN, X.; FU, M.; LIU, D.; AWAN, A.W.; CHEN, P.; RASHEED, S.M.; GAO, L.; ZHANG, R. Interactive effect of biological agents chitosan, lentinan and ningnanmycin on papaya ringspot virus resistance in papaya (*Carica papaya* L.). **Molecules, Basel**, v. 27, n. 21, p. 7474, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules27217474

HASANUZZAMAN, M.; RAIHAN, M.R.H.; MASUD, A.A.C.; RAHMAN, K.; NOWROZ, F.; RAHMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 22, n. 17, p. 9326, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms22179326

LUO, M.; CHEN, Y.; HUANG, Q.; HUANG, Z.; SONG, H.; DONG, Z. *Trichoderma koningiopsis* Tk905: an efficient biocontrol, induced resistance agent against banana *Fusarium* wilt disease and a potential plant-growth-promoting fungus. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 14, p. 1301062, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1301062

RUMYANTSEV, S.D.; VESELOVA, S.V.; BURKHANOVA, G.F.; ALEKSEEV, V.Y.; MAKSIMOV, I.V. *Bacillus subtilis* 26D triggers induced systemic resistance against *Rhopalosiphum padi* L. by regulating the expression of genes AGO, DCL and microRNA in bread spring wheat. **Microorganisms**, Basel, v. 11, n. 12, p. 2983, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms11122983

SANTOS FILHO, H.P.; OLIVEIRA, A.A.R.; NORONHA, A.C.S.; SANCHES, N.F. Pinta preta do mamoeiro – *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. In: ZOONEWS. Conteúdo: artigos, 2007. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/654863

YANG, M.; ZHOU, C.; YANG, H.; KUANG, R.; LIU, K.; HUANG, B.; WEI, Y. Comparative transcriptomics and genomic analyses reveal differential gene expression related to *Colletotrichum brevisporum* resistance in papaya (*Carica papaya* L.). **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, p. 1038598, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1038598

YANG, M.; ZHOU, C.; KUANG, R.; WU, X.; LIU, C.; HE, H.; WEI, Y. Transcription factor CpWRKY50 enhances anthracnose resistance by promoting jasmonic acid signaling in papaya. **Plant Physiology**, Hoboken, v. 196, n. 4, p. 2856–2870, 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/plphys/kiae479

ZHOU, C.; ZHU, J.; QIAN, N.; GUO, J.; YAN, C. *Bacillus subtilis* SL18r induces tomato resistance against *Botrytis cinerea*, involving activation of long non-coding RNA, MSTRG18363, to decoy miR1918. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 11, p. 634819, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.634819

ZHENG, C.; CHEN, J.P.; WANG, X. W.; LI, P. Reactive oxygen species in plants: metabolism, signaling, and oxidative modifications. **Antioxidants**, Basel, v. 14, n. 6, p. 617, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox14060617

CARBON DOTS COMO BIOESTIMULANTES DE NOVA GERAÇÃO FISIOLOGIA VEGETAL E ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MAMOEIRO

Marcelo Oliveira Rodrigues*

Universidade de Brasília. Brasília, DF. *marcelo.rodrigues@krilltech.com.br

INTRODUÇÃO

O aquecimento e as alterações no regime de chuvas ampliam os riscos para a agricultura, com efeitos sobre disponibilidade hídrica, estabilidade produtiva e segurança alimentar (IPCC, 2022). A adaptação exige integrar irrigação, nutrição, escolha de cultivares e tecnologias que favoreçam a eficiência fisiológica. Em plantas submetidas a déficit hídrico e calor, o controle estomático restringe a entrada de CO_2, enquanto o desequilíbrio entre energia absorvida e assimilação de carbono pode intensificar o estresse oxidativo. Ajustes osmóticos, regulação metabólica e proteção antioxidante integram a resposta vegetal a esses ambientes.

Carbon dots são nanomateriais de carbono com propriedades dependentes da síntese, composição e funcionalização superficial. Seus efeitos biológicos não são uniformes: cada formulação precisa ser caracterizada e validada. A Arbolina®, desenvolvida pela Krilltech, é uma formulação aquosa baseada no Carbon Dot 1, apresentado nos materiais técnicos como nanopartícula quase esférica de aproximadamente 3–5 nm (Figura 1). Trata-se de um potencializador fisiológico, cuja proposta é favorecer processos associados à assimilação de carbono, aproveitamento de nutrientes e resposta ao estresse (Krilltech, [s.d.]).

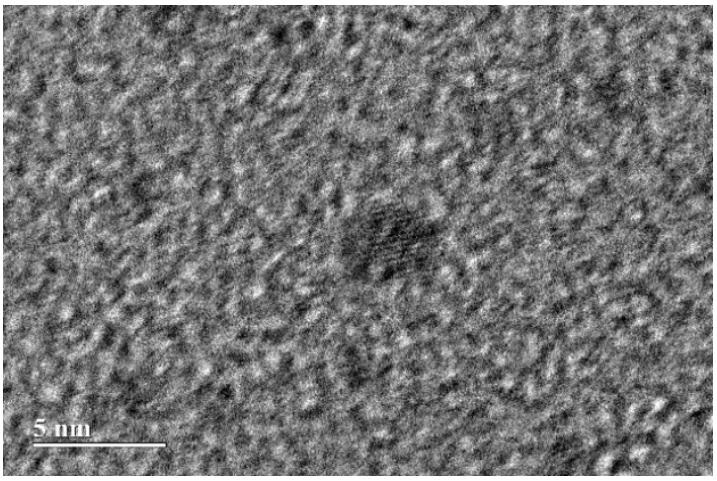


Figura 1 - Microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução do Carbon Dot 1. A barra corresponde a 5 nm.
Fonte: Imagem original do acervo técnico da Krilltech, reproduzida do documento Al Miyah Challenge; não corresponde a material coletado no ensaio de mamão.

A H^+-ATPase da membrana plasmática utiliza ATP para bombear prótons e estabelecer o gradiente eletroquímico que sustenta transportes celulares e crescimento (Falhof *et al*., 2016). O acervo da Arbolina apresenta aumento de atividade dessa bomba em tomate, milho e Arabidopsis e relata incremento próximo de 50% na atividade de RuBisCO em soja. Essas evidências técnicas apoiam a hipótese de modulação fisiológica, mas não constituem medições realizadas no mamoeiro (Krilltech, [s.d.]).

Resultados em outras culturas dão suporte à investigação dessas hipóteses fisiológicas. Em melão amarelo, Vieira *et al*. (2024) encontraram respostas dependentes de dose, aplicação e irrigação: a pulverização apresentou efeito significativo sobre produção, com máximos estimados de 3,28 kg/planta de produção total e 3,19 kg/planta comercial sob 100% da evapotranspiração da cultura. Sousa *et al*. (2026) observaram alterações no metabolismo de açúcares e melhora da doçura em melão BRS Araguaia. Em conjunto, essas observações relacionam a aplicação dos carbon dots a respostas produtivas e metabólicas, cuja expressão depende da cultura e do manejo. Nesse contexto, o presente trabalho avalia resultados preliminares da Arbolina no mamoeiro em Eunápolis, Bahia, com foco na contagem de frutos e no potencial de retorno econômico para o produtor.

RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

O ensaio foi conduzido em Eunápolis, Bahia, com aplicações mensais de Arbolina desde o estabelecimento do plantio. A contagem foi realizada após o estabelecimento dos frutos. Compararam-se controle e tratamento mensal em quatro blocos, com quatro observações por tratamento e bloco. A análise utilizou médias dos blocos, considerando os registros como subamostras; essa estrutura deve ser conferida no protocolo.

A contagem totalizou 892 frutos no controle e 927 no tratamento mensal, correspondendo a 55,75 e 57,94 frutos por planta. O incremento de 2,19 frutos por planta equivale a 3,92% (Figura 2). A comparação das médias dos blocos não indicou diferença significativa a 10% ($p = 0,778$). Assim, o resultado descreve uma tendência numérica nesta avaliação, sem evidência estatística suficiente para atribuí-la ao tratamento.



Figura 2 – Média de frutos por planta no controle e com Arbolina mensal, em avaliação preliminar em Eunápolis, Bahia. Aumento numérico de 3,9%; diferença não significativa a 10%.
Fonte: dados do ensaio fornecidos pelo autor.

A interpretação fisiológica envolve a relação fonte–dreno entre folhas e frutos. Em mamoeiro, Zhou,

Christopher e Paull (2000) demonstraram que a área foliar e a carga reprodutiva influenciam o estabelecimento, o crescimento e os açúcares dos frutos. Isso fundamenta a hipótese de que a modulação fisiológica associada à Arbolina favoreça a sustentação dos frutos. Entretanto, sem medições de trocas gasosas ou atividade enzimática, não é possível identificar esse mecanismo no ensaio.

As respostas produtivas em melão amarelo (Vieira *et al*., 2024) e metabólicas em melão BRS Araguaia (Sousa *et al*., 2026) reforçam essa hipótese, mas seus efeitos não podem ser transferidos diretamente ao mamoeiro. A contagem não distingue formação de frutos de maior retenção, nem informa massa ou qualidade comercial. A confirmação produtiva exige acompanhamento das colheitas; a avaliação de adaptação climática requer caracterização do estresse e indicadores fisiológicos.

Com 2.000 plantas/ha e 1 kg/fruto, igual nos tratamentos, as contagens equivalem a 111,50 e 115,88 t/ha, diferença projetada de 4,38 t/ha (Figura 3). A conversão pressupõe igual aproveitamento comercial e não representa colheita mensurada ou produtividade anual. O cenário econômico utiliza 4 t/ha adicionais, condicionado à confirmação comercial.



Figura 3 – Produção equivalente projetada com 2.000 plantas/ha e 1 kg/fruto. Diferença estimada de 4,38 t/ha, arredondada para 4 t/ha no cenário econômico. A projeção pressupõe igual massa e aproveitamento comercial; não representa produtividade colhida.

ESTIMATIVA ECONÔMICA E CONCLUSÃO

Para um hectare com 4.000 kg adicionais, adotou-se como referência o preço de R$ 6,39/kg do mamão Formosa na CEAGESP/SP, no fechamento de 6 de outubro de 2026 (Notícias Agrícolas, 2026). A receita adicional projetada é de R$ 25.560/ha. Como a variedade do ensaio não foi informada e o preço de atacado difere do recebido na propriedade, essa cotação constitui uma premissa de cálculo, a ser ajustada à realidade comercial de cada produtor.

O programa de 12 aplicações de 100 mL/ha consome 1,2 L/ha no ciclo. Ao preço de R$ 1.200/L, o investimento no produto totaliza R$ 1.440/ha. Descontando esse valor da receita adicional, o saldo estimado é de R$ 24.120/ha, equivalente a R$ 16,75 por real investido na Arbolina, ou aproximadamente R$ 17 (Figura 4). O ROI parcial corresponde a 1.675%. Esse saldo é líquido apenas do custo do produto: despesas de aplicação, colheita, classificação, frete, perdas e comercialização devem ser descontadas para determinar o lucro líquido efetivo.



Figura 4 – Investimento e saldo adicional projetado para 12 aplicações de Arbolina em um hectare. Premissas: ganho de 4 t/ha, mamão Formosa a R$ 6,39/kg e produto a R$ 1.200/L. Receita adicional de R$ 25.560; saldo após o produto de R$ 24.120, antes dos demais custos. Retorno parcial de R$ 16,75 por real investido.

Os resultados em Eunápolis registram incremento numérico de 3,9% na contagem de frutos, sem diferença significativa a 10%. A literatura sobre a relação fonte–dreno no mamoeiro e as respostas aos carbon dots em melão fundamentam a continuidade da investigação, mas não demonstram o mecanismo fisiológico ou a eficácia da Arbolina neste ensaio. Se confirmado o ganho comercial de 4 t/ha, o cenário econômico de 12 aplicações a R$ 6,39/kg projeta saldo adicional de R$ 24.120/ha após o custo do produto, equivalente a R$ 16,75 por real investido. A validação demanda pesagem e classificação dos frutos durante o ciclo, além da quantificação dos custos adicionais; a hipótese de resiliência climática requer também caracterização do estresse e medições fisiológicas.

REFERÊNCIAS

FALHOF, J.; PEDERSEN, J.T.; FUGLSANG, A.T.; PALMGREN, M. Plasma membrane H^+-ATPase regulation in the center of plant physiology. **Molecular Plant**, v. 9, n. 3, p. 323-337, 2016. https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.11.002

IPCC. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. https://doi.org/10.1017/9781009325844

KRILLTECH. Al Miyah Challenge - **Finalists Submission Document**: Arbolina Krilltech. [S. l.]: Krilltech, [s.d.]. Documento técnico interno.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Mamão - Ceasas**: fechamento de 6 out. 2026. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/frutas/mamao-ceasas. Acesso em: 07 out. 2026.

RODRIGUES, M.O. Dados preliminares de contagem de frutos de mamoeiro. [S. l.], 2026. Planilha não publicada, arquivo 2026-07-23-02-34-38_Mamao_table.xlsx.

SOUSA, F.A.; ALEXANDRE E SILVA, L.M.; ALVES FILHO, E.G.; SILVA, F.R.; CANUTO, K.M.; CARVALHO, R.C.S.; ROCHA, K.A.D.; FERNANDES, C.F.; ARAGÃO, F.A.S.; MARTINS. N.F. Effects of carbon dots on *Cucumis melo* L. development: an NMR-based metabolomics and metabolic pathways analysis approach. **Industrial Crops and Products**, v. 241, art. 122562, 2026. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.122562.

VIEIRA, N.Q.B.; SIMÕES, W.L.; SILVA, J.A.B.; SALVIANO, A.M.; SILVA, J.S.; BRAGA, M.B.; GUIMARÃES, M.J.M.; MARTINS, M.S. Cultivation of yellow melon subjected to different irrigation levels and application of

arbolina® biostimulant. **Revista Caatinga**, v. 37, 2024. https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3712452rc.

ZHOU, L.; CHRISTOPHER, D.A.; PAULL, R.E. Defoliation and fruit removal effects on papaya fruit production, sugar accumulation, and sucrose metabolism. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 5, p. 644–652, 2000. https://doi.org/10.21273/JASHS.125.5.644.



SEÇÃO 2

Trabalhos Técnico-científicos

BIOTECNOLOGIA

OTIMIZAÇÃO DE PROTOCOLO PARA INTRODUÇÃO E MULTIPLICAÇÃO *IN VITRO* DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

Mírian Piassi[1]*, Geís Ferreira Neves[1], Dandarha Coutinho Pigatti[1], Bárbara Côgo Venturim[1], Daniela Camporez[1], José Aires Ventura[1]

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Domingos Martins-ES.
*mirian.piassi@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie frutífera de importância econômica nas regiões tropicais e subtropicais, destacando-se pelo valor nutricional e pela ampla aceitação de seus frutos (Petry *et al.*, 2025). O Brasil está entre os principais produtores mundiais, com destaque para os estados do Espírito Santo e da Bahia (Ruggiero *et al*., 2011; Martins *et al.*, 2024). Contudo, a cultura é afetada por doenças causadas principalmente por vírus e fungos, que comprometem o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade dos frutos (Koul *et al*., 2022; Patil; Tripathi, 2024). Além disso, a domesticação e a seleção dos materiais cultivados contribuíram para a redução da diversidade genética da espécie (Chávez-Pesqueira; Núñez-Farfán, 2017). A conservação adequada das variedades é, portanto, estratégica para evitar a perda de diversidade e garantir sua disponibilidade para pesquisas futuras (Mascher *et al.*, 2019).

Nesse contexto, a micropropagação constitui uma ferramenta importante para a conservação e multiplicação de genótipos de interesse. O uso de gemas apicais e axilares permite a regeneração por organogênese direta, favorecendo a obtenção de plantas geneticamente uniformes (Waidyaratne *et al*., 2022) e a clonagem de genótipos com características agronômicas desejáveis, incluindo plantas hermafroditas (Fitch *et al*., 2022; Araya-Valverde *et al.,* 2019). Diante disso, a otimização de protocolos de micropropagação contribui para a introdução, multiplicação e conservação de acessos de germoplasma com potencial para estudos de diversidade genética e resistência a doenças (Flores-Hernández *et al.*, 2024). Um protocolo eficiente e reprodutível poderá favorecer a conservação *ex situ* em bancos de germoplasma *in vitro*, além de disponibilizar material vegetal para futuras pesquisas. Este trabalho teve como objetivo otimizar um protocolo de micropropagação de mamoeiros (*C. papaya*), utilizando gemas apicais e axilares como explantes, visando à sua introdução *in vitro* e conservação na coleção de germoplasma do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos e Células Vegetais do Instituto Capixaba

de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), município de Domingos Martins-ES no período de janeiro de 2025 a maio de 2026.

Estabelecimento *in vitro*

Duas variedades de mamoeiros (MAM1_FD e MAM2_TAN) foram semeadas em vasos contendo substrato agrícola e cultivadas por quatro meses em casa de vegetação. Após esse período, as gemas axilares e apicais de 10 plantas do acesso MAM1_FD e de 16 plantas do acesso MAM2_TAN foram extraídas, desinfestadas e introduzidas *in vitro* em dois meios de cultura diferentes: M1 e M2, ambos contendo meio basal MS e acrescidos de 0,22 µM e 0,44 µM de BAP, respectivamente. Para desinfestação, as gemas foram mergulhadas em álcool 70% por 1 min, em hipoclorito de sódio (2,0%) por 20 min, e depois enxaguadas três vezes em água destilada deionizada e autoclavada. Em ambiente asséptico de fluxo laminar, o material vegetal foi reduzido até o tamanho aproximado de 1-2 mm antes de ser inoculado nos meios de cultivo. Os frascos contendo as gemas foram incubados em sala de crescimento, na temperatura de 25 ± 2 ºC, intensidade luminosa de 30-50 µmol.m^{-2}.s^{-1} e fotoperíodo de 16h. Os subcultivos seguintes foram realizados a cada 120 dias. Após 13 dias de estabelecimento, foram avaliados os seguintes aspectos morfofisiológicos dos brotos originados: coloração predominante, comprimento e calogênese. Foram calculadas as médias com desvios padrão e os dados foram analisados descritivamente.

Multiplicação *in vitro*

Após três subcultivos em meio M1 e M2, as brotações foram submetidas a um experimento, onde foram avaliados dois meios de cultivo para multiplicação e brotação: T1: MS + 5 µM 2ip e T2: MS + 0,5 µM 2ip. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição composta por uma placa de Petri contendo cinco brotos cada. Após 15 dias de cultivo foram avaliados o número de brotos formados e a formação de calos em ambos os tratamentos. Foram realizados subcultivos com intervalos de 15 dias, realizados nos mesmos meios de cultivo por um período de 60 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,5$), utilizando *Software* R versão 4.5.1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabelecimento *in vitro*

Os meios de cultivo utilizados (M1 e M2) foram eficientes para introdução dos acessos de mamoeiros MAM1_FD e MAM2_TAN (Tabela 1), não sendo observada mortalidade de gemas após 13 dias de cultivo nem oxidação severa. Todas as gemas apresentaram crescimento nesse período, onde a coloração variou entre verde claro e verde (VC e VE). No entanto, observou-se que os materiais provenientes da gema axilar tenderam a formar mais calos do que aqueles originários de gemas apicais. A organogênese *in vitro* do mamoeiro é fortemente regulada pela interação entre auxinas e citocininas, sendo o balanço entre esses reguladores determinante para a resposta morfogênica dos tecidos (Zhao *et al.*, 2021). Portanto, a concentração endógena

desses reguladores no tecido introduzido impacta fortemente as respostas iniciais de cultivo.

Após a terceira subcultura foi observada deterioração progressiva das brotações mantidas no meio de cultivo M2, seguida por necrose e consequente perda de viabilidade do material vegetal. Os explantes cultivados no meio M1 mantiveram-se viáveis durante todo os períodos de incubação, no entanto, foi observado um incremento contínuo na formação de calos, sem evidências de progressão para a formação ou desenvolvimento de brotos.

Tabela 1 - Estabelecimento de gemas axilares e apicais de mamoeiros (MAM1_FD e MAM2_TAN), após 13 dias de cultivo *in vitro*

Acesso	Tipo de gema	Coloração Predominante[1]	Comprimento dos Brotos (cm) ± DP[2]	Calos (Nº) ± DP[2]
MAM1_FD	Apical M1	VE	0,80 ± 0,42	0,00 ± 0,00
MAM1_FD	Apical M2	VE	0,77 ± 0,06	1,00 ± 1,00
MAM1_FD	Axilar M1	VC	0,53 ± 0,15	2,75 ± 0,50
MAM1_FD	Axilar M2	VC	0,63 ± 0,19	1,75 ± 0,50
MAM2_TAN	Apical M1	VE	0,83 ± 0,15	0,00 ± 0,00
MAM2_TAN	Apical M2	VE	0,77 ± 0,06	0,00 ± 0,00
MAM2_TAN	Axilar M1	VC	0,54 ± 0,24	1,71 ± 1,70
MAM2_TAN	Axilar M2	VC	0,40 ± 0,14	2,50 ± 0,71

[1]VE – verde; VC - verde claro. [2]DP - Desvio-padrão.

Multiplicação *in vitro*

Para o acesso MAM1_FD, o tratamento T2 (MS + 0,5 µM 2ip) apresentou maior média no número de brotos em relação ao T1, não sendo observada formação de calos nos primeiros 15 dias de cultivo (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeito dos meios T1 (MS + 5 µM 2ip) e T2 (MS + 0,5 µM 2ip) na multiplicação e calogênese de mamoeiros (MAM1_FD e MAM2_TAN) após 15 dias no cultivo *in vitro*

Acesso	Meio de Estabelecimento	Tratamento Multiplicação	Brotos (Nº)[1] ± DP[2]	Calos (Nº)[1] ± DP[2]
MAM1_FD	M1	T1	0,20 ± 0,42 **b**	0,50 ± 0,70
MAM1_FD	M1	T2	4,09 ± 2,30 **a**	0,00 ± 0,00
MAM2_TAN	M1	T1	0,00 ± 0,00	1,00 ± 2,00
MAM2_TAN	M1	T2	0,00 ± 0,00	1,11 ± 1,40

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). [2]DP - Desvio-padrão.

O maior número de brotos, observado no meio suplementado com 0,5 µM de 2iP em comparação à concentração de 5 µM, indica que concentrações mais elevadas dessa citocinina não necessariamente promove

maior proliferação de brotos. Resultados semelhantes foram observados por Vidal *et al*. (2013); onde 2,5 mg/L de 2ip foi superior na proliferação de brotos de mamoeiro comparadas a doses de 5,0 e 10 mg/L.

Ao longo dos subcultivos subsequentes, apesar de ter sido observada intensa calogênese acompanhada de redução da qualidade morfogênica dos explantes aos 30 dias (Figura 1A), aos 60 dias observou-se, entretanto, desenvolvimento de folhas e a formação de novas brotações (Figura 1B).

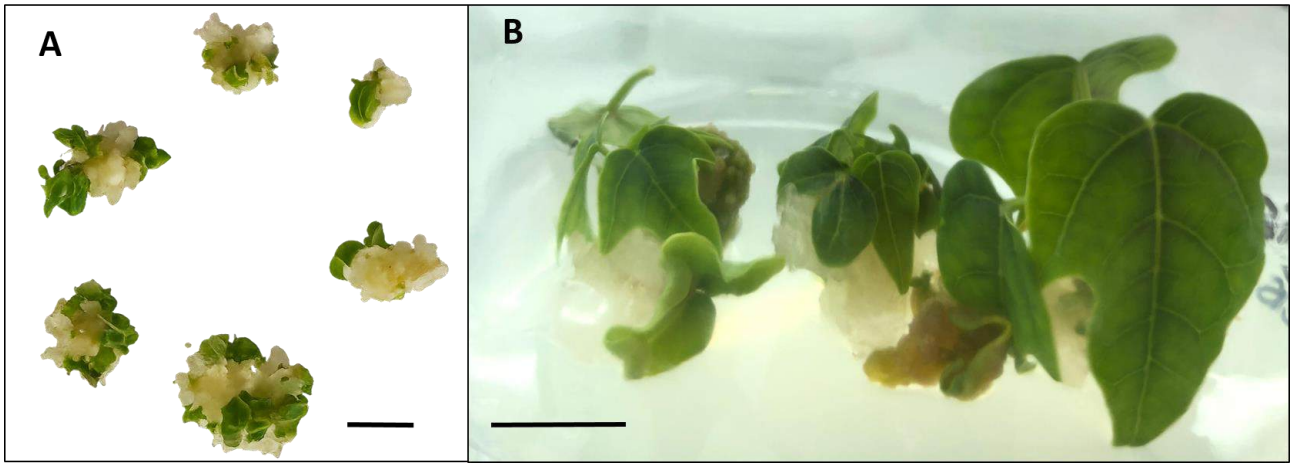


Figura 1 - Multiplicação *in vitro* do acesso de mamoeiros MAM1_FD em meio de cultivo T2 (MS + 0,5 µM 2ip), após 30 dias (A) e após 60 dias (B). Barras = 1 cm.

CONCLUSÃO

Embora os meios de estabelecimento M1 e M2 tenham permitido o estabelecimento inicial das gemas dos acessos de mamoeiro estudados, o meio MS + 0,22 µM de BAP (M1) apresentou maior eficiência na manutenção da viabilidade do acesso MAM1_FD durante o cultivo prolongado. O meio de multiplicação MS + 0,5 µM 2ip foi mais eficiente para multiplicação de brotos. Embora ajustes nas condições de estabelecimento, redução da calogênese e otimização das etapas de multiplicação e desenvolvimento das plântulas sejam necessários para aumentar a eficiência do processo, o procedimento descrito promoveu estabelecimento e multiplicação satisfatória do mamoeiro MAM1_FD, possibilitando o estabelecimento *in vitro* e depósito desta variedade na coleção de germoplasma do Incaper.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), e à Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG) pelo apoio financeiro ao projeto (Inovagro Nº 03/ 2024, Processo 2024-4Q23P).

REFERÊNCIAS

ARAYA-VALVERDE, E.; BOGANTES, A.; HOLST, A.; VARGAS-MORA, C.; GÓMEZ-ALPÍZAR, L.; BRENES, A.; SÁNCHEZ-BARRANTES, E.; CHAVARRÍA, M.; BARBOZA-BARQUERO, L. Field performance of hermaphrodite papaya plants obtained through molecular selection and micropropagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 420-427, 2019. http://dx.doi.org/10.1590/1984- 70332019v19n4a59

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: A Review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 155, n. 5, 2017. http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2017.00155

FITCH, M.M.M.; ANCHETA, M.J.; HUYNH, L.C.; HE, X.; ORTEGA, M.A.; FIELDS, H.K.; MURAKAMI, C.M.; SHAW, J.R.; LOPES, J. Micropropagation of hermaphrodite papayas: increased root induction and plant survival during acclimatization. **HortScience**, v. 57, n, 5, 629-633, 2022. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI16498-22

FLORES-HERNANDEZ, L.A.; OTERO-SÁNCHEZ, M.A.; MARÍN-MONTES, I.M.; SABINO-LÓPES, J.E.; VÉLEZ-TORRES, M. Recursos genéticos de papaya en México y su conservación para el mejoramiento genético. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 15, n. 8, p. 36-78, 2024. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v15i8.3678

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J.O. *Carica papaya* L.: A tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, p. 683, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/d14080683

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Incaper. Vitoria-ES. 2024. 198 p. http://dx.doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MASCHER, M.; SCHREIBER, M.; SCHOLZ, U.; GRANER, A.; REIF, J.C.; STEIN, N. Genebank genomics bridges the gap between the conservation of crop diversity and plant breeding. **Nature Genetics**, v. 51, n. 7, p. 1076-1081, 2019. http://dx.doi.org/10.1038/s41588-019-0443-6

PATIL, B.L.; TRIPATHI, B.L. Differential expression of microRNAs in response to Papaya ringspot virus infection in differentially responding genotypes of papaya (*Carica papaya* L.) and its wild relative. **Frontiers in Plant Science**, v. 20, p. 437-1398, 2024. http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2024.1398437

PETRY, H.B.; BARATTI, A.C.C.; BRIGHENTI, A.F.; GONZATTO, M.P.; CITADIN, I.; SOUZA, A.L.K. Brazilian fruit agribusiness. **Fruit, Crop and Science Journal**, v. 1, 2025. http://dx.doi.org/10.1590/3085-89092025001

RUGGIERO, C.; MARIN, S.L.D.; DURIGAN, J.F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500011

VIDAL, F.R.; DINIZ, J.D.N.; SILVA, F.P. Multiplicação *in vitro* de plantas juvenis de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 64-70, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100010

WAIDYARATNE, S.M.; SAMANMALIE, L.G.I.; BUDDHINIE, P.K.C. *In vitro* propagation of *Carica papaya* L. variety 'Horana Papaya Hybrid 01' using shoot tip. **World Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 15-19, 2022. http://dx.doi.org/10.12691/wjar-10-1-3

ZHAO, X.; SONG, J.; ZENG, Q.; MA, Y.; FANG, H.; YANG, L.; DENG, B.; LIU, J.; FANG, J.; ZUO, L.; YUE, J. Auxin and cytokinin mediated regulation involved in vitro organogenesis of papaya. **Journal of Plant Physiology**, v. 260, p. 153405, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153405

EFEITO DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO HÍBRIDO 'TAINUNG 01'

Octávio Torezani[1], Letícia Cesconeto[1], Luiz Carlos Pimentel Almeida[1]*

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IFES Campus Santa Teresa, Santa Teresa, ES, Brasil. *luiz.almeida@ifes.edu.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical propagada comercialmente, em grande parte, por sementes, de modo que a qualidade fisiológica destas influencia a uniformidade e o estabelecimento das mudas. Sementes de mamoeiro podem apresentar emergência lenta e desuniforme, em razão de fatores associados à dormência, à sarcotesta, à presença de compostos inibidores e às condições de embebição e temperatura (Gherardi; Valio, 1976; Furutani; Nagao, 1987; Tokuhisa *et al*., 2007).

Para o grupo Formosa e, especificamente, para o híbrido 'Tainung 01', tratamentos pré-germinativos têm sido estudados como estratégia para modificar a germinação e o vigor. Tokuhisa *et al*. (2007) verificaram influência da remoção da sarcotesta e de tratamentos com ácido giberélico, nitrato de potássio e armazenamento; Lopes *et al*. (2009) observaram resposta da cultivar Tainung 01 ao estádio de maturação do fruto e à aplicação de GA_3. Esses resultados evidenciam a sensibilidade das sementes de mamoeiro às condições impostas antes da semeadura.

Nesse contexto, nanomateriais à base de carbono constituem uma alternativa de interesse para o tratamento de sementes, porém sua resposta biológica pode depender fortemente da concentração empregada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento pré-semeadura com diferentes concentrações de nanopartículas de carbono sobre a emergência e a velocidade de emergência de plântulas de mamoeiro híbrido 'Tainung 01'.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus Santa Teresa, Santa Teresa, Espírito Santo, utilizando sementes de mamoeiro (*C. papaya*) do híbrido 'Tainung 01'. Foram avaliados cinco tratamentos: T0 - 0 ppm (controle em água destilada); T1 - 20 ppm; T2 - 40 ppm; T3 - 60 ppm; e T4 - 80 ppm de nanopartículas de carbono.

Previamente ao tratamento das sementes, as soluções foram submetidas a banho de ultrassom durante 10 min, visando favorecer a dispersão das nanopartículas. Em seguida, as sementes foram imersas nas

respectivas soluções por 4h; no controle, permaneceram imersas em água destilada pelo mesmo período.

Após o tratamento, as sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno de 200 células, com dimensões de 53,5 × 27 × 5 cm, preenchidas com substrato comercial Bioplant®. O experimento foi constituído por 12 repetições de 10 sementes por tratamento, correspondendo a 120 sementes por tratamento e 600 sementes no total. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação com cobertura de sombrite de 50%, e a irrigação foi realizada manualmente.

A emergência foi acompanhada diariamente durante 30 dias após a semeadura, registrando-se o número de plântulas emergidas. A partir das contagens foram obtidos a porcentagem final de emergência (E%), o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME). Nesta versão, os resultados são apresentados de forma descritiva a partir dos valores agregados por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve emergência durante os primeiros 13 dias. A emergência iniciou-se no 14º dia e aumentou progressivamente nos tratamentos. Aos 30 dias, foram contabilizadas 66, 69, 60, 52 e 25 plântulas emergidas em T0, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Considerando 120 sementes por tratamento, esses valores correspondem a 55,00; 57,50; 50,00; 43,33 e 20,83% de emergência.

A Figura 1 evidencia a evolução temporal da emergência. T1 (20 ppm) apresentou maior emergência acumulada durante grande parte do período após o início da emergência, enquanto T4 (80 ppm) se distanciou dos demais tratamentos e atingiu o menor valor final.

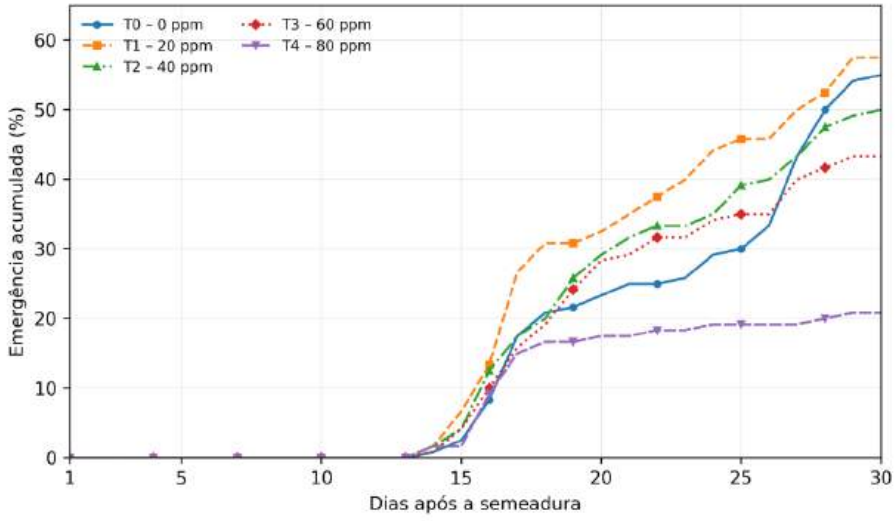


Figura 1 - Emergência acumulada (%) de plântulas de mamoeiro híbrido 'Tainung 01' ao longo de 30 dias após tratamento das sementes com 0, 20, 40, 60 e 80 ppm de nanopartículas de carbono.

O maior percentual numérico de emergência foi observado em T1 (57,50%), ligeiramente superior ao controle (55,00%). A partir de 20 ppm, observou-se redução progressiva da emergência final com o aumento

da concentração. Em relação ao controle, T2, T3 e T4 apresentaram reduções relativas de aproximadamente 9,1%, 21,2% e 62,1%, respectivamente. O efeito foi, portanto, especialmente pronunciado em 80 ppm.

Tabela 1 - Emergência final e índices de emergência de plântulas de mamoeiro híbrido 'Tainung 01' após tratamento das sementes com diferentes concentrações de nanopartículas de carbono

Tratamento	Concentração (ppm)	Plântulas emergidas	Emergência (%)	IVE	TME (dias)
T0	0	66	55,00	3,10	22,53
T1	20	69	57,50	3,56	20,42
T2	40	60	50,00	3,04	20,73
T3	60	52	43,33	2,69	20,21
T4	80	25	20,83	1,44	18,00

IVE= Índice de Velocidade de Emergência; TME= Tempo Médio de Emergência.

O IVE apresentou comportamento coerente com a emergência final: T1 apresentou o maior valor (3,5590), seguido por T0 (3,0993), T2 (3,0405), T3 (2,6870) e T4 (1,4356). O IVE em 80 ppm foi aproximadamente 53,7% inferior ao controle, reforçando o efeito inibitório da maior concentração. Embora T4 apresente menor TME, esse valor deve ser interpretado em conjunto com sua baixa emergência final, pois foi calculado apenas a partir do conjunto reduzido de plântulas que efetivamente emergiram.

A germinação lenta e irregular de sementes de mamoeiro é descrita na literatura. Bhattacharya e Khuspe (2001) observaram ampla variação entre cultivares e resposta a tratamentos pré-semeadura, enquanto Furutani e Nagao (1987) verificaram alterações na emergência em função da temperatura e de tratamentos com KNO_3 e GA_3. Em 'Tainung 01', Tokuhisa *et al*. (2007) demonstraram que a dormência e a velocidade de germinação podem ser modificadas por tratamentos pré-germinativos, e Lopes *et al*. (2009) evidenciaram efeito do estádio de maturação e da GA_3.

Os resultados deste estudo sugerem resposta dependente da concentração das nanopartículas de carbono. A concentração de 20 ppm manteve a emergência final em nível semelhante e numericamente superior ao controle, além de apresentar o maior IVE. Em contraste, o aumento da concentração foi acompanhado por redução progressiva da emergência, com forte efeito em 80 ppm. A confirmação de eventual efeito estimulatório em 20 ppm, contudo, requer análise inferencial com os dados individuais das 12 repetições; por isso, não se atribui significância estatística às diferenças descritivas apresentadas.

CONCLUSÕES

O tratamento pré-semeadura com nanopartículas de carbono indica uma possível resposta dependente da concentração na emergência de plântulas de mamoeiro híbrido 'Tainung 01'. A concentração de 20 ppm

apresenta os maiores valores numéricos de emergência final (57,50%) e IVE (3,5590), enquanto concentrações superiores resultam em redução progressiva desses parâmetros. A concentração de 80 ppm apresenta o efeito inibitório mais pronunciado, com 20,83% de emergência e IVE de 1,4356. Os resultados justificam novos estudos em concentrações inferiores ou próximas a 20 ppm e análise estatística detalhada das unidades experimentais para definição da faixa ótima de aplicação.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus Santa Teresa, pelo apoio e pela infraestrutura disponibilizados para a realização do experimento.

REFERÊNCIAS

BHATTACHARYA, J.; KHUSPE, S.S. *In vitro* and *in vivo* germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. **Scientia Horticulturae**, v. 91, n. 1-2, p. 39-49, 2001. DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00237-0

BERTOCCI, F.; VECCHIO, V.; CASINI, P. Effect of seed treatment on germination response of papaya (*Carica papaya* L.). **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 11, n. 2, p. 99-102, 1997.

FURUTANI, S.C.; NAGAO, M.A. Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 1-2, p. 67-72, 1987. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-4238(87)90017-3

GHERARDI, E.; VALIO, I.F.M. Occurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. **Journal of Horticultural Science**, v. 51, n. 1, p. 1-14, 1976.

LANGE, A.H. Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. **Botanical Gazette**, v. 122, n. 4, p. 305-311, 1961.

LOPES, A.W.P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

NAGAO, M.A.; FURUTANI, S.C. Improving germination of papaya seed by density separation, potassium nitrate, and gibberellic acid. **HortScience**, v. 21, p. 1439-1440, 1986.

PAZ, L.; VÁZQUEZ-YANES, C. Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in Mexico. **Tree Physiology**, v. 5, p. 277-280, 1989.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L. A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100018.

WOOD, C.B.; PRITCHARD, H.W.; AMRITPHALE, D. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. **Seed Science Research**, v. 10, n. 2, p. 135-145, 2000.

ESTABELECIMENTO, MICROPROPAGAÇÃO E ENRAIZAMENTO *IN VITRO* DE MAMOEIROS DA CULTIVAR ALIANÇA

Yohonatan Alain Duque Aurazo[1]*, Andressa Moratti Campista[1], Mírian Piassi[2], Patricia M. B. Fernandes[1], José Aires Ventura[1,2]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural-Incaper, Vitória, ES. *yohanatan.aurazo@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um dos frutos mais comercializados em todo o mundo; o Brasil, juntamente com a Índia, República Dominicana, Indonésia, México, Nigéria e a China, são os principais produtores, com 1.149.300 t/ano e exportações no valor de US$ 58.090.000, gerando importantes benefícios econômicos e sociais (FAOSTAT, 2024).

No entanto, a cultura enfrenta limitações, como pragas e doenças causadas por insetos, fungos, bactérias e vírus (Martins *et al*., 2024; Lima *et al*., 2001). Outra dificuldade é que *C. papaya* é dióica, ou seja, apresenta indivíduos masculinos, femininos e hermafroditas, o que exige estratégias de manejo pelos produtores, recomendando-se plantar no mínimo três plantas por cova até a sexagem na floração, para garantir a presença de plantas hermafroditas, o que acarreta gastos e exige mão de obra qualificada (Ávila *et al*., 2023; Martins *et al*., 2024). O ideal seria dispor desde o início de mudas hermafroditas, que além de oferecerem vantagens econômicas, produzem frutos mais demandados no mercado (Díaz *et al*., 2013; Barboza *et al*., 2019).

Para superar essas limitações, a biotecnologia oferece a possibilidade do cultivo de tecidos vegetais *in vitro*, que permite clonar plantas em condições controladas, mantendo as características da planta-matriz (Vidal *et al*., 2013). Dentre esses métodos, destacam-se: (a) Estabelecimento, que consiste em introduzir material vegetal de campo ou casa de vegetação em condições *in vitro*, livres de contaminantes, usando soluções desinfetantes; (b) Micropropagação, que utiliza partes vegetativas totipotentes para regenerar novas plantas, permitindo a produção em larga escala a partir de material inicial limitado; e (c) Enraizamento, em que, regulando as concentrações de reguladores de crescimento no meio de cultura, pode-se induzir respostas, como o desenvolvimento de raízes (Delgado; Rojas, 2001).

O presente trabalho avaliou-se o estabelecimento, micropropagação, e enraizamento *in vitro* de *C. papaya* da cv. Aliança, com o objetivo de estabelecer um protocolo eficiente de produção de mudas que possa viabilizar a expansão da cultura e sirva de base para futuros programas de melhoramento genético ou conservação de germoplasma.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio (LBAA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) durante 2025-2026. O material inicial foram plântulas com 60 dias, germinadas a partir de sementes coletadas na fazenda Caliman (Linhares, ES), provenientes de plantas sadias com características comerciais desejáveis. A germinação em casa de vegetação incluiu um tratamento pré-germinativo com ácido giberélico agroindustrial "ANS Agrotech solutions" a 0,1 % durante 12-24 h. Em seguida, foram semeadas em bandejas plásticas (6×8 células, 10 g/célula) com turfa esterilizada em autoclave e regadas duas vezes por semana com água destilada.

Aos 45 dias, as plântulas foram pulverizadas com fungicida Orthocide 500 (0,24 % p/v, Captan 0,12 %) por duas semanas. Posteriormente, foram cortados os caules tenros de 10 cm, lavados com solução de detergente comercial neutro Bio-Kriss (0,06% v/v, LAS 5%) e água destilada; e desinfestados em câmara de fluxo laminar vertical com álcool a 70 % durante 1 min, depois em hipoclorito de sódio comercial diluído 1:4 (2,5 % de cloro ativo) por 5 min, e enxaguados três vezes com água destilada estéril. Em ambiente asséptico na câmara de fluxo vertical foram seccionados segmentos caulinares contendo um nó, e inoculados em meio MS (Murashige; Skoog, 1969) suplementado com 1,0 mg/L de tiamina-HCl, 100 mg/L de mio-inositol, 0,5 mg/L de piridoxina, 3 % de sacarose e diferentes concentrações de benzilaminopurina (BAP), ácido giberélico (AG_3), ácido naftalenoacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB) e sulfato de adenina. O pH foi ajustado para 5,5-5,8 com NaOH e HCl 0,1 M.

Para os experimentos de micropropagação, organogênese e enraizamento, foram utilizados explantes já estabelecidos em condições *in vitro*. O material foi incubado a 26 °C, ~2.000 lux e fotoperíodo de 16/8 h (luz/escuro) durante 30 dias, após esse período, foram avaliados os seguintes parâmetros: percentual de sobrevivência, altura do explante, número de folhas, tamanho das folhas, percentual de formação de calos, percentual de brotação, percentual de enraizamento.

Os dados foram analisados (ANOVA y Test de tukey 95%) com o IBM SPSS Statistics v. 21.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabelecimento *in vitro*

A contaminação foi inferior a 5% e foi causada por bactérias. Não houve diferenças significativas nos valores das variáveis avaliadas dos explantes. Observou-se brotação de até 100% no tratamento T1 com baixa concentração de regulador de crescimento (BAP 0,1 mg/L) e a presença de calo foi constante (Tabela 1).

Solis *et al*. (2011) demonstraram a importância do sulfato de adenina (10 mg/L) e BAP (0,5 mg/L) no estabelecimento. Kumari *et al*. (2023) obtiveram menos ao 50 % de estabelecimento sem reguladores, utilizando apenas glicina e caseína hidrolisada. Al-Drisi *et al*. (2022), avaliando diferentes concentrações de sacarose para o estabelecimento de *C. papaya*, concluíram que 3% era o ideal, coincidindo com o utilizado em

nossos experimentos (Figura 1A).

Tabela 1 - Avaliação após 30 dias do estabelecimento *in vitro* de *C. papaya*, cv. Aliança, utilizando diferentes concentrações de BAP em meio MS, com seções de nós laterais de uma casa de vegetação como explantes

Tratamento	BAP (mg/L)	AG3 (mg/ L)	Sulfato de adenina (mg/L)	Tamanho (cm)	N° folhas	Calogênese (%)	Brotamento (%)
T1	0,1	0,5	30	1,0 ± 0,1	4	100	100
T2	0,2	0,5	30	0,6 ± 0,1	4	66,6	83.3
T3	0,5	0,5	30	0,5 ± 0,2	4	71,4	57,1

Os valores representam a média ± erro padrão (n = 8 repetições). Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

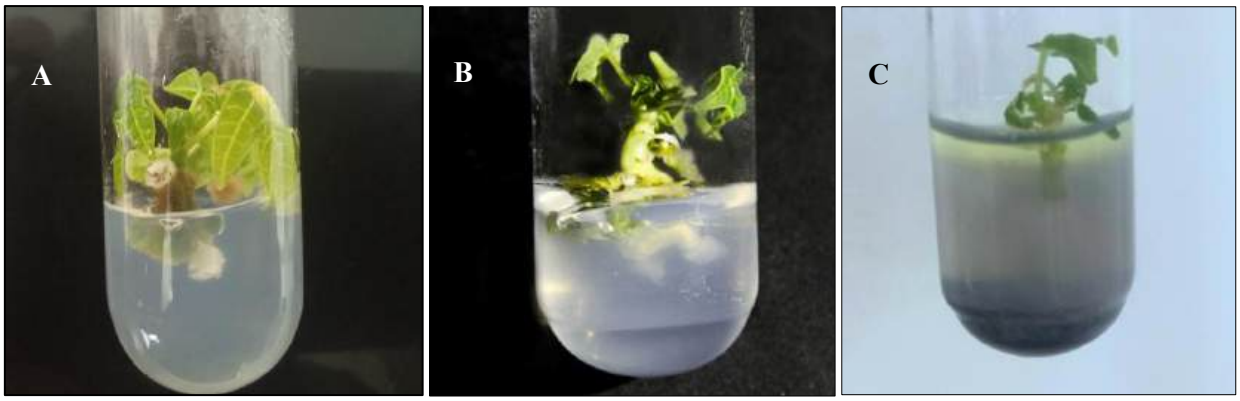


Figura 1 - Micropropagação *in vitro* de *C. papaya*, cv. Aliança: A). Estabelecimento *in vitro* no tratamento T1 (BAP 0,1 mg/L) partindo dos nós da casa de vegetação, B). Muda cultivada no tratamento M2 (BAP 0,5 mg/L, ANA 0,5 mg/L), C). Enraizamento *in vitro* segundo Drew (1990), usando meio de dupla fase.

Micropropagação

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. O controle M0 (sem reguladores) apresentou o maior desenvolvimento, atingindo uma altura de 1,5 cm. A adição de BAP 0,5 e 1,0 mg/L reduziu o tamanho das plântulas nos tratamentos M1 e M2 (Tabela 2). Da mesma forma, o aparecimento de calos estava relacionado à concentração de BAP. Al-Drisi *et al*. (2022) relataram o maior número de brotos com BAP (1,5 mg/L) e ANA (0,5 mg/L). Waidyaratne *et al.* (2022), utilizando BAP e ANA (0,5 mg/L), obtiveram até 5 brotos por explante. López *et al*. (2023) utilizaram BAP (0,5 mg/L), ANA (0,1 mg/L), GA_3 (0,5 mg/L), alcançando uma altura de 3,2 ± 0,2 cm e 4,1 ± 0,2 folhas às 8 semanas. Solis *et al.* (2011) empregaram sulfato de adenina com ácido giberélico para a multiplicação, obtendo plântulas de 1,5 cm aos 35 dias.

Tabela 2 - Avaliação após 45 dias de cultivo em meio de micropropagação de *C. papaya* cv. Aliança, utilizando diferentes concentrações de BAP e ANA em meio MS, com plântulas *in vitro* como explantes

Tratamento	BAP (mg/L)	ANA (mg/L)	Sulfato de adenina (mg/L)	Tamanho (cm)	N° folhas	Calogênese (%)	Brotamento (%)
M 0	0,0	0,0	30	1,5 ± 0,1 a	10	42,8	100
M 1	0,5	0,5	30	0,9 ± 0,1 b	9	96.3	92,6
M 2	1,0	0,5	30	0,8 ± 0,1 b	9	95.5	93,3

Os valores representam a média ± erro padrão (n = 25 repetições). Diferenças estatisticamente significativas foram detectadas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

Enraizamento

Aplicamos a técnica de enraizamento proposta por Drew (1990). Ela consiste em cultivar as plântulas em um meio de cultura inicial com AIB (2,0 mg/L) durante dois tempos diferentes: 4 e 7 dias, para estimular a formação de raízes. Passado esse período, os explantes são transferidos para um meio de cultura final, onde foram avaliados dois sistemas: meio sólido e meio de dupla fase. No entanto, os resultados mostraram um baixo percentual de enraizamento. O tratamento mais bem-sucedido alcançou apenas 25% (Tabela 3). Waidyaratne *et al*. (2022) obtiveram uma porcentagem de enraizamento de 86% e a obtenção de raízes adequadas para a aclimatação com 2,0 mg/L de AIB. Kumari *et al*. (2023) registraram valores por explante estatisticamente superiores quanto ao número de raízes e à porcentagem de formação de raízes no meio MS/2 suplementado com 3,0 mg/L de AIB (1,58 e 28,47 %, respectivamente). Solis *et al.* (2011), utilizando AIB (3,0 mg/L), obtiveram até uma porcentagem de enraizamento de 83,33%, com raízes de 7,4 mm de tamanho, ao final de 21 dias. Todos esses autores demonstraram que o uso de AIB em valores superiores a 2,0 mg/L é eficiente, mas, ao aplicá-lo, a formação de calos é inevitável.

Tabela 3 - Avaliação após 30 dias de cultivo em meio do enraizamento *in vitro* de *C. papaya,* cv. Aliança utilizando os tratamentos segundo Drew (1990), com plântulas *in vitro* como explantes

Tratamento	Meio Inicial		Meio final	Tamanho (cm)	Sobrev. (%)	Calogênese (%)	Enraizamento (%)
	AIB (mg/L)	Tempo (dias)					
D1	2.0	4	MS sólido	0.63	100	100	0
D2	2.0	4	MS Dupla fase	0.60	40	40	0
D3	2.0	7	MS sólido	0.75	100	100	0
D4	2.0	7	MS Dupla fase	0.70	50	75	25

Os valores representam a média (n = 8 repetições). Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

CONCLUSÕES

O estabelecimento *in vitro* foi eficaz, com baixa contaminação e alta brotação (100%) com BAP 0,1 mg/L, embora a formação de calos tenha sido constante. No entanto, na micropropagação, a ausência de reguladores favoreceu o desenvolvimento, enquanto o BAP reduziu o tamanho. O enraizamento foi deficiente (máx. 25%), muito abaixo do relatado, o que indica que o protocolo com AIB e o sistema de dupla fase requerem ajustes para otimizar o processo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, À SEAG/Inovagro e FAPES pelo apoio financeiro ao projeto. À CAPES pelo apoio financeiro e à OEA e UFES bolsa de estudos (CAPES - 8887.949944/2024-00).

REFERÊNCIAS

AL-DRISI, E.E.; IBRAHIM, M.A.; JASIM, A.M. Impact of different sucrose concentrations on shoot multiplication of papaya (*Carica papaya* L.) cultured *in vitro*. **Basrah Journal of Agricultural Sciences**, v. 35, n. 2, p. 240 - 247. 2022. DOI: 10.37077/25200860.2022.35.2.171

ÁVILA, J.L.H., CARDENAS, M.R.A., CAMAS, A.R., MARTINEZ, A.A. Sex determination in papaya: current status and perspectives. **Plant Science**, v. 335, n. 1, p. 111814. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111814.

BARBOZA, B.L.; ARAYA, V.E.; BOGANTES, A.; HOLST, A.; VARGAS, M.C.; GÓMEZ, A.L. CHAVARRÍA, M. Field performance of hermaphrodite papaya plants obtained through molecular selection and micropropagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n. 4, p. 420-427. 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a59

DELGADO, G.E.; ROJAS, I.C. **Cultivo de tejidos vegetales I: fundamentos y aplicaciones**. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedo Ruiz Gallo. 2001. 262 p.

DÍAZ, A.L., ANGULO, L.G., VEGAS, A.G., SANDREA, Y.R., *et al*. Evaluation of two types of SCAR markers to determine sex in papaya variety Maradol. **Agronomía Tropical**, v. 63, n. 1 - 2, p. 93-100. 2013. Disponível em: https://ve.scielo.org/pdf/at/v63n1-2/art10.pdf

DREW, R.A.; MCCOMB, J.A.; CONSIDINE, J.A. Rhizogenesis and root growth of *Carica papaya* L. *in vitro* in relation to auxin sensitive phases and use of riboflavin. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 33, n. 1, p. 1-7. 1993. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01997591

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Data**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/. Acesso em: 02 ago. 2026

KUMARI, R.; KUNDU, M.; MIR, H.; KUMAR, P. *In vitro* regeneration technique of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Pusa Dwarf through shoot tip culture. **National Academy Science Letters**, v. 46, n. 1, p.1-5. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s40009-022-01186-8

LIMA, R.C.A.; LIMA, J.A.A.; SOUZA JR. M.T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G.P. Etiologia e estratégias de

controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 689-702. 2001. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000400001

LÓPEZ, C.E.; LOPEZ, M.G.; REGALADO, J.J. *In Vitro* Long-term cultures of papaya (*Carica papaya* L. cv. Solo). **Horticulturae**, v. 9, n. 6, p. 671. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae9060671

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Incaper. Vitoria-ES. 2024. 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MURASHIGE, T.; SKOOG, F.A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 1, p. 473- 479. 1962. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

SOLIS L, R.; OLIVERA, S.J.; LA ROSA, L.R S. Propagación *in vitro* de *Carica papaya* var. PTM-331 a partir de meristemos apicales. **Revista Peruana de Biología**, v. 18, n. 3, p. 343-348. 2026. Disponível em: https://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v18n3/a12v18n3.pdf

VIDAL, F.R.; DINIZ, J.D.N.; PEREIRA, D.A.; SILVA. F. Multiplicação *in vitro* de plantas juvenis de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 64-70, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100010

WAIDYARATNE, S.M.; SAMANMALIE, L.G.I.; BUDDHINIE, P.K.C. *In vitro* propagation of *Carica papaya* L. variety 'Horana Papaya Hybrid 01' using shoot tip. **World Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 15-19. 2022. DOI: https://doi.org/10.12691/wjar-10-1-3

DESENVOLVIMENTO DE UMA CONSTRUÇÃO CRISPR/CAS9 PARA TOLERÂNCIA À MELEIRA DO MAMOEIRO E CONTEXTO REGULATÓRIO PARA PLANTAS EDITADAS

Andressa Moratti Campista[1]*, Yohonatan Alain Duque Aurazo[1], Silas Pessini Rodrigues[2], Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES;
[2]Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Campus Duque de Caxias, RJ. *andressamoratti2@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera de expressiva relevância socioeconômica para o Brasil, destacando-se tanto pelo seu valor nutritivo quanto pela representatividade no mercado internacional. (FAOSTAT, 2024). Amplamente cultivado em regiões tropicais e subtropicais (Perez-Brito *et al.*, 2012), o Brasil posiciona-se como um dos principais produtores mundiais da fruta, registrando uma produção anual superior a 1,1 milhão de toneladas, o que corresponde a cerca de 8% a 9% da produção global e movimentando um valor bruto de produção agrícola estimado em mais de US$ 400 milhões (FAOSTAT, 2024). Além da expressiva representatividade em volume, a fruticultura brasileira destaca-se no rendimento produtivo, com uma produtividade média aproximada de 44,1 toneladas por hectare, o que coloca o país entre as maiores produtividades agrícolas mundiais para a cultura (FAOSTAT, 2024).

Apesar da relevância da cultura, a produção de mamão ainda enfrenta desafios que comprometem sua produtividade e competitividade nos mercados nacional e internacional. Entre as principais dificuldades estão os problemas fitossanitários ocasionados por pragas e, sobretudo, por doenças virais. Dentre as viroses, destaca-se o papaya meleira virus (PMeV) e o papaya meleira virus 2 (PMeV2) que juntos causam a doença da meleira do mamoeiro (Antunes *et al*., 2016), acarretando em perdas significativas, econômica e social (Vieira *et al*., 2024). Um dos sintomas característicos da infecção viral é o escorrimento espontâneo de látex fluido nos frutos e folhas, que além de provocar um aspecto melado, que originou o nome da doença, também provoca lesões necróticas no ápice das folhas jovens (Rodrigues *et al*., 2009). O complexo viral (PMeV e PMeV2) pode infectar pelo menos 20% das plantas durante o ciclo de cultivo (Ventura *et al*., 2003). Até o momento, não existem cultivares comerciais resistentes à doença, e as estratégias de manejo baseiam-se, principalmente, na eliminação de plantas sintomáticas, medida que apresenta eficiência limitada devido ao longo período assintomático da infecção. A falta desse manejo pode comprometer toda área plantada, destruindo completamente o rendimento da lavoura (Galeano *et al*., 2022).

Como resposta aos desafios no manejo de fitopatologias, a biotecnologia tem se mostrado fundamental

para o agronegócio. Pesquisas recentes evidenciam a eficácia do sistema CRISPR/Cas9 na edição genômica, consolidando essa tecnologia como uma plataforma com elevado potencial para programas de melhoramento genético. Essa ferramenta funciona como uma verdadeira "tesoura molecular" capaz de editar genes específicos da planta para combater diversos patógenos, como por exemplo, o vírus da meleira. Entretanto, o sucesso dessa tecnologia no mercado global está condicionado a harmonização legislativa internacional (Fernandes *et al*., 2022) Diante da nova sinalização da União Europeia no alinhamento e flexibilização das normas para plantas obtidas por Novas Técnicas Genômicas (NGTs) reforça a urgência da harmonização internacional das diretrizes de biossegurança. Esse alinhamento é decisivo para reduzir barreiras comerciais e viabilizar a comercialização em larga escala do mamão editado por CRISPR (Favaratto *et al*., 2026).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma construção baseada no sistema CRISPR/Cas9 direcionada à edição de genes candidatos relacionados à resposta da meleira do mamoeiro e, ao mesmo tempo, contextualizar os desafios regulatórios internacionais necessários para a futura consolidação e comercialização dessa tecnologia.

MATERIAL E MÉTODOS

A escolha dos genes-alvo para edição teve como referência o trabalho de expressão gênica de Madroñero *et al*. (2018) em mamoeiros acometidos pelos vírus da meleira, analisando as fases assintomática (pré-florescimento) e sintomática (pós-florescimento). Foram priorizados os genes com alta expressão durante a fase com sintomas e reprimidos no estágio assintomático, o que indica seu potencial envolvimento na resposta imune da planta e na relação planta-patógeno.

Para o desenvolvimento da construção CRISPR/Cas9, foi inicialmente definida uma região específica do gene-alvo apta ao reconhecimento pela endonuclease Cas9. A seleção levou em consideração a presença do motivo PAM (Protospacer Adjacent Motif), priorizando sequências do tipo NGG, além da especificidade do sítio de ligação, buscando reduzir a probabilidade de edições em regiões não desejadas do genoma. Essa etapa de verificação *in silico* visa atender às diretrizes regulatórias vigentes para organismos editados, reduzindo o risco de mutações secundárias não intencionais (Modrzejewski *et al*., 2020). A sequência do RNA-guia (gRNA) foi desenhada manualmente a partir de sequências gênicas obtidas na plataforma Phytozome (https://phytozome-next.jgi.doe.gov/), e posteriormente inserida em um vetor binário pKSE401 contendo o sistema CRISPR/Cas9, apropriado para transformação mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. A construção recombinante foi introduzida em células competentes de *Escherichia coli (E.coli)* para amplificação plasmidial, sendo os clones obtidos avaliados por técnicas de biologia molecular para confirmação da presença do inserto correspondente ao gRNA. Após a validação da construção, o plasmídeo foi introduzido em células de *Agrobacterium tumefaciens*, visando sua utilização em experimentos futuros de transformação genética de tecidos de mamoeiro (Figura 1).

O uso do vetor pKSE401 permitirá que, nas etapas posteriores de regeneração e seleção das plantas

editadas, a segregação genômica seja empregada para a eliminação das sequências exógenas do DNA de transferência (T-DNA). Essa etapa metodológica visa à obtenção de linhagens editadas isentas de DNA exógeno, sendo essencial para o enquadramento regulatório da cultura como não-transgênica junto aos órgãos reguladores como a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) no Brasil (CTNBio, 2018).

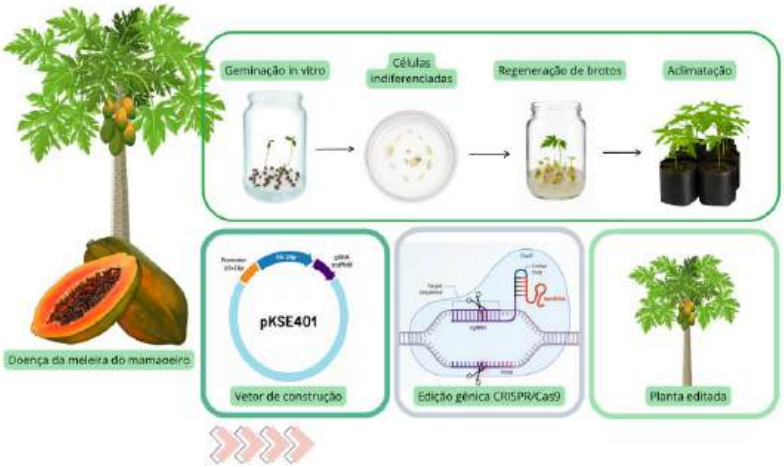


Figura 1 – Representação esquemática do fluxo de edição gênica via CRISPR/Cas9 e regeneração *in vitro* de mamoeiro. Etapas do cultivo *in vitro* (germinação *in vitro*, células indiferenciadas, regeneração de brotos e aclimatação); vetor de construção pKSE401; mecanismo de edição gênica CRISPR/Cas9 e obtenção da planta editada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A clonagem dos gRNAs no vetor binário pKSE401 foi conduzida por meio da técnica de *Golden Gate Assembly*. A reação de ligação resultante foi utilizada na transformação por eletroporação para os seis genes-alvo selecionados na etapa *in silico*. Após a incubação, a transformação bacteriana em *E.coli* apresentou eficiência para quatro dos seis genes trabalhados, evidenciada pelo surgimento de colônias recombinantes seletivas. As colônias obtidas foram devidamente repicadas, quantificadas e isoladas. A confirmação da clonagem do cassete contendo o gRNA no vetor foi avaliada por PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) convencional utilizando iniciadores ancorados na região do promotor U626. No vetor não recombinante, há presença do gene marcador de resistência à espectinomicina que possibilita a amplificação de um fragmento de 1500 pb. A troca eficiente dessa região pelo gRNA resulta na substituição do trecho original e na amplificação do fragmento esperado de aproximadamente 400 pb.

Após a confirmação da clonagem dos gRNA no vetor para os genes-alvo validados, o Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio (LBAA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) deu início ao estabelecimento e à otimização dos protocolos de transformação bacteriana via *Agrobacterium tumefaciens*. As construções recombinantes confirmadas foram introduzidas em células competentes de *A. tumefaciens* para posterior utilização nos ensaios de infecção e transformação vegetal. Essa etapa é importante para garantir a

estabilidade do vetor recombinante e a eficiência de transferência do T-DNA contendo o sistema CRISPR/Cas9 para o genoma do mamoeiro.

Em paralelo às etapas de biologia molecular, o laboratório vem desenvolvendo e padronizando as etapas de cultura de tecidos de *C. papaya*, condição indispensável para a obtenção de plantas editadas. Os trabalhos concentram-se na indução e manutenção de calos embriogênicos e explantes foliares em meios de cultura específicos suplementados com reguladores de crescimento vegetais. O ajuste das condições de assepsia, indução de organogênese e embriogênese somática e regeneração *in vitro* visa assegurar uma alta taxa de regeneração de plântulas após os eventos de co-cultivo com *A. tumefaciens*, viabilizando a futura seleção e caracterização das linhagens de mamoeiro com os genes editados (Figura 1).

A etapa da cultura de tecidos constitui também uma das etapas mais importantes não apenas para a regeneração física das plântulas de mamoeiro, mas também para o direcionamento da sua aceitação no mercado. A análise do mercado regulatório internacional apresentada por Favaratto *et al*. (2026) mostra a assimetria nas legislações aplicadas a plantas editadas por CRISPR em importantes países produtores e importadores de mamão. Anteriormente, o cenário regulatório apresentava grande assimetria, uma vez que a União Europeia (EU) enquadrava todas as plantas editadas na rigorosa legislação de OGMs. Contudo, com a aprovação do Regulamento 2026/1388 (UE), que instituiu a categoria NGT-1 para edições sem introdução de DNA exógeno, a UE alinhou-se a países como Brasil e Estados Unidos, que focam no produto final (Tabela 1). Essa mudança reduz as barreiras comerciais e valida a estratégia metodológica adotada neste trabalho para a obtenção de linhagens isentas de T-DNA.

Tabela 1 - Panorama regulatório global de mamoeiro editado via CRISPR/Cas9 sem DNA exógeno

País/Região	Classificação Regulatória da Planta	Critério do Órgão Regulador	Impacto no comércio internacional
Brasil	Não-OGM (Convencional)	Avaliado pela CTNBio. Se não possuir DNA exógeno, é tratada como planta convencional	Facilita a produção nacional e a comercialização interna
Estados Unidos	Não-OGM (Isento de regulação)	Regulado pelo USDA. Se a modificação puder ocorrer na natureza, não passa por regulação de OGM	Altamente favorável para entrada e venda no mercado norte-americano
União Europeia	Não-OGM / NGT-1 (Regulamento 2026/1388)	Classificadas como NGT-1 (sem DNA exógeno e dentro dos limites de mutação), isentando-as das regras de OGMs a partir de julho/2028.	Reabertura do mercado europeu e redução de barreiras regulatórias para frutos CRISPR sem transgenes
México	OGM	Exige os mesmos testes rigorosos de biossegurança aplicados a plantas transgênicas	Restringe a circulação e o comércio regional da fruta editada
Índia e China	Variável por tipo de edição	Edições simples sem DNA exógeno têm regulação simplificada; se houver transgene, é OGM.	Tendência de abertura comercial para cultivares com mutações simples.

Fonte: Adaptado de Favaratto *et al*. (2026); Sheridan, 2026.

CONCLUSÃO

O presente trabalho avançou no desenvolvimento de construções via CRISPR/Cas9 direcionadas ao combate à meleira do mamoeiro, confirmando a clonagem dos RNAs-guia no vetor pKSE401 para a maioria dos genes-alvo selecionados. O estabelecimento dos protocolos de transformação em *Agrobacterium tumefaciens* e a padronização da cultura de tecidos consolidam a base metodológica para a futura obtenção de plantas editadas *in vitro*. Além disso, a estratégia adotada visa à remoção de sequências exógenas de T-DNA por segregação genômica. Essa etapa é importante para adequar a nova cultivar às normas da CTNBio no Brasil e contornar barreiras comerciais no cenário internacional, viabilizando o uso da tecnologia de edição gênica como uma solução segura e competitiva para o mercado internacional.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

ANTUNES, T.F.S.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA virus Papaya meleira virus and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. PLoS ONE, v. 11, n. 5, e0155240, 2016. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240

BRASIL. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Resolução Normativa nº 16, de 15 de janeiro de 2018. Estabelece os requisitos técnicos para apresentação de consulta prévia sobre Técnica de Melhoramento de Precisão. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 11, p. 12-13, 16 jan. 2018.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Data. Roma: FAO, 2024. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/. Acesso em: 03 ago. 2026.

FAVARATTO, L.; DA SILVA, M.L.; BUSS, D.S.; QUADROS, O.F.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. The regulatory frameworks surrounding CRISPR-edited papaya and their impact on international commerce. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 106, n. 11, p. 6262-6270, 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.70478

FERNANDES, P.M.B.; FAVARATTO, L.; FERNANDES, A.A.R.; VICIEN, C.; CAPALBO, D.M.F.; ZERBINI, F.M. To become more sustainable organic agriculture needs genome editing technology. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, v. 10, p. 913175, 2022.

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2022. 172 p.

MADROÑERO, J.; RODRIGUES, S.P.; ANTUNES, T.F.; ABREU, P.M.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.;

FERNANDES, P.M.B. Transcriptome analysis provides insights into the delayed sticky disease symptoms in *Carica papaya*. Plant Cell Reports, v. 37, n. 7, p. 967-980, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s0299-018-2283-x

MODRZEJEWSKI, D.; HARTUNG, F.; LEHNERT, H.; SPRINK, T.; KOHL, C.; KEILWAGEN, J.; WILHELM, R. Which factors affect the occurrence of off-target effects caused by the use of CRISPR/Cas: a systematic review in plants. Frontiers in Plant Science, v. 11, art. 574959, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.574959

PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, A.; NEXTICAPAN-GARCEZ, A.; MARTÍN-MEX, R. First report of Papaya meleira virus (PMeV) in Mexico. African Journal of Biotechnology, v. 11, n. 70, p. 13564-13570, 2012. DOI: https://doi.org/10.5897/AJB12.1189

RODRIGUES, S.P.; CUNHA, M.; VENTURA, J.A.; FERNADES, P.M.B. Effects of the Papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. Plant Cell Reports, v. 28, n. 6, p. 861-871, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/s00299-009-0673-7.

SHERIDAN, C. EU relaxes rules for gene-edited crops. Nature Biotechnology, v. 44, p. 1184, 2026. DOI: https://doi.org/10.1038/s41587-026-03264-4

VENTURA, J.A.; COSTA, H. Meleira do mamoeiro: etiologia, sintomas e epidemiologia. p. 267-276. In: MARTINS, D.S. (ed.). Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória-ES: Incaper, 2003.

VIEIRA, M.S.; CABRAL, R.L.R.; FAVARATTO, L.; MACIEL, L.S.; XAVIER, A.D.S.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. Tropical fruit virus resistance in the era of next-generation plant breeding. SynBio, v. 2, n. 3, p. 267-284, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/synbio2030018

CARACTERIZAÇÃO METABOLÔMICA DO LÁTEX DE *Carica papaya* L. POR RMN E GC-MS

João Henrique Leite Mendes[1]*, Gisele Cardoso de Amorim[1], Maíra Fasciotti[2], José Aires Ventura[3], Patricia Machado Bueno Fernandes[4], Silas Pessini Rodrigues[1]

[1]Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, RJ; [2]Laboratório de Análise Orgânica, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Duque de Caxias, RJ; [3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES; [4]Núcleo de Biotecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. *profjoaoleite.bio@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um dos principais frutos tropicais exportados mundialmente (FAO, 2026). No Brasil, sua produção é concentrada na Bahia e no Espírito Santo (IBGE, 2022), que enfrentam desafios devido à ocorrência de meleira do mamoeiro, uma doença causada pelo complexo papaya meleira virus (PMeV/PMeV2), que envolve o papaya meleira virus (PMeV), com genoma de dsRNA de ~8 kb) e PMeV2, com genoma de ssRNA, de ~4,5 kb (Sá Antunes *et al*., 2020). Até o presente, o complexo foi observado somente nos laticíferos das plantas doentes.

O látex é um fluido leitoso rico em proteases, produzido e armazenado em células denominadas laticíferos. Em plantas sintomáticas para meleira, o látex apresenta menor viscosidade e é exsudado espontaneamente, quando comparado com o látex de plantas saudáveis. No entanto, o mecanismo de movimentação dos vírus entre os tecidos ainda não está esclarecido (Merchán-Gaitán *et al*., 2024), o que sugere que os laticíferos possam atuar como vias de transporte de partículas virais na planta. O látex possui composição bioquímica complexa, incluindo macromoléculas, como proteínas e açúcares, e diversos metabólitos secundários, como fenóis, terpenos, cardenolídeos e alcaloides (Merchán-Gaitán *et al*., 2024). Entretanto, o metaboloma do látex de *C. papaya* e as variações na abundância de seus metabólitos em resposta ao estresse, especialmente durante a meleira, permanecem desconhecidos.

Elucidar a composição química do látex e as rotas bioquímicas associadas à meleira pode ampliar a compreensão dos eventos biológicos envolvidos na interação entre o complexo papaya meleira virus e os tecidos laticíferos de *C. papaya*. Além disso, esse conhecimento pode subsidiar o desenvolvimento de métodos de diagnóstico precoce, acessíveis e baseados em biomarcadores metabólicos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo caracterizar o perfil metabólico do látex de *C. papaya* por abordagens complementares de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS), estabelecendo uma base para estudos posteriores sobre alterações metabólicas associadas à meleira do mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de látex foram coletadas de frutos provenientes de plantas saudáveis e sintomáticas para meleira em áreas produtoras do norte do Espírito Santo, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e posteriormente liofilizadas. A caracterização metabolômica foi realizada por duas abordagens complementares. Extratos polares foram analisados por RMN de ^{1}H, incluindo experimentos uni e bidimensionais para anotação dos sinais, enquanto extratos orgânicos foram analisados por GC-MS. Os dados obtidos foram processados utilizando plataformas específicas para cada abordagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises por GC-MS e RMN revelaram perfis metabólicos complexos no látex de *C. papaya*. Os cromatogramas obtidos por GC-MS apresentaram ampla diversidade de sinais, com perfis globais visualmente semelhantes entre amostras provenientes de plantas saudáveis e sintomáticas (Figura 1). A identificação dos compostos detectados por essa abordagem encontra-se em andamento.

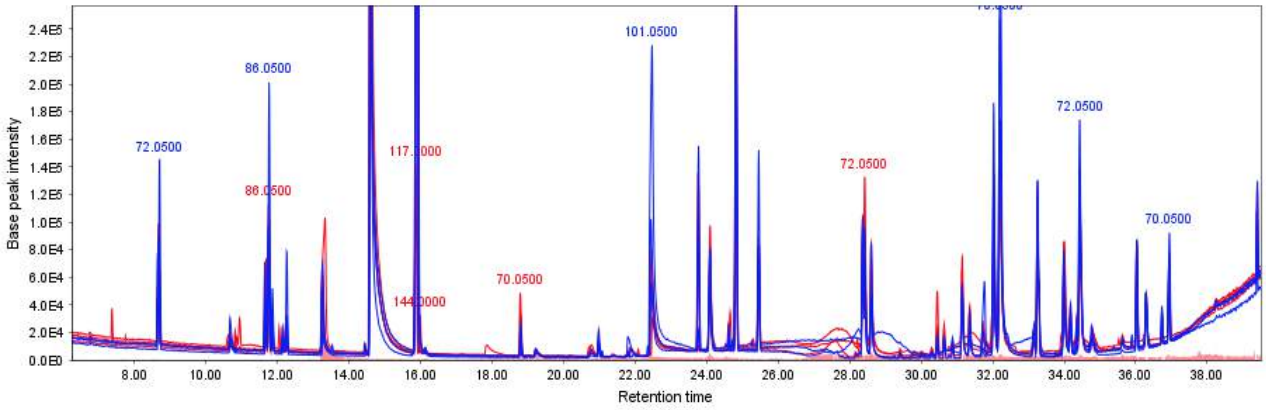


Figura 1 - Cromatograma de metabólitos detectados a partir de amostras de látex de *C. papaya* analisados utilizando-se GC-MS. Amostras saudáveis em azul e amostras sintomáticas em vermelho. n = 3.

De forma complementar, os espectros de RMN de ^{1}H também revelaram elevada complexidade química e ampla sobreposição visual entre os grupos avaliados (Figura 2). A combinação de experimentos uni e bidimensionais permitiu a anotação de dezenas de sinais compatíveis com metabólitos pertencentes a diferentes classes químicas, incluindo aminoácidos e derivados, carboidratos, compostos nitrogenados e ácidos orgânicos.

A elevada representação de aminoácidos e derivados é compatível com a intensa atividade proteolítica característica do látex de *C. papaya* (Rodrigues *et al*., 2012), embora esses compostos também participem de diferentes processos metabólicos e respostas de defesa vegetal (Zeier, 2013). A utilização complementar de

RMN e GC-MS amplia a cobertura química do látex e estabelece uma base analítica para investigar, em etapas posteriores, alterações metabólicas associadas à meleira.

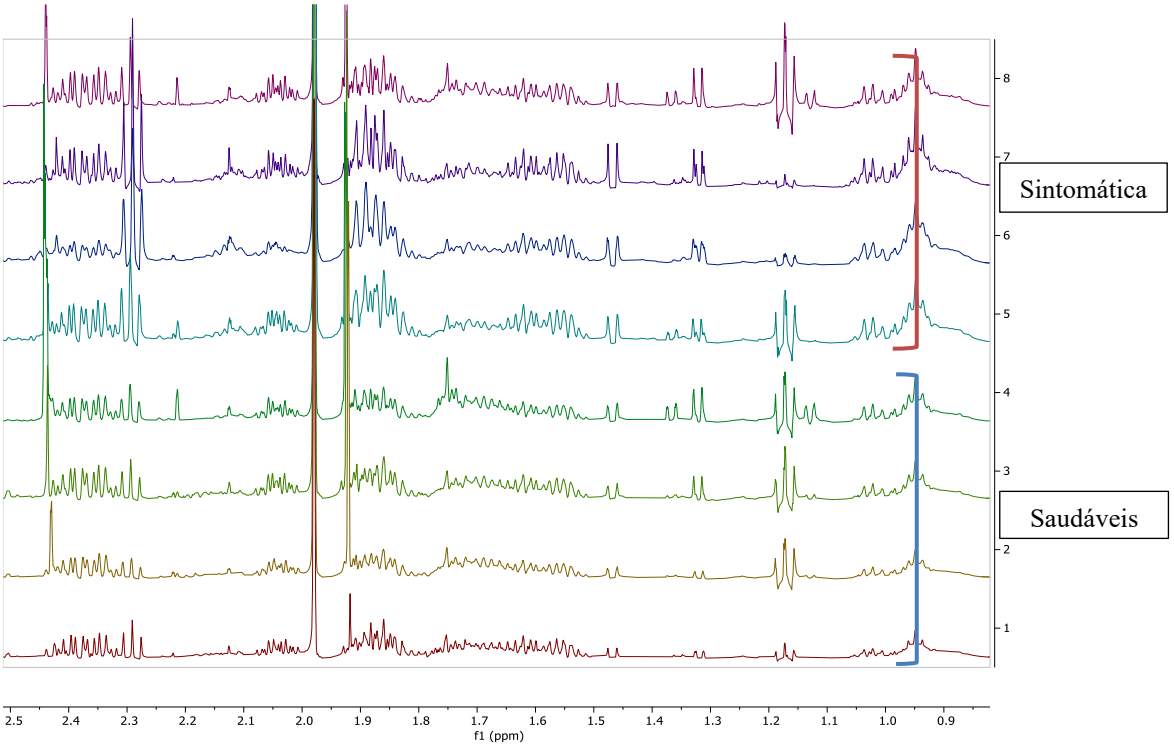


Figura 2 - Espectros 1D de ^{1}H do látex de *C. papaya* sintomáticos e saudáveis, obtidos através de RMN em campo de magnético de 500MHz. *n=4.*

CONCLUSÃO

A combinação de RMN e GC-MS permitiu caracterizar a elevada complexidade metabólica do látex de *C. papaya*, detectando sinais correspondentes a diferentes classes de metabólitos. Os perfis globais apresentaram ampla similaridade visual entre amostras de plantas saudáveis e sintomáticas, indicando a necessidade de análises quantitativas específicas para determinar alterações associadas à meleira. A abordagem estabelecida fornece uma base para a caracterização do metaboloma do látex e para estudos posteriores sobre sua modulação durante a interação com o complexo PMeV/PMeV2.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de doutorado concedida a João Henrique Leite Mendes (Processo nº E-26/204.753/2024) e pelo financiamento APQ1-FAPERJ concedido a Silas Pessini Rodrigues (Processo nº 210.334/2024). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Major tropical fruits market review**: preliminary results 2025. Rome: FAO, 2026. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd8314en. Acesso em: 28 ago. 2026.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agropecuária: mamão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br. Acesso em: 28 ago. 2026.

MERCHÁN-GAITÁN, J.B.; MENDES, J.H.L.; NUNES, L.E.C.; BUSS, D.S.; RODRIGUES, S.P.; FERNANDES, P.M.B. The role of plant latex in virus biology. **Viruses**, v. 16, n. 1, art. 47, 2024. DOI: 10.3390/v16010047

RODRIGUES, S.P.; VENTURA, J.A.; AGUILAR, C.; NAKAYASU, E.S.; CHOI, H.; SOBREIRA, T.J.P.; NOHARA, L.L.; WERMELINGER, L.S.; ALMEIDA, I.C.; ZINGALI, R.B.; FERNANDES, P.M.B. Label-free quantitative proteomics reveals differentially regulated proteins in the latex of sticky diseased *Carica papaya* L. plants. **Journal of Proteomics**, v. 75, n. 11, p. 3191-3198, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.03.021

SÁ ANTUNES, T.F.; MAURASTONI, M.; MADROÑERO, L.J.; FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J.M.; VENTURA, J.A.; ABREU, E.F.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. Battle of three: the curious case of papaya sticky disease. **Plant Disease**, v. 104, n. 11, p. 2754-2763, 2020. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-12-19-2622-FE

ZEIER, J. New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways. **Plant, Cell & Environment**, v. 36, n. 12, p. 2085-2103, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/pce.12122

INTERAÇÕES ENTRE *Chlamydomonas reinhardtii* E BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO VEGETAL VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE INOCULANTES PARA *Carica papaya* L.

Mayara Santana dos Santos[1]*, Karen Pessoa da Silva[1], José Aires Ventura[3,4], Adriana Silva Hemerly[2], Silas Pessini Rodrigues[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[4]

[1]Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; [2]Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; [3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Linhares, ES; [4]Núcleo de Biotecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. *contatomayaras@gmail.com

INTRODUÇÃO

O uso de microrganismos promotores do crescimento vegetal representa uma estratégia sustentável para aumentar o desenvolvimento e a resiliência das culturas agrícolas. Entre esses microrganismos, microalgas vêm despertando interesse como bioestimulantes devido à capacidade de produzir e liberar compostos bioativos, incluindo fitormônios, aminoácidos e substâncias poliméricas extracelulares. *Chlamydomonas reinhardtii*, além de ser um importante organismo modelo, apresenta potencial biotecnológico para aplicações agrícolas (Adoko *et al*., 2021; Bulgari *et al*., 2015).

Microalgas também podem estabelecer associações com bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCVs). Essas interações ocorrem na ficosfera, região adjacente às células algais enriquecida em compostos orgânicos, onde trocas de nutrientes e metabólitos podem favorecer a manutenção e a atividade dos diferentes microrganismos (Cooper; Smith, 2015; Solomon *et al*., 2023). A compatibilidade entre os componentes microbianos constitui, portanto, uma etapa importante para o desenvolvimento de inoculantes consorciados.

Nesse contexto, este estudo avaliou a compatibilidade de *C. reinhardtii* com diferentes BPCVs de interesse agrícola, como etapa inicial para a seleção de associações microbianas visando sua posterior aplicação em *Carica papaya* L.

MATERIAL E MÉTODOS

Chlamydomonas reinhardtii foi cultivada em meio TAP sob iluminação contínua, enquanto as cepas *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAL5, *Azospirillum brasilense* SP7, *A. baldaniorum* SP245 e *Herbaspirillum seropedicae* HRC54 foram cultivadas em meio DYGS. A compatibilidade entre a microalga e as bactérias foi avaliada por ensaio de disco-difusão, utilizando tapetes bacterianos padronizados e discos

contendo a suspensão de *C. reinhardtii*. Os ensaios foram conduzidos a 21 e 30 °C, considerando as temperaturas de cultivo da microalga e das bactérias/plantas, respectivamente. A ocorrência de inibição e o desenvolvimento da microalga na presença das diferentes linhagens bacterianas foram acompanhados durante 15 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observados halos de inibição entre *C. reinhardtii* e as bactérias avaliadas em nenhuma das temperaturas testadas, indicando ausência de antagonismo detectável nas condições do ensaio. O crescimento da microalga tornou-se macroscopicamente evidente ao longo do período de incubação na presença das diferentes linhagens bacterianas, demonstrando que essas associações não impediram seu desenvolvimento (Figura 1). Entre as condições avaliadas, a presença de *G. diazotrophicus* PAL5 esteve associada a um adensamento visualmente mais pronunciado da biomassa microalgal.

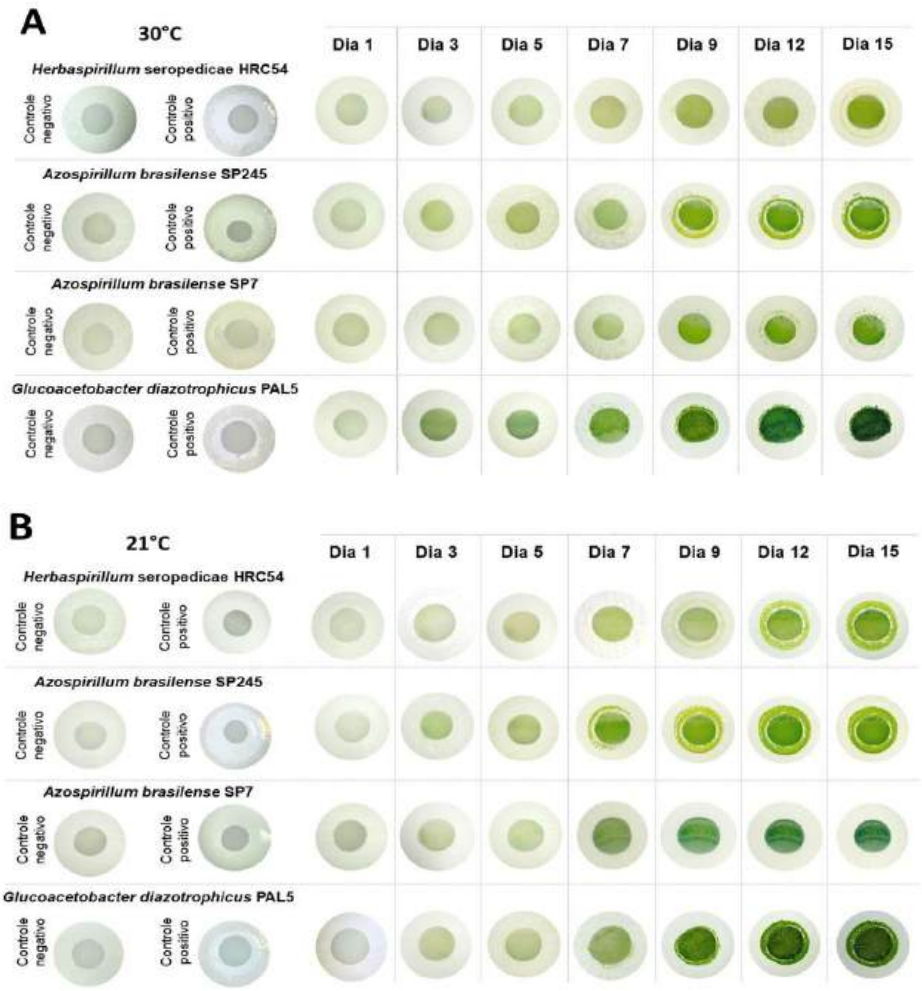


Figura 1 – Desenvolvimento de *C. reinhardtii* na presença de diferentes bactérias promotoras do crescimento vegetal. Ensaio conduzido com *G. diazotrophicus* PAL5, *A. brasilense* SP7, *A. baldaniorum* SP245 e *H. seropedicae* HRC54 a 30 °C (A) e 21 °C (B), durante 15 dias.

A ausência de antagonismo é consistente com estudos que demonstram a possibilidade de associações benéficas entre microalgas e bactérias promotoras do crescimento vegetal, incluindo interações envolvendo espécies de *Azospirillum* (Gonzalez; Bashan, 2000). Embora os mecanismos envolvidos não tenham sido avaliados neste estudo, a manutenção do desenvolvimento de *C. reinhardtii* na presença das diferentes BPCVs demonstra a viabilidade dessas associações e permite selecionar combinações para etapas subsequentes de avaliação em plantas. A resposta visualmente diferenciada observada na presença de *G. diazotrophicus* PAL5 também sugere que a interação pode variar de acordo com a linhagem bacteriana, aspecto relevante para a composição de inoculantes microbianos consorciados.

CONCLUSÃO

Não foram observados efeitos antagônicos detectáveis entre *C. reinhardtii* e as BPCVs avaliadas nas condições testadas;

A microalga manteve seu desenvolvimento na presença das diferentes linhagens bacterianas, com adensamento visualmente mais pronunciado na presença de *G. diazotrophicus* PAL5;

Os resultados permitem selecionar associações microalga-bactéria compatíveis para etapas subsequentes de avaliação em *C. papaya*, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de inoculação microbiana consorciada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio ao projeto de pesquisa (APQ1, Processo nº 210.334/2024) e pela concessão da bolsa FAPERJ Nota 10 de doutorado, e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES; Processo nº 155/2025, Edital nº 13/2025 – Universal) pelo apoio financeiro. Agradecemos, ainda, à Embrapa Agrobiologia e ao Dr. Gonçalo Apolinário pela colaboração e cessão das cepas bacterianas utilizadas neste estudo. P. M. B. Fernandes e J. A. Ventura agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade em pesquisa (Processos nº 308306/2021-0 e nº 307905/2020-9).

REFERÊNCIAS

ADOKO, M.; AGBODJATO, N.; NOUMAVO, P.; AMOGOU, O.; ADJANOHOUN, A.; BABA-MOUSSA, L. Bioformulations based on plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agriculture: Biofertilizer or Biostimulant? **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, p. 1256-1260, 30 set. 2021. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.5897/AJAR2021.15756

BULGARI, R.; COCETTA, G.; TRIVELLINI, A.; VERNIERI, P.; FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses:

a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2 jan. 2015. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649

CONTRERAS, C.A.; PALACIOS, O.A.; DE-BASHAN, L.E.; CHOIX, F.J. Microalga growth-promoting bacteria as strategy to improve CO2 removal from biogas. **BioEnergy Research**, v. 17, n. 4, p. 2082–2099, 1 dez. 2024. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1007/s12155-024-10800-0

COOPER, Matthew B; SMITH, Alison G. Exploring mutualistic interactions between microalgae and bacteria in the omics age. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 26, p. 147–153, 1 ago. 2015. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.07.003

GONZALEZ-GONZALEZ, L.M.; DE-BASHAN, L.E.; GONZALEZ-GONZALEZ, L.M.; DE-BASHAN, L.E. The potential of microalgae–bacteria consortia to restore degraded soils. **Biology**, v. 12, n. 5, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/biology12050693. Disponível em: https://www.mdpi.com/2079-7737/12/5/693. Acesso em: 09 jan. 2026.

SOLOMON, W.; MUTUM, L.; JANDA, T.; MOLNÁR, Z. Potential benefit of microalgae and their interaction with bacteria to sustainable crop production. **Plant Growth Regulation**, v. 101, n. 1, p. 53-65, 1 set. 2023. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1007/s10725-023-01019-.

O BRASIL ESTARIA PREPARADO PARA UM SURTO DE BACTERIOSE CAUSADA POR *Erwinia* spp. NA CULTURA DO MAMOEIRO?

Laura Machado Carias[1]*, Marcella Silva Vieira[1], Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
*laura.carias@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das culturas frutíferas de maior importância econômica do Brasil, que figura entre os principais países produtores, com destaque para o estado do Espírito Santo. A exportação do mamão brasileiro apresentou crescimento de 11% no primeiro trimestre de 2026, totalizando 15 mil toneladas (ComexStat, 2026; FAO, 2026). Globalmente, o produto enfrenta desafios que ameaçam seu cultivo, principalmente estresses bióticos decorrentes da interação com microrganismos (Fernandes *et al*., 2025), incluindo doenças bacterianas, ainda pouco frequentes no Brasil, mas cuja introdução poderia comprometer tanto a produção interna quanto o acesso ao mercado internacional.

Dentre esses patógenos, destacam-se espécies do gênero *Erwinia* (família Erwiniaceae) causadoras da doença do cancro bacteriano do caule. Relatada pela primeira vez no século XX em Java (von Rant, 1931), a doença manifesta-se por lesões encharcadas e oleosas no caule e manchas foliares que evoluem para lesões angulares, podendo levar à destruição de plantas (Webb, 1985). A família Erwiniaceae engloba fitopatógenos que impactam o agronegócio global, com destaque para *Pantoea ananatis*, agente da mancha-branca do milho, e *Erwinia amylovora*, agente do fogo bacteriano, que ataca plantas da família das rosáceas (Morris; Moury, 2019).

Três espécies de *Erwinia* já foram associadas a ocorrências de cancro em mamoeiro: *E. mallotivora*, descrita no Japão (Goto, 1976), posteriormente identificada na Malásia, onde causou prejuízos estimados em US$ 58 milhões (Amin *et al*., 2011), e na Indonésia (Suharjo *et al*., 2021); *E. papayae*, descrita em 2004 a partir de isolados do Caribe, com ocorrência registrada no Sudeste Asiático (Gardan *et al*., 2004); e *E. psidii*, espécie descrita no Brasil em 1987, associada à seca dos ponteiros da goiabeira, provocando perdas de até 85% na produção (Teixeira *et al*., 2009), e à murcha de eucalipto, com perdas de até 50% dos plantios (Carvalho *et al*., 2026). Relatos na Malásia apontaram para a associação de *E. psidii* com sintomas de cancro em mamoeiro (Chai *et al*., 2017).

Erwinia papayae, *E. mallotivora* e *E. psidii* têm alta similaridade genética (Maurya *et al*., 2026). Além disso, padrões de dispersão de outras espécies da família Erwiniaceae apontam para ampla distribuição

geográfica, logo, as espécies exóticas possuem potencial para se estabelecer no Brasil, onde condições edafoclimáticas favoráveis e a presença de hospedeiros suscetíveis facilitariam sua disseminação. O depósito de múltiplos genomas de *E. papayae* e *E. mallotivora* isolados de *C. papaya* no NCBI, realizado por pesquisadores da Universidade de Guam entre 2024 e 2026, reflete um interesse crescente da comunidade científica na caracterização dessas espécies e na vigilância de sua epidemiologia, reforçando a necessidade de estudos que avaliem seu risco no contexto do mercado brasileiro.

Diante desse cenário, este trabalho objetivou avaliar os riscos de introdução e de estabelecimento das pragas exóticas *E. papayae* e *E. mallotivora* no Brasil. Para isso, buscou-se analisar a similaridade genômica entre essas espécies, *E. psidii* e outras Erwiniaceae já ocorrentes, além de mapear e comparar os padrões de distribuição geográfica dessas bactérias fitopatogênicas.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise filogenética foi realizada com base nas sequências do gene 16S rRNA, obtidas a partir da anotação dos genomas disponíveis no banco de dados do *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) e complementadas por sequências de referência depositadas no banco de dados BacDive. As sequências foram alinhadas com MAFFT v7.525 (Katoh; Standley, 2013), a árvore filogenética de máxima verossimilhança foi construída com IQ-TREE v3.0.1 (Wong *et al*., 2026), utilizando o modelo selecionado pelo ModelFinder e 1000 réplicas de *bootstrap*. A árvore foi visualizada e anotada no iTOL (Letunic; Bork, 2024).

Para avaliar a similaridade genética entre *E. papayae, E. mallotivora* e *E. psidii*, os genomas completos de referência destas espécies foram recuperados do banco de dados do NCBI. A similaridade genômica entre as espécies foi estimada pelo cálculo de *Average Nucleotide Identity* (ANI), utilizando a ferramenta Python pyANI-plus v1.0.1 (Pritchard *et al*., 2016), considerando o limiar de 95% para delimitação de espécies (Jain *et al*., 2018).

Os dados de distribuição geográfica foram compilados a partir do EPPO Global Database, da CABI Database, da BacDive e de registros encontrados na literatura. Os mapas de ocorrência foram elaborados no R com os pacotes “sf” e “rnaturalearth”. O status quarentenário das espécies no Brasil foi verificado em portarias do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição geográfica de *E. papayae* e *E. mallotivora* está restrita ao Sudeste Asiático e Pacífico, enquanto *E. psidii* ocorre na América do Sul (Figura 1), diferentemente de outras Erwiniaceae de dispersão global como *E. amylovora* e *P. ananatis*. O compartilhamento de condições edafoclimáticas tropicais entre as regiões de ocorrência e as áreas produtoras de mamão no Brasil torna possível a introdução e o estabelecimento

dessas pragas no país, conforme reconhecido pela classificação dessas espécies como quarentenárias A1 pelo MAPA (Brasil, 2025).

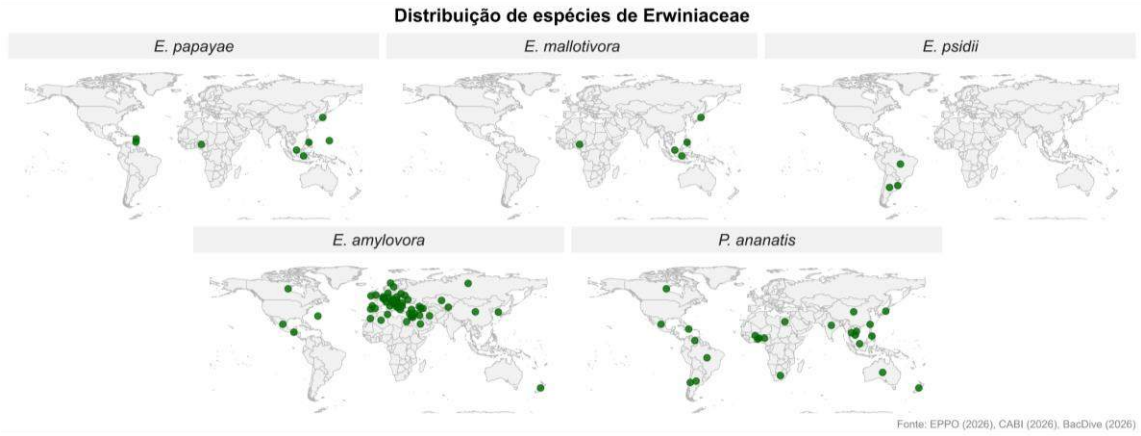


Figura 2 - Distribuição geográfica de *Erwinia papayae*, *E. mallotivora*, *E. psidii, E. amylovora* e *Pantoea ananatis,* com ocorrências reportadas em verde.

A árvore filogenética baseada no gene 16S rRNA posicionou *E. papayae* e *E. psidii* como grupos irmãos, enquanto *E. mallotivora* ocupou posição mais externa (Figura 2A). O ANI, entretanto, revelou alta similaridade entre *E. papayae* e *E. mallotivora* (98,9%), valor acima do limiar de espécie (95%), indicando que a delimitação taxonômica no gênero *Erwinia* precisa ser revisada, enquanto *E. psidii* apresentou ~81% de similaridade com ambas (Figura 2B).

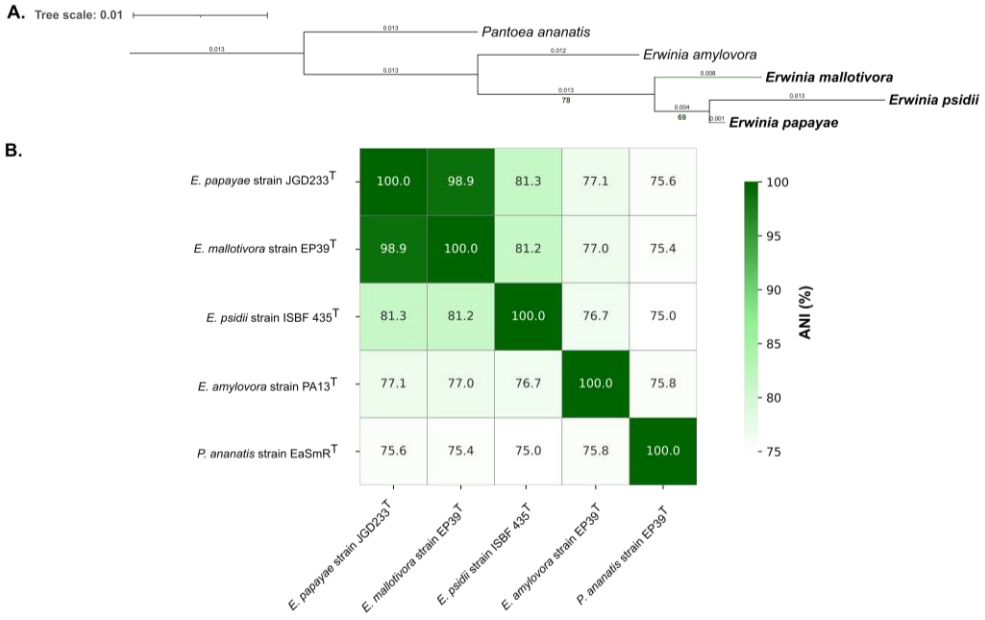


Figura 3 - (A) Árvore filogenética de máxima verossimilhança baseada no gene 16S rRNA, mostrando a relação entre as espécies de Erwinia avaliadas e outgroups do gênero (bootstrap ≥ 65%). (B) Heatmap de ANI entre as Erwiniaceae avaliadas.

A topologia da árvore sugere que *E. psidii* e *E. papayae* são evolutivamente mais próximas do que indicado pelo ANI. Essa contradição reforça a necessidade de múltiplos marcadores para o diagnóstico preciso da doença do cancro bacteriano, uma vez que a similaridade entre os 16S de *E. psidii* e *E. papayae* pode levar a erros de identificação, o que explicaria o relato malaio de *E. psidii* causando sintomas em mamoeiro (Chai *et al*., 2017), embora tenha sido demonstrado que *E. psidii* não causou sintomas em *C. papaya* em um estudo controlado (Caires *et al*., 2019).

O parentesco entre as três espécies sugere que possam compartilhar mecanismos de patogenicidade e ter capacidade de infectar os mesmos hospedeiros, sendo necessário avaliar o alcance de *E. psidii* em outras plantas, considerando que apenas um cultivar de *C. papaya* foi utilizado no teste de Caires *et al*. (2019) e diferentes cultivares não apresentam a mesma suscetibilidade a patógenos (Ventura *et al*., 2004).

Os resultados apontam para a necessidade de vigilância fitossanitária intensificada, dada a crescente produção do mamão no Brasil frente às demandas de exportação, e para a importância do uso de ferramentas de diagnóstico de alta resolução para detecção precoce de E. papayae e E. mallotivora.

CONCLUSÕES

A proximidade filogenética entre *E. psidii* e *E. papayae* baseada no 16S rRNA reforça a necessidade de múltiplos marcadores moleculares para o diagnóstico preciso do cancro bacteriano do mamoeiro e alerta para a possibilidade de compartilhamento de hospedeiros entre as espécies;

Erwinia papayae e *E. mallotivora* exibem identidade genômica superior ao limiar de espécie (ANI > 98%), indicando que pertencem à mesma espécie e que há necessidade de revisão taxonômica no gênero *Erwinia*;

A distribuição ampla de espécies da família e a presença de *E. psidii* no Brasil evidenciam a viabilidade de introdução e fixação de *E. papayae* e *E. mallotivora*, o que demanda medidas rigorosas de vigilância e métodos diagnósticos de alta resolução das bacterioses do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

AMIN, N.M.; BUNAWAN, H.; REDZUAN, R.A.; JAGANATH, I.B.S. *Erwinia mallotivora* sp., a new pathogen of papaya (*Carica papaya*) in Peninsular Malaysia. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, p. 39-45, 2011. DOI: 10.3390/ijms12010039

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA/MAPA nº 1.291, de 22 de maio de 2025. Atualiza a lista de Pragas Quarentenárias Ausentes (PQA) para o Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 98, seção 1, p. 9, 27 maio 2025. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda/mapa-n-1.291-de-22-de-maio-de-2025-631949117. Acesso em: 20 ago. 2026.

CABI. CABI Digital Library. Disponível em: https://www.cabidigitallibrary.org/. Acesso em: 20 ago. 2026.

CAIRES, N.P.; HERMENEGILDO, P.S.; GUIMARÃES, L.M.S.; MAFIA, R.G.; ZAUZA, E.Â.V.; BORGES JÚNIOR, N.; BADEL, J.L.; ALFENAS, A.C. Host range of *Erwinia psidii* and genetic resistance of *Eucalyptus* and *Corymbia* species to this pathogen. **Forest Pathology**, v. 49, n. 4, art. e12527, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/efp.12527

CARVALHO, A.M.S.; CARVALHO, I.C.B.; HERMENEGILDO, P.S.; FERREIRA, M.A.S.V.; ROSSATO, M. *Erwinia psidii*, an emergent pathogen in South America. **Tropical Plant Pathology**, v. 51, art. 18, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s40858-026-00793-w

CHAI, W.T.; JUALANG AZLAN, G.; ATONG, M.; JUGAH KADIR, J.; POILI, E.; CHONG, K.P. First report of *Erwinia psidii* associated with papaya dieback disease in Malaysia. **Malaysian Journal of Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 20-25, 2017.

COMEXSTAT. Dados de exportação de mamão. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br. Acesso em: 20 ago. 2026.

EPPO. EPPO Global Database. Disponível em: https://gd.eppo.int. Acesso em: 20 ago. 2026.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2026. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home. Acesso em: 20 ago. 2026.

FERNANDES, P.M.B.; FERNANDES, A.A.R.; MAURASTONI, M.; RODRIGUES, S.P. Lab Legends and Field Phantoms: The Tale of Virus-Resistant Plants. **Annual Review of Virology**, v. 12, p. 23-42, 2025. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-virology-092623-101850

GARDAN, L.; CHRISTEN, R.; ACHOUAK, W.; PRIOR, P. *Erwinia papayae* sp. nov., a pathogen of papaya (*Carica papaya*). **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 54, n. 1, p. 107-113, 2004. DOI: https://doi.org/10.1099/ijs.0.02718-0

GOTO, M. *Erwinia mallotivora* sp. nov., the causal organism of bacterial leaf spot of *Mallotus japonicus* Muell. Arg. **International Journal of Systematic Bacteriology,** v. 26, n. 4, p. 467-473, 1976. DOI: https://doi.org/10.1099/00207713-26-4-467

JAIN, C.; RODRIGUEZ-R, L.M.; PHILLIPPY, A.M.; KONSTANTINIDIS, K.T.; ALURU, S. High throughput ANI analysis of 90K prokaryotic genomes reveals clear species boundaries. **Nature Communications**, v. 9, art. 5114, 2018. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-018-07641-9

KATOH, K.; STANDLEY, D.M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, n. 4, p. 772-780, 2013. DOI: https://doi.org/10.1093/molbev/mst010

LETUNIC, I.; BORK, P. Interactive Tree of Life (iTOL) v6: recent updates to the phylogenetic tree display and annotation tool. **Nucleic Acids Research**, v. 52, n. W1, p. W78-W82, 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/nar/gkae268.

MAURYA, N.; DOBHAL, S.; SUNDIN, G.; RODONI, B.; STACK, J.P.; ARIF, M. Phylogenomics and comparative genomics of the genus *Erwinia* reveal taxonomic inconsistencies and evolutionary diversification. **bioRxiv**, 2026. DOI: https://doi.org/10.64898/2026.08.06.743344

MORRIS, C.E.; MOURY, B. Revisiting the concept of host range of plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 57, p. 63-90, 2019. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100034.

NCBI. National Center for Biotechnology Information. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov. Acesso em: 20 ago. 2026.

PRITCHARD, L.; GLOVER, R.H.; HUMPHRIS, S.; ELPHINSTONE, J.G.; TOTH, I.K. Genomics and taxonomy in diagnostics for food security: soft-rotting enterobacterial plant pathogens. **Analytical Methods**, v. 8, n. 1, p. 12-24,

2016. DOI: https://doi.org/10.1039/C5AY02550H
SUHARJO, R.; OKTAVIANA, H.A.; AENY, T.N.; GINTING, C.; WARDHANA, R.A.; NUGROHO, A.; RATDIANA, R. *Erwinia mallotivora* is the causal agent of papaya bacterial crown rot disease in Lampung Timur, Indonesia. **Plant Protection Science**, v. 57, n. 2, p. 122-133, 2021. DOI: https://doi.org/10.17221/123/2020-PPS

TEIXEIRA, A.C.O.; MARQUES, A.S.A.; FERREIRA, M.A.S.V. Low genetic diversity among pathogenic strains of *Erwinia psidii* from Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 40, n. 3, p. 678-684, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S1517-83822009000300033.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S. Papaya diseases and integrated control. In: **Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II: Diagnosis and Management**. Ed. Springer, Dordrecht, Germany, 2004. p. 201-268. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2_7

VON RANT, A. Über eine Bakterienkrankheit bei dem Melonenbaume (*Carica papaya* L.) auf Java. Zentralblatt für Bakteriologie, **Parasitenkunde und Infektionskrankheiten**, v. 84, p. 481-487, 1931.

WEBB, R.R. Epidemiology and control of bacterial canker of papaya caused by an *Erwinia* sp. on St. Croix, U.S. Virgin Islands. **Plant Disease**, v. 69, n. 4, p. 305-309, 1985.

WONG, T.K.F.; LY-TRONG, N.; REN, H.; DEMOTTE, P.; BAÑOS, H.; ROGER, A.J.; SUSKO, E.; BIELOW, C.; DE MAIO, N.; GOLDMAN, N.; HAHN, M.W.; DOS REIS, M.; VINH, L.S.; HUTTLEY, G.; LANFEAR, R.; MINH, B.Q. IQ-TREE 3: phylogenomic inference software using complex evolutionary models. **Molecular Biology and Evolution**, v. 43, n. 5, msag117, 2026. DOI: https://doi.org/10.1093/molbev/msag117

FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO

VARIABILIDADE E COMPLEMENTARIDADE DE Fv/Fm E PIabs NA AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DE MAMOEIROS EM CAMPO

Allan Benfica de Souza[1]*, Romário de Oliveira Silva Júnior[1], Gislane Chaves Oliveira[1], Sabrina Garcia Broetto[1], Diolina Moura Silva[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras. Vitória, ES. *allanbenfica.s@gmail.com

INTRODUÇÃO

A fluorescência da clorofila *a* permite avaliar, de forma rápida e não destrutiva, o funcionamento do aparato fotossintético, sendo utilizada para detectar alterações fisiológicas provocadas por fatores ambientais, pelo estádio de desenvolvimento e por estresses bióticos ou abióticos. Em condições de campo, entretanto, a capacidade de discriminar diferenças entre plantas depende do indicador utilizado, uma vez que parâmetros derivados do mesmo transiente de fluorescência podem representar processos distintos da cadeia fotossintética (Strasser *et al.*, 2004; Kalaji *et al.*, 2016). Em mamoeiro, essa abordagem tem demonstrado sensibilidade para caracterizar variações no funcionamento fotoquímico em diferentes condições fisiológicas (Medeiros *et al*., 2025; Braga *et al*., 2025).

Entre os indicadores mais utilizados, Fv/Fm expressa o rendimento quântico máximo da fotoquímica primária do fotossistema II. Matematicamente, é calculado pela relação $Fv/Fm = (Fm - F_0)/Fm$, sendo equivalente a $\varphi P_0 = 1 - F_0/Fm$. Dessa forma, o parâmetro representa essencialmente a eficiência máxima com que a energia absorvida pelo FSII pode ser utilizada na fotoquímica primária quando os centros de reação estão inicialmente abertos (Strasser *et al.*, 2010; Tsimilli-Michael, 2020). Por representar uma etapa específica e apresentar valores normalmente restritos a uma faixa relativamente estreita em tecidos fotossinteticamente funcionais, Fv/Fm pode apresentar baixa variação mesmo quando outros processos da cadeia transportadora de elétrons já foram modificados.

O PIabs, por sua vez, constitui um índice integrado de performance fotossintética. Sua expressão matemática pode ser representada por $PIabs = (RC/ABS) \times [\varphi P_0/(1-\varphi P_0)] \times [\psi E_0/(1-\psi E_0)]$, combinando a proporção de centros de reação ativos em relação à absorção, a eficiência da fotoquímica primária e a probabilidade de transporte de elétrons além de Q_A^-. Assim, enquanto Fv/Fm corresponde essencialmente a um único componente fotoquímico, o PIabs resulta da multiplicação de diferentes componentes funcionais e integra a conservação de energia desde a absorção pelo FSII até a redução dos aceptores do intersistema (Strasser *et al*., 2004; Tsimilli-Michael, 2020).

Essa diferença conceitual e matemática sugere que Fv/Fm e PIabs podem apresentar capacidades

distintas para representar a heterogeneidade fisiológica existente em populações cultivadas em campo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar a sensibilidade de Fv/Fm e PIabs na discriminação da variabilidade fisiológica de populações de mamoeiro 'Aliança' e 'Calimosa' avaliadas em diferentes fases do ciclo de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em cultivo comercial da Caliman Agrícola S.A., Fazenda Santa Terezinha, em Linhares, Espírito Santo, Brasil. Foram avaliadas 120 plantas da cultivar Rb-001-4 'Aliança' em cada período, aos 40 dias após o transplantio (DAT), em outubro de 2017, e aos 210 DAT, em abril de 2018. Para a cultivar UENF/Caliman 01 'Calimosa', foram avaliadas 120 plantas em cada período, aos 210 DAT, em abril de 2018, e aos 240 DAT, em maio de 2018. Dentro de cada cultivar, as avaliações sucessivas foram realizadas nos mesmos indivíduos, caracterizando medidas repetidas. Portanto, foram acompanhadas 240 plantas distintas, com duas avaliações por planta. A unidade amostral utilizada nas análises foi uma planta individual, representada por um valor médio de cada parâmetro em cada período; folhas e leituras foram subamostras da planta.

A fluorescência da clorofila a foi determinada em duas folhas completamente expandidas por planta, nas primeiras horas da manhã, utilizando fluorômetro portátil HandyPEA. Foram realizadas duas leituras por folha, totalizando quatro leituras por planta e período. As duas leituras de cada folha foram resumidas em uma média, e as médias das duas folhas compuseram o valor representativo de cada planta, sem considerar as leituras ou as folhas como repetições independentes. As folhas foram adaptadas ao escuro por 40 min e submetidas a um pulso de luz vermelha de 3.000 µmol fótons m^{-2} s^{-1}. Os sinais de fluorescência foram registrados entre 20 µs e 1 s e processados pelo Teste JIP. Foram utilizados Fv/Fm, indicador da eficiência fotoquímica máxima do FSII, e PIabs, índice que integra componentes relacionados aos centros de reação, à fotoquímica primária e ao transporte de elétrons (Tsimilli-Michael, 2020).

A partir dos valores representativos das plantas, para cada combinação de cultivar e período foram calculados média, erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação de Fv/Fm e PIabs. A diferença na variabilidade relativa entre os indicadores foi avaliada pela razão entre seus coeficientes de variação, com intervalo de confiança de 95% obtido por 10.000 reamostragens bootstrap (Efron; Tibshirani, 1993). As diferenças entre populações foram avaliadas pelo teste de Kruskal-Wallis, acompanhado do tamanho de efeito ε^2 e, quando aplicável, pelo teste de Dunn com ajuste de Holm (Dunn, 1964). Para contrastes entre períodos e cultivares foi calculado o delta de Cliff, com intervalo de confiança de 95% por bootstrap (Cliff, 1993). A associação entre Fv/Fm e PIabs foi determinada pela correlação de Spearman dentro de cada população, adotando-se 5% de significância. As análises entre populações descritas acima não incorporaram a dependência entre as avaliações sucessivas dos mesmos indivíduos. Assim, os resultados de Kruskal–Wallis e Dunn e os contrastes entre períodos são apresentados como resultados da análise original, sem constituir

inferência ajustada para medidas repetidas. As conclusões sobre diferenças entre períodos requerem reanálise com pareamento por planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fv/Fm e PIabs apresentaram padrões distintos de variação nas quatro populações avaliadas. As médias de Fv/Fm permaneceram entre 0,786 e 0,819, com coeficientes de variação de apenas 2,65 a 3,73%. Em contraste, PIabs apresentou médias entre 2,87 e 3,76 e coeficientes de variação entre 26,51 e 46,10% (Tabela 1). A maior dispersão relativa de PIabs foi observada em todas as populações, indicando maior capacidade desse índice de expressar a heterogeneidade fisiológica existente entre indivíduos.

A razão entre os coeficientes de variação de PIabs e Fv/Fm variou de 9,39 a 13,44, e os respectivos intervalos de confiança de 95% obtidos por bootstrap permaneceram inteiramente acima de 1 em todas as populações (Tabela 1). Portanto, a maior variabilidade relativa de PIabs foi consistente entre cultivares e períodos de avaliação. Esse comportamento pode ser explicado pela própria composição do índice. Enquanto Fv/Fm representa predominantemente a eficiência máxima da fotoquímica primária do FSII, PIabs combina a densidade relativa de centros de reação ativos, a eficiência de captura da energia e o transporte de elétrons. Consequentemente, alterações em diferentes componentes do aparato fotossintético podem ser amplificadas na resposta de PIabs sem produzir modificações proporcionais em Fv/Fm (Strasser *et al.*, 2004; Kalaji *et al.*, 2014; Tsimilli-Michael, 2020).

Tabela 1 - Estatística descritiva e variabilidade de Fv/Fm e PIabs em populações de mamoeiro avaliadas em condições de campo

População	Fv/Fm média	CV Fv/Fm (%)	PIabs média	CV PIabs (%)	Razão dos CVs	IC95% da razão
Aliança 40 DAT	0,786	2,82	2,87	26,5	9,39	8,12-11,01
Aliança 210 DAT	0,788	3,73	3,20	46,1	12,3	10,72-14,48
Calimosa 210 DAT	0,819	2,65	3,76	35,6	13,4	9,83-19,90
Calimosa 240 DAT	0,811	2,88	3,39	37,8	13,1	8,98-21,39

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A maior variabilidade de PIabs, entretanto, não correspondeu à maior capacidade de separar estatisticamente as quatro populações. Na análise original, sem ajuste para medidas repetidas, o teste de Kruskal-Wallis detectou diferenças entre populações para ambos os parâmetros, com $p < 0,001$, porém o tamanho de efeito foi substancialmente maior para Fv/Fm, com $\varepsilon^2 = 0,368$, em comparação a $\varepsilon^2 = 0,069$ para PIabs (Tabela 2). Assim, embora PIabs tenha apresentado maior dispersão entre indivíduos de uma mesma população, Fv/Fm respondeu de forma mais consistente às diferenças sistemáticas existentes entre algumas

populações.

As comparações múltiplas da análise original sugeriram essa diferença de comportamento entre os indicadores (Tabela 3). Para Fv/Fm, diferenças foram observadas entre ‘Aliança’ e ‘Calimosa’ aos 210 DAT, entre ‘Aliança’ aos 40 DAT e ‘Calimosa’ nos dois períodos e entre ‘Calimosa’ aos 210 e 240 DAT. Para PIabs, não foram detectadas diferenças entre ‘Aliança’ aos 40 e 210 DAT, entre ‘Aliança’ aos 210 DAT e ‘Calimosa’ aos 240 DAT e entre ‘Calimosa’ aos 210 e 240 DAT. Esses resultados reforçam que maior variabilidade interna não implica necessariamente maior discriminação entre grupos.

Tabela 2 - Teste de Kruskal-Wallis e tamanho de efeito para Fv/Fm e PIabs entre populações de mamoeiro avaliadas em condições de campo

Parâmetro	H	gl	*p*	ε^2
Fv/Fm	179,242	3	< 0,001	0,368
PIabs	35,992	3	< 0,001	0,069

Fonte: elaborada pelo próprio autor. Nota: a análise original não considerou o pareamento das avaliações sucessivas por planta; os valores de p não representam uma análise de medidas repetidas.

A magnitude dos contrastes também evidenciou respostas distintas. Entre ‘Aliança’ e ‘Calimosa’ aos 210 DAT, o delta de Cliff foi de −0,682 para Fv/Fm e −0,267 para PIabs, demonstrando separação mais pronunciada para Fv/Fm. Entre ‘Calimosa’ aos 210 e 240 DAT, os valores foram 0,322 e 0,195, respectivamente. Por outro lado, entre ‘Aliança’ aos 40 e 210 DAT, os efeitos foram pequenos para ambos os parâmetros, indicando reduzida separação entre esses grupos.

Tabela 3 - Comparações múltiplas entre populações de mamoeiro para Fv/Fm e PIabs pelo teste de Dunn com ajuste de Holm

Comparação	Fv/Fm *p* ajustado	PIabs *p* ajustado
Aliança 40 × Aliança 210	0,214	0,169
Aliança 40 × Calimosa 210	< 0,001	< 0,001
Aliança 40 × Calimosa 240	< 0,001	0,004
Aliança 210 × Calimosa 210	< 0,001	< 0,001
Aliança 210 × Calimosa 240	< 0,001	0,116
Calimosa 210 × Calimosa 240	0,004	0,058

Fonte: elaborada pelo próprio autor. Nota: a análise original não considerou o pareamento das avaliações sucessivas por planta; os valores de p não representam uma análise de medidas repetidas.

Fv/Fm e PIabs apresentaram ainda correlação positiva em todas as populações, com coeficientes de Spearman entre 0,555 e 0,786 e $p < 0,001$. Essa associação é coerente com a composição de PIabs, que

incorpora a eficiência da fotoquímica primária juntamente com outros componentes do transporte eletrônico (Tsimilli-Michael, 2020). Apesar dessa relação, os dois indicadores expressaram dimensões diferentes da resposta fisiológica. PIabs apresentou maior sensibilidade à heterogeneidade intra-populacional, enquanto Fv/Fm foi mais conservado entre indivíduos e apresentou maior capacidade de discriminar determinados contrastes entre populações. Dessa forma, os parâmetros devem ser considerados complementares na avaliação fisiológica de mamoeiros em campo, ampliando a informação obtida quando utilizados conjuntamente.

CONCLUSÃO

Fv/Fm e PIabs apresentaram comportamentos complementares na avaliação fisiológica das populações de mamoeiro em campo. O PIabs apresentou maior variabilidade relativa entre indivíduos, enquanto Fv/Fm mostrou maior capacidade de discriminar algumas populações. Esses resultados indicam que a utilização conjunta dos dois parâmetros amplia a interpretação do estado fisiológico das plantas e pode contribuir para estratégias de triagem e monitoramento do aparato fotossintético em condições comerciais de cultivo. A maior discriminação estatística entre períodos deve ser reavaliada considerando a dependência das medidas obtidas nas mesmas plantas.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos da Fotossíntese pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio à realização deste trabalho**.**

REFERÊNCIAS

BRAGA, C.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTOS, J.S.; SOUZA, G.A.R.; RODRIGUES, A.S.; PEREIRA, M.G.; CAMPOSTRINI, E. Papaya ringspot virus type P affects photochemical efficiency (JIP test parameters) in young papaya plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 140, 102894, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102894

CLIFF, N. Dominance statistics: ordinal analyses to answer ordinal questions. **Psychological Bulletin**, v. 114, n. 3, p. 494-509, 1993. DOI: https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.3.494

DUNN, O.J. Multiple comparisons using rank sums. **Technometrics**, v. 6, n. 3, p. 241-252, 1964. DOI: https://doi.org/10.1080/00401706.1964.10490181

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J. **An introduction to the bootstrap**. New York: Chapman & Hall, 1993. 436 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-4541-9.

KALAJI, H.M.; SCHANSKER, G.; LADLE, R.J. *et al.* Frequently asked questions about *in vivo* chlorophyll fluorescence: practical issues. **Photosynthesis Research**, v. 122, n. 2, p. 121-158, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s11120-014-0024-6

KALAJI, H.M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A. *et al.* Chlorophyll *a* fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 4, 102, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11738-016-2113-y

MEDEIROS, W.P.; QUADROS, O.F.; BROETTO, S.G.; VENTURA, J.A.; SILVA, D.M. Studies on the differentiation of transient chlorophyll *a* fluorescence signals in papaya plants showing symptoms and without symptoms in the presence of PRSV-P and PMeV viruses. **Plants**, v. 14, n. 20, 3208, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14203208

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll *a* fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE (eds.). **Chlorophyll a fluorescence:** a signature of photosynthesis. Dordrecht: Springer, 2004. p. 321-362. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_12.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; QIANG, S.; GOLTSEV, V. Simultaneous *in vivo* recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis*. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1797, n. 6-7, p. 1313-1326, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2010.03.008

TSIMILLI-MICHAEL, M. Revisiting JIP-test: an educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. **Photosynthetica**, v. 58, n. SI, p. 275-292, 2020. DOI: https://doi.org/10.32615/ps.2019.150

CARGA VIRAL DO COMPLEXO PMeV ASSOCIADA À PERFORMANCE FOTOSSINTÉTICA EM MAMOEIRO 'ALIANÇA'

Marisa Chagas Simões[1]*, Romário de Oliveira Silva Junior[1], Sabrina Garcia Broetto[1], Gislane Chaves de Oliveira Silvares[1], Diolina Moura Silva[1]

[1]Núcleo de Estudos da Fotossíntese. Universidade Federal do Espirito Santo, Campus Vitória. Vitória, ES.
*marisa.simoes@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

A meleira do mamoeiro está associada ao complexo viral formado por papaya meleira virus (PMeV) e papaya meleira virus 2 (PMeV2), constituindo um problema fitossanitário relevante para a cultura. A infecção pode ocorrer antes da manifestação dos sintomas nos frutos, permitindo que plantas assintomáticas permaneçam como fonte de inóculo no pomar. Nesse contexto, técnicas moleculares como RT-PCR e qPCR são importantes para detectar e quantificar o complexo viral nos tecidos vegetais (Araújo *et al*., 2007; Antunes *et al*., 2016).

A interação entre vírus e hospedeiro pode afetar a estrutura e o funcionamento dos cloroplastos, modificando a dinâmica fotoquímica da fotossíntese e o transporte de elétrons entre os fotossistemas. Essas alterações podem ocorrer mesmo antes do aparecimento de sintomas visíveis, tornando a resposta fotossintética uma fonte potencial de informação sobre os efeitos da infecção no tecido foliar.

A fluorescência da clorofila *a* constitui uma técnica rápida e não destrutiva para acompanhar alterações na fase fotoquímica da fotossíntese. Associada à quantificação molecular da carga viral, essa abordagem permite investigar como diferentes níveis de PMeV e PMeV2 se relacionam com mudanças no funcionamento da cadeia fotossintética ao longo do desenvolvimento da planta.

Assim, o objetivo deste trabalho foi relacionar a carga de PMeV e PMeV2 com a dinâmica fotoquímica da fotossíntese em plantas de mamoeiro 'Aliança' nas fases vegetativa e reprodutiva, visando caracterizar alterações no funcionamento da cadeia fotossintética associadas à abundância do complexo viral.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em pomar comercial da Caliman Agrícola S.A., Fazenda Santa Terezinha, em Linhares, Espírito Santo. Foram avaliadas plantas da cultivar Rb-001-4 'Aliança' aos 40 dias após o transplantio (DAT), na fase vegetativa, e aos 210 DAT, na fase reprodutiva. O experimento de origem foi conduzido em blocos casualizados, com quatro blocos de 30 plantas, totalizando 120 plantas por cultivar

(Souza, 2019). Para a análise molecular foram utilizadas as plantas P100 e P118 aos 40 DAT e P5, P12, P26, P66, P71, P82 e P96 aos 210 DAT, sendo P a identificação individual da planta amostrada. A análise molecular abrangeu duas plantas aos 40 DAT e sete aos 210 DAT. A seleção foi intencional, buscando contemplar diferentes níveis de eficiência e performance fotossintética observados na população. Assim, as associações entre carga viral e respostas fotoquímicas foram examinadas nesse subconjunto, cuja seleção não constitui amostragem aleatória representativa do pomar.

A fluorescência da clorofila *a* foi determinada em folhas completamente expandidas utilizando fluorômetro portátil HandyPEA. Após 40 min de adaptação ao escuro, as folhas foram submetidas a pulso de luz vermelha de 3.000 µmol fótons m^{-2} s^{-1}, com registro entre 20 µs e 1 s. Os parâmetros foram calculados pelo Teste JIP conforme Strasser e Strasser (1995). Foram avaliados os fluxos específicos por centro de reação (ABS/RC, TR_0/RC, ET_0/RC, RE_0/RC e DI_0/RC), os fluxos fenomenológicos por seção transversal (ABS/CS_0, TR_0/CS_0, ET_0/CS_0, RE_0/CS_0 e DI_0/CS_0), a densidade de centros ativos (RC/CS_0), os rendimentos e eficiências φP_0, ψE_0, φE_0, δR_0 e φR_0 e os índices de performance PIabs e PItotal e seus componentes.

A presença de PMeV e PMeV2 foi verificada por PCR, e a carga viral foi determinada por qPCR utilizando primers específicos e curvas-padrão de DNA plasmidial para estimativa do número absoluto de cópias. Para cada planta selecionada, foram avaliadas duas folhas, com duas leituras por folha. A média das duas leituras de cada folha constituiu uma repetição, totalizando duas repetições por planta. Os parâmetros do Teste JIP foram expressos como razão em relação ao valor médio das amostras, utilizado como referência (referência = 1), e apresentados como média ± erro padrão. As comparações entre médias foram realizadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carga viral de PMeV e PMeV2 variou entre as plantas de mamoeiro ‘Aliança’ e entre os estádios avaliados (Figura 1A). Aos 40 DAT, P118 apresentou aproximadamente duas vezes mais cópias de PMeV e 2,5 vezes mais PMeV2 que P100. Apesar dessa diferença, os fluxos de energia, os rendimentos fotoquímicos e os índices de performance permaneceram próximos da referência (Figura 1B e C). Esse resultado indica que o maior título viral de P118 ainda não foi acompanhado por alterações fotoquímicas de magnitude semelhante durante a fase vegetativa. Respostas discretas em plantas infectadas podem ocorrer em fases assintomáticas da interação planta vírus, mesmo quando o patógeno já está presente no tecido (Bhattacharyya; Chakraborty, 2018, Medeiros *et al*., 2025).

Aos 210 DAT ocorreu maior heterogeneidade das respostas (Figura 1A, D e E). P26 apresentou elevada abundância de PMeV, enquanto P66 e principalmente P71 se destacaram pela maior carga de PMeV2. Nessas plantas houve aumento de ABS/RC, TR_0/RC e DI_0/RC, indicando maior absorção, captura e dissipação de energia por centro de reação. O aumento de ABS/RC, associado à redução de RC/CS_0, sugere que a energia absorvida passou a ser distribuída entre menor número de centros ativos. O aumento de DI_0/RC indica maior

dissipação do excesso de energia, mecanismo associado à proteção do aparato fotossintético quando a utilização fotoquímica da energia é limitada (Strasser *et al*., 2004, Tsimilli-Michael, 2020).

Os fluxos por seção transversal também foram modificados. Alterações em DI_0/CS_0, RE_0/CS_0 e RC/CS_0 mostram que a resposta não ficou restrita aos centros de reação individualmente, mas atingiu a organização funcional do tecido fotossintético. DI_0/CS_0 representa a dissipação térmica por seção transversal, enquanto

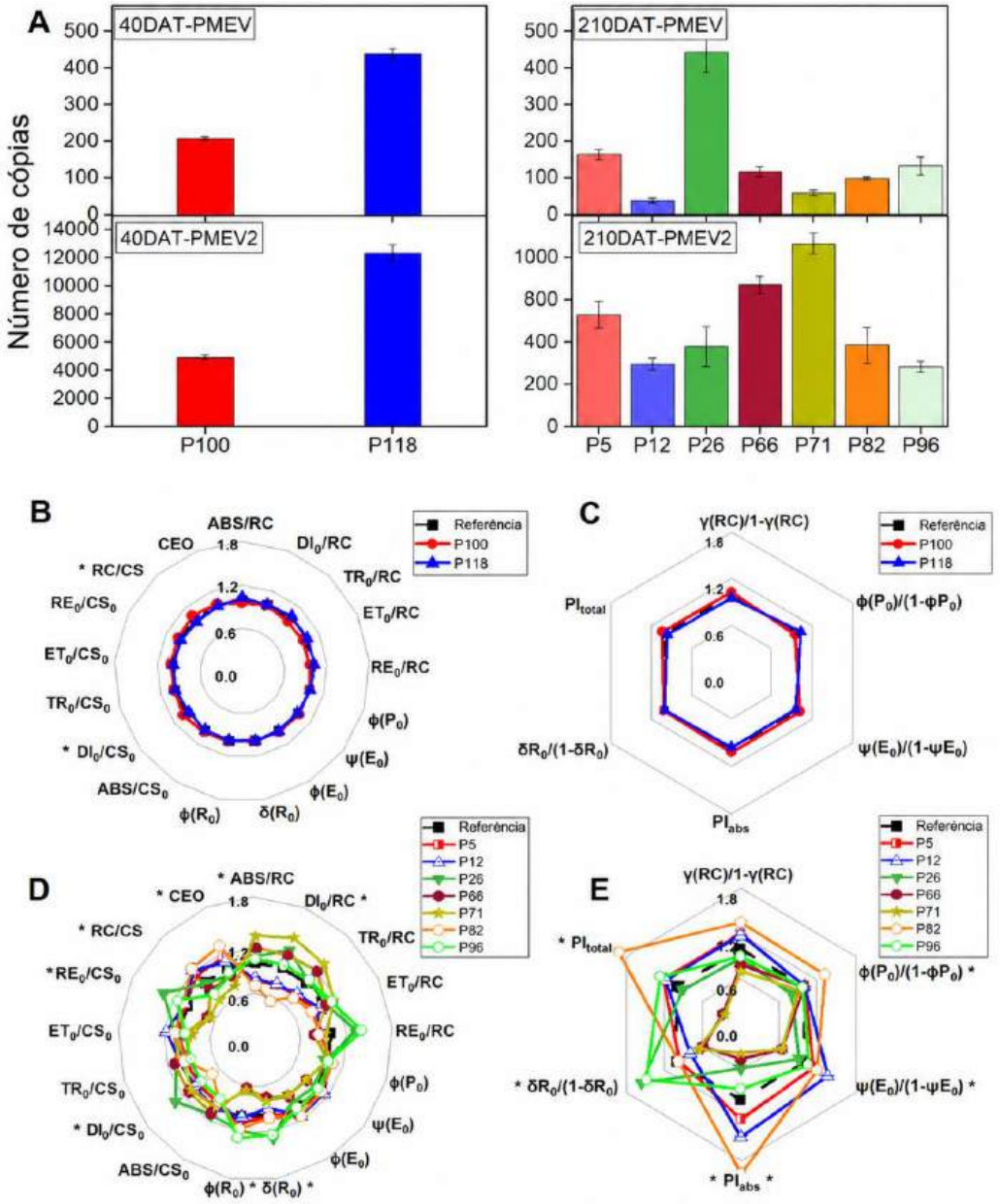


Figura 1 - Carga viral de PMeV e PMeV2 e respostas fotoquímicas em plantas de mamoeiro 'Aliança' aos 40 e 210 dias após o transplantio. **A**, número de cópias de PMeV e PMeV2. **B e D**, parâmetros do Teste JIP relacionados aos fluxos de energia, rendimentos e eficiências fotoquímicas aos 40 e 210 DAT, respectivamente. **C e E**, componentes e índices de performance fotossintética nos mesmos períodos. Os parâmetros foram normalizados em relação à referência, considerada igual a 1. Asteriscos indicam diferença significativa em relação à referência a 5%.

RE_0/CS_0 expressa o fluxo de elétrons até os aceptores finais do FSI. A redução da densidade de centros ativos associada ao aumento da dissipação é consistente com uma reorganização do aparato fotossintético diante da infecção viral (Tsimilli-Michael, 2020, Zanini *et al*., 2021).

Os rendimentos e eficiências também evidenciaram alterações nas etapas posteriores do transporte eletrônico. Embora φP_0, ψE_0 e φE_0 representem respectivamente a eficiência da fotoquímica primária, o transporte além de QA^- e o rendimento do transporte eletrônico, as alterações mais evidentes ocorreram em φR_0 e δR_0, principalmente em P66 e P71. Esses parâmetros estão relacionados à transferência e utilização dos elétrons pelos aceptores finais do FSI. Assim, a redução observada indica que o efeito associado à maior carga viral se estendeu do FSII às etapas finais da cadeia fotossintética (Strasser *et al*., 2004, Tsimilli-Michael, 2020).

Esse comportamento também se refletiu nos componentes dos índices de performance apresentados na Figura 1E. Alterações em $\varphi P_0/(1-\varphi P_0)$, $\psi E_0/(1-\psi E_0)$ e $\delta R_0/(1-\delta R_0)$ demonstram que diferentes etapas contribuíram para as respostas de PIabs e PItotal. O componente $\gamma RC/(1-\gamma RC)$ representa a contribuição relativa dos centros de reação ativos e apresentou variação menor que os componentes relacionados ao transporte eletrônico. Como PIabs integra a densidade de centros ativos, a fotoquímica primária e o transporte no intersistema, enquanto PItotal incorpora adicionalmente os eventos do FSI, esses índices sintetizam o comprometimento observado ao longo da cadeia (Strasser *et al*., 2004, Tsimilli-Michael, 2020). O contraste entre as plantas foi particularmente evidente para os índices de performance. P82, associada à menor carga viral, apresentou PIabs aproximadamente 97% superior à referência e PItotal 91,83% superior. Em contraste, P66 e P71, com maiores cargas virais principalmente de PMeV2, apresentaram redução próxima de 55% nos índices de performance. Esses resultados reforçam a associação entre maior abundância viral e alterações no funcionamento fotoquímico, desde a disponibilidade de centros de reação e dissipação de energia até o transporte de elétrons para os aceptores finais do FSI. Alterações dessa natureza têm sido observadas em diferentes interações planta vírus e confirmam a sensibilidade da fluorescência da clorofila a para detectar alterações provocadas pelo estresse biótico (Bhattacharyya; Chakraborty, 2018, Zanini *et al*., 2021, Medeiros *et al*., 2025, Braga *et al*., 2025).

CONCLUSÃO

A presença de PMeV e PMeV2 esteve associada a alterações no funcionamento fotoquímico do mamoeiro ‘Aliança’, com respostas distintas entre as fases vegetativa e reprodutiva. Aos 40 DAT, o aumento da carga viral em P118 esteve associado a alterações discretas, enquanto aos 210 DAT as plantas com maior abundância viral, principalmente P66 e P71, apresentaram maior dissipação de energia, alterações no transporte de elétrons e redução dos índices de performance. Em contraste, P82 apresentou menor carga viral e maior desempenho fotossintético. Os resultados demonstram que a integração entre qPCR e fluorescência da clorofila *a* permite identificar alterações fisiológicas associadas à abundância do complexo viral, inclusive em plantas sem respostas fotoquímicas intensas nas fases iniciais da infecção.

AGRADECIMENTOS

À Prof.ª Dr.ª Diolina Moura Silva, ao Núcleo de Estudos da Fotossíntese pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.M.M.; TAVARES, E.T.; SILVA, F.R.; MARINHO, V.L.A.; SOUZA JÚNIOR, M.T. Molecular detection of *Papaya meleira virus* in the latex of *Carica papaya* by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 146, p. 305-310, 2007.

SÁ ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA virus Papaya meleira virus and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **Plos One**, v. 11, n. 5, e0155240, 2016.

RODRIGUES, S.P.; GALVÃO, O.P.; ANDRADE, J.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Método molecular simplificado para o diagnóstico da meleira do mamoeiro em látex e tecidos de plantas infectadas. **Summa Phytopathologica**, v. 31, n. 3, p. 273-275, 2005.

RODRIGUES, S.P. **Interação entre o Papaya meleira virus (PMeV) e o mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2006. 107 f. Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

SOUZA, I.L. **Eficiência fotoquímica e trocas gasosas: associação com o período vegetativo e produtivo em plantas de duas cultivares de mamoeiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP-test. In: MATHIS, P. **Photosynthesis:** from light to biosphere. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 977-980.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE. **Chlorophyll a fluorescence**: a signature of photosynthesis. Dordrecht: **Springer**, 2004. p. 321-362.

TSIMILLI-MICHAEL, M. Revisiting JIP-test: an educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. **Photosynthetica**, v. 58, p. 275-292, 2020.

PERFORMANCE FOTOSSINTÉTICA DE MAMOEIROS 'ALIANÇA' E 'CALIMOSA' DURANTE A FASE REPRODUTIVA

Ivina Maria Oliveira Barbosa Vieira[1]*, Romário de Oliveira Silva Junior[1], Sabrina Garcia Broetto[1], Gislaine Chaves de Oliveira[1], Diolina Moura Silva[1]

[1]Núcleo de Estudos da Fotossíntese. Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras. Vitória, ES.
*ivina.vieira@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

A análise dos transientes de fluorescência permite avaliar etapas relacionadas à absorção e conservação de energia, à fotoquímica do fotossistema II (FSII) e ao transporte de elétrons, de forma rápida e não destrutiva, sendo amplamente empregada na caracterização das respostas das plantas às condições ambientais e aos estresses (Chang *et al*., 2025). Em mamoeiro (*Carica papaya* L.), Medeiros *et al*. (2025) demonstraram que alterações nos transientes de fluorescência podem revelar modificações no funcionamento fotossintético, enquanto Braga *et al*. (2025) verificaram elevada sensibilidade de parâmetros derivados do Teste JIP em plantas submetidas a estresse biótico.

O Teste JIP integra diferentes etapas da conversão de energia por meio de parâmetros relacionados aos centros de reação ativos ($\gamma RC/(1-\gamma RC)$), à eficiência fotoquímica inicial ($\psi E_0/(1-\psi E_0)$), ao transporte de elétrons além da Quinona A (Q_A^-) e à transferência de elétrons até os aceptores finais do fotossistema I. A integração desses componentes resulta em índices como PIabs e PItotal, enquanto DFabs e DFtotal representam suas respectivas forças motrizes em escala logarítmica. Esses índices têm evidenciado elevada capacidade de discriminação entre materiais vegetais com diferentes desempenhos fisiológicos (Hammami *et al*., 2024; Bhatt *et al*., 2024).

A comparação desses parâmetros entre cultivares de mamoeiro avaliadas no mesmo estádio de desenvolvimento, pode revelar diferentes estratégias de utilização e conservação da energia luminosa, contribuindo para compreender diferenças fisiológicas e a adaptação da cultura às condições de campo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar os componentes e os índices de performance fotossintética das cultivares 'Aliança' e 'Calimosa' aos 210 dias após o transplantio, buscando identificar diferenças no funcionamento integrado da cadeia de transporte de elétrons durante o estádio reprodutivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área comercial da Caliman Agrícola S.A., na Fazenda Santa Terezinha, em

Linhares, Espírito Santo, Brasil, nas coordenadas 19°23′28″ S / 40°04′20″ W, a 30 m de altitude. O clima regional é classificado como Aw segundo Köppen, caracterizado como tropical com inverno seco. A localização da área experimental está apresentada na Figura 1. Para este estudo foram avaliadas 120 plantas da cultivar 'Aliança' e 120 plantas da cultivar 'Calimosa', ambas aos 210 dias após o transplantio (início do estádio reprodutivo).

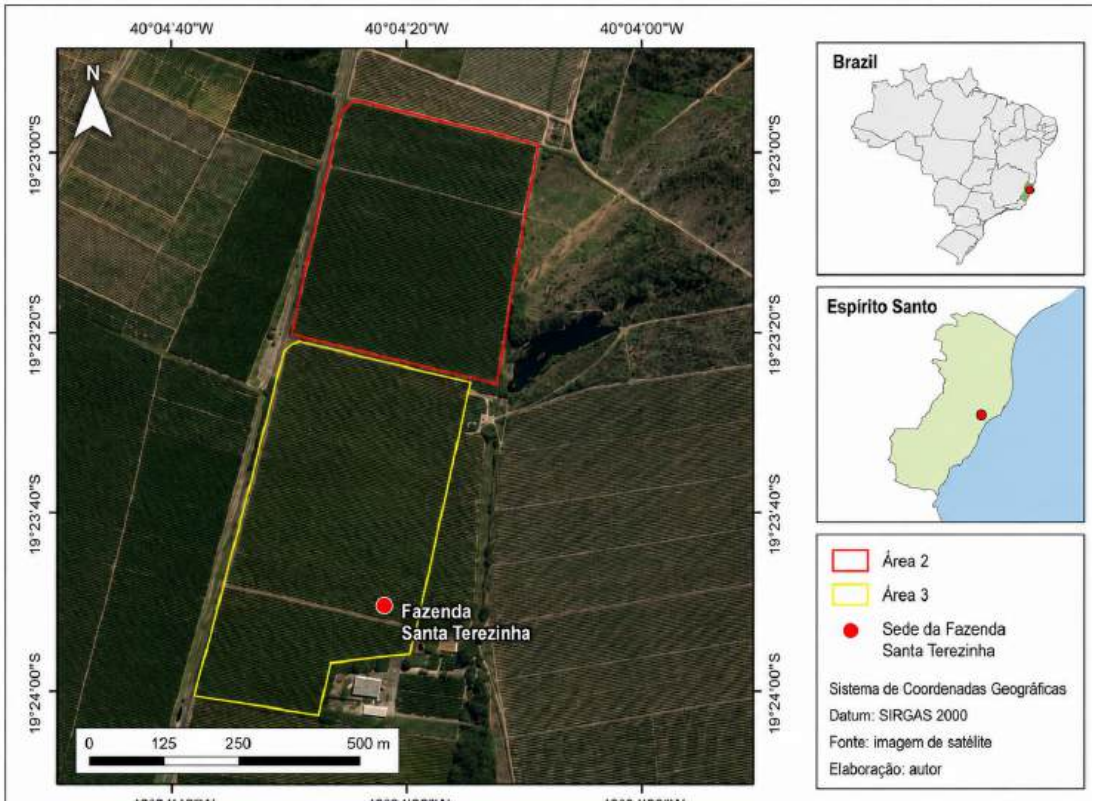


Figura 1 - Localização da área experimental na Fazenda Santa Terezinha, Linhares, Espírito Santo, Brasil.

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi determinada em folhas completamente expandidas nas primeiras horas da manhã utilizando fluorômetro portátil HandyPEA, Hansatech Instruments. As folhas foram adaptadas ao escuro por 40 min e submetidas a pulso de luz vermelha de 3.000 µmol fótons m^{-2} s^{-1}. Os sinais foram registrados entre 20 µs e 1 s e analisados pelo Teste JIP conforme Strasser *et al.* (2000, 2004)

A comparação entre as cultivares foi baseada nos componentes e índices de performance fotossintética (Figura 2). O parâmetro $\gamma RC/(1-\gamma RC)$ representa a proporção relativa de centros de reação ativos do fotossitema II em relação à absorção de energia. O termo $\varphi P_0/(1-\varphi P_0)$ representa a contribuição da eficiência máxima da fotoquímica do fotossitema II, enquanto $\psi E_0/(1-\psi E_0)$ expressa a eficiência com que os elétrons capturados avançam além de Q_A^- na cadeia transportadora. O parâmetro $\delta R_0/(1-\delta R_0)$ representa a eficiência de transferência dos elétrons ate os aceptores finais do fotossistema I.

O PIabs foi utilizado como indicador integrado da performance desde a absorção da energia pelo

fotossistema II até o transporte de elétrons no intersistema. O PItotal amplia essa avaliação ao incorporar também a eficiência de redução dos aceptores finais do fotossistema I. Foram ainda avaliados DFabs e DFtotal, que correspondem às forças motrizes obtidas pelo logaritmo de PIabs e PItotal, respectivamente. Esses parâmetros sintetizam em escala logarítmica as contribuições parciais que determinam a performance fotossintética global.

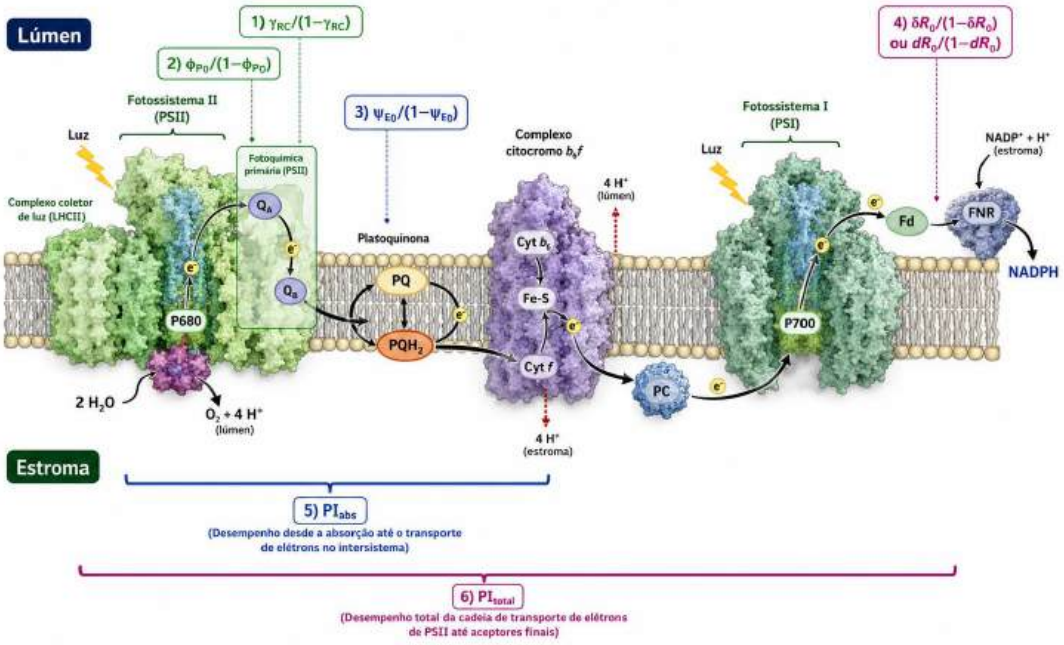


Figura 2 - Representação esquemática da cadeia fotossintética de transporte de elétrons e localização funcional dos componentes utilizados no cálculo dos índices de performance do Teste JIP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação dos parâmetros de performance fotossintética aos 210 dias após o transplantio revelou respostas distintas entre as cultivares (Figura 3). A cultivar ‘Calimosa’ apresentou maiores valores médios de $\gamma RC/(1-\gamma RC)$ e $\varphi P_0/(1-\varphi P_0)$, com aumentos de 14,6% e 21,1%, respectivamente. Esse comportamento foi acompanhado por maior PIabs, que passou de 3,20 ± 0,13 em ‘Aliança’ para 3,76 ± 0,12 em ‘Calimosa’, correspondendo a aumento de 17,5%, além de incremento de 16,7% em DFabs. Valores mais elevados de PIabs e DFabs são associados a maior capacidade integrada de conservação de energia no FSII e têm sido relacionados a melhor desempenho do aparato fotossintético em análises baseadas no Teste JIP (Li *et al*., 2024). Em mamoeiro, alterações nesses índices também têm evidenciado elevada sensibilidade para discriminar modificações na performance fotossintética decorrentes de condições de estresse (Braga *et al*., 2025; Medeiros *et al*., 2025).

Em contraste, ‘Calimosa’ apresentou redução de 14,3% em $\psi E_0/(1-\psi E_0)(3C)$, com valores de 1,41 ± 0,03 frente a 1,64 ± 0,03 em ‘Aliança’, e redução de 23,8% em $\delta R_0/(1-\delta R_0)(3D)$, indicando menor contribuição

relativa das etapas posteriores do transporte de elétrons. Mesmo assim, o PItotal(3 F) foi 10,3% superior em 'Calimosa', com média de 2,63 ± 0,08 contra 2,38 ± 0,10 em 'Aliança'. Esses resultados indicam que a maior performance 'Calimosa' esteve mais relacionada aos componentes iniciais da conservação de energia e da fotoquímica do FSII do que ao aumento uniforme de todas as etapas da cadeia transportadora.

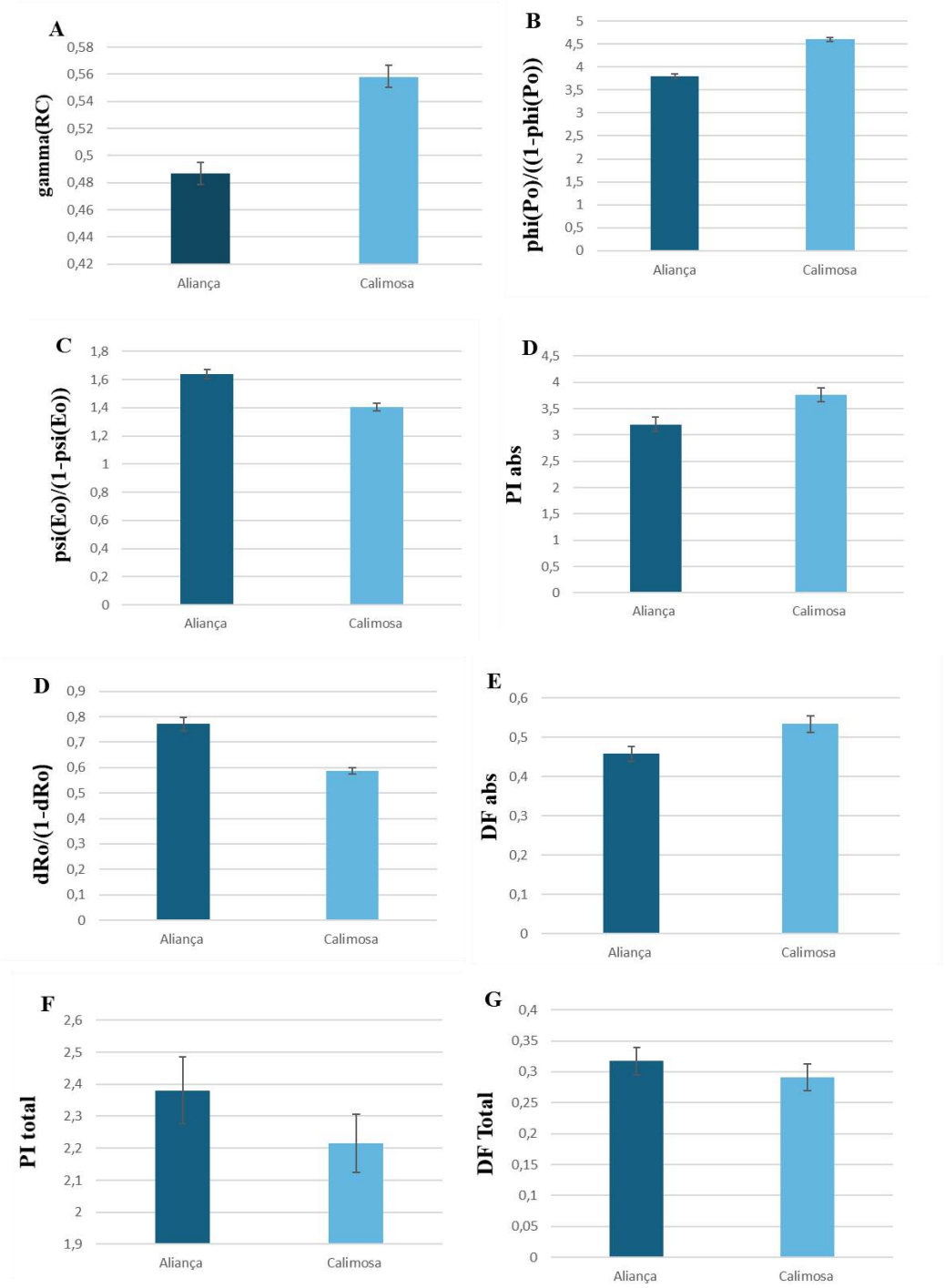


Figura 3 - Componentes e índices de performance fotossintética obtidos pelo Teste JIP em plantas de mamoeiro 'Aliança' e 'Calimosa' aos 210 dias após o transplantio. Valores apresentados como média ± erro padrão.

Essa resposta integrada é coerente com a natureza multiparamétrica do PIabs e do PItotal, cujos componentes podem responder de maneira distinta entre genótipos e condições fisiológicas. Dąbrowski *et al*. (2024) também demonstraram que PIabs, PItotal, DFabs e DFtotal são indicadores sensíveis de alterações na atividade fotossintética

A redução de 8,3% observada em DFtotal na cultivar ‘Calimosa’, mesmo com maior PItotal, deve ser interpretada com cautela, pois DFtotal corresponde à transformação logarítmica do PItotal calculada individualmente. Assim, diferenças na distribuição dos valores entre as plantas podem produzir tendências distintas entre a média aritmética de PItotal e a média de DFtotal.

CONCLUSÃO

A cultivar ‘Calimosa’ apresentou maior performance fotossintética média aos 210 DAT, evidenciada pelos maiores valores de $\gamma RC/(1-\gamma RC)$, $\varphi P_o/(1-\varphi P_o)$, PIabs, PItotal e DFabs.

O PIabs foi aproximadamente 17,5% superior em ‘Calimosa’, indicando vantagem principalmente nos componentes associados aos centros de reação e à eficiência da fotoquímica primária do FSII.

‘Calimosa’ apresentou maior performance integrada, porém menores valores de $\psi E_o/(1-\psi E_o)$ e $\delta R_o/(1-\delta R_o)$, demonstrando que o melhor desempenho não ocorreu de forma uniforme em todas as etapas da cadeia de transporte de elétrons.

Os resultados indicam estratégias fotossintéticas distintas entre as cultivares, com a maior performance no mamoeiro do grupo Formosa associada principalmente às etapas iniciais da conversão e conservação de energia.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos da Fotossíntese pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRAGA, C.S. *et al.* Papaya ringspot virus type P affects photochemical efficiency (JIP test parameters) in young papaya plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 140, p. 102894, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102894

CHANG, K.W. *et al.* Recent advances in plant stress analysis using chlorophyll *a* fluorescence. **Photosynthetica**, v. 63, n. 4, p. 359-373, 2025. DOI: https://doi.org/10.32615/ps.2025.037

DĄBROWSKI, P. *et al*. Relationship between photosynthetic performance and yield loss in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under frost conditions. **Photosynthetica**, 62(3), 240-251, 2024. DOI: https://doi.org/10.32615/ps.2024.025

HAMMAMI, Z. *et al.* The efficiency of chlorophyll fluorescence as a selection criterion for salinity and climate aridity tolerance in barley genotypes. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1324388

LI, C. *et al.* Enhanced drought tolerance and photosynthetic efficiency in *Arabidopsis* by overexpressing phosphoenolpyruvate carboxylase from a single-cell C4 halophyte *Suaeda aralocaspica*. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1443691, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1443691

MEDEIROS, W.P. *et al.* Studies on the differentiation of transient chlorophyll *a* fluorescence signals in papaya plants showing symptoms and without symptoms in the presence of PRSV-P and PMeV viruses. Plants, v. 14, n. 20, p. 3208, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14203208

STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: YUNUS, M.; PATHRE, U.; MOHANTY, P. (ed.). **Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation**. London: Taylor & Francis, 2000. p. 445-483. https://archive-ouverte.unige.ch/unige:177144

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll *a* fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE (ed.). **Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis**. Dordrecht: Springer, 2004. p. 321-362. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_12

ESTABILIDADE DO APARATO FOTOSSINTÉTICO DO MAMOEIRO HÍBRIDO UENF/CALIMAN 01 (‘CALIMOSA’) DURANTE A FASE REPRODUTIVA

Jhemily da Silva Elias Caetano[1]*, Romário de Oliveira Silva Junior[1], Gislane Chaves de Oliveira Silvares[1], Sabrina Garcia Broetto[1], Karen de Oliveira Barbosa[1], Diolina Moura Silva[1]

[1]Núcleo de Estudos da Fotossíntese. Universidade Federal do Espirito Santo, Campus Vitória. Vitória, ES.
*jhemilydasilvaeliascaetano@gmail.com

INTRODUÇÃO

Durante a fase reprodutiva do mamoeiro (*Carica papaya* L.), a manutenção da atividade fotossintética é fundamental, uma vez que o crescimento vegetativo ocorre simultaneamente à formação e ao desenvolvimento dos frutos. Alterações nas condições ambientais, especialmente na disponibilidade hídrica, podem comprometer as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e, consequentemente, o desempenho produtivo. Em mamoeiro, Melo *et al*. (2021) demonstraram que a redução da disponibilidade hídrica pode afetar o desempenho fisiológico e produtivo das plantas.

Estudos recentes reforçam a importância do monitoramento fisiológico durante a fase reprodutiva. Restrições hídricas podem alterar variáveis fisiológicas, crescimento e eficiência fotoquímica (Dantas *et al*., 2025), enquanto diferentes estratégias de manejo da água influenciam sua eficiência de uso e o rendimento da cultura (Mendoza-Grimón *et al*., 2024). Além disso, as respostas fisiológicas podem variar ao longo do desenvolvimento e entre genótipos, evidenciando que avaliações realizadas em um único momento podem não representar adequadamente a dinâmica fisiológica da cultura (Mahouachi; Marrero-Díaz, 2022; Loaiza-Ruiz *et al*., 2023).

Nesse contexto, avaliar a estabilidade dos indicadores fotossintéticos ao longo da fase reprodutiva pode contribuir para estabelecer referências fisiológicas para o monitoramento da cultura. Assim, este trabalho teve como objetivo comparar o desempenho fotossintético de plantas de mamoeiro ‘Calimosa’ aos 210 e 240 dias após o transplantio, visando determinar a estabilidade desses indicadores ao longo do avanço da fase produtiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em cultivo comercial da Caliman Agrícola S.A., na Fazenda Santa Terezinha, Linhares, Espírito Santo, Brasil, nas coordenadas 19°23′28″ S / 40°04′20″ W, a 30 m de altitude. A região apresenta clima Aw segundo Köppen, caracterizado como tropical com inverno seco. A localização da área

experimental está apresentada na Figura 1. Foram avaliadas plantas da cultivar UENF/Caliman 01 'Calimosa' em dois períodos da fase reprodutiva, com 121 plantas aos 210 dias após o transplantio (DAT) e 118 plantas aos 240 DAT. Os registros do banco de dados correspondem a conjuntos distintos de plantas: aos 210 DAT, as plantas foram identificadas de 1 a 121 no Área 3/Campo 6; aos 240 DAT, de 1 a 118 no Área 3/Campo 7. Dessa forma, as duas avaliações foram tratadas como amostras independentes. Em ambos os períodos, mais de 50% da população apresentava pelo menos uma flor aberta.

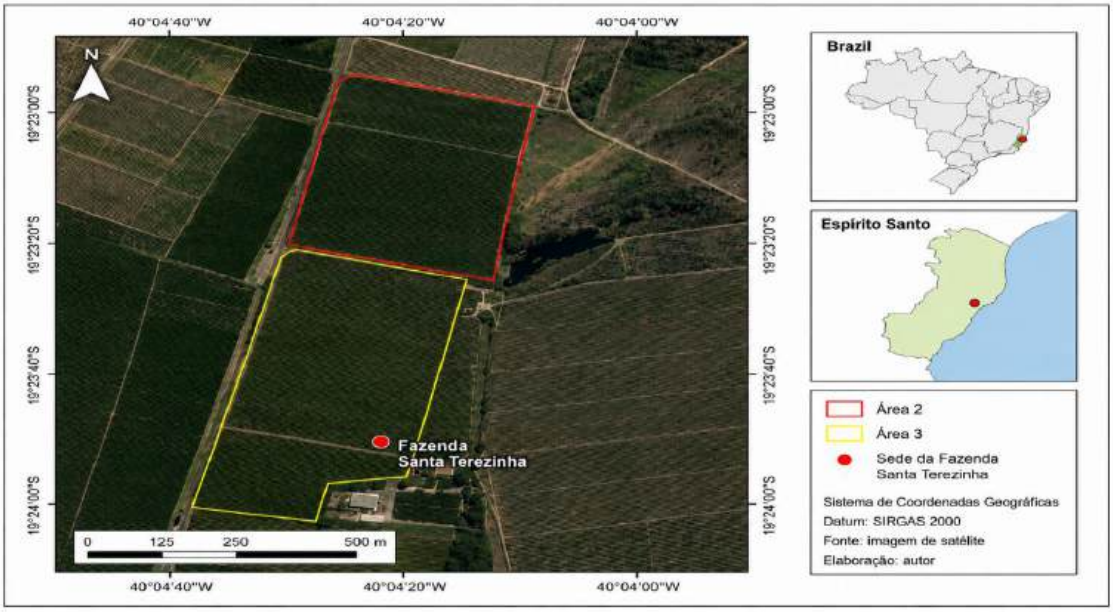


Figura 1 - Localização da área experimental na Fazenda Santa Terezinha, Linhares, Espírito Santo, Brasil.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A fluorescência da clorofila *a* foi determinada em folhas completamente expandidas nas primeiras horas da manhã com um fluorômetro portátil (HandyPEA; Hansatech Instruments Ltd., Pentney, Norfolk, UK). As folhas foram adaptadas ao escuro por 40 min e submetidas a pulso saturante de luz vermelha (3.000 µmol fótons m^{-2} s^{-1}). Os sinais foram registrados entre 20 µs e 1 s e, em seguida, foram derivados os parâmetros do Teste JIP conforme Strasser *et al*. (2000, 2004) e Tsimilli-Michael (2020).

Os parâmetros avaliados foram: Fv/Fm, ABS/RC, ET_0/RC, DI_0/RC, RE_0/RC, φR_0, PIabs e PItotal. Para cada período foram calculados média, erro padrão, coeficiente de variação e variação relativa entre 210 e 240 DAT. Como os conjuntos avaliados foram independentes e os dados não atenderam simultaneamente aos pressupostos de normalidade, as comparações entre os períodos foram realizadas pelo teste de Mann-Whitney, adotando-se 5% de significância. A estabilidade fisiológica foi interpretada considerando conjuntamente a significância estatística e a magnitude da variação relativa: alterações de pequena magnitude foram consideradas indicativas de manutenção relativa do parâmetro, sem que isso implicasse ausência de diferença estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros fotoquímicos de plantas de mamoeiro 'Calimosa' avaliadas aos 210 e 240 DAT apresentaram redução em diferentes magnitudes entre os períodos (Figura 2). O rendimento quântico máximo do FSII (Fv/Fm) diminuiu de 0,819 para 0,811, correspondendo a redução de 1,0%, diferença estatisticamente significativa ($p<0,001$), porém de baixa magnitude. Assim, o Fv/Fm foi interpretado como relativamente estável quanto à magnitude da alteração, e não como ausência de diferença estatística. Valores próximos a 0,83 são geralmente associados ao bom funcionamento do aparato fotossintético, sugerindo manutenção relativa da eficiência fotoquímica máxima do FSII no período avaliado (Kalaji *et al*., 2016; Tsimilli-Michael, 2020). ABS/RC, ET_0/RC, RE_0/RC e φR_0 apresentaram reduções de 4,6%, 8,1%, 7,3% e 3,4%, respectivamente; todas diferiram entre os períodos pelo teste de Mann-Whitney ($p<0,05$), indicando alterações no uso e na transferência de energia ao longo da cadeia transportadora. A Figura 3 ilustra essa interpretação ao posicionar os parâmetros ao longo da membrana do tilacoide, mostrando que as alterações relativas foram mais pronunciadas no transporte de elétrons do que na eficiência fotoquímica máxima inicial.

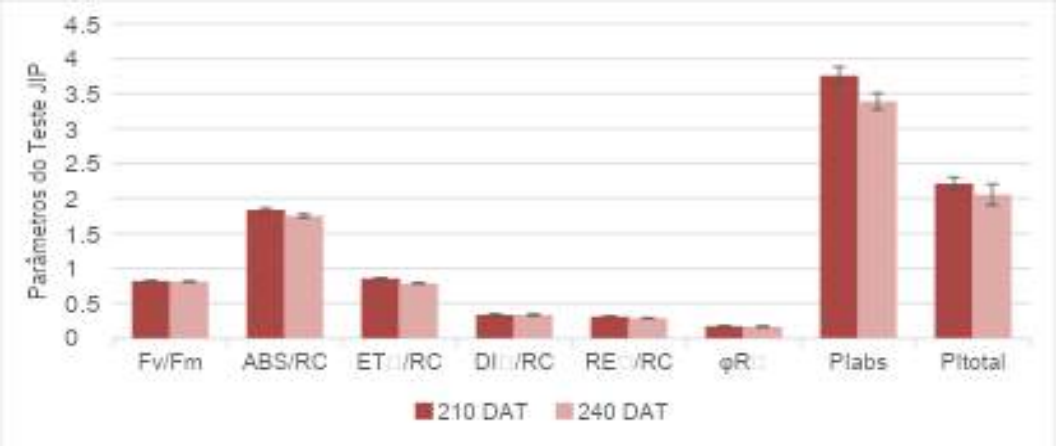


Figura 2 - Parâmetros fotoquímicos obtidos pelo Teste JIP em plantas de mamoeiro 'Calimosa' aos 210 e 240 dias após o transplantio (DAT). Os valores representam as médias (± erro padrão) de Fv/Fm, ABS/RC, ET_0/RC, DI_0/RC, RE_0/RC, φR_0, PIabs e PItotal nos dois períodos de avaliação.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O parâmetro DI_0/RC permaneceu praticamente estável, com variação de apenas -0,2%, e não apresentou diferença significativa entre os períodos ($p=0,617$), mantendo valores próximos de 0,33 nos dois períodos (Figura 2). Esse comportamento sugere que as reduções observadas em ET_0/RC, RE_0/RC e φR_0 não foram acompanhadas por aumento expressivo da dissipação de energia por centro de reação. Assim, os dados indicam maior alteração nos componentes associados ao transporte eletrônico do que em DI_0/RC. Segundo Strasser *et al*. (2004), esse padrão pode ocorrer quando a limitação funcional afeta mais fortemente a transferência de elétrons do que os processos de dissipação.

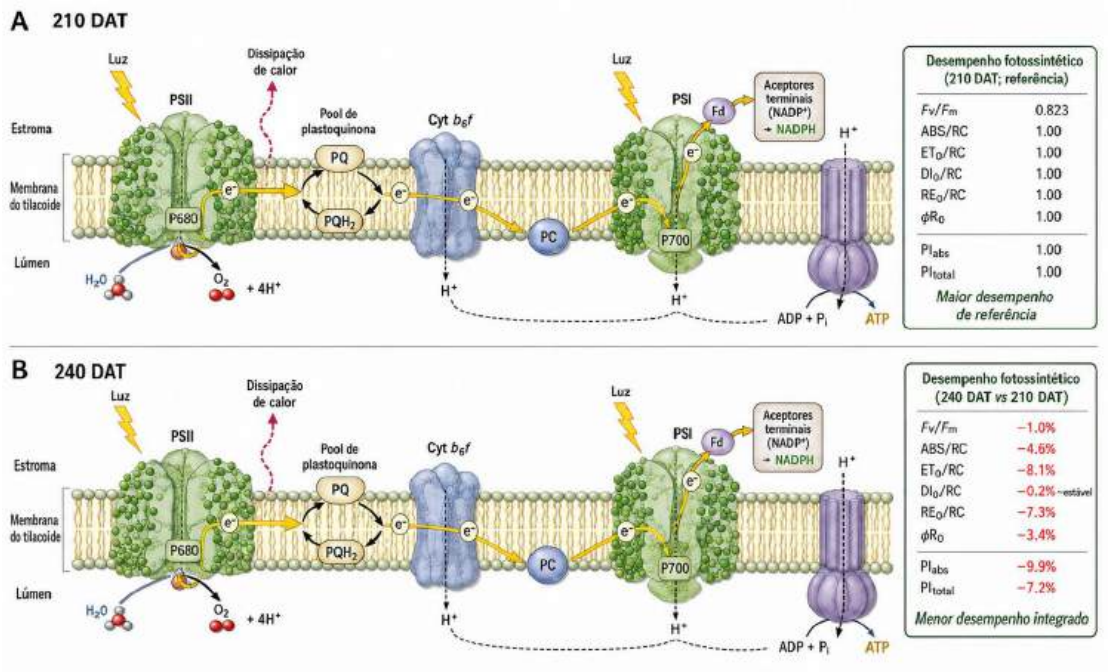


Figura 3 -. Representação esquemática da cadeia fotossintética de transporte de elétrons em plantas de mamoeiro 'Calimosa' aos 210 e 240 dias após o transplantio, destacando as alterações relativas observadas em Fv/Fm, ABS/RC, ETo/RC, DIo/RC, REo/RC, φRo, PIabs e PItotal ao longo da fase reprodutiva.
Fonte: Adaptado de Strasser *et al*. (2004), com modificações dos autores.

A redução dos índices integrados de performance reforça essa interpretação. O PIabs diminuiu de 3,76 para 3,39, correspondendo a redução de 9,9% (p=0,009), enquanto o PItotal caiu de 2,22 para 2,06, com redução de 7,2% (p=0,026) (Figura 2). Ambos os parâmetros apresentaram diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney. Como esses índices integram diferentes etapas da atividade fotoquímica, sua diminuição indica alteração do desempenho fotoquímico entre os dois períodos, mesmo com a pequena magnitude da variação de Fv/Fm. Dessa forma, os resultados apontam que as maiores alterações ocorreram nos parâmetros relacionados ao transporte de elétrons e no desempenho integrado do aparato fotossintético.

Esse padrão evidencia que a comparação entre 210 e 240 DAT deve ser interpretada como uma diferença entre dois períodos de avaliação em condições de campo, e não como efeito exclusivo do avanço da fase reprodutiva. A manutenção relativa do Fv/Fm e de DIo/RC, acompanhada pela redução dos demais parâmetros, indica respostas diferenciadas entre os componentes do aparato fotoquímico. As alterações observadas podem estar relacionadas à combinação do avanço fenológico com as condições ambientais e de manejo hídrico ocorridas entre as avaliações. Entretanto, como essas condições não estão contempladas no banco de dados disponibilizado para esta análise, não é possível atribuir causalidade exclusivamente ao avanço da fase reprodutiva. Estudos em mamoeiro e outras culturas indicam que parâmetros integrativos do Teste JIP, como PIabs e PItotal, podem ser sensíveis a alterações fisiológicas moderadas em condições de campo (Kalaji *et al*., 2016; Loaiza-Ruiz *et al*., 2023; Dantas *et al*., 2025).

CONCLUSÃO

- O mamoeiro 'Calimosa' apresentou manutenção relativa da eficiência fotoquímica máxima do FSII entre 210 e 240 DAT: Fv/Fm apresentou redução estatisticamente significativa, porém de baixa magnitude (-1,0%), enquanto DI_0/RC não diferiu entre os períodos;
- foram observadas reduções significativas em ABS/RC, ET_0/RC, RE_0/RC, φR_0, PIabs e PItotal entre os períodos avaliados;
- os parâmetros relacionados ao transporte de elétrons e ao desempenho fotossintético integrado apresentaram maior magnitude de alteração do que Fv/Fm, reforçando sua maior sensibilidade para detectar diferenças fisiológicas entre os períodos avaliados.

AGRADECIMENTOS

À Prof.ª Dr.ª Diolina Moura Silva, coordenadora do Núcleo de Estudos da Fotossíntese pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio à realização deste trabalho. Especialmente a empresa Caliman Agrícola S.A., na Fazenda Santa Terezinha pela disponibilização da área para execução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

DANTAS, M.V.; DE FÁTIMA, R.T.; DE LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; DA SILVA, J.S.; ROQUE, I. A.; DE LACERDA, C.N.; FERREIRA, J.T.A.; DE ANDRADE SILVA, L.; ALMEIDA, D.C.; TORRES, R.A.F.; LIMA, A.S.; DE ALMEIDA, F.A. Microorganism-based biostimulants for alleviating water deficit in 'Formosa' papaya: physiological indices and growth. **Horticulturae**, v. 11, n. 11, p. 1348, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae11111348

LOAIZA-RUIZ, R.A.; CARTAGENA VALENZUELA, J.R.; BARRERA-SÁNCHEZ, C.F.; CÓRDOBA-GAONA, O.J. Physiological characterization of *Carica papaya* L. variety UN Cotové. **Revista de Ciencias Agrícolas**, v. 40, n. 2, p. e2210, 2023. DOI: https://doi.org/10.22267/rcia.20234002.210

MAHOUACHI, J.; MARRERO-DÍAZ, E. Plant growth and fruit nutrient changes in *Carica papaya* L. genotypes subjected to regulated deficit irrigation. **Life**, v. 12, n. 11, p. 1831, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/life12111831

MELO, A.S.; SOUSA, M.S.S.; DUTRA, A.F.; BRITO, M.E.B.; SILVA, J.M.; VIÉGAS, P.R.A.; MAIA JÚNIOR, S.O.; DUTRA, W.F. Physiological and productive performance of papaya plants irrigated in a semiarid environment. **Comunicata Scientiae**, v. 12, p. e3718, 2021. DOI: https://doi.org/10.14295/CS.v12.3718

MENDOZA-GRIMÓN, V.; AMORÓS, R.; FERNÁNDEZ-VERA, J.R.; LOPES DA VEIGA, E.; PALACIOS-DÍAZ, M. del P. Utilising reclaimed water for papaya (*Carica papaya* L.) cultivation in Cape Verde: a detailed case study. **Agronomy**, v. 14, n. 11, p. 2726, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14112726

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE (ed.). **Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis**. Dordrecht: **Springer,** 2004. p. 321–362. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_12

ALTERAÇÕES NA CINÉTICA OJIP DO MAMOEIRO 'ALIANÇA' ENTRE OS ESTÁDIOS VEGETATIVO E REPRODUTIVO

Karen de Oliveira Barbosa[1]*, Romário de Oliveira Silva Junior[1], Sabrina Garcia Broetto[1], Gislane Chaves de Oliveira Silvares[1], Jhemily da Silva Elias Caetano[1], Diolina Moura Silva[1]

[1]Núcleo de Estudos da Fotossíntese. Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Vitória. Vitória, ES.
*karen.o.barbosa@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do mamoeiro (*Carica papaya* L.) é acompanhado por mudanças na demanda por água, nutrientes e fotoassimilados. No estádio vegetativo, os recursos são direcionados principalmente ao estabelecimento e à expansão do aparato vegetativo, enquanto, no estádio reprodutivo o crescimento vegetativo, o florescimento e o desenvolvimento dos frutos ocorrem simultaneamente. Assim, o estádio fenológico deve ser considerado na interpretação das respostas fisiológicas da cultura. Em mudas da cultivar 'Aliança', Ramos *et al*. (2025) demonstraram que alterações nas condições de cultivo durante o estabelecimento inicial influenciam o crescimento e a vitalidade das plantas.

As respostas fotossintéticas da cultivar são sensíveis às condições de desenvolvimento. Ferreira *et al*. (2025a) observaram alterações fisiológicas em mudas da cultivar 'Aliança' submetidas a diferentes condições térmicas, enquanto Ferreira *et al*. (2025b) verificaram modificações na eficiência fotoquímica e na dissipação de energia sob ciclos recorrentes de déficit hídrico. Em campo, Ruas *et al*. (2022) também demonstraram que características fotossintéticas da cultivar 'Aliança' variam em resposta às condições ambientais. Esses resultados evidenciam a plasticidade do aparato fotossintético e reforçam a necessidade de considerar o momento do ciclo nas avaliações.

A fluorescência transiente da clorofila *a* permite acompanhar essa dinâmica por meio da curva OJIP e de suas fases, identificando alterações no funcionamento do aparato fotossintético. Essa abordagem é relevante em diferentes estádios fenológicos, pois a progressão entre os estádios vegetativo, de florescimento e de frutificação envolve mudanças na demanda energética. Armella *et al*. (2025) demonstraram que a transição entre essas etapas no mamoeiro está associada à dinâmica de crescimento e às condições ambientais.
O objetivo foi comparar a cinética da fluorescência transiente da clorofila a no mamoeiro 'Aliança' aos 40 e 210 dias após o transplantio (DAT), correspondentes aos estádios vegetativo e reprodutivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo ocorreu na Caliman Agrícola S.A., Fazenda Santa Terezinha (19°23′28″ S / 40°04′20″ W),

Linhares, Espírito Santo, a 30 m de altitude (Figura 1), com clima Aw (Álvares *et al*., 2013). Registros municipais indicam médias térmicas de 26,6 e 25,6 °C e precipitações acumuladas de 59,4 e 83,0 mm em outubro de 2017 e abril de 2018, respectivamente. As mesmas 120 plantas visualmente sadias de Rb-001-4 'Aliança', na Área 2, foram avaliadas aos 40 e 210 DAT nesses meses, sem substituição por amostras independentes. Indivíduos de altura e número de folhas semelhantes foram selecionados e marcados aleatoriamente ao longo de toda a área.

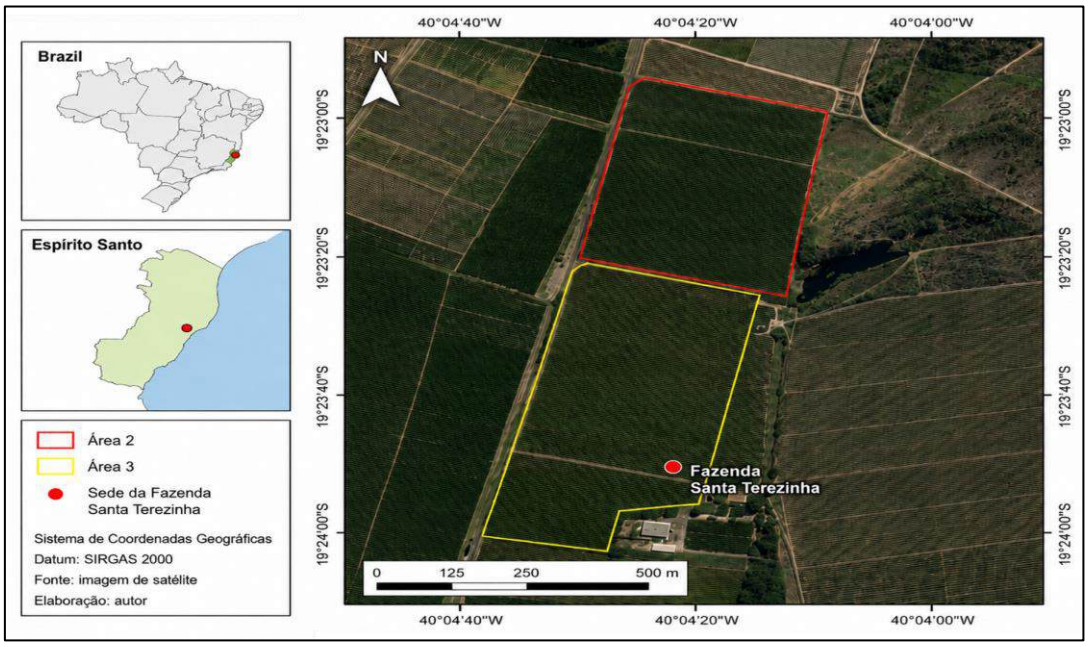


Figura 1- Localização da área experimental na Fazenda Santa Terezinha, Linhares, Espírito Santo, Brasil.

A fluorescência transiente da clorofila a foi determinada em folhas completamente expandidas nas primeiras horas da manhã com fluorômetro portátil HandyPEA. Foram avaliadas duas folhas por planta e cinco medidas em cada folha, totalizando 10 medidas por indivíduo. Após 40 min de adaptação ao escuro, para favorecer a reoxidação dos aceptores do FSII antes da medição, as folhas foram submetidas a pulso de luz vermelha de 3.000 µmol fótons m^{-2} s^{-1} e os sinais registrados entre 20 µs e 1 s, conforme Strasser *et al*. (2000) e Strasser *et al*. (2004).

Foram analisados o transiente OJIP, a fluorescência variável relativa [$Vt = (Ft - F_0)/(Fm - F_0)$] e as bandas L, K, H e G, obtidas a partir das normalizações WOK, WOJ, WJI e WIP, respectivamente. Para cada tempo de registro foram calculados a média e o erro padrão. A curva de referência foi construída calculando-se, em cada tempo de registro, a mediana do conjunto de leituras dos dois estádios, reunidas em uma única distribuição. Os valores foram ordenados e tomou-se o valor central ou, para um número par de observações, a média dos dois valores centrais. Esse procedimento foi aplicado ao transiente OJIP e às respectivas curvas normalizadas. As curvas diferenciais foram calculadas subtraindo-se a referência da curva média de cada estádio, em cada tempo: $\Delta Vt = Vt(\text{estádio}) - Vt(\text{referência})$, com procedimento análogo para ΔWOK, ΔWOJ,

ΔWJI e ΔWIP. As comparações do transiente OJIP e das bandas diferenciais foram exclusivamente descritivas, sem testes estatísticos inferenciais entre os estádios. Assim, diferenças de amplitude, sinal ou formato foram interpretadas como padrões dos dados, sem atribuição de significância estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 40 DAT, a fluorescência foi maior em praticamente todo o transiente, sobretudo em J–I e I–P; aos 210 DAT, Fm foi aproximadamente 23% menor (Figura 2A). Alterações no transiente podem indicar mudanças na redução e reoxidação de transportadores de elétrons em condições de estresse (Dąbrowski *et al*., 2019).

A normalização aproximou as curvas (Figura 2B), enquanto ΔVt destacou diferenças (Figura 2C): aos 40 DAT, pico de aproximadamente 0,067, seguido de −0,05; aos 210 DAT, oscilações entre aproximadamente −0,03 e +0,02. As diferenças não podem ser atribuídas exclusivamente à transição fenológica, pois as avaliações ocorreram em épocas distintas.

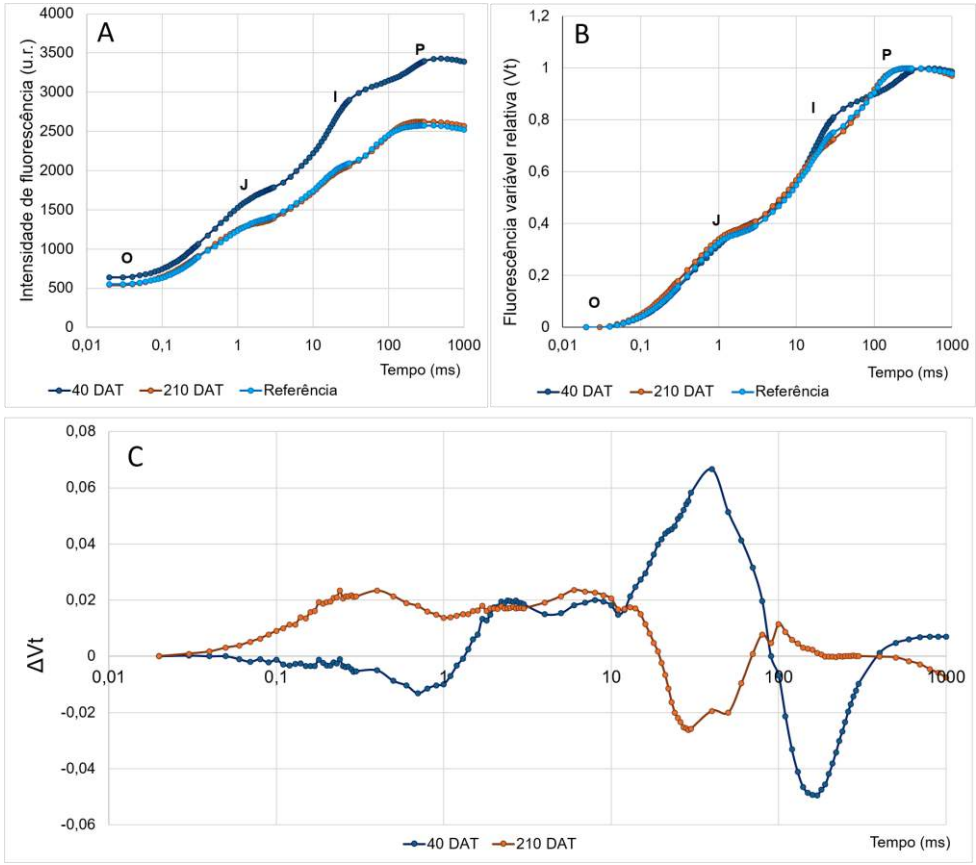


Figura 2 - Fluorescência da clorofila a em mamoeiro 'Aliança' aos 40 e 210 DAT. (A) Intensidade OJIP e mediana (referência); (B) fluorescência variável relativa (Vt); (C) diferença em relação à mediana (ΔVt).

A banda L (O–K, cerca de 0,15 ms) apresentou mínimo próximo de −0,018 aos 40 DAT e máximo de 0,009 aos 210 DAT (Figura 3A). Valores negativos associam-se à maior conectividade energética do FSII (Ji

et al., 2022). A banda K (O–J, cerca de 0,3 ms) passou de aproximadamente −0,057 para 0,027 (Figura 3B). Valores positivos relacionam-se à menor eficiência relativa do complexo de evolução do oxigênio e ao desequilíbrio no fornecimento de elétrons ao FSII (Ji *et al*., 2022; Wu *et al*., 2022).

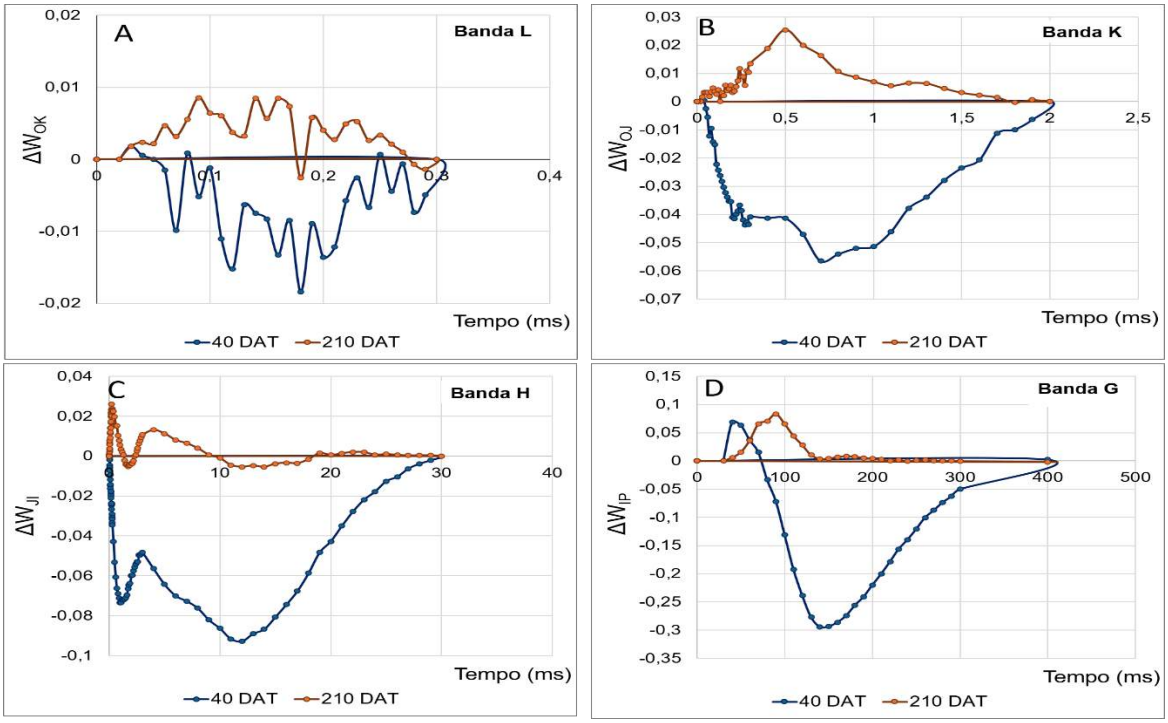


Figura 3 - Bandas diferenciais aos 40 e 210 DAT em relação à referência. (A) L: ΔWOK, região O–K; (B) K: ΔWOJ, região O–J; (C) H: ΔWJI, região J–I; (D) G: ΔWIP, região I–P.

As maiores diferenças ocorreram nas bandas H e G. A H (J–I), relacionada à dinâmica redox das plastoquinonas e ao transporte no intersistema, atingiu aproximadamente −0,09 aos 40 DAT e valores positivos e negativos próximos de zero aos 210 DAT (Figura 3C). A G (I–P), associada aos aceptores finais do FSI, apresentou mínimo de aproximadamente −0,30 e máximo de +0,08, respectivamente (Figura 3D). Valores negativos associam-se à maior disponibilidade relativa de aceptores finais de elétrons (Wu *et al*., 2022).

CONCLUSÃO

O mamoeiro ‘Aliança’ apresentou diferenças descritivas na cinética OJIP entre 40 e 210 DAT, com Fm aproximadamente 23% menor na segunda avaliação e diferenças de amplitude e sinal nas bandas, sobretudo H e G. Sem testes inferenciais e com avaliações em épocas distintas, não é possível separar efeitos do desenvolvimento e do ambiente, atribuir as respostas exclusivamente à transição fenológica ou diagnosticar, isoladamente, estresse fisiológico.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos da Fotossíntese pela disponibilização dos dados deste estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo apoio à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ARMELLA, C.M.; MICHELOUD, N.G.; GARIGLIO, N.F.; VASCONCELLOS, M.A.S. Vegetative growth and thermal requirements of new papaya genotypes in the subtropical region of Argentina. **Fruit Crops Science Journal**, v. 1, e-026, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/3085-89092025026

DĄBROWSKI, P.; BACZEWSKA-DĄBROWSKA, A.H.; KALAJI, H.M.; GOLTSEV, V.; PAUNOV, M.; RAPACZ, M.; WÓJCIK-JAGŁA, M.; PAWLUŚKIEWICZ, B.; BĄBA, W.; BRESTIC, M. Exploration of chlorophyll a fluorescence and plant gas exchange parameters as indicators of drought tolerance in perennial ryegrass. **Sensors**, v. 19, n. 12, 2736, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/s19122736

FERREIRA, T.R.; RODRIGUES, J.S.; GALOTE, J.K.B.; CRASQUE, J.; CERRI NETO, B.; FALQUETO, A.R.; ARANTES, L.O.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Mitigation of high temperatures with *Ascophyllum nodosum* biostimulants in papaya (*Carica papaya* L.) seedlings. **Plants**, v. 14, n. 3, 317, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14030317

FERREIRA, T.R.; POLONINI, G.T.; FONSECA, L.F.; BRANDÃO, C.T.F.; FALQUETO, A.R.; SCHMILDT, E.R.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SANTANA, E.N.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Seaweed and melatonin in the induction of tolerance to recurrent water deficit in papaya. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1630028, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1630028

JI, W.; HONG, E.; CHEN, X.; LI, Z.; LIN, B.; XIA, X.; LI, T.; SONG, X.; JIN, S.; ZHU, X. Photosynthetic and physiological responses of different peony cultivars to high temperature. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 969718, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.969718

RAMOS, E.P.; AGUIAR, D.B.; BARBOSA, A.K.M.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SCHMILDT, E.R.; FALQUETO, A.R.; FERNANDES, A.A.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Production of 'Aliança' papaya seedlings under different dosages and sources of *Lithothamnion* sp. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1630560, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1630560.

RUAS, K.F.; BARONI, D.F.; SOUZA, G.A.R.; BERNADO, W.P.; PAIXÃO, J.S.; SANTOS, G.M.; MACHADO FILHO, J.A.; ABREU, D.P.; SOUSA, E.F.; RAKOCEVIC, M.; RODRIGUES, W.P.; CAMPOSTRINI, E. A *Carica papaya* L. genotype with low leaf chlorophyll concentration copes successfully with soil water stress in the field. **Scientia Horticulturae**, v. 293, 110722, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110722

STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: YUNUS, M.; PATHRE, U.; MOHANTY, P. (eds.). Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation. London: **Taylor & Francis**, p. 445-483, 2000.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.C.; GOVINDJEE (eds.). Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis.

Dordrecht: **Springer**, p. 321-362, 2004. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_12

WU, P.; MA, Y.; AHAMMED, G.J.; HAO, B.; CHEN, J.; WAN, W.; ZHAO, Y.; CUI, H.; XU, W.; CUI, J.; LIU, H. Insights into melatonin-induced photosynthetic electron transport under low-temperature stress in cucumber. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 1029854, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1029854

FISIOLOGIA DA PÓS-COLHEITA

ANÁLISE METABOLÔMICA COMPARATIVA DA CASCA E SEMENTES DE MAMÃO (*Carica papaya* L.) ORGÂNICO E CONVENCIONAL COMO FERRAMENTA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES

Nicole Cavalcante da Silva[1,2]*, Isabele Batista Campanhon Araujo[1,2], Ana Paula Valente[1,3], Márcia Regina Soares da Silva[1,2]

[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; [2]Instituto de Química (IQ); [3]Instituto de Bioquímica Médica (IBqM). *nicolecavalcante94@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta climatérica economicamente importante, em 2022 o Brasil produziu cerca de 1.281.726 toneladas e está entre os países que mais exportam a fruta (FAOSTAT, 2024). No entanto, devido ao seu rápido amadurecimento, ocorrem diversas alterações no metabólicas, desencadeadas pelo etileno, que ativam enzimas responsáveis pela desestruturação da parede celular, induzindo o amolecimento da casca. Dessa forma, a fruta fica mais suscetível a danos físicos, contaminação por vírus e insetos.

Na agricultura convencional utiliza-se inseticidas, fungicidas e herbicidas ao longo da produção de mamão. Em contrapartida, no período pós-colheita é permitido o uso de 1-MCP (1-metilciclopropeno) para bloquear receptores de etileno e retardar a perda de firmeza da casca e amadurecimento (Jiang, *et al*., 2019; Prado, 2019). Apesar disso, o mamão sofre perdas pós-colheita, gerando resíduos e após o consumo da polpa, são descartados casca e sementes.

O presente estudo busca comparar o metaboloma da casca e sementes de mamão orgânico e convencional para caracterizar metabólitos que podem contribuir para a valorização e manejo sustentável desses subprodutos do mamão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de mamão (*C. papaya*) foram obtidos no período de março a maio de 2023. Os mamões orgânicos (n = 24) foram obtidos em feira agroecológica, no Rio de Janeiro. Os mamões convencionais (n = 6) provenientes de supermercado localizado em Duque de Caxias, Rio de Janeiro, com fornecedor em Linhares, Espírito Santo.

Após a obtenção, as frutas foram lavadas e secas em temperatura ambiente. Todas as frutas foram analisadas no estágio 5 de maturação. Foram separados polpa, sementes e casca, macerados com nitrogênio

líquido e transferidos para tubos estéreis e congelados a -20 °C até análise.

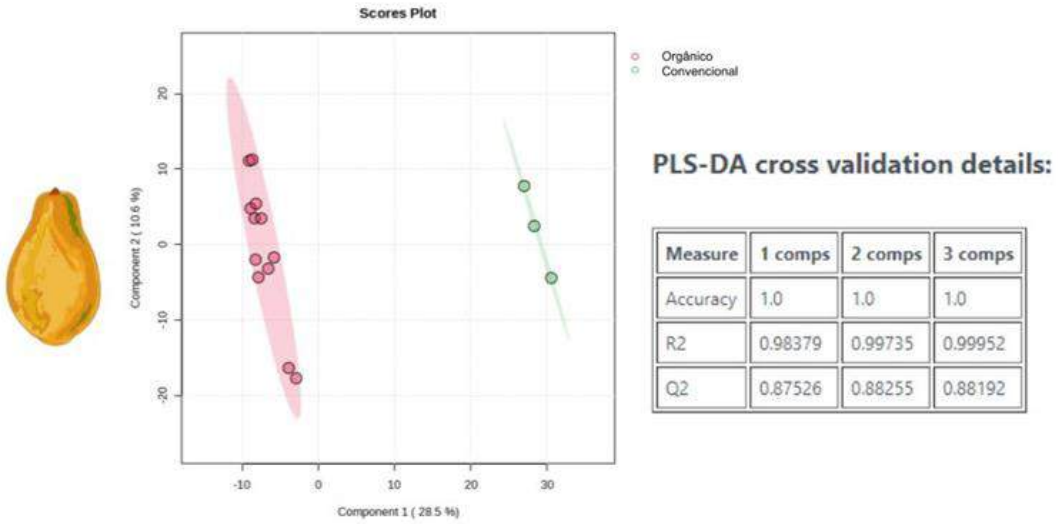
As amostras foram preparadas pesando 25 mg do pool liofilizado de casca e sementes, foram adicionados 650 µL de solução tampão fosfato pH 6, seguido de agitação em vórtex. As amostras foram centrifugadas a 13.000 rpm por 20 minutos e transferidos 520 µL de sobrenadante para um novo tubo e adicionados 20 µL de azida de sódio (5 mM) e 60 µL de D_2O (99%). Foram transferidos 600 µL para tubo de 5 mm para os experimentos de RMN.

Os espectros foram adquiridos utilizando um espectrômetro Bruker AVANCE III a 600 MHz em 298 K. Foram obtidos espectros unidimensionais, a aquisição dos experimentos foi feita com o software TopSpin, acoplado ao equipamento. Os dados foram submetidos à análise estatística multivariada *Principal Component Analysis* (PCA) e *Partial least squares-discriminant analysis* (PLS-DA).

RESULTADOS

Foram caracterizados 16 metabólitos nos dois grupos de casca de mamão, entre eles os aminoácidos: leucina, treonina, alanina, arginina, glutamina e prolina, ácidos orgânicos: ácido aspártico, ácido fumárico, ácido gálico e ácido fórmico, aromáticos: fenilalanina, triptofano, fenólicos: kaempferol e quercetina, colina e gaba.

A análise PCA mostrou separação entre os grupos de casca, com PC 1 (28,6%) e PLS-DA (28,5%) (Figura 1).



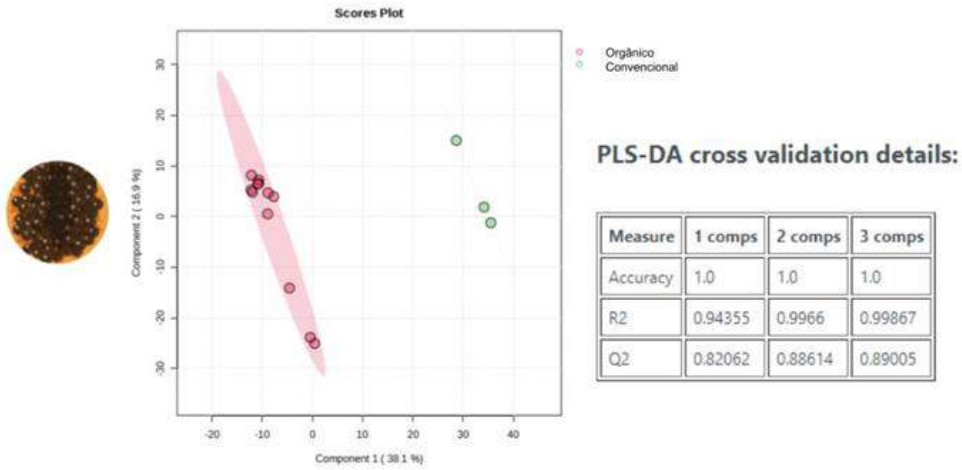
Measure	1 comps	2 comps	3 comps
Accuracy	1.0	1.0	1.0
R2	0.98379	0.99735	0.99952
Q2	0.87526	0.88255	0.88192

Figura 1 - Análise PLS-DA da casca de mamão convencional e orgânico e cross validation.

A análise Vip Score mostrou que o ácido gálico estava aumentado no grupo convencional, o ácido gálico é precursor de taninos, importantes para a resistência da casca.

No grupo da semente convencional, foram detectados 21 metabólitos e no grupo orgânico somente 20, pois não foi encontrado glutamato. Porém, foram detectados: gaba, indicando ativação do ciclo de defesa e

ajuste metabólico, sugerindo maior ativação da glutamato descarboxilase (GAD) para conversão de gaba, e ácido quínico, derivado do metabolismo do chiquimato e participa do metabolismo defensivo da planta. A análise PCA mostrou separação dos grupos, com PC1 (38,8%) e PLS-DA (38,1%) (Figura 2).



Measure	1 comps	2 comps	3 comps
Accuracy	1.0	1.0	1.0
R2	0.94355	0.9966	0.99867
Q2	0.82062	0.88614	0.89005

Figura 2 - Análise PLS-DA da semente de mamão convencional e orgânico e cross validation.

A análise Vip Score mostrou que o metabolismo de aminoácidos estava mais ativo no grupo orgânico comparado com o grupo convencional.

CONCLUSÃO

- A análise dos extratos aquosos de casca e semente de mamão orgânico e convencional identificou diversos metabólitos;
- foram encontrados o ácido gálico (casca) e o gaba (sementes orgânicas), que possuem elevado interesse biotecnológico e aplicação na indústria alimentícia e farmacêutica e de alimentos, cosméticos e nutracêuticos;
- a técnica de RMN foi capaz de detectar diferentes compostos e sua utilização é essencial para uma melhor compreensão do metaboloma do mamão;
- esses resultados contribuem para a redução do impacto negativo gerado por resíduos agroalimentares e utilização sustentável da casca e semente de mamão.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto de doutorado e à concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

FAO – Food and Agriculture Organization of The United Nations. **FAOSTAT:** Crops and livestock products. Rome: FAO, 2024.

JIANG, B.; OU, S.; XU, L.; MAI, W.; YE, M.; GU, H.; LIU, K. Comparative proteomic analysis provides novel insights into the regulation mechanism underlying papaya (*Carica papaya* L.) exocarp during fruit ripening process. **BMC Plant Biology**, v. 19, n. 1, 238, 2019.

PRADO, S.B.R. Fast and furious: ethylene-triggered changes in the metabolism of papaya fruit during ripening. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 535, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00535.

ARMAZENAMENTO DO MAMÃO EM ATMOSFERA CONTROLADA DINÂMICA

Ana Paula da Silva Costa[1]*, Isabela Salles Foryta[1], Isabelle Faria Matos[1], Samara Valena Veloso[1], Marcos Bruno Rosa de Souza[1], Marcelo Gomes da Silva[1], Daniel Alexandre Neuwald[2], Jurandi Gonçalves de Oliveira[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos Goytacazes, RJ; [2] Lake of Constance Research Centre for Fruit Cultivation (KOB), Ravensburg, Germany. *anapscos@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás da China e da Índia. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) nas últimas três décadas a fruticultura apresentou desenvolvimento expressivo (Reinhardt *et al*., 2021). O mamão é um fruto amplamente consumido, com área de cultivo e produção mundial que excedem 473 mil ha e 14,9 milhões de toneladas, respectivamente (FAOSTAT, 2026).

O emprego da atmosfera controlada dinâmica (ACD) no armazenamento de produtos de origem vegetal é uma tecnologia que permite que o sistema de atmosfera controlada (AC) seja monitorado e a concentração dos gases corrigido em tempo real (Dos Santos *et al*., 2018). Nesse sistema, a concentração dos gases muda de acordo com o metabolismo e necessidade do fruto armazenado, permanecendo ligeiramente acima do limite mínimo de oxigênio (LMO) ou ponto de compensação anaeróbio (PCA) (Bessemans *et al*., 2016). A ACD permite manejar a pressão parcial de O_2 (pO_2) de forma dinâmica, adaptando para o LMO que cada fruto tolera, ocasionando reduções das reações oxidativas e senescência, diminuindo a ocorrência de distúrbios fisiológicos e a perda da qualidade (Zanella *et al*., 2008).

Durante o armazenamento sob ACD, a composição gasosa dentro da câmara de armazenamento é periodicamente corrigida para evitar que ocorra fermentação e ocasione perdas na qualidade do fruto, mostrando-se como um método de armazenamento potencial para a manutenção da qualidade do mamão. Portanto a proposta do estudo está em aprimorar um sistema de armazenamento de frutos em ACD, monitorada pelo fator da perda de firmeza (ΔPF), para corrigir as mudanças na resistência à difusão de gases dos frutos, utilizando um sistema automatizado a partir de um microcontrolador de baixo custo (Arduino) para o controle da atmosfera de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade de Bioquímica e Fisiologia Vegetal Pós-colheita do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

(UENF). Os frutos, no estádio verde-maduro, foram sanitizados com solução aquosa de NaClO 10%, identificados numericamente e armazenados em atmosfera normal (AN) e ACD ambos em temperatura de 23°± 2 ºC. A ACD foi corrigida em função do fator ΔPF, calculado a partir dos dados obtidos por Foryta (2026). A concentração de CO_2 foi monitorada, mas não foi corrigida. Não foi realizada a extinção de C_2H_4 do ambiente de armazenamento.

Os parâmetros físicos e químicos avaliados foram: ângulo *hue* (º*hue*) da casca utilizando um colorímetro portátil (Chroma Meter, modelo CR-400, Minolta) seguiu-se a descrição de McGuire (1992); firmeza do fruto (FF) utilizando um texturômetro digital (Texture analyser, modelo TA.XT Express, UK), a velocidade de penetração da sonda nos frutos foi de 1 mm s^{-1}, sendo registrados os valores quando a sonda detectou resistência igual a 0,1 Newton, com o registro da maior força durante a penetração expressos em Newton; o produto do metabolismo anaeróbio foi analisado pela técnica de *headspace*, o etanol foi determinado de acordo com Saquet e Streif (2008). Foi colocado 5 g da polpa do mamão em frascos de vidro de 10 mL hermeticamente fechados e mantidos em banho-maria a 65 °C durante 30 minutos. Posteriormente, 1 mL do headspace foi retirado do frasco de amostra e injetado em um cromatógrafo de gases (TRACE 1310) equipado com um loop de 1 mL, coluna empacotada Porapak Q, detector tipo FID e TCD. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os dados experimentais foram processados utilizando o software Origin.85exe, nos quais foram calculadas as médias de 3 frutos e o erro padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos mantidos em a ACD apresentaram menor redução do ângulo *hue* (º *hue*) e, consequentemente, menor evolução visual da coloração da casca quando comparados aos frutos mantidos em AN. A ACD prolongou a vida útil dos frutos para 12 dias, o dobro do observado em AN, que foi de apenas 6 dias, indicando que a ACD retardou o amadurecimento e a senescência pós-colheita (Figura 1).

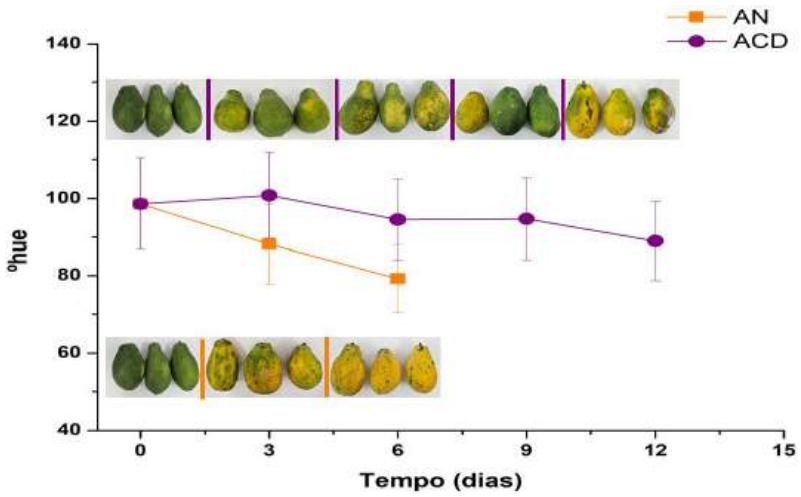


Figura 1 - Ângulo *hue* do mamão armazenado em AN e ACD. Os valores representam a média de 3 frutos e a barra o erro padrão.

Na AN, o º *hue* reduziu de aproximadamente 98° no início do armazenamento para 79° no sexto dia, indicando uma rápida progressão da coloração verde para tonalidades mais amareladas, característica do avanço do amadurecimento. Em contrapartida, os frutos mantidos em ACD apresentaram menor mudança do parâmetro durante o período avaliado, permanecendo próximos a 95° até o nono dia e atingindo valores próximos de 89° no 12º dia. A manutenção de valores mais elevados de º*hue* na ACD indica atraso da mudança de cor, resultado que pode estar relacionado à menor disponibilidade de O_2 e à consequente redução da atividade respiratória, na emissão de etileno e de processos metabólicos associados ao amadurecimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinto *et al*. (2013) ao armazenarem mamão em baixa concentração de O_2.

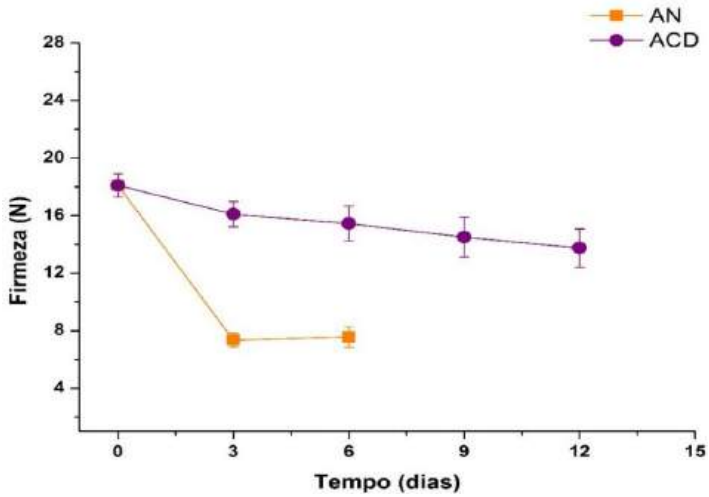


Figura 2 - Firmeza do mamão armazenado em atmosfera normal e atmosfera controlada dinâmica. Os valores representam a média de 3 frutos e a barra o erro padrão.

Os frutos armazenados sob ACD apresentaram menor queda na firmeza em comparação àqueles mantidos em AN. No terceiro dia de armazenamento, a firmeza dos frutos em ACD foi 2,19 vezes aquela observada em AN, indicando que a baixa disponibilidade de O_2 contribuiu para atrasar o amadurecimento, possivelmente pela redução da atividade respiratória e da produção de etileno. A manutenção da firmeza pode estar relacionada ao menor avanço da degradação da parede celular, uma vez que o amaciamento dos frutos está associado à atividade respiratória, à ação do etileno (Both *et al*., 2017). O uso de AC pode manter os produtos firmes por mais tempo porque a menor concentração de O_2 inibe ou atrasa a atividade de enzimas que atuam sobre as membranas celulares, evitando alterações de textura (Escobedo-Avellaneda e Welti-Chanes, 2016). Frutos expostos a baixos níveis de O_2 apresentaram maiores valores de firmeza em relação àquelas expostas a maiores concentrações de O_2 (Paulsen *et al*., 2019).

Na Figura 3 é possível verificar que no dia 3 houve um pequeno aumento nos níveis de etanol produzido pelos frutos se comparados ao dia 0, em ambos os tratamentos. Entretanto, nos dias subsequentes, os níveis de etanol se mantiveram constantes, isso pode estar relacionado às mudanças no metabolismo do fruto.

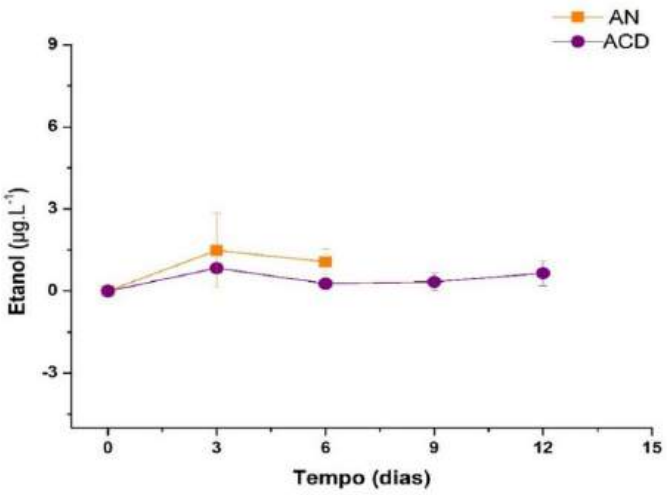


Figura 3 - Produção de etanol na polpa do mamão armazenado em NA e ACD em função do amadurecimento do fruto. Os valores representam a média de 3 frutos e a barra o erro padrão.

Em relação à produção de etanol pelos frutos foi possível observar que ambos os tratamentos apresentaram tendências semelhantes durante todo o período de avaliação. Isso indica que a baixa concentração de O_2 na ACD não levou a fermentação do fruto. Sendo assim, a concentração de O_2 aplicado nesse tratamento foi suficiente para diminuir o metabolismo respiratório do fruto, atrasando o seu amadurecimento e preservando a qualidade do mesmo já que o processo fermentativo não foi iniciado. Durante o armazenamento, os níveis de etanol produzido pelos frutos apresentaram pouca variação, podendo indicar que o armazenamento dos frutos sob ACD foi bem-sucedido ao atrasar o amadurecimento e não comprometer a qualidade do fruto.

CONCLUSÃO

A ACD atrasou o amadurecimento do mamão na comparação com a AN. A manutenção de maiores valores de *°hue* e firmeza, associada à estabilização dos níveis de etanol, indica que a ACD preservou a qualidade dos frutos sob armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À CAPES – Código de Financiamento 001. Ao apoio da UENF, FAPERJ (Ciências Agrárias, Proc. Nº E-26/210.133/2023; CNE, Proc. Nº E-26/203.906/2024) e CNPq (Universal, Proc. Nº 404557/2023-6; Produtividade, Proc. Nº 303939/2024-9). Esse trabalho foi apoiado com recursos do PROBRAL (Proc. Nº 88881.894938/2023-01).

REFERÊNCIAS

BESSEMANS, N.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAÏ, B.M. A novel type of dynamic controlled atmosphere storage based on the respiratory quotient (RQ-DCA). **Postharvest Biology and Technology**, v. 115, p. 91-102, 2016.

BOTH, V.; THEWES, F.R.; BRACKMANN, A.; DE OLIVEIRA ANESE, R.; DE, D.; FERREIRA, F.; WAGNER, R. Effects of dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on some quality parameters and volatile profile of 'Royal Gala' apple after long-term storage. **Food Chemistry**, v. 215, p. 483-492, 2017.

DOS SANTOS, I.D.; PIZZUTTI, I.R.; DIAS, J.V.; FONTANA, E.Z.; BRACKMANN, A.; ANESE, R.O.; THEWES, F.R.; MARQUES, L.N.; CARDOSO, C.D. Patulin accumulation in apples under dynamic controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, v. 255, p. 275-281, 2018.

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z.; WELTI-CHANES, J. Controlled atmosphere storage: applications for bulk storage of foodstuffs. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 301-307, 2016.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**. 2026. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL. Acesso em: 25 ago. 2026.

FORYTA, I.S. **Conservação pós-colheita do mamão: remoção de etileno, taxa respiratória e atmosfera controlada por fotocatálise**. 2026. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, 2026.

PAULSEN, E.; BARRIOS, S.; LEMA, P. Ready-to-eat cherry tomatoes: passive modified atmosphere packaging conditions for shelf life extension. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, e100407, 2019.

PINTO, L.K.A.; MARTINS, M.L.L.; RESENDE, E.D.; THIÈBAUT, J.T.L.; MARTINS, M.A. Avaliação da atividade das enzimas pectina metilesterase e β-galactosidase em mamões cv. Golden armazenados sob diferentes concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 15-22, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000100003

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Fermentative metabolism in 'Jonagold' apples under controlled atmosphere storage. **European Journal of Horticultural Science**, v. 73, p. 43-46, 2008.

ZANELLA, A.; CAZZANELLI, P.; ROGGI, O. Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in apple. **Acta Horticulturae**, v. 796, n. 7, p. 77-82, 2008.

EFEITO DO NITROPRUSSIATO DE SÓDIO SOBRE A PERDA DE MASSA E FIRMEZA DE MAMÃO HAVAÍ DURANTE O ARMAZENAMENTO

Laura Rocha Candido[1]*, Allana Hand Santiago[1], Moises Zucoloto[1]; Sérgio Henriques Saraiva[1], Jussara Moreira Coelho[1]

[1]Universidade Federal do Espirito Santo. Alegre, ES. *laura.candido@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta tropical de grande importância econômica e nutricional (Miguel *et al*., 2024). O Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial, sendo o segundo maior produtor. No país, a cultura apresenta ampla distribuição geográfica, com destaque para o Espírito Santo (Dos Santos Vieira *et al*., 2022; IBGE, 2024). Em 2024, o estado apresentou 6.731 ha de área destinada à colheita e rendimento médio de 59.143 kg ha^{-1}, destacando-se o município de Pinheiros como maior produtor da fruta (IBGE, 2024).

Apesar da expressiva produção, o mamão apresenta elevada perecibilidade, associada, entre outros fatores, ao seu comportamento climatérico, o que torna as perdas pós-colheita um importante desafio para sua comercialização. Estima-se que cerca de 30% da produção brasileira seja perdida nessa etapa (Miguel *et al*., 2024). Durante o amadurecimento, o aumento da produção de etileno e da atividade respiratória promove mudanças na coloração, aroma e firmeza, reduzindo a qualidade e a vida útil dos frutos (Bhatla; Lal, 2018).

Nesse contexto, reguladores vegetais têm sido estudados como estratégia para retardar o amadurecimento e prolongar a conservação dos frutos (Chawla *et al*., 2025). Entre eles, o óxido nítrico (NO) destaca-se como molécula sinalizadora capaz de interferir na biossíntese de etileno e contribuir para a manutenção de atributos físico-químicos e do sistema antioxidante durante o armazenamento (Adhikary *et al*., 2021; Tran *et al*., 2024).

Entretanto, devido às limitações da aplicação direta do NO, compostos doadores, como o nitroprussiato de sódio (SNP), têm sido utilizados. O SNP apresenta vantagens como solubilidade em água, facilidade de aplicação, estabilidade e baixo custo, embora ainda sejam necessárias informações sobre condições adequadas de aplicação e seus efeitos na qualidade dos frutos (Tran *et al*., 2024).

Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação pós-colheita de SNP a 750 µmol L^{-1} sobre a perda de massa e a firmeza de frutos de mamão Havaí durante o armazenamento a 25 °C.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e caracterização:

Frutos de mamão Havaí, sadios, uniformes quanto ao tamanho e nos estádios de maturação 1 e 2 (até 25% da superfície com coloração amarela), foram adquiridos de produtores da região norte do Espírito Santo, no município de Linhares. Os frutos foram acondicionados em plástico-bolha e transportados, por aproximadamente 5 h, até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), localizado no campus de Alegre da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Previamente à aplicação dos tratamentos, 12 frutos foram destinados à caracterização inicial do material experimental, distribuídos em três repetições. Foram determinadas a massa, firmeza, coloração da casca e da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH dos frutos.

Tratamentos:

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por dois tratamentos: aplicação de nitroprussiato de sódio (SNP; Neon, São Paulo, Brasil) a 750 µmol L^{-1} e controle (água destilada). Os frutos foram submetidos aos tratamentos por imersão durante 32,5 min e, posteriormente, armazenados a 25 °C (Corpas *et al*., 2020). Avaliações de perda de massa e firmeza dos frutos foram realizadas aos 1, 3, 5, 7 e 9 dias de armazenamento. Em razão do caráter destrutivo da análise de firmeza, foram utilizadas amostras independentes em cada período de avaliação, sendo quatro frutos destinados a cada combinação entre tratamento e período de armazenamento, totalizando 40 frutos no experimento.

Análises:

A perda de massa foi calculada a partir das massas dos frutos no início (M_1) e em cada período de avaliação (M_2), conforme da Veiga *et al*. (2024), utilizando-se a Equação 1:

$$Perda\ de\ massa\ (\%) = [\frac{(M_1 - M_2)}{M_1}] \times 100$$

A firmeza foi determinada com analisador de textura (TA.XT, Stable Micro Systems), equipado com ponteira A40, após a remoção de uma porção da casca. Foram realizadas duas leituras em lados opostos da região equatorial de cada fruto, sendo os resultados expressos em Newtons (N) (Tran *et al*., 2024). A coloração da casca e da polpa foi avaliada com colorímetro (Konica Minolta), também mediante duas leituras em lados opostos da região equatorial, obtendo-se os parâmetros de luminosidade (L*), croma (C*) e ângulo hue (h°) (Teixeira; Santos, 2021).

As determinações de sólidos solúveis, pH e acidez titulável foram realizadas de acordo com os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando-se refratômetro digital (Milwaukee), previamente calibrado com água destilada, e os resultados expressos em °Brix. O pH foi determinado por leitura direta utilizando pHmetro digital (ATRA). Para a determinação da acidez titulável, aproximadamente 5 g de polpa foram diluídos em 100 mL de água destilada, com adição de 0,3 mL de solução de fenolftaleína, e titulados com solução de NaOH 0,1 mol L^{-1} até o ponto de viragem, sendo os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

Estatística:

Os dados foram submetidos à análise de regressão em função do tempo, utilizando-se o software SigmaPlot. Os modelos foram ajustados separadamente para cada tratamento, fixando-se o intercepto em zero para a perda de massa e no valor médio inicial (84,73 N) para a firmeza. Os modelos foram selecionados com base na significância dos coeficientes de regressão ($p < 0,05$) e no coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização inicial:

Os frutos apresentaram massa média de 423,65 g e firmeza inicial igual a 84,73 N. Quanto à coloração, a casca apresentou valores de L* = 58,41, C* = 27,09 e h° = 105,89, enquanto a polpa apresentou L* = 63,71, C* = 27,53 e h° = 73,74. O teor médio de sólidos solúveis foi de 7,87 °Brix, com pH de 6,19 e acidez titulável de 0,06% de ácido cítrico.

Os frutos apresentaram características compatíveis com um estádio de maturação ainda não avançado, evidenciado pela elevada firmeza inicial e pelo teor moderado de sólidos solúveis (Chung *et al*., 2023). O ângulo hue da casca (h° = 105,89) indica predominância de tonalidades verde-amareladas, enquanto o menor valor observado na polpa (h° = 73,74) evidencia tonalidades mais próximas do amarelo-alaranjado (Teixeira; Santos, 2021). O elevado pH e a baixa acidez titulável são condizentes com a característica de baixa acidez do mamão (Santiago-Silva *et al*., 2011).

Perda de massa e firmeza dos frutos:

O período de armazenamento promoveu aumento da perda de massa e redução da firmeza dos frutos, com comportamento linear em ambos os tratamentos (Figura 1). Os frutos tratados com SNP 750 µmol L^{-1} apresentaram menor inclinação da curva de perda de massa e menor magnitude da taxa de redução da firmeza em relação ao controle, indicando menor progressão dessas alterações durante o armazenamento.

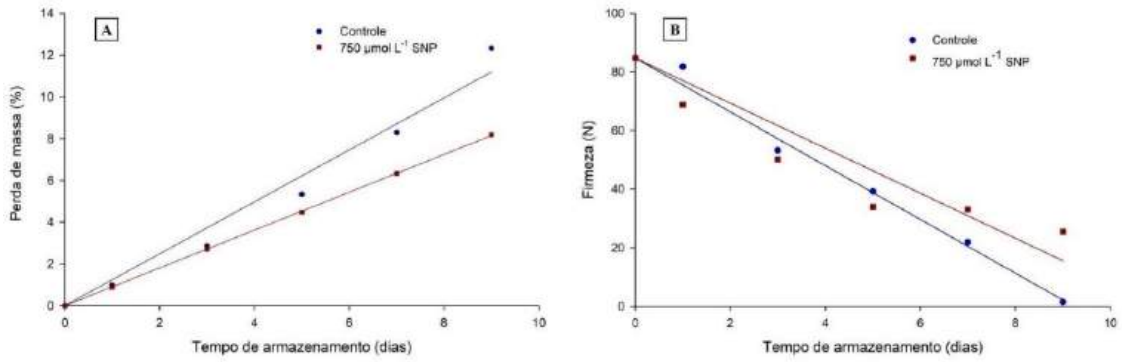


Figura 1 - Perda de massa (A) e firmeza (B) de frutos de mamão Havaí submetidos ao tratamento com nitroprussiato de sódio (SNP) a 750 µmol L^{-1} e ao tratamento controle durante o armazenamento a 25 °C. As linhas representam os modelos de regressão ajustados em função do período de armazenamento.

As equações dos modelos ajustados e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Equações dos modelos de regressão e coeficientes de determinação (R^2) para perda de massa e firmeza de frutos de mamão Havaí submetidos aos tratamentos controle e 750 µmol L^{-1} de SNP durante o armazenamento a 25 °C

Variável	Tratamento	Equação	R^2
Perda de Massa	Controle	$y = 1{,}2437x$	0,9725
	SNP a 750 µmol L^{-1}	$y = 0{,}9056x$	0,9999
Firmeza	Controle	$y = 84{,}7344 - 9{,}1750x$	0,9895
	SNP a 750 µmol L^{-1}	$y = 84{,}7344 - 7{,}6846x$	0,8326

Nota: Todos os coeficientes angulares dos modelos foram significativos ($p \leq 0{,}0001$).

A perda de massa aumentou ao longo do armazenamento em ambos os tratamentos. No entanto, os frutos tratados com SNP a 750 µmol L^{-1} apresentaram menor perda de massa ao longo do tempo, com coeficiente angular de 0,9056, enquanto o controle apresentou valor de 1,2437 (Tabela 1). Esses valores indicam uma redução de aproximadamente 27% na taxa estimada de perda de massa dos frutos tratados com SNP. A perda de massa durante o armazenamento está associada a processos fisiológicos e metabólicos, especialmente à transpiração e à respiração (Tran *et al*., 2024). O menor aumento observado nos frutos tratados pode estar relacionado à liberação de óxido nítrico (NO) pelo SNP, que pode contribuir para a manutenção da integridade das membranas celulares e redução da perda de água pelos tecidos (Adhikary *et al*., 2021). Em mamão, da Veiga *et al*. (2024) também observaram menor perda de massa após o tratamento com outro doador de NO, reforçando o possível papel desse sinalizador na redução da perda de água durante o armazenamento.

A aplicação de SNP também esteve associada à maior manutenção da firmeza dos frutos durante o armazenamento. Embora tenha ocorrido redução dessa característica ao longo do tempo, o tratamento com SNP a 750 µmol L^{-1} apresentou coeficiente angular de -7,6846, enquanto no controle o valor foi de -9,1750 (Tabela 1). A menor magnitude desse coeficiente indica redução mais lenta da firmeza nos frutos tratados com SNP. O amolecimento é uma das principais alterações observadas durante o amadurecimento do mamão e está relacionado, entre outros fatores, à modificação e à degradação dos componentes da parede celular pela ação de enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase (PG) e a pectinametilesterase (PME) (da Veiga *et al*., 2024). Assim, a maior manutenção da firmeza observada nos frutos tratados com SNP pode estar relacionada à ação do NO sobre processos envolvidos na degradação da parede celular, contribuindo para retardar o amolecimento. Resultados semelhantes foram relatados por da Veiga *et al*. (2024) em mamões 'Golden' tratados com doador de NO.

CONCLUSÃO

A aplicação de nitroprussiato de sódio (SNP) a 750 μmol L^{-1} apresenta potencial para a conservação pós-colheita de mamões Havaí, reduzindo a taxa estimada de perda de massa e favorecendo a manutenção da firmeza durante o armazenamento a 25 °C. Os resultados indicam o potencial do SNP, como doador de óxido nítrico (NO), para auxiliar na manutenção da qualidade física dos frutos durante o armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À FAPES, pela concessão de bolsa; à UFES, pela infraestrutura laboratorial; e à UGBP Produção e Exportação, pela disponibilização dos frutos de mamão.

REFERÊNCIAS

ADHIKARY, T.; GILL, P.P.S.; JAWANDHA, S.K.; BHARDWAJ, R.D.; ANURAG, R.K. Efficacy of postharvest sodium nitroprusside application to extend storability by regulating physico-chemical quality of pear fruit. **Food Chemistry**, v. 346, p. 128934, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128934

BHATLA, S.C.; LAL, M.A. **Plant physiology, development and metabolism**. Springer Nature, 2018. DOI: DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1

CHAWLA, R.; GULERIA, T.; THAKUR, A. Role of plant growth regulators in fruit crop production: A comprehensive review. **Applied Fruit Science**, v. 67, n. 4, p. 294, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-025-01535-z

CHUNG, S.W.; JANG, Y.J.; KIM, S.K.S.C. Spatial and compositional variations in fruit characteristics of papaya (*Carica papaya* cv. Tainung Nº 2) during ripening. **Plants**, v. 12, n. 7, p. 1465, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/plants12071465

CORPAS, F.J.; GONZÁLEZ-GORDO, S.; PALMA, J.M. Nitric oxide: a radical molecule with potential biotechnological applications in fruit ripening. **Journal of Biotechnology**, v. 324, p. 211-219, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.10.020

DA VEIGA, J.C.; SILVEIRA, N.M; SEABRA, A.B.; PIERETTI, J.C.; BOZA, Y.; JACOMINO, A.P.; FILHO, J.C.Z.; CAMPAGNOLI, V.P.; CIA, P.; BRON, I.U.B. Spraying with encapsulated nitric oxide donor reduces weight loss and oxidative damage in papaya fruit. **Nitric Oxide**, v. 150, p. 37-46, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.niox.2024.07.004

DOS SANTOS VIEIRA, W.A.; VELOSO, J.S.; da SILVA, A.C.; NUNES, A.S.; DOYLE, V.P.; CASTLEBURY, L.A.; CÂMARA, M.P.S. Elucidating the *Colletotrichum* spp. Diversity responsible for papaya anthracnose in Brazil. **Fungal biology**, v. 126, n. 10, p. 623-630, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.08.001

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p,

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: mamão – Espírito Santo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: [endereço da página]. Acesso em: 26 ago. 2026.

MIGUEL, L.C.V.; MORAIS, P.L.D.; ARAGÃO, A.R.; MELO, M.F.; BARBOSA, M.C.F.; SILVA, C.S.A.S.; LIMA, R.K.B. Effect of pre-cooling on the shelf-life and quality of formosa papaya. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e279979, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.279979

SANTIAGO-SILVA, P.; LABANCA, R.A.; GLORIA, M.B.A. Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1264-1268, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.026

TEIXEIRA, L.L.Q.; SANTOS, M.F. **Tecnologias emergentes de concentração e conservação de alimentos** [recurso eletrônico] - Vitória: EDUFES; Rio de Janeiro: MC&G, 2021. ISBN: 978-85-7772-27-6.

TRAN, T.K.N.; PHAN, P.H., TRAN, T.T., NGUVEM, V.H., DUONG, V.H.; NGUVEM, V.T. Enhancing postharvest quality and extending storage life of Booth 7 avocado (*Persea americana* Mill.) fruit through sodium nitroprusside (SNP) application during low-temperature storage. **Scientia Horticulturae**, v. 331, p. 113120, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113120

EFEITO DA FOTOCATÁLISE NA PRODUÇÃO DE ETILENO E NO AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE MAMÃO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA

Isabela Salles Foryta[1]*, Ana Paula da Silva Costa[1], Sandy Castro da Silva Baía Deulefeu[1], Marcos Bruno Rosa de Souza[1], Isabelle Faria Matos[1], Marcelo Gomes da Silva[1], Maria Cristina C. Gazotti[1], Daniel Alexandre Neuwald[2], Jurandi Gonçalves de Oliveira[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ; [2] Lake of Constance Research Centre for Fruit Cultivation (KOB), Ravensburg, Germany. *isabela.foryta@pq.uenf.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) possui grande importância econômica, destacando-se o Brasil entre os principais produtores e exportadores mundiais (Martins *et al*., 2024). Entretanto, por ser climatérico e altamente perecível, o aumento da respiração e da produção de etileno (C_2H_4) durante o amadurecimento provoca rápida perda de firmeza e redução da vida útil pós-colheita (Brizzolara, 2020).

O armazenamento em condições controladas pode prolongar a vida útil dos frutos ao reduzir a atividade respiratória e atrasar o amadurecimento. Na atmosfera controlada (AC), o controle de O_2 e CO_2 contribui para a regulação do metabolismo respiratório (Bessemans *et al*., 2018), enquanto a fotocatálise, baseada em radiação UV e TiO_2, promove a oxidação do C_2H_4, favorecendo sua remoção do ambiente de armazenamento (Pathak *et al*., 2017).

Assim, este trabalho avaliou o efeito da AC com 3% de O_2, associada à remoção de C_2H_4 por fotocatálise, sobre o amadurecimento e a qualidade pós-colheita do mamão ‘Aliança’.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do LMGV/UENF, utilizando frutos de mamão (*C. papaya* L. ‘Aliança’) no estádio verde-maduro, selecionados quanto à uniformidade e sanitizados com hipoclorito de sódio a 10% (v/v). Os frutos foram acondicionados em quatro câmaras de armazenamento com volume aproximado de 7 L, com três frutos por câmara, e mantidos a 25 °C e aproximadamente 90% de umidade relativa por 12 dias. O armazenamento foi realizado sob atmosfera controlada com 3% de O_2, com os tratamentos: sem fotocatálise de C_2H_4 (AC), e com fotocatálise de C_2H_4 (ACF). As avaliações foram realizadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.

A AC foi estabelecida com fornecimento de O_2 e N_2, com vazões controladas por fluxômetros de

massa e monitoramento automatizado por Arduino, mantendo 3% de O_2. A remoção de C_2H_4 foi realizada por fotocatálise com TiO_2 impregnado em fibras de *Luffa cylindrica*, ativado por radiação UV a aproximadamente 365 nm, com circulação contínua do ar entre as câmaras e o sistema fotocatalítico. A qualidade pós-colheita foi avaliada pela coloração do epicarpo, firmeza do fruto (FF), sólidos solúveis (SS) e emissão de C_2H_4 (EmEt), determinadas por colorimetria, texturometria, refratometria e cromatografia gasosa, respectivamente.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com três frutos por tratamento e tempo, e os dados foram submetidos ao teste *t* de *Student* (5%), sendo expressos como média ± erro padrão e analisados no OriginLab.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos armazenados sob ACF apresentaram menor avanço na coloração ao longo do armazenamento em relação à AC (Figura 1). Aos três dias de armazenamento, os tratamentos apresentaram pouca diferença visual na coloração. A partir do sexto dia, os frutos armazenados em AC apresentaram maior amarelecimento da casca, diferença que se tornou mais evidente aos nove e doze dias, enquanto os frutos submetidos à ACF mantiveram coloração menos avançada. Esse comportamento indica que a fotocatálise contribuiu para atrasar as mudanças visuais associadas ao amadurecimento, possivelmente pela redução da disponibilidade de C_2H_4 no ambiente de armazenamento (Pathak *et al*., 2017). Resultados semelhantes foram relatados por Fonseca *et al*. (2003) e Martins *et al*. (2015), que destacam o potencial da atmosfera controlada e da remoção de C_2H_4 para atrasar o amadurecimento do mamão.

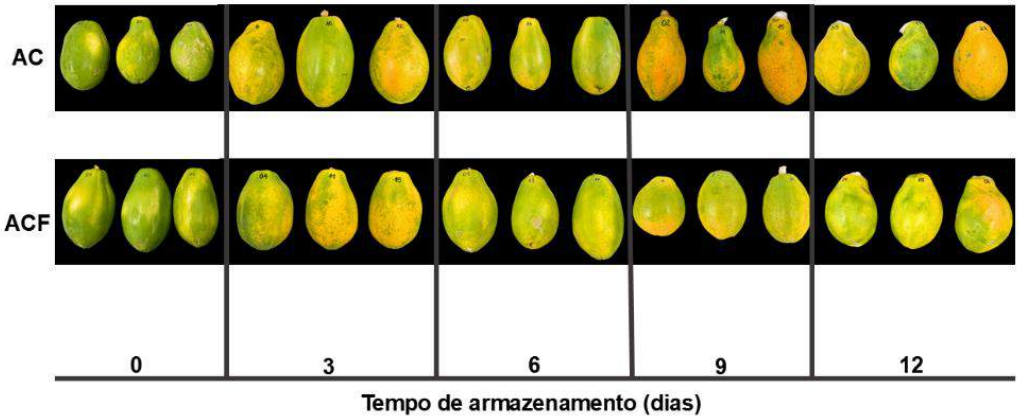


Figura 1 - Mudanças visuais na coloração do epicarpo de frutos de mamão 'Aliança' armazenados em AC e ACF por 0, 3, 6, 9 e 12 dias. São apresentados três frutos representativos de cada tratamento e período de avaliação.

O ΔE aumentou progressivamente durante o armazenamento em ambos os tratamentos, indicando alterações na coloração da casca (Figura 2). Os frutos em AC apresentaram valores de ΔE significativamente

superiores aos submetidos à ACF, especialmente a partir do terceiro dia, evidenciando maior alteração de cor durante o amadurecimento. A menor variação em ACF indica maior manutenção da coloração inicial e sugere atraso no amadurecimento, possivelmente pela redução de C_2H_4 promovida pela fotocatálise. Essas alterações estão relacionadas à degradação das clorofilas e ao aumento relativo de carotenoides (McGuire, 1992).

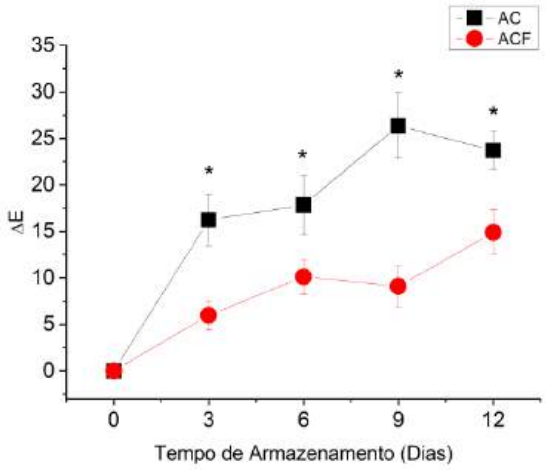


Figura 2 - Diferença global de cor (ΔE) da casca de frutos de mamão 'Aliança' armazenados por 0, 3, 6, 9 e 12 dias sob AC e ACF a 25 °C. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. *Médias diferem estatisticamente entre si pelo teste *t* de *Student*, em nível de 5% de probabilidade.

A FF apresentou resultados distintos entre os tratamentos ao longo do armazenamento (Figura 3). Nos frutos armazenados em AC, houve redução significativa da FF aos três dias, indicando maior velocidade de amolecimento, enquanto os frutos submetidos à ACF mantiveram valores mais elevados até o décimo segundo dia. Esse padrão indica que a fotocatálise contribuiu para atrasar o amolecimento dos frutos. O amolecimento durante o amadurecimento está associado a modificações na parede celular, incluindo alterações em pectinas e hemiceluloses, resultando na redução da firmeza (Ali *et al*., 2004). Como o C_2H_4 atua na regulação do amadurecimento do mamão e do amolecimento da polpa (Soares *et al*., 2021), a menor produção desse hormônio observada sob ACF pode estar relacionada à maior manutenção da firmeza durante o armazenamento.

O teor de SS variou ao longo do armazenamento, apresentando resultados semelhante entre os tratamentos (Figura 4). Embora os frutos sob ACF tenham apresentado, em alguns períodos, valores numericamente inferiores aos de AC, não houve padrão consistente que indicasse efeito direto da fotocatálise. A variabilidade dos SS durante o armazenamento pode estar relacionada às alterações metabólicas que ocorrem durante o amadurecimento, sendo possível observar diferentes respostas desse parâmetro conforme o fruto e as condições de armazenamento (Watkins, 2006).

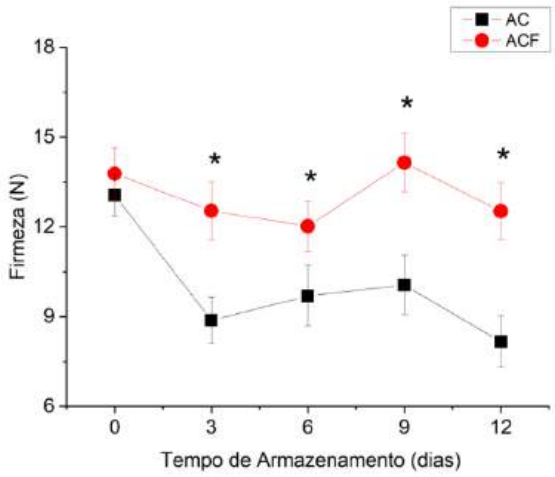


Figura 3 - Firmeza do fruto (FF) de mamão 'Aliança' armazenado por 0, 3, 6, 9 e 12 dias sob AC e ACF a 25 °C. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. * Médias diferem estatisticamente entre si pelo teste *t* de *Student*, em nível de 5% de probabilidade.

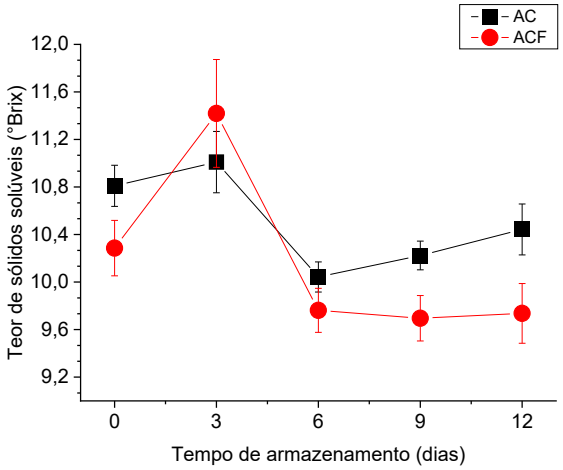


Figura 4 - Teor de sólidos solúveis (SS) em ºBrix de mamão 'Aliança' armazenado por 0, 3, 6, 9 e 12 dias sob AC e ACF a 25 ºC. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. * Médias diferem estatisticamente entre si pelo teste *t* de *Student*, em nível de 5% de probabilidade.

A produção de C_2H_4 diferiu entre os tratamentos (Figura 5). Em AC, a EmEt aumentou até o nono dia, seguida de redução no décimo segundo dia, comportamento característico de frutos climatéricos. Já em ACF, observou-se menor produção de C_2H_4, indicando efeito da fotocatálise sobre o metabolismo do etileno.

A menor concentração de C_2H_4 no sistema ACF pode ter reduzido o estímulo autocatalítico de sua biossíntese, uma vez que o C_2H_4 regula positivamente enzimas como ACC sintase e ACC oxidase (Yang; Hoffman, 1984). Dessa forma, a fotocatálise pode ter atuado tanto na remoção do C_2H_4 do ambiente quanto na redução de sua produção pelos frutos.

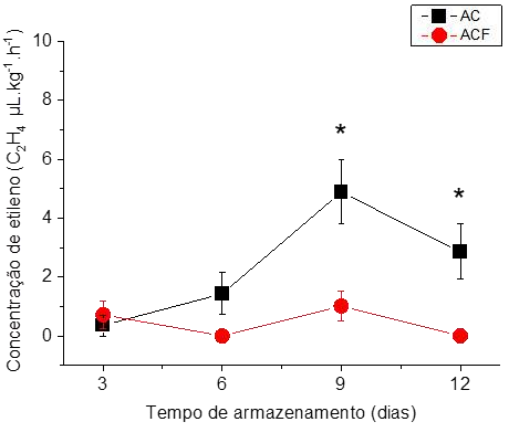


Figura 5 - Concentração de EmEt (C_2H_4, µL.kg^{-1}.h^{-1}) de mamão 'Aliança' armazenado por 0, 3, 6, 9 e 12 dias sob AC e ACF a 25 °C. Os valores representam a média de 3 repetições e a barra o erro padrão. * Médias diferem estatisticamente entre si pelo teste *t* de *Student*, em nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

Os frutos armazenados sob ACF apresentaram menor produção de C_2H_4 em comparação à AC, refletindo-se na maior manutenção da firmeza e no menor avanço da coloração da casca. A fotocatálise atrasou o amadurecimento dos frutos, mantendo a qualidade pós-colheita durante o armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À CAPES - Código de Financiamento 001, à UENF, à FAPERJ (Ciências Agrárias, Proc. Nº E-26/210.133/2023; CNE, Proc. Nº E-26/203.906/2024) e CNPq (Universal, Proc. Nº 404557/2023-6; Produtividade, Proc. Nº 303939/2024-9). Esse trabalho foi apoiado com recursos do PROBRAL (Proc. Nº 88881.894938/2023-01).

REFERÊNCIAS

ALI, Z.M.; CHIN, L.-H.; LAZAN, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, v. 167, n. 2, p. 317-327, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.03.030

BESSEMANS, N.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAÏ, B.M. Model-based leak correction of real-time RQ measurement for dynamic controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 135, p. 33-43, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.09.011

BRIZZOLARA, S.; MANGANARIS, G.A.; FOTOPOULOS, V.; WATKINS, C.B.; TONUTTI, P. Primary metabolism in fresh fruits during storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 80, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00080

FONSECA, M.J.O.; CENCI, S.A.; LEAL, N.R.; BOTREL, N. Uso de atmosfera controlada para conservação pós-colheita do mamão 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 537-539, 2003.

MARTINS, D.R.; RESENDE, E.D. External quality and sensory attributes of papaya cv. Golden stored under different controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 1-8, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.018

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória: Incaper-ES, 2024, 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, p. 1254-1255, 1992. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254

PATHAK, N.; CALEB, O.J.; GEYER, M.; HERPPICH, W.B.; RAUH, C.; MAHAJAN, P.V. Photocatalytic and photochemical oxidation of ethylene: potential for storage of fresh produce – a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 6, p. 982–1001, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-017-1889-0

SOARES, C.G.; PRADO, S.B.R.; ANDRADE, S.C.S.; FABI, J.P. Systems biology applied to the study of papaya fruit ripening: The influence of ethylene on pulp softening. **Cells**, v. 10, n. 9, p. 2339, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/cells10092339

VINOD, B.R.; ASREY, R.; MEENA, N.K.; SETHI, S.; PRAKASH, J.; CHAWLA, G.; MENAKA, M.; AHAMAD, S. Ozonized water treatment enhances quality and storage life of 'Red Lady' papaya fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 328, p. 112859, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112859

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v. 24, n. 4, p. 389-409, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.01.005

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS

QUALIDADE DA EXTRAÇÃO DE DNA EM FOLHAS DE MAMOEIRO SOB DIFERENTES ACONDICIONAMENTOS E TEMPO DE COLETA

Fabíola Lacerda de Souza Barros[1]; Felipe Batista Pereira[1], João Pedro Moraes Almeida Campos[2], Hugo Deleon Souza[2], Rafael Nunes Almeida[1], Monique Moreira Moulin[2], Sarah Ola Moreira[1]

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares-ES; [2]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. Alegre, ES. *fabiola.lacerda@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

A caracterização molecular é uma ferramenta essencial no melhoramento genético vegetal e amplamente empregada na seleção de genótipos superiores. Contudo, independentemente da técnica utilizada, a qualidade dos resultados depende diretamente do estado do material vegetal coletado para extração do DNA (Carvalho *et al.*, 2019; Quiñones *et al.*, 2024). Fatores como a presença de pragas, doenças, resíduos de proteínas, compostos fenólicos e outros metabólitos secundários constituem gargalos no processo de coleta e extração, pois interferem diretamente na integridade do material genético.

Porém, a preparação adequada do material, incluindo a coleta e armazenamento, é tão crucial quanto o próprio protocolo de extração, visando cessar as atividades metabólicas celulares e evitar a degradação do DNA. Nesse contexto, diversos estudos relatam o uso de agentes dessecantes — como a sílica gel — para a manutenção da integridade tecidual. Embora essa estratégia apresente êxito em várias espécies vegetais, ela pode não produzir os mesmos efeitos positivos em outras (Quiñones *et al.*, 2024).

Para o mamoeiro (*Carica papaya* L.), o tecido comumente empregado na extração de DNA consiste em pequenos discos foliares obtidos de folhas jovens. No entanto, observa-se uma grande diversidade de protocolos para o acondicionamento e preservação dessas amostras até o momento do processamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do DNA de mamoeiro obtido sob diferentes métodos de coleta, recipientes e tempos de armazenamento, visando estabelecer a estratégia mais eficiente para a obtenção de DNA de alta qualidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a retirada de material vegetal foram utilizados mamoeiros localizados na Fazenda Experimental do Incaper (FEL), Linhares-ES. Foram utilizadas folhas completamente expandidas e livres de sintomas de pragas e doenças. As folhas foram retiradas com auxílio de estilete e dispostas em caixas térmicas com gelo rígido para o transporte até o laboratório, onde as amostras foram acondicionadas e armazenadas de acordo

com os seguintes tratamentos: T1: Limbo foliar acondicionado em saco plástico de alta gramatura à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T2: Limbo foliar, envolto em no papel alumínio e posteriormente embalado em saco plástico de alta gramatura à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T3: Limbo foliar com pecíolo, sem embalagem, resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T4: Fragmento de limbo foliar, envolvo em papel alumínio, posteriormente embalado em saco plástico de alta gramatura à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T5: Fragmento do limbo foliar, embalado em saco plástico com retirada manual do ar e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T6: Fragmento do limbo, embalado em duas camadas de filtro de papel, como sílica entre as duas camadas e armazenado em envelopes de papel (testemunha); T7: Fragmento do limbo embalado em camada única de filtro de papel, e o conjunto de amostras colocados em pote plástico único, com tampa, com sílica ao fundo. Os tratamentos foram acondicionados nas condições testadas por 29 e 53 horas antes do armazenamento em ultrafreezer, à -80 ºC. As placas de gelo rígido foram trocadas com e 24 e 48h.

No laboratório de Biologia Molecular do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) *Campus* Alegre, o DNA genômico foi extraído conforme o método CTAB, protocolo de Doyle e Doyle (1990), modificado por Abdelnoor (1995). Após a extração de DNA, as amostras foram quantificadas por espectrofotômetro NanoDrop. O rendimento foi determinado por medições da absorbância a 260, 280 e 230 nm, sendo a pureza do DNA foi determinada pela razão de absorbâncias 260/280 e 260/230.

Para análise estatística, as médias e o desvio padrão amostral de cada tratamento foram utilizados para comparar com o tratamento convencional (T6), considerado testemunha, dentro de cada tempo de armazenamento (29 e 53h), por meio do teste Dunnet ao nível de significância de 5%. Dentro de cada tratamento, os tempos de armazenamento foram comparados pelo Test T, ao nível de significância de 5%. As análises foram conduzidas com auxílio do programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de DNA variaram entre 343,53 ng /µL (T4, 29h) e 766,03 ng/µL (T6, 48h), uma diferença de 122,99%. Considerando cada intervalo de tempo analisado, os tratamentos T1, T5 e T7 foram semelhantes ao tratamento testemunha (T6) quanto analisados após 29h da coleta, com médias de 510,28; 547,15 e 551,38 ng /µL de DNA. Quando se adiciona mais um dia de intervalo (53h), além destes tratamentos, o T4 também se iguala à testemunha (T6) (Figura 1A). Desta forma, o uso do papel alumínio ou o armazenamento sem embalagem podem interferir na quantidade de DNA extraída. O uso do papel alumínio combinado com o uso de nitrogênio líquido é um método clássico para preservação de amostras para análise molecular (Doyle; Doyle, 1987). No entanto, para o resfriamento em caixa térmica, outras alternativas de armazenamento foram mais eficientes, como o uso de sacos plásticos de alta gramatura (com ou sem vácuo) e os filtros de papel com sílica.

Para três tratamentos (T2, T4 e T7), o maior de intervalo de tempo entre a coleta e o armazenamento a -80 ºC (53h) promoveu o aumento da quantidade de DNA extraído. Porém, para o T7, as razões A260/A280

e A260/A230 foram menores com o acréscimo do armazenamento (Figura 1B e 1C), o que indica que essa maior concentração pode ter sido originada de uma contaminação por polissacarídeos e compostos fenólicos que precipitaram juntamente com o DNA.

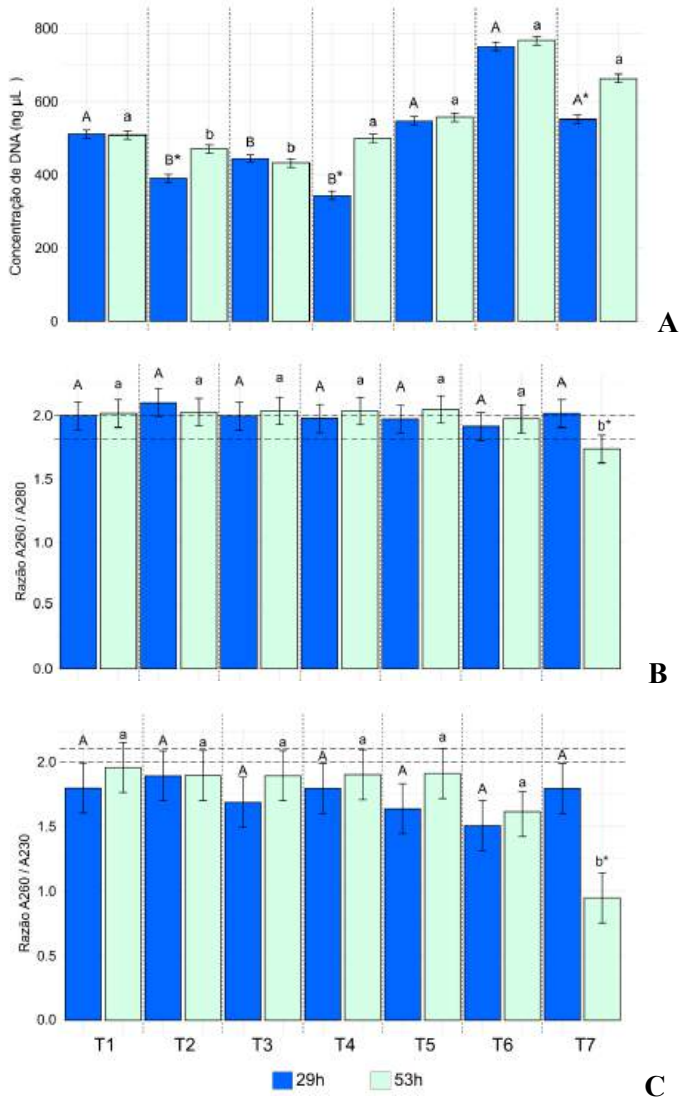


Figura 1 - Concentração de DNA (A), razão A260/A280 (B) e razão A260/A230 (C) de mamoeiro obtido em amostras em diferentes embalagens e tempos de armazenamento (29 e 53 h). Letras maiúsculas indicam diferenças em relação ao controle (T6) no intervalo de 29h, e as minúsculas no intervalo de 53h, pelo teste de Dunnett. Asteriscos indicam diferenças entre os tempos dentro do mesmo tratamento pelo teste t. T1: Limbo foliar acondicionado em saco plástico à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T2: Limbo foliar, envolto em papel alumínio e embalado em saco plástico à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T3: Limbo foliar com pecíolo, sem embalagem, resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T4: Fragmento de limbo foliar, envolvo em papel alumínio, embalado em saco plástico à vácuo e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T5: Fragmento do limbo foliar, embalado em saco plástico com retirada manual do ar e resfriado em caixa térmica com gelo rígido; T6: Fragmento do limbo, embalado em duas camadas de filtro de papel, como sílica entre as duas camadas e sem resfriamento (testemunha); T7: Fragmento do limbo embalado em camada única de filtro de papel, e o conjunto de amostras colocados em pote plástico único, com tampa, com sílica ao fundo, sem resfriamento.

A faixa da razão A260/A280 considerada ótima é entre 1,8 e 2,0 (Carvalho *et al*., 2019). Amostras obtidas dentro desta faixa indicam que a pureza do DNA. Após 29h de armazenamento, os tratamentos T2 e T7 ficaram acima deste intervalo. Após 53h, apenas o tratamento testemunha (T6) ficou na faixa ótima. Estes resultados sugerem que o maior tempo de armazenamento provoca redução da pureza do DNA extraído, no entanto, esta diferença não é estatística, pois, comparado tanto com a testemunha quanto dentro de cada tratamento, apenas o T7-53h foi estatisticamente inferior.

Para a razão A260/A230, a faixa ótima é entre 2,0 e 2,2 (Carvalho *et al*., 2019). Todos os tratamentos, após 29h ou 53h de armazenamento, ficam abaixo desta faixa, variando entre 0,947 (T7-53h) e 1,955 (T1 – 53h). Nesta variável, o tratamento controle, para os dois tempos de armazenamento, teve média inferior a 1,8 indicando quantidades significativas de contaminação da amostra. Exceto para o T7, o maior tempo de armazenamento (53h) parece promover maior pureza do DNA. Do ponto de vista estatístico, no entanto, a única diferença observada foi para o tratamento T7-53h, assim como para a razão A260/A280.

Apesar dos valores obtidos para a razão A260/A230 não serem satisfatórios, Nakum *et al*. (2019) validaram a qualidade do DNA extraído por meio de outros critérios alternativos: caracterização física/visual do pelete final do DNA (paletes escuros indicam oxidação fenólica); eletroforese em gel de agorose (revelação de bandas limpas sem arraste característico de degradação); e validação funcional, ou seja, se o DNA isolado amplifica uma seleção de primers gerando amplicons reprodutíveis e nítidos. Tendo bons resultados nestes testes adicionais, mesmo amostras com impureza um pouco inferiores à faixa ótima podem ser utilizadas para análises moleculares.

CONCLUSÃO

Com exceção do tratamento T7-53h, as demais condições testadas tiveram similaridade estatística, tanto com o tratamento testemunha quanto entre os tempos de armazenamento, para todas as variáveis analisadas. A escolha do melhor método e do tempo de armazenamento pode ser baseada na praticidade de manuseio e tempo necessário para o transporte até ultrafreezer (-80 ºC), sem comprometer a qualidade do DNA genômico.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes). Edital Fapes/Seag - Inovagro Nº 03/ 2024 (TO: 1114/2024) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

REFERENCIAS

ABDELNOOR, R.V.; DE BARROS, E.G; MOREIRA, M.A. Determination of genetic diversity within Brazilian soybean germplasm using random amplified polymorphic DNA techniques and comparative analysis with pedigree. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, p. 265-273, 1995.

CARVALHO, M.S; NOIA, L.R.; FERREIRA, M.F.S.; FERREIRA, A. DNA de alta qualidade isolado a partir do córtex de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 396-402, 2019. DOI: https://doi.org/10.5902/1980509824130

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, Washington, v. 1, p. 13-15,1990.

NAKUM, A.; KUVAD, R.; CHUDASAMA, K.; THAKER, V. Protocol for DNA extraction and molecular characterization in medicinal plant *Carica papaya* L. varieties. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 2, p. 514-520. Disponível em: https://www.phytojournal.com/archives/view-pdf/7607/8-1-88. Acesso em: 13 set. 2026.

QUIÑONES, K.J.O.; GENTALLAN JR., R.P.; TIMOG, E.B.S.; VERACRUZ, J.R.A.; MACABECHA, C.G.A.; PAPA, I.A.; CORONADO, N.B.; BARTOLOME, M.C.B.; CERIBO, D.B.; MADAYAG, R.E.; MAGTOLTOL, J.B.; SIENES, R.K.A.; ALVARAN, B.B.S.; BORROMEO, T.H. Liquid-nitrogen-free CTAB DNA extraction method from silica-dried specimens for next-generation sequencing and assembly. **MethodsX,** v. 12, p. 102758, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102758

RELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COLORAÇÃO DA POLPA EM FRUTOS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) DO GRUPO FORMOSA

Gustavo Soares Andrade[1]*, Eileen Azevedo Santos[1], João Paulo de Souza Voltolini[1], Luana Pavan de Souza[1], Rayla Nemis de Souza[1], Willian Krause[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Professor Eugênio Carlos Stieler. Tangará da Serra, MT.
*gustavo.andrade1@unemat.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mamão (*Carica papaya* L.) e o segundo maior exportador, atrás apenas do México (FAO, 2026). A produção nacional concentra-se nas regiões Nordeste e Sudeste, com destaque para os estados do Espirito Santo (398.093 t), Bahia (311.678 t) e Ceará (127.514 t) (IBGE, 2024).

A obtenção de cultivares com características que atendam às exigências do mercado, como aparência, tamanho, formato, espessura e coloração da polpa, além do teor de sólidos solúveis, é essencial para a cadeia produtiva (Carvalho *et al*., 2020). Segundo CEAGESP o mamão do grupo Formosa é comercializado em caixas classificadas pelo número de frutos e seu peso individual. As caixas podem conter de 5 a 9 frutos, com peso que varia de 1,36 a 2,40 kg por fruto, ou de 10 a 16 frutos, com peso entre 0,75 a 1,35 kg por fruto.

Segundo Carvalho *et al*. (2020), Fabi e Prado (2019) citam que a coloração da polpa está relacionada à concentração de carotenoides no fruto, sendo cultivares com polpa alaranjada ou vermelho alaranjada mais ricas em licopeno, composto responsável pela coloração avermelhada e pela maior preferência dos consumidores.

Os sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, constituem um importante indicador de qualidade e maturação dos frutos. (Shinagawa, 2009). No mercado de exportação é recomendado teores maiores que 12 ºBrix para o mamão, pois os consumidores preferem frutos mais doces (Dantas; Lucena; Vilas Boas, 2015). Desta forma, avaliar a correlação entre as características físico-químicas e de coloração da polpa contribui para compreensão dessas características durante a maturação e fornece informações relevantes para programas de melhoramento genético e produtores.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados cinco genitores do grupo Formosa (‘Tainung 01’, ‘T2’, ‘Calimosa’, ‘Bela Nova’ e ‘Rubi Incaper 511’) para a realização dos cruzamentos, resultando na formação de 10 famílias segregantes

(Tabela 1).

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizada no município de Tangará da Serra. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez repetições e dez plantas por parcela. O plantio foi feito dia 15 de janeiro de 2024 e instalado no sistema de fileira simples com espaçamento de 4 m entre linhas e 1,75 entre plantas, irrigada por aspersão e com adubação conduzida conforme recomendação para cultura (Martins *et al*., 2024).

Tabela 1 - Genitores utilizados e cruzamentos realizados para obtenção das 10 famílias de mamoeiro do grupo Formosa

Famílias	Genitor feminino	Genitor masculino
Família 1	Calimosa	Rubi Incaper 511
Família 2	Calimosa	Tainung 01
Família 3	Calimosa	Bela Nova
Família 4	Calimosa	T2
Família 5	T2	Rubi Incaper 511
Família 6	T2	Tainung 01
Família 7	T2	Bela Nova
Família 8	Bela Nova	Rubi Incaper 511
Família 9	Bela Nova	Tainung 01
Família 10	Tainung 01	Rubi Incaper 511

As análises dos atributos de qualidade dos frutos tiveram início em outubro de 2024 e foram conduzidas durante três meses. Foram amostrados cinco frutos de cada planta, e posteriormente calculado uma média por plantas. Os frutos foram coletados no estágio de maturação 2 ($^1/_4$ maduro com até 25% da casca amarela, rodeada de verde-claro) (Silva; Soares, 2001), posteriormente armazenados sob temperatura ambiente (~28 °C) até atingir o estágio 5 da maturação (76% a 100% da superfície da casca amarela).

Foram feitas as seguintes análises: Coloração da polpa: foi medida em módulo L (luminosidade de 0 a 100), a* (relativa de verde a vermelho), b* (relativa de amarela a azul), por reflectometria em colorímetro. Calculou-se os parâmetros de cromaticidade [(a*2 + b*2) 1/2] e ângulo hue de cor [arc tg (b*/a*)], segundo McGuire (1992). Teor de sólidos solúveis (SS): expresso em °Brix, medidos com refratômetro digital Hanna; pH: foi determinado por meio de peagâmetro digital de bancada, previamente calibrado com soluções tampão padrão; Acidez titulável (AT): foi determinado por titulação com solução de NaOH, expressos em porcentagem de ácido cítrico (%).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente, realizou-se a análise de componentes principais (PCA). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Code Team, 2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para sólidos solúveis (SS), a progênie 2 apresentou o maior teor de sólidos solúveis (14,39 °Brix), não diferindo estatisticamente das progênies 1,3 e 4, que por sua vez apresentaram elevados valores. Por outro lado, as progênies 8 (12,98 °Brix) e 9 (13,26 °Brix), apresentam menores teores de °Brix diferindo estatisticamente das demais. Segundo Dantas, Lucena e Vilas Boas (2015), no mercado de exportação é exigido 12 °Brix para uma boa comercialização, visto que os consumidores buscam por frutos mais doces. Em suma o valor médio (13,66 °Brix) encontrado no estudo está acima do valor citado na literatura indicando elevado potencial qualitativo dos materiais avaliados.

Tabela 2 – Médias dos atributos físico-químicos e colorimétricos de dez progênies de mamoeiro, comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

PROG	SS	AT	pH	L*	a*	b*	C*	H°
1	13,87 a	0,175 a	5,207 d	77,14 b	78,38 b	50,24 b	78,71 b	57,33 d
2	14,39 a	0,173 a	5,200 d	68,47 d	78,11 b	44,71 d	78,40 b	60,30 b
3	14,04 a	0,170 b	5,255 b	73,31 c	84,22 a	48,14 c	84,61 a	60,57 b
4	14,10 a	0,170 b	5,233 c	70,99 d	83,61 a	45,89 d	83,89 a	61,14 a
5	13,62 b	0,166 c	5,227 c	74,12 c	83,75 a	48,38 c	84,04 a	59,95 b
6	13,41 b	0,164 c	5,196 d	65,22 e	78,85 b	42,17 e	79,12 b	61,97 a
7	13,49 b	0,164 c	5,265 b	70,57 d	86,07 a	46,43 d	86,34 a	61,62 a
8	12,98 c	0,164 c	5,296 a	80,74 a	84,03 a	52,22 a	84,34 a	58,11 c
9	13,26 c	0,170 b	5,252 b	73,94 c	83,52 a	47,74 c	83,81 a	60,29 b
10	13,40 b	0,176 a	5,185 d	74,01 c	77,70 b	48,29 c	78,02 b	58,20 c
Média Geral	13,66	0,169	5,23	73,34	81,85	47,73	82,15	59,79
CV (%)	10,94	13,84	2,31	12,62	9,87	12,55	9,77	4,84

SS: Sólidos solúveis (°Brix); AT: Acidez titulável; pH; L*: Luminosidade (0 a 100); a*: reatividade de verde a vermelho; b*: reatividade de amarelo a azul; c*: cromaticidade; H°: ângulo hue de cor. As letras indicam os grupos estatísticos, ou seja, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si.

Quanto à acidez titulável (AT), as progênies 10 (0,176%), 1 (0,175%) e 2 (0,173%) apresentaram os maiores valores, enquanto as progênies 5, 6, 7 e 8 apresentaram os menores. Apesar das diferenças estatísticas, a baixa amplitude (0,164% a 0,176%) indica relativa uniformidade entre os materiais. Esses valores estão de acordo com os observados para a cultivar Tainung 01 (0,16% a 0,18% de ácido cítrico) por Góis (2009) e confirmam a baixa acidez característica do mamão (Santana; Matsura; Cardoso, 2004).

Para pH, a progênie 8 apresenta o maior pH (5,296), indicando menor acidez no suco, por outro lado as progênies 10 (5,185), 6 (5,196), 2 (5,200) e 1 (5,207) apresentaram menores valores de pH indicando uma acidez maior em relação a progênie 8. Segundo Silva *et al*. (2017) os frutos de mamoeiro do grupo Formosa

apresentam pH próximo de 5,2 característica associada à sua baixa acidez e adequada qualidade para consumo in natura.

Quanto a coloração da polpa podemos observar que em questão da luminosidade a progênie 8 apresentou a polpa mais clara (L= 80,74), enquanto a progênie 6 apresentou a menor luminosidade (65,22) caracterizando uma polpa mais escura.

O parâmetro a representa a intensidade da coloração no eixo verde–vermelho, sendo que valores mais elevados indicam maior intensidade da coloração vermelho alaranjada. As progênies 3, 4, 5, 7, 8 e 9 constituíram o grupo de maiores médias, variando de 83,52 a 86,07, não diferindo estatisticamente entre si. Em contrapartida, as progênies 1, 2, 6 e 10 apresentaram as menores médias (77,70 a 78,85), caracterizando frutos com menor intensidade dessa coloração. Para o parâmetro "b*" que representa uma coloração mais amarelada, a progênie 8 destaca-se com maior valor (52,22), seguida da progênie 1 (50,24), outrossim os menores valores são encontrados nas progênies 6 (42,17) e 2 (44,71).

Carvalho *et al*. (2020), Fabi e Prado (2019) relatam que a coloração da polpa do mamão está relacionada à concentração de carotenoides. Cultivares com polpa alaranjada ou vermelho alaranjada apresentam maior teor de licopeno, responsável pela coloração avermelhada, enquanto cultivares de polpa amarela possuem menor concentração desse pigmento. A coloração da polpa é um importante atributo de qualidade, sendo frutos com a polpa mais escura preferidos pelos consumidores.

A cromaticidade (C) representa a intensidade da cor, sendo que maiores valores indicam coloração mais viva. As progênies 3, 4, 5, 7, 8 e 9 apresentaram as maiores médias de C (83,81 a 86,34), sem diferirem estatisticamente entre si, enquanto as progênies 1, 2, 6 e 10 compuseram o grupo de menores médias (78,02 a 79,12) O ângulo hue (H°) representa a tonalidade da cor; em mamão, valores próximos de 90° indicam polpa amarela e a redução reflete maior intensidade de coloração laranja ou vermelha (McGuire, 1992). As maiores médias de H° foram registradas nas progênies 6 (61,97), 7 (61,62) e 4 (61,14) que não diferiram estatisticamente, e as menores nas progênies 8 (58,11) e 10 (58,20) que não se diferiram estatisticamente entre si.

A análise de componentes principais (PCA) explicou 83,99% da variabilidade total, sendo 47,77% representada pelo CP1 e 36,72% pelo CP2, evidenciando boa discriminação entre as progênies. O CP1 foi associado principalmente aos atributos de coloração da polpa (L*, a*, b*, C* e pH), com forte associação entre a* e C*, enquanto sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) apresentaram comportamento oposto, indicando uma tendencia de associação inversa entre os atributos de coloração de polpa e os teores de sólidos solúveis. O CP2 foi influenciado principalmente pelo ângulo Hue (H°), diferenciando as progênies quanto à tonalidade da polpa.

A progênie 8 se destacou pelos maiores valores de L*, C*, b* e pH, indicando frutos de coloração mais intensa e brilhante. A progênie 2 apresentou associação com maiores teores de SS, a progênie 10 esteve relacionada à maior acidez titulável. As progênies 3, 5 e 9 apresentaram comportamento intermediário para maioria das características avaliadas.

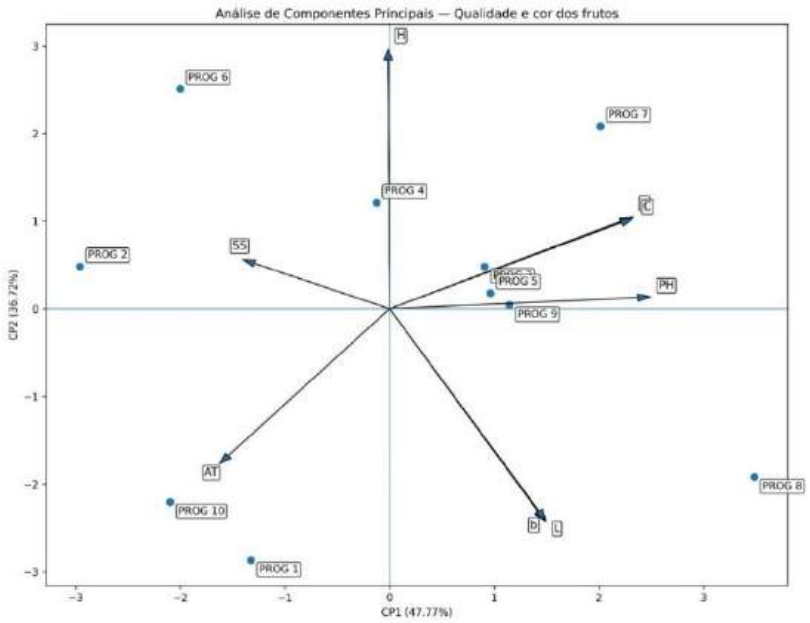


Figura 1 - Análise de Componentes Principais (PCA) das progênies de mamoeiro do grupo Formosa com base nos atributos físico-químicos e de coloração dos frutos sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, luminosidade (L*), coordenadas cromáticas (a* e b*), cromaticidade (C*), ângulo Hue (H°) e progênie (PROG).

CONCLUSÃO

As progênies apresentaram variabilidade significativa para os atributos físico-químicos e colorimétricos dos frutos. A análise de componentes principais indicou tendência de associação inversa entre a coloração da polpa e os teores de sólidos solúveis, evidenciando que esses atributos devem ser considerados conjuntamente na seleção de genótipos superiores para programas de melhoramento do mamoeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Frutec pela concessão da bolsa de extensão e à Feltrin Sementes pela promoção do Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro, que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, E.M.L.; REIS, R.C.; BORGES, V.P.; LEDO, C.A.S.; ARAÚJO, E.S.; DANTAS, J.L.L. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p121

CEAGESP – COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO.**Hortiescolha**. São Paulo- SP: CEAGESP, 2026. Disponível em: https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/mamao/.

DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S.; VILAS BOAS, S.A. Avaliação agronômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 138-148. 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-022/14

FABI, J.P.; PRADO, S.B.R. Fast and furious: Ethylene-triggered changes in the metabolism of papaya fruit during ripening. **Frontiers in Plant Science,** v. 10, p. 535, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00535

FAO – Food and Agriculture Organization. **Análise preliminar do mercado das principais frutas tropicais.** Roma: FAO, 2025. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/items/bf236ad2-686a-4783-99cc-0e5f649ea1ea.

GÓIS, V.A. **Qualidade pós-colheita do mamão Formosa 'Tainung 01' em função da aplicação em pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. 2009. 104 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia – Área de Concentração em Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de mamão**. IBGE.gov. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.; FERREGUETTI, G.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro.** Vitória, ES: Incaper, 2024. Disponível em: http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/4777

McGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **Horticultural Science**, v.27, p. 1254-1255, 1992.

SANTANA, L.R.R.; MATSURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.) avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia Alimentos,** v. 24, n. 2, p. 217-222, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000200010

SHINAGAWA, F. B. **Avaliação das características bioquímicas da polpa de mamão (*Carica papaya* L.) processada por alta pressão hidrostática**. 2009. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/bioquimica-da-polpa-de-mamao.pdf.

VIANA, E.S.; REIS, R.C.; SILVA, S.C.S.; NEVES, T.T.; JESUS, J.L. Avaliação físico-química e sensorial de frutos de genótipos melhorados de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 4, p. 1-10, 2016/2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4637146

SILVA, O.F.; SOARES, A.G. **Recomendações para prevenção de perdas pós-colheita do mamão**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, p. 20, 2001.

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MAMOEIRO OBTIDOS DE LINHAGENS GENITORAS PURIFICADAS

Alex Souza Rodrigues[1]*, Renato Santa-Catarina[1], Julio Cesar Fiorio Vettorazzi[1], Sylvia Makvereng Satdom[1], Luiz Fernando Felix de Souza[1], Helaine Christine Cancela Ramos[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), CCTA, Campos dos Goytacazes, RJ.
*alexsouzarodrigues@outlook.com

INTRODUÇÃO

A uniformidade do tamanho e do peso dos frutos é crucial para a consolidação comercial de híbridos de mamoeiro, pois influencia a classificação, a padronização dos lotes e a aceitação comercial. Mesmo em genótipos com desempenho agronômico favorável, variações no padrão do fruto podem restringir sua recomendação e comprometer sua competitividade no mercado. Esse problema foi observado nos híbridos UC01 e UC10, que apresentaram desvios em relação ao ideótipo desejado.

Estudos conduzidos no programa UENF/Caliman identificaram a existência de variabilidade nas linhagens genitoras desses híbridos, indicando a possibilidade de explorar essa variação para corrigir padrões indesejáveis e aumentar a uniformidade dos frutos (Pirovani *et al*., 2022; Rodrigues *et al*., 2023). Essa perspectiva é reforçada por Pirovani *et al*. (2022), ao demonstrarem que genitores de híbridos já desenvolvidos podem apresentar segregação explorável, permitindo a seleção de plantas superiores e a recomposição de combinações híbridas mais próximas do ideótipo desejado.

A exploração dessa variabilidade é importante porque permite aperfeiçoar híbridos de interesse sem substituir integralmente sua base genética. Em vez de descartar materiais já adaptados e agronomicamente promissores, o programa de melhoramento pode selecionar indivíduos superiores dentro dos genitores e reorganizar combinações parentais com maior potencial de expressar frutos dentro da faixa comercial desejada. No caso do UC10, a prioridade é reduzir o peso dos frutos para valores de até 2 kg; para o UC01, o desafio é elevar o peso médio para a faixa de 1,5 a 1,6 kg.

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o peso médio dos frutos e o teor de sólidos solúveis de híbridos obtidos em etapas posteriores de cruzamento, visando identificar combinações parentais capazes de produzir frutos dentro das faixas comerciais desejadas para os híbridos UC01 e UC10.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na empresa Caliman Agrícola S.A., utilizando linhagens genitoras

selecionadas em etapas anteriores de purificação dos genitores (Pirovani *et al*., 2022). A partir dessas linhagens, foram obtidos, por dialelo, os híbridos UC10 e UC10 recíproco e, por *top cross*, o híbrido UC01. A semeadura foi realizada em casa de vegetação, em bandejas plásticas com 96 tubetes de 55 cm³, contendo substrato comercial Tropstrato HT e fertilizante de liberação lenta Basacote mini 3 M®, formulação NPK (Mg) 13-06-16 (1,4), com micronutrientes. As mudas foram aclimatadas cerca de 20 dias após a germinação e transplantadas para a área experimental aproximadamente 45 dias após a semeadura. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições, cinco plantas por parcela e espaçamento de 3,60 m entre linhas e 1,50 m entre plantas.

Foram avaliados o peso médio de frutos (PMF, em g) e o teor de sólidos solúveis (TSS, em °Brix). Os dados foram submetidos à análise de variância no programa Genes, e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. A representação gráfica foi realizada no programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeito significativo de tratamentos para peso médio de frutos (PMF) e teor de sólidos solúveis (TSS), evidenciando a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados (Tabela 1). Esse resultado demonstra que os híbridos e parentais diferiram quanto ao padrão de peso dos frutos e ao teor de sólidos solúveis, características diretamente relacionadas ao interesse comercial dos híbridos de mamoeiro, uma vez que esses atributos são utilizados na identificação de genótipos promissores (Reis *et al*., 2015; Pereira *et al*., 2020).

Tabela 1 - Análise de variância para peso médio de frutos (PMF) e teor de sólidos solúveis (TSS) em híbridos e parentais de mamoeiro

Característica	QM Trat.	Valor de F	Probabilidade (%)	Média	CVe (%)	CVg (%)	CVg/CVe
PMF	305356,2	4,3	0,0 **	1291,2	20,7	21,6	1,0
TSS	3,2	3,9	0,0 **	10,8	8,4	8,2	1,0

A média geral de PMF foi de 1291,2 g, com CVe de 20,7%, enquanto a média de TSS foi de 10,8 °Brix, com CVe de 8,4%. O maior CVe observado para PMF, possivelmente está associada à maior amplitude de peso observado entre os híbridos e parentais avaliados. Por outro lado, o menor CVe para TSS sugere maior precisão experimental para essa variável. A relação CVg/CVe próxima de 1,0 para ambas as características indica condição favorável à seleção, uma vez que a variação genética estimada apresentou magnitude semelhante à variação ambiental (Moreira *et al*., 2018).

Nos híbridos UC10 e UC10 recíproco, derivados do dialelo entre JS12P e Sekati, observou-se ampla variação para PMF, com genótipos distribuídos em diferentes grupos pelo teste de Scott-Knott (Figura 1). Essa

variação indica que as etapas anteriores de purificação dos genitores (Pirovani *et al*., 2022; Rodrigues *et al*., 2023) possibilitaram obter combinações híbridas contrastantes para peso de frutos, permitindo selecionar materiais mais próximos do padrão comercial desejado. Considerando o objetivo de reduzir o peso dos frutos do UC10 para valores inferiores a 2 kg, destacaram-se os híbridos H10, H12, H13 e H14, com PMF entre 1513,3 e 1676,2 g, e os híbridos recíprocos H33, H34 e H37, com PMF entre 1517,6 e 1528,1 g. Esses resultados indicam resposta favorável da estratégia de seleção adotada.

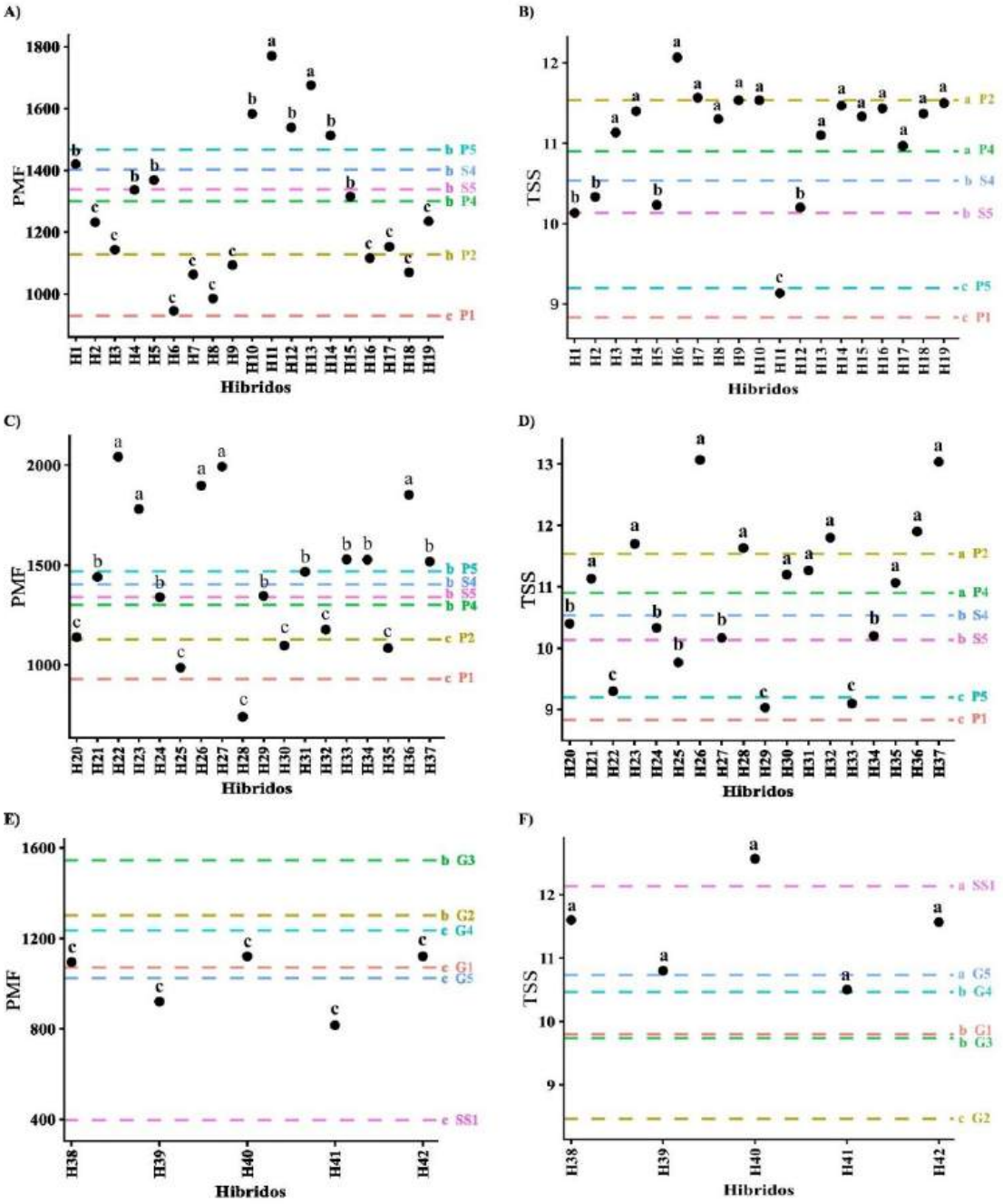


Figura 1 - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott para duas variáveis analisadas: PMF, peso médio de frutos, e TSS, teor de sólidos solúveis. A, B: UC10; C, D: UC10 recíproco e E, F: UC01. As linhas coloridas representam as médias das linhagens parentais. P: JS12P; G: JS12G; S: Sekati; SS: SS72/12.

Para TSS, a maior parte dos híbridos UC10 e UC10 recíproco apresentou valores próximos ou superiores aos parentais. Entre os híbridos com PMF dentro do padrão desejado, os valores de TSS variaram de 10,2 a 13,0 °Brix, indicando que a redução do peso médio dos frutos não foi acompanhada por diminuição expressiva do teor de sólidos solúveis. Assim, as combinações promissoras para PMF também mantiveram desempenho adequado para uma característica associada à qualidade dos frutos (Miranda *et al*., 2022).

Nos híbridos UC01, obtidos por *top cross* entre JS12G e SS-72/12, o PMF foi superior ao parental SS-72/12, porém inferior ao padrão desejado para o híbrido. O peso médio variou de 816,1 g (H41) a 1121,3 g (H42), permanecendo abaixo da faixa de 1,5 a 1,6 kg. Embora tenha havido variação entre os híbridos avaliados, os valores observados não foram suficientes para atender ao objetivo de aumentar o peso médio dos frutos.

Por outro lado, os híbridos UC01 apresentaram valores adequados de TSS, variando de 10,5 a 12,6 °Brix, com destaque para H40, que apresentou 12,6 °Brix. Isso indica que, embora o peso médio dos frutos ainda precise ser ajustado, há potencial para manutenção da qualidade dos frutos nas combinações avaliadas (Miranda *et al*., 2022).

CONCLUSÃO

A purificação dos genitores foi eficiente para selecionar híbridos UC10 e UC10 recíproco com peso médio inferior a 2 kg e TSS adequado. Para o UC01, os cruzamentos avaliados não elevaram o peso dos frutos à faixa desejada, indicando a necessidade de novas estratégias de seleção.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes), pelo apoio financeiro e pela concessão das bolsas, por meio do Código de Financiamento 001. Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fruticultura Tropical (INCT-Fruit), pelo apoio financeiro. À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa. À empresa Caliman Agrícola, pela parceria e pelo auxílio no desenvolvimento dos experimentos e na multiplicação do germoplasma.

REFERÊNCIAS

MIRANDA, D.P.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; SANTANA, J.G.S.; POLTRONIERI, T.P.S.; PIROVANI, A.A.V.; AZEVEDO, A.O.N.; DUARTE, R.P.; RODRIGUES, A.S.; BOHRY, D.; PEREIRA, M.G. Topcross hybrids in papaya (*Carica papaya* L.): evaluation of the potential for increasing fruit quality in new cultivars. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, n. 11, p. 1473-1486, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1905799.

MOREIRA, S.O.; KUHLCAMP, K.T.; BARROS, F.L.S.; ZUCOLOTO, M.; MOITINHO, A.C.R. Intrapopulation recurrent selection by mixed models in papaya of the Formosa group. Revista Brasileira de **Fruticultura**, v.40, n.3, e-870, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-29452018870.

PEREIRA, M.G.; POLTRONIERI, T.P.S.; PEREIRA, T.N.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; ARÊDES, F.A.; BOECHAT, M.S.B.; VENÂNCIO, T.M.; AZEVEDO, A.O.N.; CORTES, D.F.M.; MOREIRA, N.F.; BOHRY, D.; SILVEIRA, S.F.; VIVAS, M.; FERREGUETTI, G.A. Twenty-two-year papaya breeding program: from breeding strategy establishment to cultivar development. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, n. 2, p. 9-27, 2020. DOI: https://doi.org/10.35418/2526-4117/v1n2a2.

PIROVANI, A.A.V.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; MIRANDA, D.P.; RODRIGUES, A.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; SILVA, I.R.J.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P. Is there a possibility to improve a developed hybrid? A current demand on papaya (*Carica papaya* L.). **Euphytica**, v. 218, n. 5, 64, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-022-03014-y.

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Physicochemical characterization of new hybrids and inbred lines of papaya. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2015.v50.20402

RODRIGUES, A.S.; RAMOS, H.C.C.; MIRANDA, D.P.; PIROVANI, A.A.V.; SANTA-CATARINA, R.; DUARTE, R.P.; BRAGA, C.S.; BOHRY, D.; PEREIRA, M.G. Intra-genotypic variability in elite parent lines of papaya. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 1, e20220468, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220468

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE FRUTOS EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MAMOEIRO DO GRUPO FORMOSA

Luana Pavan de Souza[1]*, Angélica Padilha de Freitas[1], Eileen Azevedo Santos[1], João Paulo de Souza Voltolini[1], Rayla Nemis de Souza[1], Willian Krause[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Professor Eugênio Carlos Stieler. Tangará da Serra, MT.
*luana.pavan@unemat.com.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se entre as fruteiras de maior importância econômica nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo consumido devido às suas propriedades nutricionais e medicinais (Pinnamaneni, 2017). No Brasil, a cultura apresenta importância econômica e social, especialmente pela produção e comercialização de frutos destinados ao mercado interno e externo. Em 2024, a produção brasileira de mamão atingiu 1.149.300 toneladas, com rendimento médio de 45,5 t/ha, cultivadas em uma área de cerca de 27 mil hectares (IBGE, 2024).

Apesar da importância da cultura para o agronegócio brasileiro, seu cultivo ainda se concentra em um número limitado de cultivares com características agronômicas superiores e qualidade de frutos que atendem às exigências do mercado consumidor (Cortes *et al*., 2019). Nesse contexto, os programas de melhoramento genético desempenham papel importante na obtenção e seleção de novos genótipos que reúnam características de interesse. A existência de variabilidade entre esses genótipos possibilita a identificação de materiais diferentes e sua utilização nas diferentes etapas dos programas de melhoramento (Dias *et al*., 2011)

Entre os caracteres de interesse, a qualidade dos frutos constitui um fator essencial para a aceitação do produto, sendo determinada por um conjunto de características físicas e químicas que influenciam sua comercialização e preferência pelos consumidores (Luz *et al*., 2015).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos de qualidade dos frutos de mamão oriundos de populações segregantes do mamoeiro do grupo Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizada no município de Tangará da Serra (14° 39’ S / 57° 25’ O; 321 m de altitude). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, segundo o Solo Brasileiro Sistema de Classificação (Santos *et al*., 2018).

Foram utilizados cinco genitores do grupo Formosa (‘Tainung 01’, ‘T2’, ‘Calimosa’, ‘Bela Nova’ e ‘Rubi Incaper 511’) para a realização dos cruzamentos, resultando na formação de 10 famílias segregantes (Tabela 1). O cultivo do mamoeiro foi realizado no sistema de fileira simples com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,75 m entre plantas. As plantas foram conduzidas sob regime de irrigação por aspersão com vazão de 40 L/h^{-1}.

Tabela 1 - Genitores utilizados e cruzamentos realizados para obtenção das 10 famílias de mamoeiro do grupo Formosa

Famílias	Genitor feminino	Genitor masculino
Família 1	Calimosa	Rubi Incaper 511
Família 2	Calimosa	Tainung 01
Família 3	Calimosa	Bela Nova
Família 4	Calimosa	T2
Família 5	T2	Rubi Incaper 511
Família 6	T2	Tainung 01
Família 7	T2	Bela Nova
Família 8	Bela Nova	Rubi Incaper 511
Família 9	Bela Nova	Tainung 01
Família 10	Tainung 01	Rubi Incaper 511

As características físicas e químicas dos frutos comerciais foram avaliadas durante o ciclo da cultura, utilizando cinco frutos por planta. As avaliações foram realizadas em plantas individuais e posteriormente foi calculado a média por indivíduo.

As características avaliadas foram: Massa de fruto (MF): obtido por meio de pesagem, em balança analítica, expresso em gramas (g); Comprimento de fruto (CF): expresso em cm, obtido pela mensuração do comprimento do fruto, utilizando um paquímetro; Diâmetro de fruto (DF): expresso em cm, obtido pela mensuração do diâmetro do fruto, utilizando um paquímetro; Teor de sólidos solúveis (SS): expresso em °Brix, medidos com refratômetro digital Hanna; pH: foi determinado por meio de peagâmetro digital de bancada, previamente calibrado com soluções tampão padrão; Acidez titulável (AT): foi determinado por titulação com solução de NaOH, os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando análise de variância, seguida pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Em seguida, os dados de cada característica foram plotados em um gráfico de box-plot. Todas as análises foram conduzidas usando o software R (R Core Team, 2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre as populações para as características avaliadas, a 1% de probabilidade pelo teste F. O agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott evidenciou a formação de diferentes grupos para as características físicas e físico-químicas dos frutos (Tabela 2).

Para massa do fruto (MF), as populações P7 (1.225,32 g) e P9 (1.295,26 g) apresentaram as maiores médias, pertencendo ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott. O tamanho e a massa dos frutos são atributos importantes para a preferência dos consumidores, sendo que, para o grupo Formosa, são desejáveis frutos maiores e com massa superior a 1.000 g (Oliveira *et al*., 2012). Para comprimento do fruto (CF), P6 apresentou maior média (24,65 cm), enquanto P7 se destacou para diâmetro de fruto (DF) com (11,07 cm). Para essas três características, a análise de variância indicou diferenças significativas entre as populações a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 – Médias das características físicas e físico-químicas de frutos de dez populações de mamoeiro, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

População	MF	CF	DF	SS	AT	pH
P01	751,95 e	19,49 e	8,72 e	13,87 a	0,175 a	5,207 d
P02	888,78 d	21,27 d	8,85 e	14,39 a	0,173 a	5,200 d
P03	944,02 d	21,14 d	9,83 c	14,04 a	0,170 b	5,255 b
P04	884,39 d	21,81 c	9,06 e	14,10 a	0,170 b	5,233 c
P05	1028,12 c	23,57 b	9,47 d	13,62 b	0,166 c	5,227 c
P06	1113,02 b	24,65 a	9,46 d	13,41 b	0,164 c	5,196 d
P07	1225,32 a	23,55 b	11,07 a	13,49 b	0,164 c	5,265 b
P08	1126,21 b	22,24 c	10,08 c	12,98 c	0,164 c	5,296 a
P09	1295,26 a	23,55 b	10,46 b	13,26 c	0,170 b	5,252 b
P10	911,13 d	21,39 d	8,93 e	13,40 b	0,176 a	5,185 d
Média geral	1004,43	22,13	9,55	13,66	0,169	5,23
CV (%)	22,36	16,91	15,90	10,94	13,84	2,31

MF: Massa de Fruto (gramas); CF: comprimento de fruto (cm); DF: diâmetro de fruto (cm); SS: sólidos solúveis (°Brix); pH e AT: acidez titulável. Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

As diferenças observadas para essas características mostram a variação existente entre as populações quanto às dimensões e à massa de fruto. Reis *et al*. (2015), ao avaliarem características físicas de genótipos de mamoeiro, também observaram diferenças significativas para massa e comprimento dos frutos e verificaram por meio de análise de correlação que frutos com maiores comprimentos e diâmetro tendem a apresentar maior

massa.

Para sólidos solúveis (SS), todas as populações apresentaram médias superiores a 12 °Brix, variando de 12,98 e 14,39 °Brix. Segundo Dantas *et al*. (2015), teores de sólidos solúveis superiores a 12 °Brix são desejáveis para frutos do mamoeiro. O pH apresentou média geral de 5,23 com valores médio entre 5,18 e 5,29. Esses valores estão próximos aos relatados para frutos do mamoeiro Formosa, nos quais foram observados valores de pH entre 5,3 e 5,6 durante o armazenamento (Miguel *et al*., 2024).

Quanto à acidez titulável (AT), as populações apresentaram médias entre 0,164 e 0,176%, com média geral de 0,169%. O mamão apresenta baixa acidez em comparação com outras frutas tropicais, característica que pode favorecer seu consumo por pessoas sensíveis a frutos ácidos (Lima *et al*., 2009). A acidez titulável constitui um atributo importante na caracterização do sabor e aroma dos frutos (Santana *et al*., 2004), a acidez e o pH estão relacionados às características sensoriais e à aceitação do produto pelo consumidor (Borguini, 2002).

Além das diferenças observadas entre as médias, os box-plot permitiram visualizar a distribuição dos valores das características física e físico-químicas dentro de cada população (Figura 1).

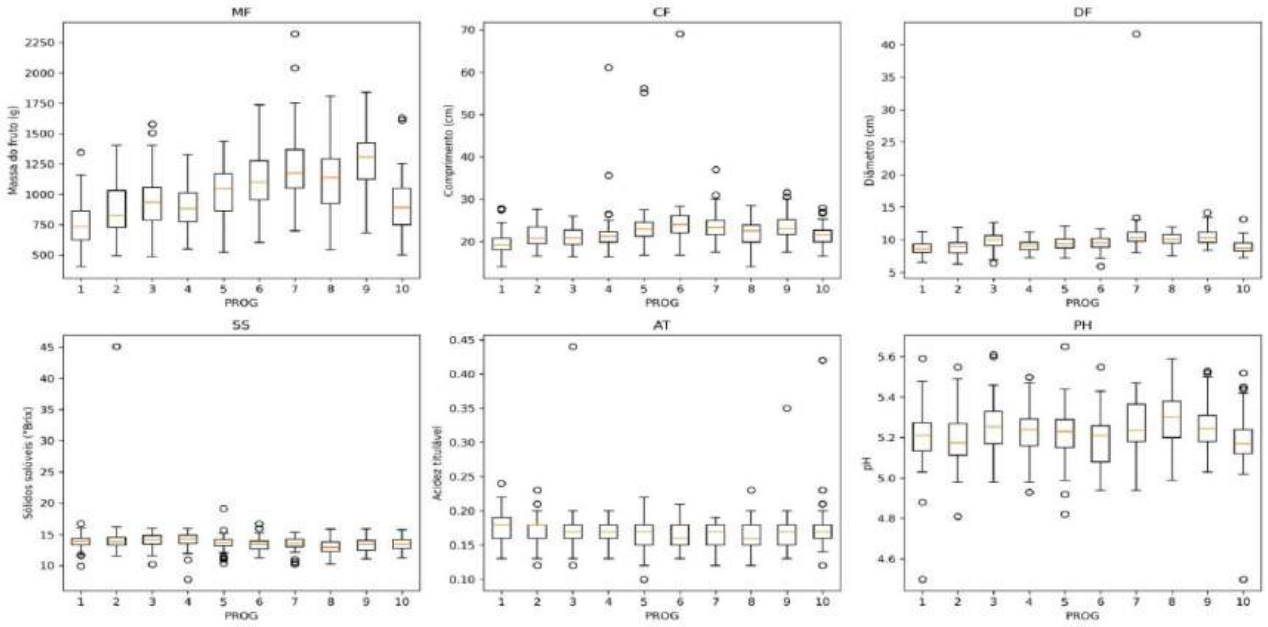


Figura 1 - Box-plots da massa de fruto (MF); comprimento de fruto (CF); diâmetro de fruto (DF); sólidos solúveis (SS); acidez titulável (AT) e pH em dez populações segregantes de mamoeiro.

Os box-plots mostraram variação na distribuição entre e dentro das populações. Para as características físicas MF, CF e DF apresentaram maior amplitude de valores em algumas populações, enquanto SS, AT e pH apresentaram maior sobreposição entre as distribuições.

Também foram observados valores discrepantes (*outliers*) em algumas populações, indicando indivíduos que se distanciaram da distribuição predominante. A variação observada dentro das populações segregantes é relevante para o melhoramento, uma vez que amplia a possibilidade de identificação de

indivíduos com características de interesse para as etapas de seleção.

CONCLUSÃO

As populações de mamoeiro apresentaram diferenças para as características físicas e físico-químicas dos frutos. P7 e P9 destacaram-se para massa de fruto, P6 para comprimento e P7 para diâmetro. Também foram observadas diferenças para sólidos solúveis, acidez titulável e pH, evidenciando o potencial das populações para seleção quanto à qualidade dos frutos.

AGRADECIMENTOS

À Feltrin Sementes por promover a cooperação técnica, científica e de inovação do Programa de Melhoramento Genético da cultura do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

BORGUINI, R.G. **Tomate *(Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico:** o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2002.

CORTES, D.F.M. *et al*. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/Blup procedure. **Plant Breeding**, v. 78, n. 3, p. 350-360, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180353

DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S.; VILAS BOAS, S.A. Avaliação agronômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 138-148, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-022/14.

DIAS, N.L.P.; OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, J.L.L. Evaluation of papaya genotypes using agronomic descriptors and estimation of genetic parameters. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1471-1479, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2011.v46.10703

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 25 ago. 2026.

LIMA, L.M. *et al*. Qualidade pós-colheita do mamão formosa 'Tainung nº 1' comercializados em diferentes estabelecimentos no município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, 2009.

LUZ, L.N. *et al*. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p.159-171, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14

MIGUEL, L.C.V. *et al*. Effect of pre-cooling on the shelf-life and quality of formosa papaya. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e279979, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.279979

OLIVEIRA, E.J. *et al*. Plant selection in F2 segregating populations of papaya from commercial hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 3, p. 191-198, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1984-70332012000300005

PINNAMANENI, R. Nutritional and medicinal value of papaya (*Carica papaya* Linn.). **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, p. 2559-2578, 2017. DOI: https://doi.org/10.20959/wjpps20178-9947

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2026.

REIS, R.C. *et al*. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300004

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Revista e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTANA, L.R.R.; MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.) avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 217-222, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000200010

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-12, 1974.

CORRELAÇÕES DO DIÂMETRO DO CAULE E DA ALTURA DE INSERÇÃO DO PRIMEIRO FRUTO COM O RENDIMENTO DE FRUTOS DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MAMOEIRO DO GRUPO FORMOSA

Angélica Padilha de Freitas[1]*, Luana Pavan de Souza[1], Eileen Azevedo Santos[1], João Paulo de Souza Voltolini[1], Rayla Nemis de Souza[1], Willian Krause[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Professor Eugênio Carlos Stieler. Tangará da Serra, MT.
*angelica.freitas@unemat.br

INTRODUÇÃO

A nível global, o Brasil ocupa a quarta posição no ranking dos maiores produtores de mamão (*Carica papaya* L.) e se consolida como o segundo principal exportador mundial, superado apenas pelo México (FAO, 2026). Internamente, a atividade agrícola concentra sua força nas regiões Nordeste e Sudeste, com expressivo protagonismo dos estados do Espírito Santo, Bahia e Ceará (IBGE, 2024). Em termos consolidados, a safra nacional atingiu o patamar de 1.149.300 toneladas em 2024, distribuídas em uma área cultivada de aproximadamente 27 mil hectares e com rendimento médio de 45,5 t ha^{-1} (IBGE, 2024). Essa sólida expressão econômica e social reforça o papel estratégico da cultura, cujo abastecimento atende tanto à demanda do mercado doméstico quanto às vendas externas, impulsionada pelo amplo reconhecimento de suas propriedades nutricionais e medicinais (Pinnamaneni, 2017).

No cenário do melhoramento genético, a compreensão dos caracteres vegetativos constitui um pilar fundamental para a seleção de materiais promissores, uma vez que a morfologia e o vigor estrutural da planta estão diretamente correlacionados com o seu potencial produtivo. Variáveis ligadas à arquitetura da planta, como a altura e o diâmetro do caule, determinam não apenas a eficiência fotossintética, mas também a sustentação física necessária para suportar a carga pendente de frutos ao longo dos ciclos de colheita. Dessa forma, desvendar as correlações existentes entre o crescimento vegetativo e a eficiência produtiva permite identificar precocemente genótipos de alta performance, otimizando o manejo e a densidade de plantio em campo (Luz *et al*., 2015).

Diante dessas premissas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de atributos vegetativos e estimar o seu grau de correlação com a produtividade em populações segregantes de mamoeiro pertencentes ao grupo Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

em Tangará da Serra-MT.

Foram utilizados os genitores ‘Tainung 01’, ‘T2’, ‘Rubi Incaper 511’, ‘Calimosa’ e ‘Bela Nova’ para a realização dos cruzamentos, resultando na formação de 10 famílias (Tabela 1).

Tabela 1 - Genitores utilizados e cruzamentos realizados para obtenção das 10 famílias de mamoeiro do grupo Formosa

Família	Genitor feminino	Genitor masculino
1	Calimosa	Rubi Incaper 511
2	Calimosa	Tainung 01
3	Calimosa	Bela Nova
4	Calimosa	T2
5	T2	Rubi Incaper 511
6	T2	Tainung 01
7	T2	Bela Nova
8	Bela Nova	Rubi Incaper 511
9	Bela Nova	Tainung 01
10	Tainung 01	Rubi Incaper 511

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez repetições e dez plantas por parcela. As mudas passaram pelo processo de sexagem molecular no intuito de utilizar apenas plantas hermafroditas. Aproximadamente 40 dias após a germinação as mudas foram plantadas na área experimental. O cultivo do mamoeiro foi realizado no sistema de fileira simples com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,75 metros entre plantas. As plantas foram conduzidas sob regime de irrigação complementar por aspersão. A adubação do plantio e cobertura foram realizadas seguindo as recomendações para mamoeiro (Oliveira *et al*., 2010).

As características avaliadas foram: diâmetro do caule, altura de inserção do primeiro fruto, massa de frutos comerciais e número de frutos comerciais.

As avaliações tiveram início aos sete meses após o plantio das mudas de mamoeiro, quando as plantas apresentavam desenvolvimento vegetativo adequado para a realização das avaliações agronômicas.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando análise de variância, seguida pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram conduzidas usando o software R (R Core Team, 2026). A análise de correlação linear simples foi realizada para avaliar a magnitude e a direção da associação entre as características vegetativas, diâmetro médio do caule (DMC) e altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), e as características produtivas, massa de frutos comerciais (MFC) e número de frutos comerciais (NFC). Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson (r), cuja significância estatística foi avaliada pelo teste t, a 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre as populações para as características avaliadas, a 1% de probabilidade pelo teste F. O agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott evidenciou a formação de diferentes grupos para as características.

Tabela 2 - Quadrados médios das variáveis diâmetro médio do caule (DMC) e altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) número de frutos comerciais (NFC) e massa de frutos (MFC)

FV	GL	DMC	AIPF	NFC	MFC
Bloco	9	15,75	507,12	77,65	47.761,57
Cultivar (Progênie)	9	8,46 ns	1.857,59**	179,44*	305.283,87**
Erro	81	6,75	261,68	69,03	16.196,05
CV (%)	-	7,78	16,18	26,14	12,12
Média	-	33,40	99,98	18,33	1.049,80

** Significativo a 1% pelo teste de F

A análise de variância revelou que o diâmetro médio do caule (DMC) foi homogêneo e sem diferença significativa entre as progênies, enquanto a altura de inserção do primeiro fruto (AIPF) apresentou variabilidade altamente significativa. Essa divergência na AIPF comprova a variabilidade genética, permitindo a seleção de genótipos superiores para a arquitetura da planta. Esse comportamento responsivo da AIPF corrobora estudos anteriores da literatura, como os de Ramos (2012) e Luz (2015), que validam a variável como determinante para a seleção de acessos de mamoeiro.

Tabela 3 - Dados médios estimados das características diâmetro médio do caule (DMC) e altura de inserção do 1º fruto (AIPF) número de frutos comerciais (NFC) e massa de frutos (MFC)

Progênie	DMC (cm)	AIPF (cm)	NFC	MFC
1	32,77 A	102,81 B	18,40 A	718,12 B
2	33,35 A	126,74 A	10,82 B	577,91 C
3	33,04 A	101,86 B	15,31 A	978,87 A
4	31,78 A	92,05 C	15,58 A	809,87 B
5	33,20 A	98,82 B	17,23 A	927,03 A
6	34,71 A	101,09 B	9,15 B	664,13 C
7	34,95 A	83,45 C	7,42 B	659,12 C
8	33,14 A	84,29 C	16,98 A	1.047,23 A
9	33,22 A	91,67 C	20,37 A	1057,74 A
10	33,84 A	117,01 A	16,76 A	745,02 B

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5%.

O teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade demonstrado na Tabela 3, confirmou a homogeneidade do diâmetro médio do caule (DMC) entre as populações, visto que todas as dez progênies integraram o mesmo grupo estatístico ("a"). As médias apresentaram uma variação estreita, de 31,78 cm (Progênie 4) a 34,95 cm (Progênie 7), com média geral de 33,40 cm. Esse comportamento uniforme demonstra que os cruzamentos mantiveram um vigor estrutural robusto, o que é fundamental para conferir a sustentação mecânica necessária ao suporte da carga pendente de frutos comerciais e reduzir os riscos de tombamento em campo. Para a altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), o teste de médias discriminou as populações em três grupos distintos (a, b e c), evidenciando o potencial seletivo decorrente da variabilidade genética.

Os dados avaliados na Tabela 3 demonstram uma variabilidade genética expressiva entre as dez progênies, permitindo a estratificação clara do potencial produtivo dos materiais. Para a variável número de frutos comerciais (NFC), o teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade discriminou as populações em dois grupos estatísticos distintos. Em relação a massa de frutos comerciais (MFC), a diferenciação foi ainda mais acentuada, resultando na formação de três grupos estatísticos distintos. O grupo superior ("a") foi composto pelas progênies 9, 8, 3 e 5, que registraram massa média elevada, todos acima de 920 gramas, culminando com o valor máximo de 1.057,74 gramas observado na progênie 9. Diante desses resultados, as progênies 3, 5, 8 e 9 destacam-se pelo desempenho superior em massa de frutos comerciais, constituindo materiais promissores para o programa de melhoramento genético do mamoeiro. A identificação dessas progênies contribui para a seleção de genótipos com maior potencial produtivo, visando ao desenvolvimento de materiais geneticamente superiores e adaptados às condições de cultivo.

Tabela 4 - Correlação linear simples (r) entre as variáveis massa de frutos comerciais (MFC) e número de frutos comerciais (NFC), com as variáveis diâmetro médio do caule (DMC) e altura de inserção do 1º fruto (AIPF)

Variáveis	MFC	NFC (Número Frutos x 103 /ha)
DMC	0,769**	0,564**
AIPF	0,388**	0,327**

** Significativo a 1% pelo teste de t.

Complementando, a análise de correlação linear simples expressa na Tabela 4 quantifica a força e a direção da associação dessas variáveis produtivas com a estrutura física da planta, revelando coeficientes altamente significativos a 1% de probabilidade pelo teste t. O diâmetro médio do caule (DMC) exibiu uma forte correlação positiva com o masa dos frutos (r = 0,769) e uma correlação moderada a forte com o número de frutos (r = 0,564). Esse comportamento biológico robusto indica que o vigor do caule não atua apenas como um mero suporte mecânico para evitar o tombamento em campo, mas também funciona como um dreno e canal metabólico crucial para a translocação de fotoassimilados que abastecem e expandem os frutos.

Em contrapartida, a altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), embora estatisticamente significativa

devido ao tamanho amostral, apresentou coeficientes de correlação baixos com a MFC (r = 0,388) e com o NFC (r = 0,327). Essa associação fraca demonstra que, nas populações estudadas, a altura em que a planta inicia a sua produção comercial exerce pouca influência direta sobre a quantidade e a massa final da colheita. Portanto, para fins de seleção precoce e ganho genético nestas populações do grupo Formosa, os melhoristas devem priorizar plantas com caules de maior diâmetro (DMC) e focar no desempenho individual das progênies promissoras identificadas progênies 3, 5, 8 e 9, garantindo ganhos simultâneos em estrutura e produtividade.

CONCLUSÃO

O diâmetro médio do caule apresentou correlação positiva com a massa e o número de frutos comerciais, demonstrando seu potencial como característica auxiliar na seleção de plantas mais produtivas. As progênies 3, 5, 8 e 9 destacaram-se pela maior massa média de frutos comerciais, constituindo materiais promissores para o melhoramento genético do mamoeiro do grupo Formosa. Portanto, a seleção dessas progênies, associada à avaliação do diâmetro do caule, pode contribuir para o desenvolvimento de genótipos com maior potencial produtivo.

AGRADECIMENTOS

À Feltrin Sementes por promover a cooperação técnica, científica e de inovação do Programa de Melhoramento Genético da cultura do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

FAO - Food and Agriculture Organization. **Análise preliminar do mercado das principais frutas tropicais.** Roma: FAO, 2026. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/items/bf236ad2-686a-4783-99cc-0e5f649ea1ea.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 25 ago. 2026.

LUZ, L.N.; PEREIRA, M.G.; BARROS, F.R.; BARROS, G.B.; FERREGUETTI, G.A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 159-171, 2015.

MARTINS, J.A.; DALLACORT, R.; INOUE, M.H.; SANTI, A.; KOLLING, E.M.; COLETTI JÚNIOR, A. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.D.; COELHO, E.F. **Recomendações de calagem e adubação para mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 5 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, Comunicado Técnico, 139).

PINNAMANENI, R. Nutritional and medicinal value of papaya (*Carica papaya* Linn.). **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, p. 2559-2578, 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing,** Vienna, Austria. 2026.

RAMOS, H.C.C.; PINTO, F.O.; LUZ, L.N.; PEREIRA, M.G.; CARDOSO, D.L. Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênies segregantes de mamoeiro**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 211-217, 2013.

DISSIMILARIDADE FENOTÍPICA DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MAMOEIRO COM BASE EM CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS

João Paulo de Souza Voltolini[1]*, Auriane dos Reis Pimentel[1], Luana Pavan de Souza[1], Rayla Nenis de Souza[1], Eileen Azevedo Santos[1], Willian Krause[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Professor Eugênio Carlos Stieler. Tangará da Serra, MT.
*joao.voltolini@unemat.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) apresenta importância econômica e social para a fruticultura tropical, destacando-se entre as principais frutas produzidas e consumidas mundialmente (Chávez-Pesqueira; Núñez-Farfán, 2017). No Brasil, a produção alcançou aproximadamente 1,15 milhão de toneladas em 2024, concentrada nos estados do Espírito Santo e da Bahia (FAOSTAT, 2024; IBGE, 2025). Além da relevância econômica, o cultivo demanda mão de obra durante todo o ciclo produtivo, desde os tratos culturais até a colheita e comercialização dos frutos, evidenciando sua contribuição para a geração de empregos e renda, especialmente para os pequenos produtores (Dantas *et al*., 2013; Oliveira; Meissner Filho, 2021).

A produção comercial brasileira está concentrada principalmente nos grupos Solo e Formosa, sendo este último constituído predominantemente por híbridos de frutos maiores destinados sobretudo ao mercado nacional (Carvalho *et al*., 2020; Martins *et al*., 2024). O uso de poucas cultivares reforça a necessidade de ampliar a variabilidade genética disponível aos programas de melhoramento, nos quais os cruzamentos entre diferentes genitores promovem recombinação e originam populações com novas combinações gênicas e características de interesse (Borém; Miranda; Fritsche-Neto, 2021).

A caracterização das populações obtidas por cruzamentos é relevante quando diferentes características são avaliadas simultaneamente. No mamoeiro, atributos relacionados ao tamanho, peso, formato e qualidade físico-química dos frutos são importantes para a avaliação dos materiais e para programas de melhoramento (Luz *et al*., 2015). Nesse contexto, medidas de dissimilaridade permitem estimar o grau de similaridade e a variação entre os materiais, possibilitando a construção de matrizes entre as amostras avaliadas.

A distância generalizada de Mahalanobis estima a divergência entre genótipos considerando conjuntamente as características e suas relações de covariância, enquanto o UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) organiza os materiais conforme seus níveis de similaridade ou dissimilaridade. Essas abordagens têm sido utilizadas para caracterizar genótipos, linhagens e acessos de mamoeiro e identificar grupos divergentes com base em características morfoagronômicas e de qualidade dos frutos (Lucena; Dantas, 2017; Silva *et al*., 2017).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a dissimilaridade fenotípica entre populações segregantes de mamoeiro obtidas a partir de cruzamentos entre cultivares elite, com base em características físicas e químicas dos frutos, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o agrupamento pelo método UPGMA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Tangará da Serra-MT (14º37'55" S / 57º28'05" O e altitude de 488 m), entre 2024 e 2025. O clima é classificado como tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco, precipitação média anual de 1.300 a 2.000 mm e temperatura de 16 a 36 °C (Martins *et al*., 2010). Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al*., 2018). A calagem e as adubações seguiram a análise do solo e as recomendações de Oliveira, Souza e Coelho (2010).

As populações segregantes foram obtidas pelo cruzamento de cinco cultivares elite, em dialelo parcial, totalizando dez combinações: 1) Calimosa × Rubi Incaper 511; 2) Calimosa × Tainung 01; 3) Calimosa × Bela Nova; 4) Calimosa × T2; 5) T2 × Rubi Incaper 511; 6) T2 × Tainung 01; 7) T2 × Bela Nova; 8) Bela Nova × Rubi Incaper 511; 9) Bela Nova × Tainung 01; e 10) Tainung 01 × Rubi Incaper 511. As combinações foram obtidas pela transferência de pólen de plantas hermafroditas para os estigmas de plantas femininas, ambas em pré-antese.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 10 repetições e 10 plantas por parcela, obedecendo o sistema de fileira simples com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,75 metros entre plantas, com regime de irrigação complementar por aspersão com vazão de 40 L horas^{-1} e adubação foi realizada segundo as recomendações de Oliveira, Souza e Coelho (2010) para o mamoeiro.
Os frutos foram colhidos no estádio de maturação 2 (¼ maduro, com até 25% da casca amarela, rodeada de verde-claro) e armazenados em temperatura ambiente (~28 °C) até atingirem o estádio 5 (76% a 100% da casca amarela) (Silva; Soares, 2001). Foram avaliados 15 descritores quantitativos de qualidade física e química dos frutos, conforme Dantas *et al.* (2002), utilizando-se cinco frutos por planta, avaliados individualmente, cujas médias representaram cada parcela.

Foram avaliados o comprimento do fruto (CF), o diâmetro do fruto (DF), o diâmetro da cavidade ovariana (DCO) e a espessura da polpa (EP), mensurados com paquímetro digital e expressos em centímetros. A massa do fruto (MF) foi determinada em balança analítica e expressa em gramas. As firmezas da casca (FC) e da polpa (FP) foram obtidas em três regiões equidistantes do fruto com penetrômetro de bancada Instrutherm e expressas em kgf/cm². A coloração da polpa (L, a, b, C e H) foi determinada com colorímetro digital Konica Minolta CR-410, mediante duas leituras na casca e na região central do fruto. Os sólidos solúveis (SS) foram determinados em refratômetro digital portátil Instrutherm RTD-95 e expressos em °Brix. O potencial

hidrogeniônico (pH) foi mensurado com peagâmetro digital, e a acidez titulável (AT), por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio.

Os valores médios das parcelas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no programa Genes (Cruz, 2016). Posteriormente, a divergência fenotípica entre as populações foi estimada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando conjuntamente as características avaliadas. A matriz de dissimilaridade obtida foi submetida ao agrupamento hierárquico UPGMA, com 1.000 reamostragens. O programa estabeleceu automaticamente o ponto de corte de 35,9306% para a delimitação dos grupos.

Posteriormente, a matriz de dissimilaridade obtida no Genes foi utilizada no MEGA 12.1 (Kumar *et al*., 2024) para reconstruir o dendrograma e aprimorar a representação gráfica dos agrupamentos. A interpretação considerou os níveis de similaridade e dissimilaridade fenotípica entre as populações com base no conjunto de características físicas e químicas dos frutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das características físicas e químicas dos frutos evidenciou variabilidade fenotípica entre as populações segregantes. As distâncias de Mahalanobis variaram de 6,654 a 80,464, indicando diferentes níveis de similaridade entre os materiais. Essa amplitude demonstra que os cruzamentos originaram populações com distintas combinações de características, permitindo sua discriminação e organização em grupos.

A menor distância foi observada entre as populações 4 e 5 (6,654), indicando elevada similaridade fenotípica. Essas populações compartilham T2 em sua constituição parental e apresentaram médias próximas para diferentes características dos frutos. Também houve proximidade entre as populações 3 e 4, com distância de 9,195. As populações 1 e 10, com distância de 9,686, formaram um grupo distinto no dendrograma (Figura 1) e, além de possuírem Rubi Incaper 511 como genitor comum, apresentaram frutos com menores dimensões em relação às demais.

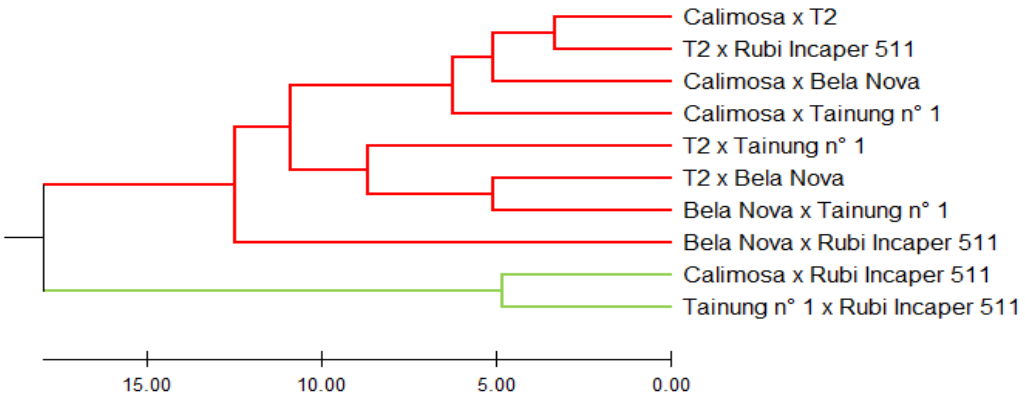


Figura 1 - Dendrograma obtido pelo método UPGMA, com base na distância generalizada de Mahalanobis, entre dez populações segregantes de mamoeiro avaliadas por características físicas e químicas dos frutos.

O primeiro grupo foi constituído pelas populações 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, enquanto o segundo reuniu as populações 1 e 10. As populações pertencentes ao primeiro grupo apresentaram, em média, frutos com maior

massa, comprimento, diâmetro e espessura de polpa, com valores médios de 1.068,75 g, 22,71 cm, 9,79 cm e 2,74 cm, respectivamente. No segundo grupo, as médias dessas características foram de 833,66 g, 20,44 cm, 8,83 cm e 2,53 cm. Desse modo, a separação dos grupos esteve relacionada, principalmente, aos contrastes observados nas características associadas ao tamanho e à conformação dos frutos.

A maior dissimilaridade foi verificada entre as populações 1 e 7, com distância de 80,464. A população 1 apresentou as menores médias de massa do fruto (751,96 g), comprimento (19,48 cm), diâmetro (8,72 cm) e espessura da polpa (2,45 cm). Em contraste, a população 7 apresentou frutos com maior massa (1.251,36 g), diâmetro (11,08 cm), espessura da polpa (2,93 cm) e diâmetro da cavidade ovariana (4,88 cm). Essas diferenças auxiliam na compreensão da separação observada entre as populações e demonstram que a elevada distância entre elas está associada ao contraste conjunto das características avaliadas.

Dentro do primeiro grupo, as populações 6, 7 e 9 apresentaram proximidade e foram caracterizadas, de maneira geral, por frutos com maiores massas e dimensões. A população 8 apresentou maior afastamento dentro desse grupo, além de possuir maior luminosidade da polpa e menores médias de firmeza da casca, firmeza da polpa e sólidos solúveis. Assim, mesmo entre populações reunidas no mesmo grupo, foram observadas diferenças para características específicas de interesse agronômico e comercial.

A variabilidade encontrada está de acordo com estudos com germoplasma de mamoeiro, nos quais características relacionadas à massa, ao diâmetro e ao formato dos frutos foram importantes para diferenciar os materiais avaliados (Silva *et al*., 2017; Santana *et al*., 2023). Segundo Santana *et al.* (2023), a caracterização de populações segregantes permite identificar materiais com diferentes padrões de frutos e combinações favoráveis de características de qualidade, evidenciando a importância desses atributos para sua discriminação.

A avaliação do desempenho agronômico e das características físico-químicas de genótipos de mamoeiro permite identificar materiais promissores para a produção e comercialização (Carvalho *et al*., 2020). Nesse contexto, os níveis de similaridade fenotípica observados evidenciam a variabilidade entre as populações e auxiliam na seleção de materiais com características agronômicas e comerciais de interesse.

No melhoramento genético, a identificação de populações dissimilares auxilia na escolha dos materiais destinados à seleção e ao avanço das gerações. A população 7 apresentou elevada divergência em relação às populações 1 e 10 e médias superiores para características relacionadas ao tamanho dos frutos. A população 6 destacou-se pelo maior comprimento e pelas maiores firmezas da casca e da polpa, enquanto a população 2 apresentou o maior teor de sólidos solúveis. Portanto, a divergência deve ser considerada juntamente com o desempenho médio das populações, permitindo selecionar indivíduos superiores e explorar combinações que ampliem a variabilidade e obtenham materiais com características agronômicas e comerciais desejáveis.

CONCLUSÃO

As populações segregantes de mamoeiro apresentaram variabilidade fenotípica para as características físicas e químicas dos frutos, sendo distribuídas em dois grupos distintos. As populações 4 e 5 foram as mais similares, enquanto as populações 1 e 7 apresentaram a maior dissimilaridade, associada principalmente às

diferenças nas dimensões e na massa dos frutos. Esses resultados auxiliam na identificação de populações com características contrastantes e podem orientar a seleção de materiais de interesse para o avanço das gerações no programa de melhoramento do mamoeiro**.**

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil, através da concessão de bolsa de mestrado (processo nº 130058/2026-2) e com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001. Além da empresa Feltrin Sementes, pela cooperação e financiamento no Programa de Melhoramento Genético da cultura do mamoeiro em conjunto com a UNEMAT.

REFERÊNCIAS

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V.; FRITSCHE-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. Viçosa : UFV, 2021.

CARVALHO, E. *et al*. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p121

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: a review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, art. 155, 2017. DOI: https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00155

CRUZ, C.D. Genes software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629

DANTAS, J.L.L. *et al*. **Mamão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

DANTAS, L.L.D. *et al*. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C.H. (ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais.** Viçosa : UFV, p. 309-349, 2002.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: https://www.fao.org/faostat. Acesso em: 27 mai. 2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 27 mai. 2026.

KUMAR, S. *et al*. MEGA12: molecular evolutionary genetics analysis version 12 for adaptive and green computing. **Molecular Biology and Evolution**, v. 41, n. 12, 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/molbev/msae263

LUCENA, R.S.; DANTAS, J.L.L. Divergência genética por meio de caracteres morfoagronômicos e de qualidade de frutos de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Magistra**, v. 27, n. 1, p. 101-109, 2017.

LUZ, L.N. *et al*. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p.159-171, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo**

do mamoeiro. 1. ed. Vitória: Incaper, 2024.

MARTINS, J.A. *et al*. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.H. (org.). **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.D.; COELHO, E.F. Recomendações de calagem e adubação para mamoeiro. **Comunicado técnico**. Cruz das Almas, BA, 2010.

SANTANA, J.G.S. *et al*. Explorando a diversidade genética em linhagens endogâmicas de mamão para qualidade de frutos em estágio avançado de melhoramento. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 13431, 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-40613-8

SANTOS, H.G. *et al*. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Revista e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, O.F.; SOARES, A.G. **Recomendações para prevenção de perdas pós-colheita do mamão**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2001. 20 p.

SILVA, C. A. *et al*. Genetic diversity among papaya accessions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 23, p. 2041-2048, 2017. DOI: https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12387.

DESEMPENHO E HETEROSE DE HÍBRIDOS TOPCROSS DE MAMOEIRO PARA MASSA DE FRUTOS E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

Julio Cesar Fiorio Vettorazzi[1]*, Helaine Christine Cancela Ramos[1], Renato Santa Catarina[1], Alex Souza Rodrigues[1], Juliana Saltires Santos[1], Catiane dos Santos Braga[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ.
*juliocesar.f.v@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) constitui uma fruteira de elevada importância econômica e social para o Brasil, destacando-se pela geração de emprego e renda e pela posição do país entre os principais produtores mundiais da fruta. Apesar da relevância da cultura, sua sustentabilidade produtiva é limitada por diferentes fatores bióticos, entre os quais se destaca a mancha anelar do mamoeiro, causada pelo *Papaya ringspot virus* (PRSV-P). A doença pode comprometer severamente o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade comercial dos frutos, constituindo um dos principais desafios fitossanitários da cultura (Talukdar, 2020).

Nesse contexto, o melhoramento genético representa uma estratégia promissora para a obtenção de genótipos que associem tolerância ao PRSV-P a características agronômicas e comerciais favoráveis (Sharma *et al*., 2021). A utilização de cruzamentos em esquema *topcross* possibilita avaliar o desempenho de diferentes parentais quando combinados com um testador comum, contribuindo para a identificação de combinações híbridas promissoras. Entretanto, a seleção de materiais destinados ao cultivo comercial não deve considerar exclusivamente a tolerância a doenças, sendo fundamental avaliar características relacionadas à produção e à qualidade dos frutos (Vettorazzi *et al*., 2021).

Entre essas características, a massa do fruto e o teor de sólidos solúveis apresentam particular importância para a cultura do mamoeiro. A massa do fruto está relacionada ao padrão comercial e à destinação dos frutos, enquanto o teor de sólidos solúveis, frequentemente expresso em °Brix, constitui importante atributo associado à qualidade e à aceitação dos frutos pelo consumidor. Dessa forma, a identificação de híbridos que apresentem desempenho favorável para esses caracteres representa uma etapa importante no desenvolvimento de novas combinações genéticas (Miranda *et al*., 2025).

A exploração da heterose constitui importante estratégia no melhoramento de plantas para a identificação de combinações híbridas superiores. A magnitude e o sentido da heterose, entretanto, podem variar entre caracteres e combinações genéticas, tornando necessária sua avaliação experimental. Em esquemas de *topcross* com testador comum, a comparação do desempenho dos híbridos também permite identificar

parentais capazes de produzir combinações favoráveis, fornecendo informações úteis para a condução das etapas subsequentes do programa de melhoramento (Miranda *et al*., 2025).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho e estimar a heterose de híbridos *topcross* de mamoeiro para massa de frutos e teor de sólidos solúveis, visando identificar combinações híbridas promissoras para continuidade das avaliações no programa de melhoramento voltado ao desenvolvimento de genótipos com potencial de tolerância ao PRSV-P e características de frutos adequadas ao mercado.

MATERIAL E MÉTODOS

O material genético utilizado para a obtenção dos híbridos *topcrosses* foi composto pelo genitor UENF3 como genitor feminino/testador e os genitores UENF2, UENF3, UENF4, UENF5, UENF6, UENF7, UENF8, UENF9, UENF10, UENF11, UENF12, UENF13 e UENF14 como doadores de pólen. Esses genótipos pertencem ao banco de germoplasma da UENF/CALIMAN. A partir desses cruzamentos foram originados os híbridos H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, H11 e H13. O híbrido H12 também foi obtido utilizando o genótipo 25 como um dos parentais; entretanto, seu segundo parental não foi incluído no experimento devido à indisponibilidade de sementes. Dessa forma, H12 foi mantido nas avaliações de desempenho, mas não foi incluído nas estimativas de heterose que dependiam das médias de ambos os parentais. Os cruzamentos foram obtidos na área do banco de germoplasma da empresa Caliman Agrícola S.A., no município de Linhares, estado do Espírito Santo, Brasil, localizada na latitude 19º23’28” S, longitude 40º04’20” W, a uma altitude de 33 metros, com temperatura média anual de 23,4 °C.

Após a obtenção dos cruzamentos, foi instalado um ensaio de competição na área comercial da empresa Caliman Agrícola S.A. Os genótipos foram avaliados em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, quatro plantas por parcela, em um espaçamento de 3,6 m entre fileiras, e de 1,5 m entre plantas na fileira.

As mudas foram produzidas em bandejas plásticas contendo 96 tubetes, utilizando substrato comercial. Após 30 dias da germinação e aclimatação, estas foram transplantadas para a unidade experimental na área comercial da empresa. Foram plantadas quatro mudas por cova e, após três meses, foi realizada a sexagem das plantas mantendo apenas uma planta hermafrodita por cova. As adubações, o manejo, o controle de pragas e doenças, e os tratos culturais utilizados, foram os mesmos adotados nos plantios comerciais da empresa Caliman Agrícola S.A. Aos 300 dias após o plantio, foi realizada a avaliação da qualidade de frutos, considerando apenas frutos no estágio de maturação RST1 (Barragán-Iglesias *et al*., 2018). Foram avaliadas as características massa médio de frutos –PMF, obtido em gramas através da mensuração da massa dos frutos em balança digital, e teor de sólidos solúveis -TSS, expresso em °Brix, obtido com auxílio de um refratômetro digital portátil, modelo Mettler Toledo Refracto 30PX.

Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de variância, considerando os efeitos de repetição e genótipo no modelo estatístico. As médias ajustadas dos genótipos foram obtidas a partir do modelo e

utilizadas para as estimativas de heterose. Para cada combinação híbrida cujos dois parentais estavam presentes no experimento, a heterose em relação à média dos parentais foi estimada pelo seguinte estimador:

$$H_M(\%) = \left(\frac{F_1 - MP}{MP}\right) x100$$

em que (F_1) corresponde à média ajustada do híbrido e (MP) à média dos dois parentais, obtida por $MP = \frac{P_1+P_2}{2}$. Adicionalmente, foi estimada a heterobeltiose, permitindo avaliar a superioridade dos híbridos em relação ao parental de maior expressão para cada característica, conforme estimador a seguir:

$$H_B(\%) = \left(\frac{F_1 - PS}{PS}\right) x100$$

em que (F_1) corresponde à média ajustada do híbrido e (PS) à média do parental de maior expressão. As análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando os pacotes *emmeans* para obtenção das médias ajustadas, além dos pacotes *dplyr* e *tidyr* para organização e processamento dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os híbridos *topcross* apresentaram variabilidade genética para massa de frutos e teor de sólidos solúveis, evidenciando respostas distintas das combinações envolvendo o genótipo UENF3 como testador comum. Essa variação é relevante para o programa de melhoramento, uma vez que demonstra que a escolha do parental utilizado em combinação com o testador influência de maneira distinta a expressão das características avaliadas.

Para o teor de sólidos solúveis, os híbridos apresentaram valores entre 9,67 e 12,83 °Brix. O maior valor foi observado no híbrido H13, com 12,83 °Brix, seguido por H1, com 12,33 °Brix, H6, com 12,09 °Brix, e H9, com 12,06 °Brix. Em contrapartida, H10 apresentou o menor teor de sólidos solúveis, com 9,67 °Brix. A heterose para sólidos solúveis variou de −16,80 a 12,99%, demonstrando que a resposta heterótica foi dependente da combinação parental. Os maiores valores positivos foram observados em H7, H9 e H1, com heteroses de 12,99; 9,32 e 7,69%, respectivamente (Tabela 1).

Um híbrido pode apresentar elevado desempenho fenotípico em razão do potencial genético dos parentais utilizados, sem necessariamente apresentar elevada superioridade em relação à média parental. Da mesma forma, elevada heterose não implica necessariamente que o híbrido apresente o maior desempenho fenotípico para a característica. Para fins de seleção, portanto, tanto o desempenho *per se* quanto a expressão heterótica devem ser considerados (Miranda *et al*., 2025).

Para massa de frutos, a amplitude entre os híbridos foi ainda mais pronunciada. O H10 apresentou a maior massa média, com 1.286,44 g, seguido por H11, com 845,44 g, e H8, com 843,67 g. A heterose para massa apresentou ampla variação entre as combinações, de −29,30 a 64,11%. O maior valor foi observado para H10, que apresentou heterose de 64,11% em relação à média dos parentais. O H11 também apresentou elevada heterose, de 56,69%. Outros híbridos apresentaram heterose positiva de magnitude considerável para massa, como H3, H6, H8 e H5, com valores de 36,95; 32,09; 28,50 e 26,78%, respectivamente.

Tabela 1 - Desempenho médio e heterose em relação à média dos parentais de híbridos *topcross* de mamoeiro para teor de sólidos solúveis -TSS (°Brix) e massa de frutos -PMF (g)

Híbrido	Cruzamento	TSS	Heterose (%)	PMF	Heterose (%)
H1	UENF3 × UENF4	12,33	+7,69	478,22	−6,50
H2	UENF3 × UENF5	11,11	+1,06	474,00	+5,00
H3	UENF3 × UENF6	11,44	+1,58	654,00	+36,95
H4	UENF3 × UENF7	11,27	−7,96	373,78	+1,33
H5	UENF3 × UENF8	11,53	−8,77	464,78	+26,78
H6	UENF3 × UENF9	12,09	+1,85	505,33	+32,09
H7	UENF3 × UENF2	11,93	+12,99	495,33	−16,69
H8	UENF3 × UENF10	11,78	−5,55	843,67	+28,50
H9	UENF3 × UENF11	12,06	+9,32	492,67	−29,30
H10	UENF3 × UENF12	9,67	−9,89	1.286,44	+64,11
H11	UENF3 × UENF13	10,31	−16,80	845,44	+56,69
H13	UENF3 × UENF14	12,83	+4,24	378,44	+16,92

Nota: Heterose (H%) estimada em relação à média dos parentais. O híbrido H12 não foi incluído nas estimativas de heterose devido à ausência de um de seus parentais no experimento.

A heterobeltiose para teor sólidos solúveis variou de − 23,62 a 1,4%. Apenas o hibrido H13 apresentou superioridade para o teor de sólidos solúveis em relação ao parental de maior expressão (1,4%). Já em relação a massa de frutos, a heterobeltiose variou de -51,92 a 27,82%. Os híbridos H3, H4, H5, H6, H10, H11 e H13 apresentaram valores positivos de heterobeltiose de 11,73, 1,08, 25,69, 27,82, 7,38, 19,18 e 2,34%, respectivamente.

Os resultados obtidos constituem uma etapa inicial da avaliação dos híbridos desenvolvidos no programa de melhoramento. Como esses materiais foram originalmente obtidos visando à identificação de combinações com potencial de tolerância ao PRSV-P, o desempenho observado para massa e sólidos solúveis deverá ser posteriormente integrado às avaliações de reação ao vírus. Dessa forma, híbridos com características de frutos favoráveis somente poderão ser considerados efetivamente promissores para o objetivo final do programa após a confirmação de níveis adequados de tolerância ao PRSV-P.

CONCLUSÃO

Os híbridos *topcross* de mamoeiro apresentaram respostas distintas para massa de frutos e teor de sólidos solúveis, evidenciando influência da combinação parental sobre o desempenho dos materiais.

O híbrido H10 destacou-se para massa de frutos, apresentando a maior média entre os híbridos avaliados (1.286,44 g) e heterose de 64,11% em relação à média dos parentais.

Para o teor de sólidos solúveis, o H13 apresentou o maior desempenho, com 12,83 °Brix, heterose de 4,24% e heterobeltiose de 1,4%.

Os resultados permitem identificar combinações parentais promissoras quanto às características de qualidade de frutos, que deverão ser avaliadas conjuntamente com os dados de tolerância ao PRSV-P para subsidiar a seleção final de híbridos destinados à continuidade do programa de melhoramento do mamoeiro. Entretanto, o hibrido H13 apresentou heterose e heterobeltiose positiva tanto para massa de frutos quanto para teor de sólidos solúveis.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de pós-doutorado, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fruticultura Tropical (INCT-FRUT/CNPq), pelo apoio financeiro aos projetos de pesquisa que possibilitaram a realização deste trabalho e à Caliman Agrícola S.A. pelo suporte na condução dos ensaios.

REFERÊNCIAS

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L.L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 272-278, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012

MIRANDA, D.P.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; SANTOS, J.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; SANTANA, J.G.S.; POLTRONIERI, T.P.S.; PEREIRA, M.G. Genetic potential of Brazilian papaya (*Carica papaya* L.) lines and hybrids for improving fruit quality via specific combining ability and heterosis. **Experimental Agriculture**, v. 61, e8, p. 1-15, 2025. DOI: https://doi.org/10.1017/S0014479725000079

SHARMA, S.K.; TRIPATHI, S. Overcoming limitations of resistance breeding in *Carica papaya* L. against *Papaya ringspot virus* - recent approaches. In: **Plant virus-host interaction: molecular approaches and viral evolution**. 2. ed. Academic Press, 2021. p. 489-506. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821629-3.00008-7

TALUKDAR, D.; DEY, U.; JAGTAP, G.P. Important diseases of papaya and their integrated disease management. In: KUMAR, P.; TIWARI, A.K.; KAMLE, M. *et al*. (eds.). **Plant pathogens: detection and management for sustainable agriculture**. Canada: Apple Academic Press, 2020. p. 67-88. DOI: https://doi.org/10.1201/9780429057212-5

VETTORAZZI, J.C.F.; SANTA-CATARINA, R.; POLTRONIERI, T.P.S.; CORTES, D.F.M.; AZEVEDO, A.O.N.; MIRANDA, D.P.; PEREIRA, M.G. Combining ability of recombined F4 papaya lines: a strategy to select hybrid combination. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, e20190191, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0191

ANÁLISE DE REDE DE CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES DE PRODUTIVIDADE E DE ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE FRUTOS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

Eduardo Royer Cunha[1]*, Willian Krause[1], Eileen Azevedo Santos[1], Daniele Birck Moreira[1], Luana Pavan de Souza[1], João Paulo de Souza Voltolini[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Eugênio Carlos Stieler. Tangará da Serra, MT.
*eduardo.royer@unemat.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta amplamente consumida, destacando-se pelo sabor, valor nutricional e conteúdo de vitaminas e fibras. Seu cultivo concentra-se em regiões tropicais, sendo a República Dominicana o principal produtor, enquanto o Brasil ocupou a quarta posição mundial em 2024 (FAO, 2024). No país, a produção está concentrada principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste, com destaque para o Espírito Santo, que produziu aproximadamente 398.093 toneladas em 2024 (IBGE, 2024).

Apesar de sua importância econômica e nutricional, a cultura apresenta baixa variabilidade genética nos materiais comerciais, o que pode aumentar sua vulnerabilidade a pragas e patógenos e evidencia a importância do melhoramento genético para ampliar a diversidade disponível (Oliveira *et al*., 2010).

Nesse contexto, o conhecimento das associações entre características agronômicas é fundamental, pois permite compreender como alterações em um caráter podem afetar os demais (Oliveira *et al*., 2010). As estimativas de correlação também podem subsidiar a seleção indireta, indicando o grau de associação entre caracteres e contribuindo para a definição de estratégias capazes de maximizar o ganho genético por geração (Cruz *et al*., 2012; Santos; Vencovsky, 1986). A análise por redes de correlação facilita a interpretação das relações entre múltiplas características, permitindo identificar visualmente a intensidade das associações, representadas por conexões de maior espessura entre as variáveis mais fortemente correlacionadas (Epskamp *et al*., 2012).

Portanto, este estudo teve como objetivo identificar estruturas de correlação e padrões de associação entre características produtivas e de qualidade físico-química de frutos de dez populações segregantes F1 de mamoeiros do grupo Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) em Tangará da Serra-MT (14º 37’ 55” S / 57º 28’ 05” O; altitude de 488 m) ao longo de duas

safras (janeiro de 2024 a novembro de 2025). O clima da região é do tipo Aw (Köppen-Geiger), com uma estação seca entre os meses de junho a agosto e uma estação chuvosa entre outubro e abril (Viana *et al*., 2025). A pluviosidade média anual é de cerca de 1.700 mm, com temperaturas médias superiores a 20 °C (Souza *et al*., 2013; Viana *et al*., 2025). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al*., 2018).

Para a realização dos cruzamentos controlados, foram utilizados os híbridos simples Formosa 'Tainung 01' (Takii do Brasil Ltda©), T2 (Feltrin Sementes®), 'Calimosa' (Feltrin Sementes®) e 'Bela Nova' (Agrocinco©) e a variedade de polinização aberta 'Rubi Incaper 511' (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper), todos pertencentes ao grupo Formosa. Foram utilizados genitores selecionados para a realização dos cruzamentos, resultando na formação de 10 famílias (Tabela 1).

Tabela 1 - Genitores utilizados para cruzamentos e suas respectivas famílias. Unemat, Tangará da Serra-MT

Famílias	Genitor feminino	Genitor masculino
Família 1	Calimosa	Rubi Incaper 511
Família 2	Calimosa	Tainung 01
Família 3	Calimosa	Bela Nova
Família 4	Calimosa	T2
Família 5	T2	Rubi Incaper 511
Família 6	T2	Tainung 01
Família 7	T2	Bela Nova
Família 8	Bela Nova	Rubi Incaper 511
Família 9	Bela Nova	Tainung 01
Família 10	Tainung 01	Rubi Incaper 511

As características morfológicas e de qualidade dos frutos foram avaliadas em cinco frutos por planta, colhidos no estádio 2 de maturação (até 25% de casca amarela) e avaliados posteriormente no estádio 5 (casca completamente amarela). Foram mensuradas características físicas, como massa de fruto com formato comercial (MM), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), diâmetro da cavidade interna (DCI), todos medidos em centímetros, por conseguinte, espessura média da polpa do fruto (EP), expressa em mm, avaliada por meio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e obtida pela medição do mesocarpo após o corte transversal do fruto em dois pontos equidistantes (espessura maior e menor); firmeza interna da polpa (FFP), expressa em Newton, avaliada por meio de penetrômetro digital precisão de 0,01 mm na região equatorial dos frutos, em três pontos equidistantes na parte interna do fruto após o corte transversal; firmeza externa do fruto (FFC), expressa em Newton, avaliada por meio de penetrômetro digital. O aspecto cor da polpa do fruto, foi caraterizado utilizando-se o colorímetro CR-400 (Konica Minolta®), expressa em parâmetros da escala CIE (*Commision Internationale de Eclairage*) L^*, a^*, b^*, obtida pela média da leitura dos

parâmetros no ápice e na base do fruto. Também foram determinados parâmetros químicos como: acidez total titulável (% de ácido cítrico), obtido por titulação com NaOH 0,1 M (AT), os sólidos solúveis (SS), medido em ºBrix, com auxílio de um refratômetro digital com leitura na faixa de 0 a 85° e precisão de ± 0,2% (Hanna®) e o Ratio como relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).

As características produção de frutos com formato de maior valor comercial (PRODCM), expressa em kg, estimada pelo peso total de todos os frutos produzidos pela planta e pelo peso médio desses frutos (excetuando-se os de formato bananoide, carpeloide e pentândricos), aferida por balança digital e o número de frutos com formato de maior valor comercial (NFCM), obtido por meio de contagem de todos os frutos produzidos por planta, foram determinados ao final do período avaliado, considerando-se o acúmulo de dados das duas safras.

A análise das variáveis canônicas entre os pares dos valores fenotípicos das características foi calculada utilizando-se as médias das variáveis por meio do coeficiente de *Pearson* com o auxílio do programa Rbio (Bhering, 2017). Tais estimativas foram utilizadas para construção da rede de correlação, onde a visualização do padrão de relacionamento das associações entre as características que levaram ao estabelecimento do fator comum será representada por nós conectados por linhas (Rosado *et al*., 2017; Rosado *et al*., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Souza (2025), a análise de correlação deve ser interpretada sob três perspectivas, magnitude, direção e significância, dessa maneira, a análise de rede de correlações obtida (Figura 1) mostra-se intuitiva e eficiente para relacionar padrões de associação entre os caracteres avaliados nas dez populações segregantes F1 de mamoeiro do grupo Formosa. Assim como no trabalho de Souza (2025), podemos observar que os descritores agronômicos (PRODCM) e (NFCM), um coeficiente de correlação positiva indica uma associação direta entre as variáveis, na qual valores elevados de uma característica tendem a estar relacionados a valores elevados da outra. Por outro lado, um coeficiente de correlação negativa indica uma associação inversa, em que o aumento de uma variável tende a estar acompanhado pela redução da outra. (Epskamp *et al.,* 2012).

Nas características físicas para qualidade fruto, nota-se um agrupamento de caracteres com relações positivas para massa média dos frutos com formato comercial, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, diâmetro da cavidade interna do fruto, espessura de polpa, firmeza de polpa e firmeza de fruto (Figura 1). A descrição dessas características é de suma importância para o melhorista pois apresentam alta herdabilidade (Silva *et al*., 2018) que é um fator crucial para a escolha dos métodos de melhoramento e para contabilizar o ganho de seleção, contribuindo para o progresso da cultura (Borém *et al.,* 2021). De acordo com Dias (2011), o diâmetro da cavidade interna está atrelado com a qualidade dos frutos, sendo que frutos com menor diâmetro dessa cavidade, normalmente, apresentam elevada quantidade de polpa. Todavia, à medida que o fruto aumenta em suas dimensões o teor de sólidos solúveis decresce, semelhante aos resultados apresentados por Oliveira (2010) e Souza (2017), que constataram essa mesma correlação negativa. Nos descritores químicos para

qualidade de fruto, observou-se uma correlação negativa entre a acidez titulável (AT) e o Ratio (SS/AT). Esse comportamento pode ser explicado pelo processo de maturação dos frutos, no qual ocorre, geralmente, um aumento no teor de sólidos solúveis (SS), associado principalmente ao acúmulo de açúcares, enquanto a acidez titulável tende a reduzir-se ao longo desse processo. Conforme Magwaza e Opara (2015), essas alterações são características do amadurecimento de frutos e influenciam diretamente a relação SS/AT, um importante indicador do equilíbrio entre doçura e acidez. Consequentemente, a relação SS/AT é diretamente proporcional aos SS e inversamente proporcional à AT.

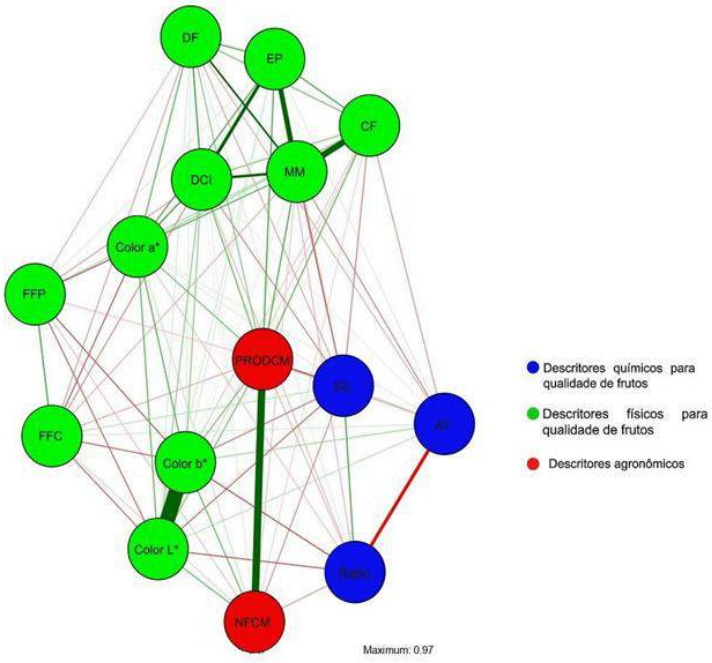


Figura 1 - Rede de correlação para características agronômicas, físicas e químicas de frutos em 10 populações segregantes de mamoeiro do grupo Formosa. As linhas vermelhas representam correlações negativas e as linhas verdes representam correlações positivas. A espessura da linha é proporcional à magnitude da correlação. As linhas destacadas representam coeficientes de correlação maiores que 0,5 em valor absoluto. Descritores agronômicos: produção de frutos com formato comercial (PRODCM), número de frutos com formato comercial (NFCM). Descritores físicos: massa média dos frutos com formato comercial (MM), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), diâmetro da cavidade interna do fruto (DCI), espessura de polpa (EP), firmeza de polpa (FFP), firmeza de fruto (FFC), parâmetro L*da escala *CIE-Commision Internationale de Eclairage (Color L*)*, parâmetro a*da escala *CIE-Commision Internationale de Eclairage (Color a*)*, parâmetro b*da escala *CIE-Commision Internationale de Eclairage (Color b*)*. Descritores químicos: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e Ratio.

CONCLUSÃO

A abordagem da rede de correlação mostrou eficiência para a compreensão da interação das variáveis produtivas, físicas e químicas. Parâmetros como produção de frutos de formato comercial dependem diretamente do número de frutos comerciais. As características físicas dos frutos apresentam relações de associação entre si, uma vez que dimensões como comprimento e diâmetro podem influenciar a massa dos

frutos. No que tange aos atributos químicos conclui-se que não há relação significativa com os outros descritores avaliados.

Portanto, esses resultados servirão de base para futuros estudos acerca do melhoramento genético do mamoeiro, pois a percepção dessas correlações de descritores de fruto auxilia na seleção de novas cultivares que atendam às necessidades do mercado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso pela bolsa concedida, à Feltrin Sementes pelo custeio financeiro ao projeto. Ao Biotec-HF pela oportunidade de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 1, 514 p.

EPSKAMP, S.; CRAMER, A.O.J.; WALDORP, L.J.; SCHMITTMANN, V.D.; BORSBOOM, D. Qgraph: network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of Statistical Software**, v. 48, n. 4, p. 1-18, 2012. DOI: https://doi.org/10.18637/jss.v048.i04

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agropecuária**: mamão. Rio de Janeiro: IBGE, [20--]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br. Acesso em: 25 ago. 2026.

MAGWAZA, L.S.; OPARA, U.L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 179-192, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.001

OLIVEIRA, E.J.; LIMA, D.S.; MACHADO, M.D.; LUCENA, R.S.; MOTTA, T.B.N.; DANTAS, J.L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800011

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: crops and livestock products; trade: crops and livestock products. Rome: FAO, 2024. Disponível em:.<https://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 22 ago. 2026.

ROSADO, R.D.S.; ROSADO, L.D.S.; BORGES, L.L.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D.; SANTOS, C.E.M. Genetic diversity of sour passion fruit revealed by predicted genetic values. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 165-174, 2019. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2018.05.0310

RUGGIERO, C. (ed.). **Mamão**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1988.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, J.B.; VENCOVSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agronômicos do feijoeiro

(*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v. 10, p. 265-272, 1986.

SILVA, M.S.; LEONEL, S.; SOUZA, J.M.A.; MODESTO, J.H.; FERREIRA, R.B.; BOLFARINI, A.C.B. Evaluation of papaya genotypes using agronomic descriptors and estimation of genetic parameters. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, n. 4, p. 943-951, 2018. DOI: https://doi.org/10.14393/BJ-v34n1a2018-37164

SILVA, M.S.; LEONEL, S.; SOUZA, J.M.A.; FERREIRA, R.B.; BOLFARINI, A.C.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.A. Correlations between agronomic traits in papaya tree (*Carica papaya* L.) grown under subtropical climate of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 6, p. 886-891, 2018. DOI: https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE840

SOUZA, A.P.; DALLACORT, R.; FREITAS, P.S.L.; MOREIRA, P.S.P.; CARVALHO, L.G.; FARIAS, O.G. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. DOI: https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1334

SOUZA, J.M.A.; ATAÍDE, E.M.; SILVA, M.S. Qualidade pós-colheita e correlação entre características físicas e químicas de frutos de mamoeiro comercializados em Serra Talhada - PE. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 4, p. 554-560, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/4011. Acesso em: 27 ago. 2026.

SOUZA, R.N.; *et al*. Análises multivariadas e de redes de correlação na seleção de cultivares de mamão em Mato Grosso, Brasil. **Comunicata Scientiae**, v. 16, e4319, 2025. DOI: https://doi.org/10.14295/cs.v16.4319

VIANA, E.N.; DALLACORT, R.; DIAS, V.R.M.; SOUZA, M.D.; BARBIERI, J.D.; TIEPPO, R.C.; FENNER, W. Rainfall variability in the region of Tangará da Serra, Mato Grosso, using the standardized precipitation index. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 29, n. 9, e291712, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n9e291712

PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) PARA TAMANHO E QUALIDADE DE FRUTOS

Renato Santa Catarina[1], Alexandre Pio Viana[1], Julio Cesar Fiorio Vettorazzi[1], Alex Souza Rodrigues[1], Lucas Ferreira de Souza[1], Messias Gonzaga Pereira[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos Goytacazes, RJ.
*renato.scat@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das fruteiras mais importantes economicamente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, devido aos seus notáveis benefícios nutricionais e medicinais. O Brasil configura-se entre os principais produtores da fruta com aproximadamente 1,15 milhão de toneladas equivalente a 7,84% da produção mundial, com 11,21% de participação em exportações, com forte presença no agronegócio brasileiro (FAOSTAT, 2024). Entre os estados, o Espírito Santo lidera a produção nacional representando 34,6% da produção brasileira, seguido pela Bahia (27,1%), Ceará (11,1%), Rio Grande do Norte (8,8%) e Minas Gerais (6,0%) (IBGE, 2024).

Entretanto, os cultivos comerciais de mamoeiro apresentam estreita base genética, principalmente em razão do uso predominante de um número reduzido de cultivares. Essa limitação aumenta a suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos comprometendo a longevidade e o potencial produtivo. Dessa forma, o desenvolvimento de genótipos superiores por programas de melhoramento constitui uma alternativa para aumentar a base genética da cultura (Pereira *et al*., 2025).

Nos programas de melhoramento, a avaliação dos genótipos pode ser realizada por meio da fenotipagem baseada em imagens digitais, ferramenta que permite quantificar características relacionadas à forma, ao tamanho, ao comprimento, ao diâmetro e à espessura da polpa dos frutos. O processamento digital de imagens proporciona avaliações rápidas, precisas e abrangentes, contribuindo para aumentar a eficiência da seleção de novos genótipos (Cortes *et al*., 2017; Santa Catarina *et al*., 2018). Após a caracterização fenotípica, métodos de seleção que consideram simultaneamente múltiplas características podem ser empregados para identificar materiais que reúnam atributos favoráveis de tamanho e qualidade dos frutos (Moreira *et al*., 2019).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos associados a características de qualidade em frutos de mamoeiro e selecionar híbridos superiores por meio da seleção combinada, com potencial genético para tamanho e qualidade de frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada no município de Linhares,

(19° 23’ 28” S / 40° 04’ 20” W, 33 m de altitude). O clima da região segundo a classificação climática de Koppen-Geiger é Aw, sendo um clima do tipo tropical quente úmido com chuvas no verão e inverno seco (Álvares *et al*., 2013).

Foram avaliados 20 genótipos híbridos de mamoeiro mais três testemunhas comerciais, sendo a variedade Aliança e os híbridos comerciais ‘Candy’ e ‘Vitória’. Os 20 híbridos foram obtidos a partir do cruzamento entre 10 linhagens (Vettorazzi *et al*., 2021; Santa Catarina *et al*., 2019) superiores e quatro testadores (‘Aliança’, SS-72/12, THB e UCLCF01-09).

As sementes dos genótipos foram semeadas em casa de vegetação, utilizando bandejas plásticas com capacidade para 96 tubetes de 55 cm^3. Utilizou-se o substrato da marca HT tropstrato hortaliças e adubo de liberação lenta Basacote mini 3M®. Aproximadamente 15 dias após a germinação, as mudas foram aclimatizadas e aos 30 dias plantadas na área experimental no campo, seguindo o delineamento estatístico em blocos casualizados com quatro repetições e quatro plantas por parcela com espaçamento de 3,6 m entre fileiras e 1,5 m entre plantas na fileira.

Para a fenotipagem dos frutos foi utilizada a metodologia de fenotipagem baseada na análise e processamento de imagens digitais (Santa-Catarina *et al*., 2018). As características físico-químicas avaliadas foram: comprimento do fruto – CF (cm), obtida pela mensuração do comprimento do fruto; diâmetro do fruto – DF (cm), obtido pela mensuração do diâmetro de cada fruto; comprimento da cavidade ovariana – CCO (cm), obtida pela mensuração da cavidade ovariana; diâmetro da cavidade ovariana – DCO (cm), obtida pela mensuração do diâmetro da cavidade ovariana; porcentagem de volume de polpa - %VP, expresso em porcentagem, obtido pela diferença entre o volume do fruto e o volume da cavidade ovariana como estimado por Santa Catarina *et al*., (2018). As demais características como a firmeza do fruto – FF (N) e firmeza da polpa - FP (N) foram mensuradas por um penetrômetro digital modelo Itália TR, foram obtidas por uma amostra de três perfurações por fruto, tanto para a polpa quanto para o fruto; teor de sólidos solúveis – TSS (°Brix), foi obtido com auxílio de um refratômetro digital portátil modelo *Mettler Toledo Refracto 30PX* e o peso médio do fruto – PMF, que foi obtido por meio da pesagem dos frutos em balança analítica digital. As características foram fenotipadas aos 270 e 300 dias após o plantio na unidade experimental, quando os frutos apresentavam o mesmo estágio RST1 de maturação (Barragán-Iglesias *et al*., 2018).

Foi realizada a análise de Deviance de acordo com modelo descrito em Viana e Resende (2014). O teste de razão de verossimilhança (LRT) foi aplicado para testar a significância dos efeitos de genótipo e parcela. Os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados via REML/BLUP, utilizando o modelo 21 do *software* Selegen (Resende, 2016).

A seleção dos híbridos foi realizada por meio de um índice de seleção combinada, calculado a partir dos valores genotípicos preditos (u + g) das características avaliadas, previamente padronizados. As herdabilidades das médias dos genótipos foram utilizadas como pesos relativos. Para as características PMF, FF, FP, CF, DF, TSS e VP a seleção foi no sentido positivo e para as características CCO e DCO a seleção realizada foi no sentido negativo. O índice de seleção combinada foi calculado no Microsoft Excel 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de deviance evidenciou efeito significativo (p<0,01) de genótipo para oito das nove características avaliadas, com exceção da firmeza do fruto, indicando a existência de variabilidade genética entre os híbridos de mamoeiro para peso, tamanho e qualidade dos frutos, possibilitando a seleção de híbridos superiores.

As estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos evidenciaram condições favoráveis à seleção para a maioria das características avaliadas (Tabela 1). A herdabilidade da média dos genótipos foi elevada para PMF (0,95), CF (0,93), DF (0,93), CCO (0,92) e DCO (0,88), acompanhada por acurácias entre 0,94 e 0,98, indicando elevada confiabilidade na predição dos valores genotípicos. A FP e o TSS apresentaram herdabilidade de 0,71 e acurácia de 0,84, enquanto o VP apresentou herdabilidade de 0,66 e acurácia de 0,81, valores que também permitem obter resposta à seleção. O PMF apresentou o maior coeficiente de variação genotípica (33,29%), seguido pelo CCO (15,94%), CF (13,85%) e DCO (12,75%), evidenciando maior variabilidade genética relativa para essas características. Em contraste, a FF apresentou baixa herdabilidade (0,21), acurácia de 0,45 e CVg de apenas 0,93%, confirmando a reduzida diferenciação genética observada na análise de deviance e indicando menor eficiência da seleção para essa característica nas condições avaliadas.

Tabela 1 - Componentes de variância e parâmetros genéticos para nove características de peso, tamanho e qualidade de frutos avaliadas em 23 genótipos de mamoeiro, Linhares-ES

Parâmetros	PMF	FF	FP	CF	DF	CCO	DCO	TSS	VP
σ_g^2	150903,08	1,393	10,807	8,106	1,343	5,780	0,573	0,495	3,962
σ_e^2	30162,84	21,457	17,946	2,466	0,379	1,980	0,313	0,806	8,345
σ_f^2	181065,92	22,850	28,753	10,573	1,722	7,760	0,887	1,301	12,307
h_{mc}^2	0,95	0,21	0,71	0,93	0,93	0,92	0,88	0,71	0,66
Ac_{clon}	0,98	0,45	0,84	0,96	0,97	0,96	0,94	0,84	0,81
$CV_{gi\%}$	33,29	0,93	3,96	13,85	10,80	15,94	12,75	7,75	2,57
$CV_{e\%}$	14,88	3,67	5,11	7,64	5,73	9,33	9,43	9,89	3,73
Média	1166,84	126,35	82,95	20,55	10,73	15,08	5,94	11,01	77,48

PMF: peso médio do fruto (g); FF: firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); CF: comprimento do fruto (cm); DF: diâmetro do fruto (cm); CCO: comprimento da cavidade ovariana (cm); DCO: diâmetro da cavidade ovariana (cm); TSS: teor de sólidos solúveis (ºBrix); VP: volume de polpa (%); σ_g^2: variância genética; σ_e^2: variância residual; σ_f^2: variância fenotípica individual; h^2_{mc}: herdabilidade da média de genótipos; Ac_{clon}: acurácia da seleção de genótipos; Média geral do experimento.

A seleção combinada permitiu identificar híbridos promissores para diferentes padrões comerciais de frutos. Entre os materiais do grupo Formosa, o híbrido UC75 destacou-se pelo maior peso médio de fruto (2.194,28 g), superando as testemunhas ‘Vitória’ (1.762,77 g) e ‘Candy’ (1.122,04 g), enquanto UC92 e UC84

também apresentaram frutos de elevado peso, com 1.755,72 e 1.526,93 g, respectivamente (Tabela 2). Os híbridos UC81, UC91 e UC83 reuniram desempenho favorável para diferentes atributos, destacando-se o UC91 pelo TSS de 11,91 °Brix e pelo maior VP entre os materiais selecionados (81,38%). Para o padrão Solo, o híbrido UC97 apresentou PMF, CF e DF numericamente maior que a testemunha 'Aliança', embora esta tenha registrado valores superiores de TSS e VP. Esses resultados demonstram que a seleção simultânea possibilitou identificar e selecionar genótipos com combinações distintas de tamanho e qualidade dos frutos, indicando UC75, UC92, UC84, UC81, UC91 e UC83 como materiais promissores do grupo Formosa e UC97 como alternativa para o grupo Solo, os quais deverão ser avaliados em diferentes ambientes antes de uma recomendação para cultivo.

Tabela 2 – Híbridos de mamoeiro selecionados para peso, tamanho e qualidade de fruto, Linhares-ES

Genótipo	PMF	FF	FP	CF	DF	CCO	DCO	TSS	VP
UC75	2194,28	126,05	84,26	25,84	13,50	19,18	7,60	10,41	76,18
'Vitória'	1762,77	126,51	88,73	25,24	11,73	19,53	6,22	11,04	77,71
UC92	1755,72	126,45	83,75	23,01	12,82	17,45	7,40	10,76	75,11
UC84	1526,93	126,73	84,69	21,85	12,12	16,01	7,01	10,90	75,68
UC81	1280,18	125,97	82,47	22,97	11,10	17,20	6,08	11,22	77,44
UC91	1211,24	126,48	80,33	22,79	10,49	15,67	5,17	11,91	81,38
UC83	1172,29	126,90	85,79	22,38	10,77	16,79	5,69	10,64	78,56
'Candy'	1122,04	127,09	86,29	21,32	10,55	16,02	6,05	11,73	75,87
UC97	647,10	126,35	81,17	16,50	9,03	11,65	5,23	10,63	76,98
'Aliança'	512,69	125,21	79,15	14,34	8,40	9,66	4,59	11,95	79,63

PMF: peso médio do fruto (g); FF: firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); CF: comprimento do fruto (cm); DF: diâmetro do fruto (cm); CCO: comprimento da cavidade ovariana (cm); DCO: diâmetro da cavidade ovariana (cm); TSS: teor de sólidos solúveis (ºBrix); VP: volume de polpa (%).

CONCLUSÃO

Os híbridos UC75, UC92, UC84, UC81, UC91 e UC83 destacaram-se entre os materiais do grupo Formosa, enquanto o híbrido UC97 foi numericamente superior a testemunha 'Aliança', constituindo uma alternativa promissora para o grupo Solo. Esses materiais apresentam potencial para avanço no programa de melhoramento e deverão ser avaliados em ensaios de competição para confirmar seu desempenho e adequação aos respectivos padrões comerciais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de pós-doutorado, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fruticultura Tropical (INCT-FRUT/CNPq), pelo apoio financeiro aos projetos de pesquisa que possibilitaram a realização deste

trabalho e à CALIMAN AGRÍCOLA S.A. pelo suporte na condução dos ensaios.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.G.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L.L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, v. 236, n. 1, p. 272-278, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; BARROS, G.B.A.; AREDES, F.A.S.; SILVEIRA, S.F.; FERREGUETTI, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANNA, A.P.; PEREIRA, M.G. Model-assisted phenotyping by digital images in papaya breeding program. **Scientia agrícola**, v. 74, n. 4, p. 294-302, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0134

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops production**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 30 jul, 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/. Acesso em; 28 jul 2026.

MOREIRA, S.O.; KUHLCAMP, K.T.; BARROS, F.L.S.; ZUCOLOTO, M.; GODINHO, T.O. Selection index based on phenotypic and genotypic values predicted by REML/BLUP in Papaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2019a. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-29452019079

PEREIRA. M.G.; SANTA-CATARINA, R.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P. Functional papaya breeding program: strategies, achievements and challenges. **Fruit Crop Science Journal**, v. 1, p. 1-15, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/3085-89092025002

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49

SANTA-CATARINA, R.; CORTES, D.F.M.; VETTORAZZI, J.C.F.; POLTRONIERI, T.P.S.; BARROS, G.B.A.; ARÊDES, F.A.S.; AZEVEDO, A.O.N.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Combining ability for fruit yield and quality in papaya recombinant inbred lines from the sexual conversion backcrossing. **Euphytica,** v. 215, n. 1, p. 1-10, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-019-2485-3

SANTA-CATARINA, R.; CORTES, D.F.M.; VETTORAZZI, J.C.F.; RAMOS, H.C.C.; FERREGUETTI, G.A.; PEREIRA, M.G. Image-based phenotyping of morpho-agronomic traits in papaya fruits (*Carica papaya* L. THB var.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 11, p. 1750-1756, 2018. DOI: https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.11.p1437

VETTORAZZI, J.C.F.; SANTA-CATARINA, R.; POLTRONIERI, T.P.S.; CORTES, D.F.M.; AZEVEDO, A.O.N.; MIRANDA, D.P.; SANTANA, J.G.S.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Combining ability of recombined F4 papaya lines: a strategy to selection of hybrids combination. **Scientia Agricola,** v. 78, n. 2, p. e20190191, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0191

VIANA, A.P.; RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2014. 282 p.

SELEÇÃO COMBINADA DE FAMÍLIAS SUPERIORES DE MAMOEIRO COM POTENCIAL GENÉTICO PARA GANHOS EM PRODUTIVIDADE

Lucas Ferreira de Souza[1]*, Renato Santa-Catarina[1], Alexandre Pio Viana[1], Alex Souza Rodrigues[1], Messias Gonzaga Pereira[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.
*lucasferreiradesouza66@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado comercialmente pertencente à família Caricaceae, produz frutos de elevado valor nutricional, ricos em vitaminas, fibras e compostos bioativos amplamente consumidos *in natura* (Koul *et al*., 2022). Trata-se de uma fruteira de regiões tropicais e subtropicais, destacando-se pela sua versatilidade e aplicabilidade em indústrias alimentícias, farmacêuticas devido às propriedades cicatrizantes presente na enzima papaína e fábricas de têxtil, utilizando-a como amaciantes de tecidos (Upadhyay, 2024).

A cultura possui expressiva relevância socioeconômica, especialmente pela demanda contínua de mão de obra durante as diferentes etapas do ciclo produtivo (Lucena *et al*., 2021). O Brasil configura-se entre os principais produtores com aproximadamente 1,15 milhão de toneladas equivalente a 7,84%, com 11,21% de participação em exportações com forte presença no agronegócio brasileiro (FAOSTAT, 2024). Entre os estados, o Espírito Santo lidera a produção nacional representando 34,6% da produção brasileira, seguido pela Bahia (27,1%), Ceará (11,1%), Rio Grande do Norte (8,8%) e Minas Gerais (6,0%) (IBGE, 2024).

Entretanto, a cultura apresenta estreita base genética nos campos de produção comercial restrita principalmente em decorrência do uso predominante de um número reduzido de cultivares. Essa limitação aumenta a suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos comprometendo a longevidade e o potencial produtivo. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF em parceria com a empresa Caliman Agrícola S.A. desenvolve um programa de melhoramento genético do mamoeiro com objetivo de ampliar a base genética da cultura por meio da hibridação, utilizando genitores elite com alto desempenho em produção e qualidade de frutos, e genitores portadores de resistência a doenças que resulta na formação de populações segregantes com ampla variabilidade genética.

Diante desta necessidade de ampliar a base genética do mamoeiro, esta pesquisa teve como objetivo selecionar progênies S_1 de mamoeiro por meio da seleção combinada visando componentes de produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada no município de Linhares-ES, com as coordenadas geográfica entre os paralelos 19° 06' -19° 18' de Latitude Sul e entre os meridianos 39° 45' -40° 19' Oeste. O clima da região segundo a classificação climática de Koppen-Geiger é Awi, sendo um clima do tipo tropical quente úmido com chuvas no verão e inverno seco (Álvares *et al*., 2013).

Foram utilizadas 16 progênies S_1 do segundo ciclo de seleção recorrente intrapopulacional, obtidas pela autofecundação de indivíduos S_0 da população base, com potencial genético para produção e qualidade de frutos. As sementes das progênies S_1 foram semeadas em casa de vegetação em julho de 2024, e aos 30 dias transplantadas para o campo, seguindo o delineamento estatístico em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro plantas por parcela sob um espaçamento de 3,6 m entre fileiras e 1,5 m entre plantas na fileira em uma área total de 1.382,4 m^2. Após a sexagem, foram mantidas apenas as plantas hermafroditas utilizadas para obtenção das sementes S_2. As adubações, a irrigação, o controle de pragas e doenças e os demais tratos culturais foram os mesmos adotados nos plantios comerciais da empresa Caliman Agrícola S.A.

As progênies S_1 foram avaliadas quanto ao seu desenvolvimento morfológico (diâmetro do caule e altura de planta), e produtividade (número de nós e frutos), por meio da técnica de fenotipagem baseada em imagem digital conforme a metodologia descrita e validada por Cortes *et al*. (2017).

Diâmetro do caule – DC (cm), mensurado a 20 cm do solo e Altura da planta – AP (cm), correspondente à distância entre o nível do solo até o ponto de inserção do último par de folhas, utilizando a ferramenta *straight*. Número de frutos comerciais – NFC, determinado pela contagem dos frutos com características comerciais; Número de frutos deformados – NFD, determinado pela contagem de frutos carpelóides e pentândricos e Nós sem fruto – NSF, obtido pela contagem dos nós sem frutos, por meio do plugin *cell counter*. Essas características foram avaliadas via imagem digital aos 180 e 270 dias após o plantio, com auxílio do *software* ImageJ. Os frutos foram colhidos no início da frutificação e apresentavam o mesmo estádio de maturação RST1, no qual atingem seu máximo desenvolvimento físico no momento da colheita (Barragán-Iglesias *et al*., 2018). O Peso médio de Fruto – PMF (g) foi obtido por meio da pesagem de cinco frutos em balança analítica. A Produção – PROD (t ha^{-1}), obtido pelo produto do NFC entre PMF. Para as análises de dados, utilizou-se as médias dos valores obtidos nas duas épocas de avaliação, aos 180 e 270 dias após o plantio.

Foi realizada a análise de Deviance de acordo com modelo descrito em Viana e Resende (2014). O teste de razão de verossimilhança (LRT) foi aplicado para testar a significância dos efeitos de genótipo e parcela. Os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados via REML/BLUP, utilizando o modelo 07 do *software* Selegen, recomendado para famílias endogâmicas (Resende, 2016).

Os melhores genótipos foram selecionados através da seleção combinada, atribuindo-se pesos agronômicos associado às médias padronizadas das características: AP (5), DC (5), NFC (150), NFD (-20), NSF (-20), PMF (1), PROD (100). Essa relação de pesos foi estabelecida experimentalmente baseado na

importância das características e nível agronômico, assim como sugere Silva *et al*. (2008) e Santa-Catarina *et al*. (2020). Utilizou-se uma intensidade de seleção de 31,25% para indicar as melhores famílias e de 25% para a seleção dos indivíduos superiores dentro de cada família selecionada. As estimações do ISC foram realizadas com o auxílio do programa *Microsoft Office Excel* 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos significativos pelo teste da razão de verossimilhança foram observados para genótipo, $p < 0,01$ para as características AP, DC, NFD, PMF, e $p < 0,05$ para as características NFC e NSF.

Os maiores valores de variação genética foram verificados para NFD (37,75%), PROD (31,18%) e PMF (19,04%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativa dos componentes via REML e dos parâmetros genéticos associados à sete características morfoagronômicas avaliadas em 16 progênies S_1 de mamoeiro

	AP	DC	NFC	NFD	NSF	PMF	PROD
V_g	706,21	1,01	5,82	322,72	26,38	23903,59	116,72
V_{parc}	5,91	0,19	82,54	69,67	3,59	883,16	173,29
V_e	505,26	2,15	139,97	332,47	106,39	59004,69	364,78
V_f	1217,38	3,29	280,75	724,87	136,37	83791,36	654,78
h^2_a	0,87 ± 0,31	0,46 ± 0,23	0,31 ± 0,19	0,67 ± 0,28	0,29 ± 0,18	0,43 ± 0,22	0,27 ± 0,18
c^2_{parc}	0,005	0,039	0,294	0,096	0,026	0,011	0,265
h^2_{mp}	0,96	0,86	0,67	0,89	0,78	0,86	0,64
A_{cprog}	0,98	0,93	0,82	0,95	0,88	0,93	0,80
h^2_{ad}	0,70	0,23	0,21	0,49	0,12	0,20	0,16
CV_g	10,49	8,83	10,36	34,75	13,25	19,04	31,18
CV_e	8,87	12,88	50,84	35,28	26,62	29,91	55,14
IV	1,18	0,68	0,20	0,98	0,50	0,64	0,56
Média	253,43	11,38	23,27	51,69	38,75	812,04	34,64

AP: altura da planta (cm); DC: diâmetro do colmo (cm); NFC: número de frutos comerciais; NFD: número de frutos deformados; NSF: nós sem frutos; PMF: peso médio dos frutos (g); PROD: produção (t ha^{-1}); V_g: variância genética; V_{parc}: variância ambiental entre parcelas; V_e: variância residual; V_f: variância fenotípica individual; h^2_a=h^2: herdabilidade individual total no sentido restrito; c^2_{parc}= c^2: coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; h^2_{mp}: herdabilidade da média de progênies; A_{cprog}: acurácia da seleção de progênies; h^2_{ad}: herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_g: coeficiente de variação genético; CV_e: coeficiente de variação residual; IV: índice de variação; Média geral do experimento.

As diferenças observadas entre as magnitudes do CV_g evidenciam a existência de variabilidade genética entre os caracteres avaliados, indicando potencial de exploração no programa de melhoramento. Embora a característica PROD tenha apresentado elevado coeficiente de variação genética (31,18%), o efeito

de genótipo não foi significativo. Esse resultado não representa uma inconsistência entre os parâmetros, mas apontam que a magnitude da variabilidade genética foi insuficiente para superar a elevada variabilidade ambiental observada no experimento. O CV_e (55,14%) e a variância entre parcelas superior à variância genética indicam forte influência do ambiente sobre a expressão fenotípica da produção.

Para os valores de IV, apenas AP apresentou índice superior à unidade com maior contribuição da variação genética em relação a ambiental (Tabela 1). Valores próximos ou superiores a 1 indicam condições favoráveis a seleção, com potencial a proporcionar ganhos genéticos satisfatórios.

As estimativas das herdabilidades variaram, para h^2_{mp} de 0,64 para PROD a 0,96 para AP, e h^2_{ad} entre 0,70 para AP a 0,12 para NSF (Tabela 1). Os altos valores de herdabilidade indicam que, havendo interesse dos programas de melhoramento, há condições favoráveis à obtenção de ganhos genéticos por meio da seleção para os descritores (Dias *et al*., 2011; Miranda *et al*., 2022).

As estimativas de herdabilidade média de progênies foram superiores às de herdabilidade aditiva para todas as características avaliadas. Esse comportamento decorre da maior precisão das médias de progênies, que minimizam a influência das variâncias ambiental e residual na expressão fenotípica, favorecendo a discriminação das diferenças genéticas entre famílias. Por sua vez, as menores magnitudes de h^2_{ad} estão associadas à redução da variabilidade genética intrafamiliar decorrente da autofecundação, ao promover o aumento da homozigose.

Para as acurácias de seleção ≥ 0,80, considerado de alta magnitude (Tabela 1). Valores altos de acurácia indicam elevada precisão na seleção, delineamento experimental adequado e confiabilidade das estimativas obtidas, conferindo maior segurança à identificação de genótipos superiores.

Verificou-se que, os maiores ganhos genéticos percentuais foram observados para NFC (47,05%) e PROD (40,93%) (Tabela 2).

Esses resultados refletem os elevados pesos atribuídos a essas características no índice de seleção, priorizando genótipos com maiores valores genéticos predito pelo método REML/BLUP. As novas médias preditas de 34,22 frutos comerciais e 48,82 t ha^{-1} demonstram o potencial das famílias selecionadas para avanço de gerações e utilização no programa de melhoramento.

Apesar da seleção visar redução para o NFD e NSF, os ganhos obtidos para essas características foram positivos (24,84% e 10,91%), respectivamente (Tabela 2). Esse comportamento pode ser explicado pela associação entre o potencial produtivo e o número de frutos deformados com plantas de maior produção. Complementarmente, a média populacional de NFD foi aproximadamente o dobro da observada para NFC, favorecendo a obtenção de ganhos positivos para essa característica. Resultados semelhantes foram observados por Cortes *et al*. (2018), com ganhos positivos para NFD em genótipos selecionados, atribuindo ao fato de que plantas mais produtivas apresentavam maior número de frutos deformados, elevando a média da característica.

Para os atributos relacionados ao porte da planta e tamanho do fruto, observaram-se ganhos percentuais de 10,26% para AP, 9,56% para DC e 18,95% para PMF (Tabela 2). Os incrementos observados para AP e DC indicam aumento na arquitetura das progênies selecionadas e ao PMF caracteriza-se a indivíduos

pertencentes aos grupos Intermediários e Formosa, evidenciando o potencial para obtenção de frutos com maior massa, sugerindo resposta correlacionada à seleção via ISC.

Tabela 2 - Ganhos genéticos e novas médias preditas para sete características morfoagronômicas avaliadas em genótipos S_1 de mamoeiro, obtida via índice de seleção combinada

B	F	I	AP		DC		NFC		NFD		NSF		PMF		PROD.	
			Gs	NM	Gs	NM	Gs	NM	Gs	NM	Gs	NM	Gs	NM	Gs	NM
4	16	3	49,29	302,72	1,59	12,98	17,57	40,84	31,92	83,61	1,48	40,23	130,72	942,76	23,96	58,60
1	16	2	42,49	295,92	1,79	13,17	17,24	40,51	32,75	84,44	0,88	39,63	48,25	860,29	20,67	55,31
1	16	1	54,94	308,37	1,67	13,06	16,92	40,19	56,32	108,00	0,95	39,70	77,32	889,37	22,11	56,75
2	16	2	36,43	289,85	1,47	12,85	16,36	39,63	45,64	97,32	0,54	39,29	75,24	887,28	18,50	53,14
2	41	1	34,57	288,00	1,71	13,09	18,17	41,44	11,32	63,01	7,51	46,27	55,71	867,76	17,98	52,62
2	41	2	27,90	281,32	1,85	13,23	17,35	40,63	1,77	53,46	8,43	47,18	83,87	895,92	19,38	54,02
4	41	2	32,90	286,32	2,13	13,51	14,96	38,23	8,23	59,92	8,79	47,54	148,91	960,96	18,89	53,53
3	41	3	43,98	297,40	2,01	13,39	15,22	38,49	6,26	57,95	9,48	48,23	69,14	881,18	16,21	50,85
2	46	2	21,81	275,24	0,65	12,03	7,62	30,89	6,53	58,21	3,14	41,89	108,68	920,72	7,69	42,33
4	46	2	14,67	268,10	0,59	11,97	6,18	29,46	1,50	53,18	5,17	43,92	127,78	939,82	7,03	41,67
1	46	1	22,17	275,60	0,30	11,68	5,79	29,06	2,04	53,73	5,06	43,81	106,05	918,09	6,78	41,42
1	46	2	22,55	275,97	0,58	11,96	8,00	31,27	6,00	57,69	3,66	42,41	81,63	893,67	7,16	41,80
3	85	3	33,31	286,74	1,20	12,58	2,41	25,68	11,64	63,33	4,08	42,83	306,75	1118,80	7,82	42,46
2	85	1	17,66	271,09	1,04	12,42	2,56	25,83	2,57	54,25	4,44	43,19	347,22	1159,26	9,27	43,91
4	85	2	23,65	277,07	1,24	12,62	2,49	25,76	5,74	57,43	2,11	40,87	324,55	1136,59	8,24	42,88
1	85	3	15,49	268,92	1,33	12,72	1,23	24,50	3,06	54,75	6,23	44,98	363,73	1175,78	5,39	40,03
4	87	1	7,10	260,53	0,05	11,43	13,46	36,73	7,07	58,76	2,17	40,92	174,49	986,53	19,88	54,52
3	87	2	4,29	257,72	0,23	11,61	13,08	36,35	2,32	54,00	2,67	41,42	168,15	980,20	17,54	52,18
1	87	1	8,16	261,59	0,19	11,58	10,45	33,73	9,11	60,80	3,51	42,26	133,62	945,66	13,55	48,19
1	87	3	6,58	260,01	0,14	11,52	11,95	35,22	5,00	56,68	4,25	43,00	145,77	957,82	15,48	50,13
MG			253,43		11,38		23,27		51,69		38,75		812,04		34,64	
MS			26,00	279,42	1,09	12,47	10,95	34,22	12,84	64,53	4,23	42,98	153,88	965,92	14,18	48,82
Gs (%)			10,26		9,56		47,05		24,84		10,91		18,95		40,93	

B: bloco; F: família; I: indivíduo; AP: altura da planta (cm); DC: diâmetro do colmo (cm); NFC: número de frutos comerciais; NFD: número de frutos deformados; NSF: nós sem frutos; PMF: peso médio dos frutos (g); PROD: produção (t ha^{-1}); B: bloco; F: família; I: indivíduo; G_S: Ganho com a seleção; NM: nova média predita dos genótipos selecionados; MG: média geral da população; MS: média dos selecionados; G_S (%): ganho com a seleção em percentagem.

CONCLUSÃO

As progênies S_1 selecionadas reúnem alelos favoráveis para a característica relacionada a produtividade, revelando-se fontes promissora de variabilidade genética para utilização no melhoramento genético do mamoeiro UENF/CALIMAN. A utilização do índice de seleção combinada permitiu a identificação de 5 famílias e 20 indivíduos superiores, com potencial genético para o avanço de geração visando o desenvolvimento de novas linhagens *per se* e/ou genitoras de novos híbridos.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L.L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 272-278, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; BARROS, G.B.A.; ARÊDES, F.A.S.; SILVEIRA, S.F.; FERREGUETTI, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; PEREIRA, M.G. Model-assisted phenotyping by digital images in papaya breeding program. **Scientia Agricola**, v. 74, p. 294-302, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0134

CORTES, D.F.M.; SANTA-CATARINA, R.; AZEVEDO, A.O.N.; POLTRONIERI, T.P.S.; VETTORAZZI, J.C.F.; MOREIRA, N.F.; FERREGUETTI, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; PEREIRA, M.G. Papaya recombinant inbred lines selection by image-based phenotyping, **Scientia Agricola**, v. 75, p. 208-215, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0482

DIAS, P.N.L.; OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, J.L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimativa de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.11, p. 1471-1479, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100008

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **2024**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 26 ago. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **2024**. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 ago. 2026.

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J. *Carica papaya* L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, n. 8, p. 683, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/d14080683

LUCENA, C.C.; GERUM, A.F.A.A.; SANTANA, M.A.; SOUZA, J.S. **A cultura do mamoeiro: aspectos socioeconômicos**. Embrapa, ed. 01, Cap. 1, p. 32. 2021.

MIRANDA, D.P.; RAMOS, H.C.C.; SANTA-CATARINA, R.; VETTORAZZI, J.C.F.; SANTANA, J.G.S.; POLTRONIERI, T.P.D.S.; PIROVANI, A.A.V.; AZEVEDO, A.O.N.; DUARTE, R.P.; RODRIGUES, A.S.; BOHRY, D.; PEREIRA, M.G. Topcross hybrids in papaya (*Carica papaya* L.): evaluation of the potential for increasing fruit quality in new cultivars. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, p. 1473-1486, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1905799

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49

SANTA-CATARINA, R.; PEREIRA, M.G.; VETTORAZZI, J.C.F.; CORTES, D.F.M.; POLTRONIERI, T.P.S.; AZEVEDO, A.O.N.; MOREIRA, N.F.; MIRANDA, D.P.; MORAES, R.; PIROVANI, A.A.V.; RAMOS, H.C.C.; VIVAS, M.; VIANA, A.P. Papaya (*Carica papaya* L.) S_1 family recurrent selection: Opportunities and selection alternatives from the base population. **Scientia Horticulturae**, v. 260, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108848

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, H.C.C.; DAMASCENO JÚNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.; VIANA, A.P.;

DAHER, R.F.; FERREGUETTI, G.A. Estimation of genetic parameters related to morphoagronomic and fruit quality traits of papaya. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 65-73, 2008. DOI: https://doi.org/10.12702/1984-7033.v08n01a09

UPADHYAY, R.K. Nutritional, therapeutical, and pharmaceutical uses of papaya: a review. **International Journal of Green Pharmacy**, v. 18, n. 1, p. 12, 2024. DOI: https://doi.org/10.22377/ijgp.v18i03.3591

VIANA, A.P.; RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 282 p. 2014.

MORFOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS DE FAMILIAS DE MEIOS-IRMÃOS ORIUNDOS DA 'RUBI INCAPER 511' COMPARADOS AO 'TAINUNG 01'

Fabíola Lacerda de Souza Barros[1]*, Conceição Aparecida Fernades[1], Fernanda Fernandes de Lima[2], Bliane Morozini Bacheti[3], Camilla Cristina Oliveira Evangelista[4], Sarah Ola Moreira[1]

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares, ES; [2]Faculdade Anhanguera. Linhares, ES; [3]Faculdades Integradas Espírito Santenses (Faesa). Linhares, ES; [4]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - CEUNES. São Mateus, ES. *fabiola.barros@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto de grande representatividade no cenário agrícola das exportações, com destaque para o estado do Espírito Santo, pela alta produtividade e por contar com grandes estruturas de *packing houses* e logística alinhada às necessidades dos países importadores do fruto (Galeano *et al*., 2022). Em 2025, as exportações apresentaram volume de 55,1 mil toneladas, com um faturamento de US$ 58,1 74,9 milhões (Conab, 2026). E por isso, existem atributos em pós-colheita que são fundamentais para a garantia da qualidade dos frutos até o consumidor, principalmente aqueles que influenciam na classificação, embalagem, tempo de prateleira e transporte, como comprimento, massa e firmeza dos frutos.

Dentre os materiais genéticos mais utilizados, o 'Tainung 01', um híbrido com origem em Taiwan, é o com maior representatividade nos plantios do estado do Espírito Santo e Sul da Bahia, assim como, muito valorizado nos mercados interno e externos, pela boa qualidade dos frutos (Galeano *et al*., 2022). Eventuais faltas de sementes no mercado resultam em aumentos consideráveis no valor de aquisição das sementes, e tem levado alguns produtores a utilizar a geração posterior-F2, (Reis *et al*, 2015). Esse problema se intensifica quando desastres naturais ocorrem nas principais áreas agrícolas de Taiwan, inclusive nas de produção de mamão. Isso demonstra a necessidade de desenvolvimento de novas cultivares com boa qualidade e aceitação.

A cultivar Rubi Incaper 511, também do grupo Formosa, surgiu a partir de populações segregantes obtidas por meio da autofecundação do híbrido comercial 'Tainung 01'. Ela foi selecionada por apresentar características agronômicas favoráveis e boa qualidade de frutos, com a vantagem deste ser possível o aproveitamento de sementes após fixadas as características de interesse. Os frutos dessa cultivar são muito aproximadas em dimensões, cor e sabor às do híbrido 'Tainung 01', mas necessitando aumentar a doçura (°Brix) (Cattaneo *et al*., 2010). A partir da 'Rubi Incaper 511', novos ciclos de avaliação, por meio de seleção recorrente intrapopulacional, vêm sendo realizados pelo Incaper, buscando obter novas cultivares de mamoeiro (Moreira *et al*., 2018), tendo como objetivo atingir a aceitação comercial obtida pelo 'Tainung 01'. O objetivo deste trabalho foi comparar famílias de meios-irmãos obtidas por seleção recorrente a partir da cultivar Rubi

Incaper 511 com o híbrido ‘Tainung 01’ para características morfológicas e de qualidade de frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Jaguaré-ES (18°55'22.1" S 39°56'13.9" W), em propriedade particular de referência na cultura (Fazenda São Luís), no período de abril de 2023 a abril de 2024. Foram testadas 10 famílias de meios-irmãos (FMI) obtidas a partir da ‘Rubi Incaper 511’ em 3° ciclo de seleção recorrente. Também foi utilizada uma seleção massal desta mesma cultivar, obtida empiricamente por produtores rurais da região de Linhares-ES (CV250) (Barros *et al*., 2023) e o híbrido ‘Tainung 01’, utilizado como testemunha.

O plantio foi realizado em espaçamento de 2,0 x 3,3 m com irrigação por gotejamento. A adubação foi baseada na análise de solo e de folhas, e de acordo como recomendado para a cultura. O manejo cultural e fitossanitário seguiu as normas de exportação.

De cada planta avaliada foram colhidos cinco frutos em estágio 2 de maturação, que foram armazenados em prateleira, e avaliados no estágio 5 de maturação (Jesus *et al.*, 2026), que representa o ponto de consumo do fruto. Foram avaliados: comprimento do fruto (CF, em cm); maior diâmetro do fruto (DFMaior em cm); maior e menor espessura da polpa (EPMaior e EPMenor, em cm); massa do fruto (MF, em kg); firmeza do fruto (FIRM, em Newton); e teor de sólidos solúveis (SS, em °Brix). A firmeza foi mensurada em frutos com casca com auxílio penetrômero digital, ponteira 8 mm, fixado em suporte com alavanca. O teor de sólidos solúveis foi mensurado refratômetro digital portátil, conforme Souza *et al. (*2014) e Jesus *et al*. (2026).

O delineamento foi em blocos, com cinco repetições e pelo menos, cinco plantas por parcela (análise por média do bloco). Os dados foram avaliados quanto a normalidade das médias e da homogeneidade variâncias e submetidos a análise de variância, quando também foi estimado o coeficiente de variação genético (CVg) e a herdabilidade no sentido amplo (H^2). Posteriormente, cada tratamento foi comparado com a testemunha (‘Tainung 01’) por meio do teste Dunnett a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do Programa Genes (Cruz, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as características analisadas neste trabalho apresentaram significância estatística, indicando que há variabilidade entre os genótipos avaliados. Os coeficientes de variação foram baixos para CF; DFMaior, EPMaior e EP menor; medianos para MF e SS; e altos para FIRM (Tabela 1). Mesmo para FIRM, cujo CV foi de 24,38%, o valor obtido foi baixo quando comparado a outros estudos. Reis *et al.* (2015), observaram CV para esta variável de 40,54%, o maior dentre as variáveis analisadas, assim como neste trabalho. O manejo de adubação, injúrias física e condições de armazenamento e transporte alteram essa característica (Santos *et al.*, 2008), o que pode contribuir para este erro experimental. Mesmo com este valor de CV, foi possível identificar

diferenças entre os materiais avaliados.

A massa dos frutos variou entre 0,54 e 1,02 kg, o que indica que entre os materiais testados, há frutos tanto com padrão do grupo Solo quanto do Formosa. Para esta variável foi observado o maior valor de coeficiente de variação genético (CVg = 17,80); maior índice de variação (CVg/CVe = 1,10) e maior coeficiente de determinação genotípico, ou herdabilidade (H^2 = 85,75%), indicando que ainda é possível realizar a seleção para esta variável dentre os materiais testados. Para o teor de sólidos solúveis, outra característica de grande interesse, os valores variaram entre 5,70 e 11,70, com média de 9,04 ºBrix, e os parâmetros genéticos sugerem que também é viável obter progressos com os ciclos de seleção.

Tabela 1 – Análise de variância, estatística descritiva e parâmetros genéticos de sete características de frutos em genótipos de mamoeiro do grupo Formosa

FV	GL	CF (cm)	DFMaior (cm)	EPMaior (cm)	EPMenor (cm)	MF (kg)	FIRM (N)	SS (°Brix)
Blocos	4	7,42	1,15	0,09	0,08	0,03	51,62	1,80
Tratamentos	10	14,46*	3,47*	0,26*	0,17*	0,19*	269,06*	5,33*
Resíduo	40	2,82	0,51	0,06	0,04	0,03	120,68	1,06
Média		22,41	9,34	2,96	2,51	1,02	45,07	9,04
Limite inferior		17,80	6,75	2,00	1,87	0,54	23,92	5,70
Limite superior		27,40	12,30	3,50	3,10	1,79	89,83	11,70
CV (%)[1]		7,49	7,61	7,95	7,87	16,23	24,38	11,41
CVg (%)		6,81	8,24	6,79	6,52	17,80	12,09	10,22
CVg/CVe		0,91	1,08	0,85	0,83	1,10	0,50	0,90
H^2 (%)		80,52	85,40	78,48	77,44	85,75	55,15	80,04

CV (%): Coeficiente de variação; CVg: coeficiente de variação genotípico; CVg/CVe: índice de variação genética; H^2: coeficiente de determinação genotípico. CF: Comprimento do fruto (cm); DFMaior: maior diâmetro do fruto (cm); EPMaior: maior espessura da polpa (cm); EPMenor: menor espessura da polpa (cm); MF: massa do fruto (kg); FIRM: firmeza do fruto (Newton); SS: teor de sólidos solúveis (°Brix). *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O híbrido ‘Tainung 01’ teve frutos com 24,65 cm de comprimento e 10,66 cm de maior diâmetro e 3,23 cm de espessura de polpa (EPMaior). A massa dos frutos foi de 1,29 kg, com firmeza de 36,29 N e 10,57 ºBrix de sólidos solúveis. Estes valores estão próximos aos observados por Reis *et al*. (2015), cujos frutos tiveram 1,35 kg, com 25,19 cm de comprimento, 10,97 cm de diâmetro e 3,23 cm de espessura. Para o teor de sólidos solúveis, Reis *et al*. (2015) relataram 11,80 ºBrix, superior ao obtido neste estudo, cujo valor foi de 10,57 ºBrix. Para esta variável, Barros *et al*. (2017), obtiveram SS para ‘Tainung 01’ de 12,90 e 13,20 ºBrix, no inverno e no verão respectivamente, sugerindo que as condições climáticas afetam de forma mais significativa as características químicas dos frutos.

Para o SS, foram identificados seis FMI cujos valores são estatisticamente iguais ao ‘Tainung 01’. A melhoria do teor de sólidos solúveis é um dos objetivos principais do Programa de Melhoramento Genético de Mamoeiro do Incaper (Barros *et al*., 2017), e este resultado indica que há materiais promissores, cujo valores

de SS foram iguais ao do 'Tainung 01'.

Para a FMI 16, o valor foi de 10,82 ºBrix, estatisticamente igual e numericamente superior ao observado para a testemunha. Para esta FMI, a massa de frutos foi de 0,95 kg, com espessura de polpa e firmeza iguais ao híbrido comercial, sendo, por isso, um material promissor para o mercado produtor e consumidor de mamão.

As FMI 10; 12; 13 e 14 foram iguais ao 'Tainung 01'para massa de fruto, apresentando frutos de 1,05 kg (FMI 13) a 1,39 kg (FMI 12), atendendo ao padrão de tamanho de frutos do grupo Formosa, que é de aproximadamente 1,0 a 1,5 kg. Estas FMI são as mais similares a testemunha, sendo que as FMI 10, 12 e 14 foram iguais ao híbrido comercial para seis variáveis testadas, excluindo apenas o SS. A FMI 13 foi igual ao 'Tainung 01' para todas as características avaliadas, tendo, por isso, grande possibilidade de aceitação comercial.

Tabela 2 –Análise comparativa das médias de característica de frutos obtidas por 10 famílias de meios-irmãos (FMI) e uma seleção obtida por produtores (CV250) em relação ao híbrido 'Tainung 01', considerado testemunha

Genótipos	CF* (cm)	DFMaior (cm)	EPMaior (cm)	EPMenor (cm)	MF (kg)	FIRM (N)	SS (°Brix)
FMI 1	21,11	9,66a	2,89a	2,31	0,93	49,15a	8,88a
FMI 5	20,03	9,06	2,51	2,12	0,79	40,95a	8,68
FMI 9	24,55a	8,49	2,88a	2,47a	0,96	38,75a	8,80a
FMI 10	24,18a	9,52a	3,33a	2,76a	1,10a	41,54a	7,69
FMI 12	22,44a	10,29a	2,92a	2,50a	1,39a	35,10a	7,95
FMI 13	23,28a	9,46a	2,98a	2,38a	1,05a	49,93a	9,55a
FMI 14	21,30	10,19a	3,02a	2,67a	1,07a	53,41a	8,77a
FMI 15	21,04	8,74	2,92a	2,52a	0,86	51,64a	9,76a
FMI 16	23,46a	8,70	3,22a	2,64a	0,95	42,40a	10,82a
CV250	20,44	7,98	2,73a	2,52a	0,76	56,57	8,00
Tainung 01	24,65a	10,66a	3,15a	2,69a	1,29a	36,29a	10,57a

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente da testemunha ('Tainung 01') pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. CF: Comprimento do fruto (cm); DFMaior: maior diâmetro maior do fruto (cm); EPMaior: maior espessura da polpa (cm); EPMenor: menor espessura da polpa (cm); MF: massa do fruto (kg); FIRM: firmeza do fruto (Newton); SS: teor de sólidos solúveis (°Brix).

CONCLUSÃO

- É possível obter avanços na melhoria do tamanho e da qualidade de frutos das famílias de meios-irmãos avaliadas.
- Foram observadas famílias de meios-irmãos com características de frutos muito similares ao 'Tainung 01', o que possibilita o lançamento de novas cultivares com grande aceitação do mercado.

AGRADECIMENTOS

À Fapes pelo apoio financeiro ao projeto (Edital PPE Agro 2022 – Banco de Projetos Fase II – TO Nº 235/2022) e concessão de bolsas. À Brapex (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya) e ao produtor Fernando Catellan (Fazenda São Luís).

REFERÊNCIAS

BARROS, F.L.S.; KULHCAMP. K.T.; DOUSSEAU-ARANTES, S.; MOREIRA, S.O. Productivity and quality of Formosa and Solo papaya over two harvest seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 599-606, 2017. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800005

BARROS, F.L.S.; MOREIRA, S.O.; DOUSSEAU-ARANTES, S.; SANTOS, E.P.; SILVA, I.R. Genetic diversity and selection using an ideotype in a Formosa papaya population. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 17, p. 1-14, 2023. http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v17i0.7568

CATTANEO, L.F.; COSTA, A. F.S.; SERRANO, L.A.L.; COSTA, A.N.; FANTON, C.J.; BRAVIM, A.J.B. **'Rubi Incaper 511': primeira variedade de mamão do grupo 'Formosa' para o Espírito Santo.** 1 ed. Vitória, ES: Incaper, 2010. (Incaper, Documentos 187). Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/44/1/Folder-Mamao-Rubi.pdf. Acesso em: 13 set. 2026.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Centrais de Abastecimento**: comercialização total de frutas e hortaliças de 2025, Brasília, DF, v. 9, 2026. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort. Acesso em: 10 set. 2026.

CRUZ, C.D. Genes Software extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo.** Vitória: Incaper, 2022. 172 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274340.

JESUS, O.N.; CARVALHO, F.D.; MOURA, H.C.P.; SANTANA, D.S.; FIÚZA JÚNIOR, F.J.Silva; MEISSNER FILHO, P.E. **Descritores morfoagronômicos ilustrados para a caracterização de mamoeiro (*Carica papaya* L.) e outras Caricaceae.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 161. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2026. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1188388/1/ BoletimPesquisa161-Onildo-2026-AINFO.pdf. Acesso: 13 set. 2026.

MOREIRA, S.O.; KUHLCAMP, K.T.; BARROS, F.L. de S.; ZUCOLOTO, M.; MOITINHO, A.C.R. Intrapopulation recurrent selection by mixed models in papaya of the Formosa group. **Revista Brasileira de Fruticultira**, v. 40, n. 3: (e-870), 2018. http://dx.doi.org /10.1590/0100-29452018870

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300004

SANTOS, C.E.M.; COUTO, F.A.A.; SALOMÃO, L.C.C.; CECON, P.R.; WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C.H.T. Comportamento pós-colheita de mamões Formosa 'Tainung 01' acondicionados em diferentes embalagens para o transporte. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 315-321, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200008

SOUZA, A.F.; SILVA, W.B.; G. Y.S.; SILVA, M.G.; OLIVEIRA, J.G. Fisiologia do amadurecimento de mamões de variedades comercializadas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 318-328, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-2945-215/13

COMPARAÇÃO ENTRE FAMILIAS DE MEIOS-IRMÃOS ORIUNDOS DA CULTIVAR RUBI INCAPER 511 E 'TAINUNG 01' PARA CARACTERES VEGETATIVOS

Fabíola Lacerda de Souza Barros[1]*, Conceição Aparecida Fernades[1], Fernanda Fernandes de Lima[2], Bliane Morozini Bacheti[3], Vinícius de Oliveira Goulart[4], Sarah Ola Moreira[1]

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares, ES; [2]Faculdade Anhanguera. Linhares, ES; [3]Faculdades Integradas Espírito Santenses (Faesa). Linhares, ES; [4]Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. *fabiola.barros@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mercado de cultivares de mamoeiro no Brasil possui poucos materiais genéticos disponíveis. Para o grupo Formosa, o híbrido chinês 'Tainung 01', tem boa aceitação da qualidade dos frutos, sendo o mais cultivado pelos produtores do estado do Espírito Santo e Sul da Bahia, e tem a maior representatividade nos mercados varejistas (Galeano *et al*., 2022). Mas essa boa aceitação vem sendo fragilizada por eventuais faltas de sementes no mercado, pela redução da sua uniformidade mesmo sendo semente híbrida, e pela dependência de um único material genético. Além disso, devido ao alto custo das sementes híbridas, muitos produtores utilizam sementes da geração posterior, F2, do híbrido 'Tainung 01' para renovar seus plantios, o que reduz o vigor das plantas e a qualidade dos frutos (Reis *et al*., 2015). Isso indica que a cadeia produtiva nacional necessita de alternativas, como o desenvolvimento de novas cultivares, para reduzir os seus riscos operacionais.

A cultivar Rubi Incaper 511, também do grupo Formosa, surgiu a partir de populações segregantes obtidas por meio da autofecundação do híbrido comercial 'Tainung 01'. Ela foi selecionada por apresentar características agronômicas favoráveis e boa qualidade de frutos, com a vantagem de ser possível o aproveitamento de sementes após fixadas as características de interesse (Cattaneo *et al*., 2010). Novos ciclos de avaliação, por meio de seleção recorrente de famílias de meios-irmãos, vêm sendo realizados pelo Incaper, buscando obter novas cultivares de mamoeiro.

Nestes ciclos, a avaliação do desenvolvimento vegetativo da planta vem sendo estudado como um indicativo de adaptabilidade dos materiais às condições edafoclimáticas, tendo, como consequência, uma produção mais estável. Além disso, essas características são de mais fácil mensuração e manifestam-se antes da produção de frutos, o que as torna mais indicadas para a seleção indireta em programas de melhoramento genético do mamoeiro (Oliveira *et al.*, 2010). O objetivo deste trabalho foi comparar o desenvolvimento vegetativo de famílias de meios-irmãos obtidas por seleção recorrente a partir da cultivar Rubi Incaper 511 com o híbrido 'Tainung 01'.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Jaguaré-ES (18°55'22.1" S / 39°56'13.9" W), em propriedade particular de referência na cultura (Fazenda São Luís), no período de abril de 2023 a abril de 2024. Foram testadas 10 famílias de meios-irmãos (FMI) obtidas a partir da 'Rubi Incaper 511' em 3° ciclo de seleção recorrente. Também foi utilizada uma seleção massal desta mesma cultivar, obtida empiricamente por produtores rurais da região de Linhares-ES (CV250) (Barros *et al*., 2023) e o híbrido 'Tainung 01', utilizado como testemunha.

O plantio foi realizado em espaçamento de 2,0 x 3,3 m com irrigação por gotejamento. A adubação foi baseada na análise de solo e de folhas, e de acordo como recomendado para a cultura. O manejo cultural e fitossanitário seguiu as normas de exportação.

Nesse trabalho, foram avaliados os caracteres de desenvolvimento a campo, com o período de avaliação contado a partir do plantio: altura de planta aos 6 meses (AP6, em m); diâmetro de caule aos 6 meses (DC6, em cm); altura dos primeiros frutos (A1F, em m); altura da planta aos 9 meses (AP9, em m); diâmetro do caule aos 9 meses (DC9, em cm); altura da planta aos 12 meses (AP12, em m); diâmetro do caule aos 12 meses (DC12, em cm), segundo os descritores de melhoramento para a cultura do mamoeiro (Jesus *et al.*, 2026).

O delineamento foi em blocos, com cinco repetições e pelo menos, cinco plantas por parcela (análise por média do bloco). Os dados foram avaliados quanto a normalidade das médias e da homogeneidade variâncias e submetidos a análise de variância, quando também foi estimado o coeficiente de variação genético (CVg) e a herdabilidade no sentido amplo (H^2). Posteriormente, cada tratamento foi comparado com a testemunha ('Tainung 01') por meio do teste Dunnett a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do Programa Genes (Cruz, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis foram significativas, indicando que há variabilidade entre os genótipos avaliados. O coeficiente de variação variou entre 4,55% (DC9) e 15,58% (A1F), indicando boa precisão experimental. Isto resultou em altos coeficientes de herdabilidade, ou coeficiente de determinação genotípico, entre 70% (AP9) e 87,70% (DC12), desta forma, grande parte dos resultados obtidos são de origem genética e, consequentemente, levados para os próximos ciclos de seleção. O índice de variação genético (CVg/CVe) foi superior a 1,0 para DC9, AP12 e DC12, indicando que, para estas variáveis, a variabilidade genética foi superior a variação ambiental, e desta forma, é possível ter ganhos genéticos com a seleção. Para AP6 e A1F, o índice de variação foi próximo a unidade, o que também indica uma situação favorável (Tabela 1).

O híbrido 'Tainung 01' teve altura 2,05 m aos 6 meses, chegando a 3,22 m aos 12 meses; o diâmetro do caule foi de 11,85 cm (6 meses) a 16,34 (12 meses) (Tabela 2). A altura de inserção do primeiro fruto foi

de 1,01 m. Cattaneo *et al*. (2010) relataram, para 'Tainung 01' aos 8 meses após o plantio, altura do primeiro fruto de 1,02 m e altura de planta de 1,65 m e diâmetro do caule de 11,0 cm. Desta forma, neste trabalho as plantas estão mais altas, mas mantendo as outras variáveis com valores muito próximos.

Tabela 1 – Análise de variância, estatística descritiva e parâmetros genéticos de sete características de planta avaliadas em genótipos de mamoeiro do grupo Formosa

	GL	AP6 (m)	DC6 (cm)	A1F (m)	AP9 (m)	DC9 (cm)	AP12 (m)	DC12 (cm)
Blocos	4	0,03	0,55	0,04	0,04	0,13	0,07	0,13
Tratamentos	10	0,24*	2,02*	0,08*	0,15*	2,35*	0,28*	4,50*
Resíduo	40	0,04	0,47	0,01	0,04	0,36	0,04	0,55
Média		1,71	11,30	0,74	2,39	13,11	3,01	14,86
Limite inferior		1,19	9,40	0,32	1,83	10,86	2,41	12,55
Limite superior		2,21	12,69	1,13	2,90	15,03	3,71	17,55
CV (%)[1]		12,07	6,05	15,58	8,78	4,55	6,87	5,01
CVg (%)		11,45	4,93	15,22	6,00	4,82	7,23	5,98
CVg/CVe		0,95	0,81	0,98	0,68	1,06	1,05	1,19
H^2 (%)		81,80	76,83	82,67	70,00	84,87	84,70	87,70

CV (%): Coeficiente de variação; CVg: coeficiente de variação genotípico; CVg/CVe: índice de variação genética; H^2: coeficiente de determinação genotípico. AP6: Altura da planta aos 6 meses (m); DC6: Diâmetro do caule aos 6 meses (cm); A1F: Altura dos primeiros frutos (m); AP9: Altura da planta aos 9 meses (m); DC9: Diâmetro do caule aos 9 meses (cm); AP12: Altura da planta aos 12 meses (m); DC12: Diâmetro do caule aos 12 meses (cm). *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A análise comparativa dos genótipos avaliados em relação à 'Tainung 01' indicou que existem genótipos muito próximos a este híbrido comercial. A FMI 1 e FMI 10 são iguais à testemunha para seis das sete variáveis analisadas. A FMI 1 se difere por ter menor altura de inserção do primeiro fruto, que é positivo para as operações de colheita, apesar de Silva *et al*. (2016), descrever que não há correlação dessa característica e produtividade; e a FMI 10 por ter menor diâmetro do caule aos 12 meses (Tabela 2), que a deixa em desvantagem, pois, segundo Santos (2025), existe correlações positivas e significativas entre o diâmetro do caule e variáveis ligadas à produtividade, como número de frutos por planta e produção total. Desta forma, é preciso avaliar com cautela os indivíduos mais discrepantes da FMI 10, e se essas características serão suficientes para torna-las diferentes ao híbrido ´Tainung 01' quanto ao padrão e produtividade de frutos, características que promoveram a sua grande aceitação entre produtores e comércio varejista.

Por outro lado, as FMI 5 e FMI 13 foram as mais discrepantes, e inferiores, à testemunha, tendo apenas duas características iguais a 'Tainung 01': DC6 e DC9 para FMI 5; e AP6 e AP9 para FMI 13 (Tabela 2). Por ter valores inferiores, estas famílias possuem porte mais baixos, o que pode ser favorável, caso a produtividade destes materiais seja alta. Plantas mais baixas favorecem as atividades de manejo e colheita, barateando o custo de produção e reduzindo os riscos operacionais. No entanto, Oliveira *et al*. (2010), observaram que a altura de

plantas tem efeito direto e positivo para maior número de frutos. Assim, a FMI 5 pode indicar ser menos produtiva que o 'Tainung 01', ou, pelo menos, que seus frutos não terão o mesmo padrão morfológico.

Tabela 2 - Análise comparativa das médias de características vegetativas obtidas por 10 Famílias de meios-irmãos (FMI) e uma seleção obtida por produtores (CV250) em relação ao híbrido 'Tainung 01', considerado testemunha

Genótipos	AP6* (m)	DC6 (cm)	A1F (m)	AP9 (m)	DC9 (cm)	AP12 (m)	DC12 (cm)
FMI 1	2,00a	12,32a	0,78	2,55a	13,27a	3,28a	16,35a
FMI 5	1,51	11,49a	0,54	2,05	13,37a	2,62	14,82
FMI 9	1,80a	11,95a	0,73	2,12	13,52a	2,70	15,10a
FMI 10	2,00a	11,44a	0,87a	2,46a	13,58a	3,29a	14,56
FMI 12	1,55	10,68a	0,66	2,39a	12,69	2,86a	14,23
FMI 13	1,69a	10,46	0,74	2,33a	12,21	2,80	13,49
FMI 14	1,48	11,37a	0,70	2,37a	14,03a	3,13a	15,52a
FMI 15	1,60a	10,29	0,71	2,40a	11,76	2,93a	13,59
FMI 16	1,56	11,00a	0,64	2,44a	12,86a	3,08a	14,56
CV250	1,60a	11,42a	0,79	2,58a	13,16a	3,15a	14,84
'Tainung 01'	2,05a	11,85a	1,01a	2,56a	13,82a	3,22a	16,34a

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente da testemunha ('Tainung 01') pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. AP6: Altura da planta aos 6 meses (m); DC6: Diâmetro do caule aos 6 meses (cm); A1F: Altura dos primeiros frutos (m); AP9: Altura da planta aos 9 meses (m); DC9: Diâmetro do caule aos 9 meses (cm); AP12: Altura da planta aos 12 meses (m); DC12: Diâmetro do caule aos 12 meses (cm).

CONCLUSÃO

- As famílias de meios-irmãos avaliadas possuem variabilidade genética que pode ser utilizada nos processos de seleção.
- As famílias de meios-irmãos 1 e 10 possuem arquitetura de planta iguais ao híbrido 'Tainung 01'.
- As famílias 5 e 13 possuem porte mais baixo que o 'Tainung 01', o que pode favorecer as operações de colheita.

AGRADECIMENTOS

À Fapes pelo apoio financeiro ao projeto (Edital PPE Agro 2022 – Banco de Projetos Fase II – TO Nº 235/2022) e concessão de bolsas. À Brapex (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya) e ao produtor Fernando Catellan (Fazenda São Luís).

REFERÊNCIAS

BARROS, F.L.S.; MOREIRA, S.O.; DOUSSEAU-ARANTES, S.; SANTOS, E.P.; SILVA, I.R. Genetic diversity and selection using an ideotype in a Formosa papaya population. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 17, p. 1-14, 2023.

http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v17i0.7568

CATTANEO, L.F.; COSTA, A. F.S.; SERRANO, L.A.L.; COSTA, A.N.; FANTON, C.J.; BRAVIM, A.J.B. **'Rubi Incaper 511': primeira variedade de mamão do grupo 'Formosa' para o Espírito Santo.** 1 ed. Vitória, ES: Incaper, 2010. (Incaper, Documentos 187). Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/44/1/Folder-Mamao-Rubi.pdf. Acesso em: 13 set. 2026.

CRUZ, C.D. Genes Software extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo.** Vitória: Incaper, 2022. 172 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274340.

JESUS, O.N.; CARVALHO, F.D.; MOURA, H.C.P.; SANTANA, D.S.; FIÚZA JÚNIOR, F.J.S.; MEISSNER FILHO, P.E. **Descritores morfoagronômicos ilustrados para a caracterização de mamoeiro (*Carica papaya* L.) e outras Caricaceae.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 161. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2026. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1188388/1/ BoletimPesquisa161-Onildo-2026-AINFO.pdf. Acesso: 13 set. 2026.

OLIVEIRA, E.J.; LIMA, D.S.; LUCENA, R.S.; MOTTA, T.B.N.; DANTAS, J.L.L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800011

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300004

SANTOS, L. P. **Correlações do diâmetro do caule e da altura de inserção do primeiro fruto com o rendimento de frutos de mamoeiro no Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2025. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63). e-ISSN 2965-7490. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia. embrapa.br/infoteca/handle/doc/1182618.

SILVA, C.A.; SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S.; CATTANEO, L.F.; FERREIRA, J.P.; NASCIMENTO, A.L. Correlações fenotípicas e análise de trilha em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016. DOI: https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3021

ENTOMOLOGIA

NOVO REGISTRO DA COCHONILHA *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (HEMIPTERA: ORTHEZIIDAE) EM MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) NO BRASIL

David dos Santos Martins[1]*, Tiago Morales-Silva[1], Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti[2], Mark Paul Culik[1], José Aires Ventura[1], José Salazar Zanuncio Junior[1]

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Vitória, ES; [2]Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP. *davidentomol@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), originário das regiões tropicais nas Américas, é uma das fruteiras mais cultivadas no mundo em regiões tropicais e subtropicais, estendendo-se desde a latitude de 32° Norte até 32° Sul (Alves, 2003), com a produção concentrada em países como Índia, República Dominicana, México, Brasil, Indonésia e Nigéria, que são os maiores produtores (FAO, 2026).

O Brasil destaca-se no cenário internacional como o quarto maior produtor e o segundo maior exportador de mamão, respondendo por 7,8% da produção e 11,2% da exportação mundial em 2024 (FAO, 2026). O mamão é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, mas os principais polos de produção da fruta estão localizados nos estados do Espírito Santo e Bahia, com aproximadamente, 56% da área plantada e 62% da produção nacional, em 2024, seguidos de Rio Grande do Norte, Ceará e Minas Gerais (IBGE, 2026).

Dentre os fatores que interferem na produção do mamoeiro, as pragas destacam-se por reduzir a produtividade e a qualidade dos frutos. Existe um grande número de insetos associados ao mamoeiro, mas apenas algumas espécies são consideradas de importância para a cultura. Entre elas, encontram-se as cochonilhas (Hemiptera: Coccoidea), importante grupo de pragas que por apresentar grande potencial biótico e de dispersão nas áreas de produção, pode causar sérios prejuízos se medidas de controle não forem aplicadas.

As cochonilhas são insetos fitófagos de ampla distribuição geográfica e possuem grande número de plantas hospedeiras. Os danos causados por esses insetos podem provocar amarelecimento das folhas, desfolha e redução do vigor da planta e da qualidade dos frutos, diminuindo a produtividade e o valor comercial das culturas. Além dos danos diretos às plantas, a substância açucarada (*honeydew*) excretada por muitas espécies de cochonilhas serve de substrato para o desenvolvimento de fungos da família Capnodiaceae, com destaque para o gênero *Capnodium*, causadores da fumagina, que, ao revestir as folhas, os ramos e os frutos com seu micélio de cor negra, influenciam no processo fotossintético e respiratório das plantas. Algumas cochonilhas também são consideradas pragas de importância quarentenária e afetam a comercialização de produtos *in natura* (Martins *et al*., 2014; 2016; 2024).

Em nível mundial, 60 espécies de cochonilhas já foram registradas em mamoeiro; destas, 35 ocorrem

no Brasil, mas apenas oito já foram registradas nessa cultura no país: *Coccus hesperidum* L. (Coccidae); *Conchaspis angraeci* Cockerell (Conchaspididae); *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Aonidiella comperei* McKenzie, *Morganella longispina* (Morgan) e *Selenaspidus articulatus* (Morgan) (Diaspididae); e *Dysmicoccus grassii* (Leonardi) e *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Pseudococcidae) (Culik *et al*., 2003, 2006, 2007; Martins *et al*., 2004, 2014; García Morales *et al*., 2026). A espécie *A. comperei* tem sido considerada a cochonilha-praga mais importante do mamoeiro nas principais regiões produtoras dessa cultura no Brasil, nas áreas dos estados do Espírito Santo, Bahia e Rio Grande do Norte (Martins *et al*., 2004; 2014; Martins, 2007).

Este trabalho teve o objetivo de registrar uma nova ocorrência da cochonilha *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae) em mamoeiro no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de frutos de mamão infestados com cochonilhas foram coletadas em agosto de 2025, em uma área comercial de produção da cv. Aliança da empresa Frutmel Frutas Ltda., localizada no distrito de São Rafael, município de Linhares, Norte do estado do Espírito Santo, nas coordenadas geográficas 19°21’36,5” S / 40°11’17,8” W, e altitude de 62 m. Segundo a classificação de Köppen, essa região apresenta clima do tipo Awi, caracterizado como quente e úmido, com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno (Álvares *et al*., 2013), com índice pluviométrico anual em torno de 1.150 mm a 1.280 mm e temperatura média anual de 23,9 °C, com médias mensais máxima de 26,2 °C e mínima de 21,2 °C.

A identificação morfológica preliminar das cochonilhas foi realizada no Laboratório de Entomologia e Controle Biológico do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Norte (CPDI Norte) do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), mediante observação dos caracteres externos dos espécimes em estereomicroscópio trinocular Biofocus, modelo ECZ-BLACK-TRI-180-L-BI, com aumento de 20×, e posteriormente confirmada, pelo terceiro autor deste trabalho, no Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas amostras analisadas, todos os espécimes encontrados no mamão foram identificados como da espécie *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (sin. *Orthezia praelonga* Douglas, 1891). Esta espécie de cochonilha é altamente polífaga com mais de 182 espécies hospedeiras distribuídas em 50 famílias de plantas (Szita, 2022). Alimenta-se das partes aéreas das plantas, principalmente da face inferior das folhas, tendo entre suas principais espécies hospedeiras diversas plantas cultivadas, ornamentais e plantas medicinais (Szita, 2022).

Praelongorthezia praelonga é uma espécie neotropical, atualmente restrita, em grande parte, à América Central, à América do Sul e à região do Caribe, com ocorrência também nas regiões biogeográficas

Neártica (México) e Afrotropical (República do Congo e República Democrática do Congo), mas apresenta potencial para se tornar invasora caso seja introduzida acidentalmente em outras partes do mundo com condições climáticas favoráveis (Kondo *et al*., 2013). A introdução acidental em novos países ocorre, aparentemente, por meio de material de plantio infestado (Szita, 2022).

No Brasil, *P. praelonga* apresenta-se distribuída nas regiões Norte (Amapá, Amazonas, Pará), Nordeste (Bahia, Maranhão, Pernambuco), Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul) (Peronti, 2026). No estado do Espírito Santo, esta espécie já foi constatada nos municípios de Barra de São Francisco, Boa Esperança, Colatina, Linhares, Nova Venécia, Santa Teresa e São Gabriel da Palha em *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, e em Vitória, em *Citrus* sp., *Schefflera* sp. e *Tabebuia* sp. (Martins *et al*., 1989; Culik *et al*., 2007). É um dos insetos mais importantes associados às culturas de *Citrus*, causando prejuízos significativos por todo o país onde são cultivadas.

As fêmeas de *P. praelonga* são ápteras e quando desenvolvidas medem cerca de 2,5 mm. Possuem o corpo coberto por placas de cera branca, em que frequentemente, o dorso da fêmea adulta é totalmente recoberto por cera branca muito frágil, apresentando apenas faixa estreita e sem cera, de coloração verde-amarelada escura, mais ou menos distinta, próxima a cada margem, separando as placas dorsais das marginais. O dorso é bastante ornamentado, com aspecto estriado formado por duas fileiras de secreções cerosas. Na parte posterior do corpo são encontrados diversos bastonetes de cera alongados que se unem para formar o ovissaco, cujo tamanho chega a medir até 6 mm. É no interior deste ovissaco que as fêmeas adultas alojam os ovos e as ninfas recém-eclodidas (Szita, 2022). Tanto as fêmeas como as ninfas nos três estágios ninfais são providas de três pares de pernas, o que lhes permite a movimentação na planta hospedeira. O número de gerações por ano varia de 5,0 a 6,6 dependendo do hospedeiro, e as gerações comumente se sobrepõem. As populações de *P. praelonga* atingem seus níveis mais altos nos meses mais frios e secos do ano, quando há baixa precipitação e baixa umidade relativa. As fêmeas apresentam ciclo de vida de até 90 dias e elevado potencial biótico, podendo cada fêmea colocar de 85 a 106 ovos durante sua vida (Kondo *et al*., 2013; Szita, 2022).

A constatação do mamoeiro como hospedeiro de *P. praelonga* no Brasil antes deste registro é discutível. Nos estudos encontrados na literatura que contemplam levantamentos de cochonilhas em mamoeiro, a espécie *P. praelonga* não foi encontrada (Culik *et al*., 2003; 2006; 2007; Martins *et al*. 2004; 2014). Mesmo no estudo mais abrangente e específico realizado com cochonilhas no mamoeiro no Brasil, em lavouras comerciais das principais regiões produtoras de mamão (Norte do Espírito Santo, Sul da Bahia, Litoral do Rio Grande do Norte, Chapada do Apodi no Rio Grande do Norte, Baixo Acaraú no Ceará e regiões de Minas Gerais e Paraíba), no qual foram coletadas 236 amostras infestadas em 38 municípios dos seis estados, também não foi encontrada *P. praelonga* no mamoeiro (Martins *et al*., 2014). Os relatos na literatura sobre a associação de *P. praelonga* com o mamoeiro são encontrados principalmente em trabalhos sobre esta praga na cultura de *Citrus* (Robbs, 1951, Benvenga *et al*., 2011, Kondo *et al*., 2013) e no café conilon (Martins *et al*., 1989), os quais apenas mencionam o mamoeiro como um dos hospedeiros alternativos desta espécie. O Quarto Catálogo dos Insetos que Vivem nas Plantas do Brasil (Silva *et al*., 1968), obra que reuniu os registros existentes de

espécies e seus hospedeiros na literatura entomológica brasileira, de 1936 a 1962, não cita o mamoeiro como hospedeiro de *P. praelonga*. Essa associação também não é relatada no banco de dados internacional (http://scalenet.info) específico sobre as cochonilhas no mundo (Garcia Morales *et al*., 2026), que contempla informações sobre 553 espécies de cochonilhas registradas no Brasil. Portanto, é provável que este registro seja a primeira comprovação documentada e específica do mamoeiro como hospedeiro de *P. praelonga*.

Neste novo registro de *P. praelonga* no mamoeiro é mostrado a ocorrência de fêmeas e ninfas em diferentes estágios de desenvolvimento e a presença da fumagina nos frutos que surge pelo crescimento de fungos sobre as substâncias açucaradas excretadas pelas cochonilhas durante a alimentação (Figura 1).

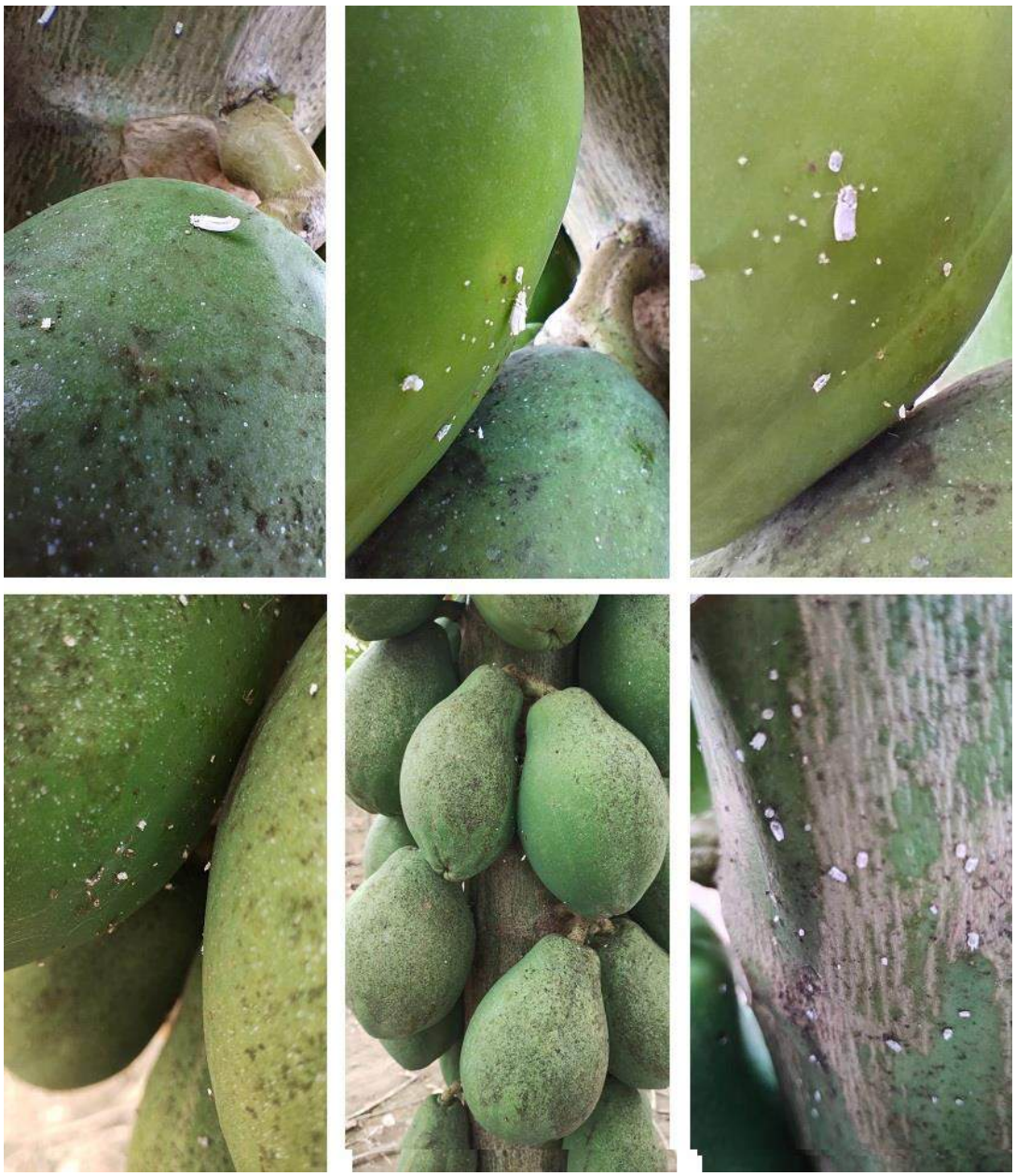


Figura 1 – Ocorrência da cochonilha *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae) em frutos e caule do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo, Brasil.

CONCLUSÕES

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) foi comprovado como hospedeiro da cochonilha *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae). Com este novo registro, o mamoeiro passa a ser hospedeiro de nove espécies confirmadas de cochonilhas no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Inovagro da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag-ES) pelo apoio financeiro; à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor; à Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex) e sua empresa associada Frutmel Frutas Ltda., pela disponibilização da lavoura de mamão onde a espécie da cochonilha foi coletada.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ALVES, F.L. A cultura do mamão *Carica papaya* no mundo, no Brasil e no estado do Espirito Santo. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (eds.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitoria, ES: Incaper, 2003. p. 13-34.

BENVENGA, S.R., GRAVENA, S., SILVA, J.L., ARAUJO JUNIOR, N.; AMORIM, L.C.S. Manejo prático da cochonilha ortézia em pomares de citros. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 32, n. 1, p. 39-52, 2011.

CULIK, M.P.; MARTINS, D.S.; GULLAN, P.J. First records of two mealybug species in Brazil and new potential pests of papaya and coffee. **Journal of Insect Science**, 6: 1-6, 2006. DOI: https://doi.org/10.1673/2006_06_23.1

CULIK, M.P.; MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A. **Índice de artrópodes pragas do mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. Vitória: Incaper, 2003. 48 p.

CULIK, M.P.; MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; PERONTI, A.B.G.; GULLAN, P.J.; KONDO, T. Coccidae, Pseudococcidae, Ortheziidae, and Monophlebidae (Hemiptera: Coccoidea) of Espírito Santo, Brazil. **Biota Neotropica**, 7: 61-65, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000300006

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: crops and livestock products; trade: crops and livestock products. Rome: FAO, 2026. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 26 ago. 2026.

GARCÍA MORALES, M.; DENNO, B.D.; MILLER, D.R.; MILLER, G.L.; BEN-DOV, Y.; HARDY. N.B. **ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics**. Database. 2016. DOI: https://doi.org/10.1093/database/bav118. Disponível em: <http://scalenet.info>. Acesso em: 26 ago. 2026.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-

municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html. Acesso em: 12 ago. 2026.
KONDO, T.; PERONTI, A.L.; KOZÁR, F.; SZITA, É. The citrus orthezia, *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae), a potential invasive species. Capter 17. In: PEÑA, J.E. (ed.). **Potential invasive pests of agricultural crops**. CABI Digital Library, 2013. pp. 301-319.

MARTINS, D.S. Cochonilhas do mamoeiro: espécies, comportamento de infestação, parasitismo, plantas hospedeiras e controle químico e hidrotérmico. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.N.; COSTA, A.F.S. (Eds.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão.** Vitória, ES: Incaper, 2007. p.131-147.

MARTINS, D.S.; CULIK, M.P.; WOLFF, V.R.S. New record of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) as pests of papaya in Brazil. **Neotropical Entomology**, 33: 655-657, 2004.

MARTINS, D.S.; PAULINI, A. E.; GALVÃO, M. M. **Incidência de *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 em café Conilon no Espírito Santo**. Vitória: Emcapa; Emater-ES, 1989. 18p. (Articulação Pesquisa- Extensão, 9).

MARTINS, D. S.; FORNAZIER, M. J.; CULIK, M. P.; VENTURA, J. A.; FERREIRA, P. S. F.; ZANUNCIO, J. C. Scale insect (Hemiptera: Coccoidea) pests of papaya (*Carica papaya*) in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, p. 1-8, 2014; DOI: https://doi.org/10.1093/aesa/sau010

MARTINS, D.S.; FORNAZIER, M.J.; FANTON, C.J.; QUEIROZ, R.B.; ZANUNCIO JUNIOR, J.S. Pragas do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 37, n. 293, p. 30-42, 2016.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A; FERREGUETTI, G.A; MARIN, S.L.D. Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro. Vitoria: Incaper, 2024. 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487.

PERONTI, A.L.B.G. Ortheziidae. In: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Disponível em: http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2026. 39405. Acesso em: 27 ago. 2026.

Robbs, C.F. Principais cochonilhas das plantas cítricas na Baixada Fluminense. **Boletim do Campo**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 5-13, 1951.

SILVA, A.G.A.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**: seus parasitos e predadores. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 4 v. em 4 t.

SZITA, É. Citrus orthezia *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Coccomorpha: Ortheziidae). Capter 3. In: KONDO, T.; WATSON, G.W. (ed.). **Encyclopedia of scale insect pests**. Boston, MA, USA: CAB International, 2022. p. 57-60.

OCORRÊNCIA DE DÍPTEROS EM SALA DE EMBALAGEM DE MAMÃO (*Carica papaya* L.) EM LINHARES, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Rafael Zucateli da Vitoria[1]*, Luis Henrique Zatta de Lima[1], Adilson Jovanino Teixera Júnior[1]

[1]Interfruit Alimentos Ltda., Matriz. Linhares, ES. *gerentequalidade@papaya.com.br

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o quarto maior produtor mundial de mamão, atrás da Índia, República Dominicana e Malásia, com produção 1,15 milhão de toneladas, equivalente a 7,8% da oferta mundial. É o segundo maior exportador da fruta, com receita de US$ 58,09 milhões e volume de 43,99 mil toneladas exportadas em 2024, correspondentes a 16,6% do valor e 11,0% do volume comercializados mundialmente, respectivamente (FAO, 2026). O mamão é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros. Em 2024, os principais produtores foram o Espírito Santo e Bahia, seguidos do Rio Grande do Norte, Ceará e Minas Gerais (IBGE, 2025).

O mamão é a principal fruta de exportação do Espírito Santo, maior produtor e exportador brasileiro dessa fruta. Em 2025 a produção estadual foi de 398,1 mil toneladas, correspondentes a 34,6% da produção nacional, em uma área de 6.749 ha, com produtividade média de 59 t/ha/ano, uma das mais elevadas do país. Desse total produzido, o estado exportou 22,2 mil toneladas equivalentes a 43,1% do volume exportado pelo Brasil, gerando receita de US$ 32,3 milhões (Agrostat, 2026).

No Espírito Santo, o cultivo do mamoeiro concentra-se na região Norte, cujas condições edafoclimáticas favorecem o desenvolvimento da cultura e sua exploração econômica. Os principais municípios produtores são: Pedro Canário, Linhares, Montanha, São Mateus, Sooretama, Jaguaré, Vila Valério, Aracruz e Ponto Belo (Galeano *et al*, 2024; Martins *et al*., 2024).

Entre as empresas que reralizam embalagem de mamão para exportação, está a Interfruit Alimentos Ltda., fundada em 1996 pela família Caldara, A empresa atua nos mercados nacional e internacional, atende dezenas de países e comercializa centenas de toneladas de mamão por mês, com foco no mercado europeu.

Diptera é uma das ordens de insetos com maior número de espécies, presentes em uma ampla variedade de habitats, incluindo espécies cosmopolitas (Brito *et al*., 2008). A capacidade de voo, favorece a dispersão de algumas espécies de moscas (Diptera: Brachycera). Esta peculiaridade, aliada a alta prolificidade e acesso a ambientes contaminados por micro-organismos, caracteriza os as moscas como potenciais veiculadores de mais de 200 patógenos, incluindo vírus, bactérias, fungos, protozoários e ovos de helmintos (Nazni *et al*., 2005). O contato desses insetos com materiais contaminados pode favorecer a veiculação de micro-organismos em unidades de beneficiamento e embalagem de frutas (*packing houses*), a presença de moscas representa uma

preocupação sanitária pelo potencial de contaminação de alimentos e do ambiente.

O monitoramento desses insetos em ambientes de beneficiamento, processamento e embalagem de frutos, permite acompanhar a variação nas capturas e subsidiar, quando necessário a adoção de estratégias de manejo, como adequações estruturais, instalação de equipamentos de captura e outras medidas de controle.

Diante da importância da cultura do mamão e dos possíveis problemas sanitários associados à presença de dípteros, este trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência desses insetos na sala de embalagem de mamão da Interfruit Alimentos Ltda., visando subsidiar estratégias de controle e prevenção de infestações.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na sala de embalagem da *packing house* da Interfruit Alimentos Ltda., em Linhares, Espírito Santo (19°23'28.59" S; 40°-3'40.99" O). As coletas ocorreram de 12 de junho a 24 de agosto de 2026, totalizando 11 coletas semanais. Foram utilizadas duas armadilhas-luminosas do tipo arandela, de cor branca, com placas adesivas de 45 cm × 22 cm, instaladas a 1,5 m de altura (Figura 1). Os dípteros capturados foram contados e removidos semanalmente, as placas adesivas trocadas mensalmente, e os dados foram registrados por data e-armadilha (1 ou 2).

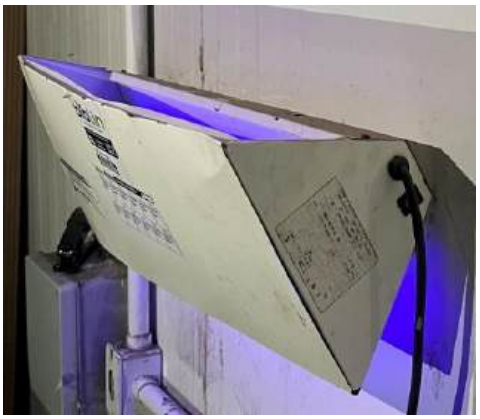


Figura 1 – Armadilha luminosa do tipo arandela de cor branca, com placa adesiva 45 cm × 22 cm.

As armadilhas foram instaladas na sala de embalagem, a 10 m de distância uma da outra. A armadilha 1 foi posicionada próxima à porta do setor de montagem de caixas de papelão, e a armadilha 2, em uma posição mais interna, próxima à porta da câmara fria de estocagem de frutos.

A contagem foi restrita aos representantes de Brachycera (moscas-*em sentido amplo*), excluindo-se os demais dípteros, tradicionalmente agrupados em Nematocera. Para a identificação, foi utilizada a chave dicotômica do Insetário da Ilha (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 11 coletas semanais, foram capturados 144 dípteros na sala de embalagem de mamão: 87 na armadilha 1 e 57 na armadilha 2 (Tabela 1).

A armadilha 1 capturou 30 indivíduos a mais que a armadilha 2 no período avaliado. A maior parte dessa diferença ocorreu na primeira coleta, quando foram registrados 33 indivíduos na armadilha 1 e oito na armadilha 2, uma diferença de 25 indivíduos. A proximidade da armadilha 1 à porta do setor de montagem de caixas, com circulação de funcionários, pode ter contribuído para esse resultado. Entretanto, o estudo não permite estabelecer uma relação causal entre a posição das armadilhas e o número de capturas. A capacidade de voo e de dispersão das moscas favorece a busca por condições ambientais e recursos alimentares adequados (Triplehorn e Johnson, 2011). Nesse contexto, a proximidade das armadilhas a possíveis pontos de entrada dos insetos merece investigação em estudos futuros.

Tabela 1 – Número de dípteros capturados semanalmente em duas armadilhas luminosas tipo arandela em sala de embalagem de mamão em Linhares-ES

Semana	Armadilha 1	Armadilha 2	Total Semanal
1	33	8	41
2	8	2	10
3	3	3	6
4	1	2	3
5	7	11	18
6	11	8	19
7	4	5	9
8	6	7	13
9	7	3	10
10	3	3	6
11	4	5	9
Total	87	57	144

A primeira coleta apresentou a maior diferença no número de capturas entre as armadilhas (Figura 2). Nas coletas seguintes, os valores foram mais próximos, embora tenham ocorrido oscilações ao longo do período. A captura de dípteros nas duas posições indica sua presença nos pontos monitorados, mas não permite concluir que os insetos se distribuíram uniformemente por toda a sala.

O maior número de capturas na primeira coleta, especialmente na armadilha 1, pode estar relacionado à presença de insetos no ambiente antes do início do monitoramento. Condições externas, como a pluviosidade e a disponibilidade de matéria orgânica em decomposição nas proximidades, também podem ter contribuído para a variação nas capturas. Essas hipóteses, contudo, não podem ser confirmadas com os dados apresentados. Segundo Linhares (1979), a abundância de dípteros pode variar em função da disponibilidade de recursos atrativos, como carcaças, lixo urbano e vegetais em decomposição.

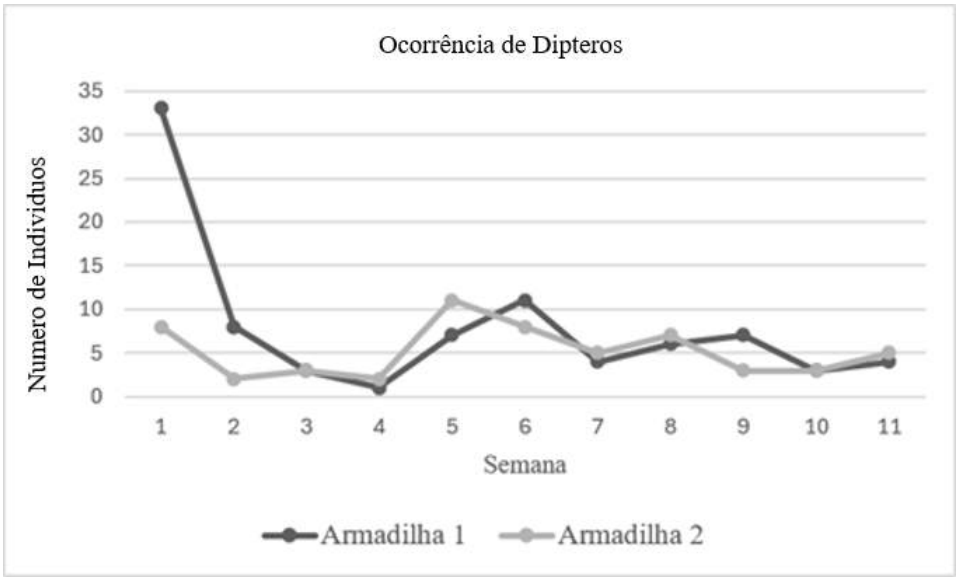


Figura 2 – Número de dípteros capturados em duas armadilhas luminosas do tipo arandela, em sala de embalagem de mamão, de 12 de junho a 24 de agosto de 2026.

A captura de dípteros em todas as semanas avaliadas reforça a importância de manter o monitoramento e de avaliar a necessidade de intervenções para reduzir sua ocorrência na sala de embalagem. A identificação dos exemplares em nível de família e, quando possível, de espécie é necessária para caracterizar os grupos presentes e subsidiar a avaliação de seu potencial de contaminação.

Embora não tenha sido realizada a identificação de todos os exemplares em nível de espécie, não foram registrados indivíduos de *Ceratitis capitata* (Wied.) ou de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) entre os insetos capturados. As moscas-das-frutas são pragas-alvo do protocolo de medidas integradas de mitigação do risco de infestação de frutos (*systems approach*) no Programa de Exportação do Mamão Brasileiro para os Estados Unidos (Brasil, 2008, 2016). A ausência de registros nas armadilhas utilizadas, contudo, não permite afirmar a ausência desses insetos na unidade de embalagem.

CONCLUSÃO

- As armadilhas luminosas do tipo arandela capturaram dípteros na sala de embalagem de mamão;
- foram registrados dípteros nos dois pontos monitorados, com maior número acumulado de capturas na armadilha 1;
- os dípteros ao entrar na casa de embalagem eles se espalham e ocupam todo o ambiente;
- a captura de dípteros ao longo de todo o período avaliado reforça a importância do monitoramento contínuo e da adoção de medidas de manejo para reduzir sua ocorrência na sala de embalagem.

AGRADECIMENTOS

À Interfruit Alimentos Ltda., pela disponibilização das armadilhas e da sala de embalagem para a realização do estudo.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Agrostat Brasil**: sistema de estatísticas de comércio exterior do agronegócio. Brasília, DF: Mapa, 2026. Disponível em: https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm. Acesso em: 12 ago. 2026.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Critérios e procedimentos para aplicação de medidas integradas em um enfoque de sistema de manejo de risco das pragas *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*, no âmbito do Programa de Exportação de Mamão (*Carica papaya*) do Brasil para os Estados Unidos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. **Instrução Normativa nº 5**, de 22 de janeiro de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 jan. 2008. Seção 1, p.4.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Plano de Trabalho Operacional para o Programa de Exportação de Mamão do Brasil para os Estados Unidos**. 06 de outubro de 2016. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/ exigencias-fitossanitarias/Programa_de_Export_de_Mamao_do_Brasil_para_os_EUA___Assinado.pdf. Acesso em: 05 jul. 2024.

BRITO, L.G.; OLIVEIRA, M.C.S.; GIGLIOTI, R.; BARBIERI, F.S.; SILVA NETO, F.G.; CHAGAS, A.C.S.; CELESTINO, O.O. **Manual de identificação, importância e manutenção de colônias estoque de dípteras de interesse veterinário em laboratório**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 30 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 125).

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: crops and livestock products; trade: crops and livestock products. Rome: FAO, 2026. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/. Acesso em: 12 set. 2026.

GALEANO, E.A.V.; PADOVAN, M.P.; FIGUEIREDO, M.R.P.; TAKEMOTO, A.C.K.K.; MAIOLI, H.R.O. **Desempenho da produção agropecuária no Espírito Santo de 2010 a 2022**. Vitória, ES: Incaper, 2024. 148 p. (Documentos, 311).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html. Acesso em: 12 set. 2026.

INSETÁRIO DA ILHA. **Chave para identificação de ordens**. Breves: Universidade Federal do Pará, 2012. Disponível em: https://www.insetariodailha.ufpa.br/chave-para-identificação-de-ordem

LINHARES, A.X. **Sinantropia de dípteros muscóides de Campinas**. 1979. 129 f. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2024. 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/4777/1/Livro-Recomendacoes-Tecnicas-Cultivo-Mamoeiro-Incaper.pdf

NAZNI, W.A.; LUKE, H.; WAN ROZITA, W.M.; ABDULLAH, A.G.; SA'DIYAH.; AZAHARI, A.H.; ZAMREE, I.; TAN, S.B.; LEE, H.L.; SOFIAN, M.A. Determination of the flight range and dispersal of the house fly, *Musca domestica* (L.) using mark release recapture technique. **Tropical Biomedicine** v. 22, p. 53–61, 2005.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

FITOPATOLOGIA

BACTÉRIAS NATIVAS COMO AGENTES DE BIOCONTROLE DE *Colletotrichum fructicola* EM FRUTOS DE MAMÃO

Elaine Cruz de Jesus[1]*, Amanda Azevedo Bertolazi[1], Flavio Alves da Silva[1], Marlon Luiz Guimarães Souza[1], Eduardo Scopel Gabriel Rodrigues Duarte[1], Alessandro Coutinho Ramos[1]

[1]Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia, Universidade Vila Velha (UVV), Vila Velha, ES.
*elainecruzdejesus@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) possui elevada importância econômica e social. Em 2022, o Espírito Santo produziu aproximadamente 426,6 mil toneladas da fruta, correspondentes a 38,51% da produção nacional, e manteve posição de destaque nas exportações brasileiras (SEAG, 2023; SEAG, 2024). Entretanto, doenças pós-colheita reduzem a qualidade, a vida útil e o valor comercial dos frutos (Galeano *et al*., 2022).

Entre essas doenças, destaca-se a antracnose, associada a espécies do gênero *Colletotrichum*, incluindo *Colletotrichum fructicola*. O patógeno pode permanecer quiescente após a infecção no campo e retomar o desenvolvimento durante o amadurecimento, formando lesões necróticas, arredondadas e deprimidas (Andrade; Vieira, 2016; Vieira *et al*., 2022). O manejo convencional inclui fungicidas, cujo uso frequente amplia as preocupações com resíduos, impactos ambientais e seleção de populações menos sensíveis.

Bactérias antagonistas constituem uma alternativa para complementar o manejo da doença, pois podem competir por nutrientes e espaço, formar biofilmes e produzir metabólitos antimicrobianos e enzimas hidrolíticas (Bonaterra *et al*., 2022; Dimkić *et al*., 2022). Assim, objetivou-se avaliar bactérias obtidas da rizosfera de cafeeiros e plantas daninhas no controle de *C. fructicola* em frutos de mamão e selecionar isolados promissores para o manejo biológico da antracnose.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de solo foram coletadas na rizosfera de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e de plantas daninhas presentes nas entrelinhas de uma lavoura em Marechal Floriano, Espírito Santo. As amostras compostas foram submetidas a diluições decimais seriadas, inoculadas em Ágar Nutriente e incubadas a 30 °C por 96h. Colônias morfologicamente distintas foram selecionadas e purificadas, resultando em seis isolados. Também foi incluída *Herbaspirillum seropedicae* Hs, pertencente à coleção do grupo de pesquisa.

Os isolados foram identificados pela amplificação e pelo sequenciamento parcial do gene 16S rDNA. As sequências foram comparadas às disponíveis no GenBank por meio da ferramenta BLAST, e a análise filogenética foi conduzida no MEGA X pelo método de máxima verossimilhança, com 1.000 réplicas de

bootstrap (Belkebla *et al*., 2022).

Para o ensaio *in vivo*, frutos de mamão papaia foram desinfestados superficialmente. Em cada fruto, realizaram-se dois ferimentos, nos quais foram aplicados 0,02 mL da suspensão bacteriana (10^6 células mL^{-1}) e, após duas horas, 0,02 mL da suspensão de *C. fructicola* (10^4 esporos mL^{-1}). O controle recebeu apenas o fitopatógeno. Os frutos foram incubados a 28 °C por sete dias e monitorados a cada 24h. Avaliaram-se o aparecimento de sintomas, a incidência de lesões contaminadas e o diâmetro das lesões (Nery-Silva *et al*., 2007; Santos *et al*., 2021).

No ensaio por pulverização, frutos previamente desinfestados receberam a suspensão do antagonista selecionado (10^8 UFC mL^{-1}) até o ponto de escorrimento. Após a secagem, aplicaram-se 20 µL de uma suspensão de *C. fructicola* (10^6 conídios mL^{-1}) sob a casca, em pontos equidistantes. Após sete dias, registrou-se a presença ou a ausência de sintomas. Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos quatro isolados da rizosfera do cafeeiro (AR1, AR2, AR10 e AR12) e dois da rizosfera de plantas daninhas (APD3 e APD9). A análise do gene 16S rDNA relacionou os isolados aos gêneros *Priestia*, *Bacillus* e *Stenotrophomonas* (Tabela 1), grupos que incluem microrganismos reconhecidos pela produção de compostos antimicrobianos e pela capacidade de colonizar diferentes nichos vegetais.

Tabela 1 - Identificação molecular dos isolados bacterianos obtidos da rizosfera do cafeeiro (AR) e de plantas daninhas (APD)

Isolado	Identificação presuntiva	Origem
AR1	*Priestia* sp.	Cafeeiro
AR2	*Bacillus cereus*	Cafeeiro
AR10	*Priestia megaterium*	Cafeeiro
AR12	*Bacillus amyloliquefaciens*	Cafeeiro
APD3	*Bacillus* sp.	Planta daninha
APD9	*Stenotrophomonas* sp.	Planta daninha

No controle, todas as oito lesões apresentaram crescimento do patógeno após 48h. Os tratamentos bacterianos retardaram o aparecimento e reduziram a progressão dos sintomas (Figura 1). AR10 apresentou as primeiras lesões em 72h e atingiu oito lesões em 120h; Hs iniciou em 96h e alcançou sete lesões em 144h. APD9 estabilizou em três lesões, enquanto AR12 apresentou o melhor desempenho, com início dos sintomas apenas em 96h e duas lesões ao final do período.

Após 144h, o controle e AR10 apresentaram 100% de lesões contaminadas, e Hs apresentou 87%. Em contraste, APD9 e AR12 reduziram a incidência para 37% e 25%, respectivamente (Figura 1). Todos os

tratamentos bacterianos reduziram significativamente o diâmetro final das lesões em relação ao controle, embora não tenham diferido entre si, indicando que até os isolados com maior incidência limitaram a expansão das lesões.

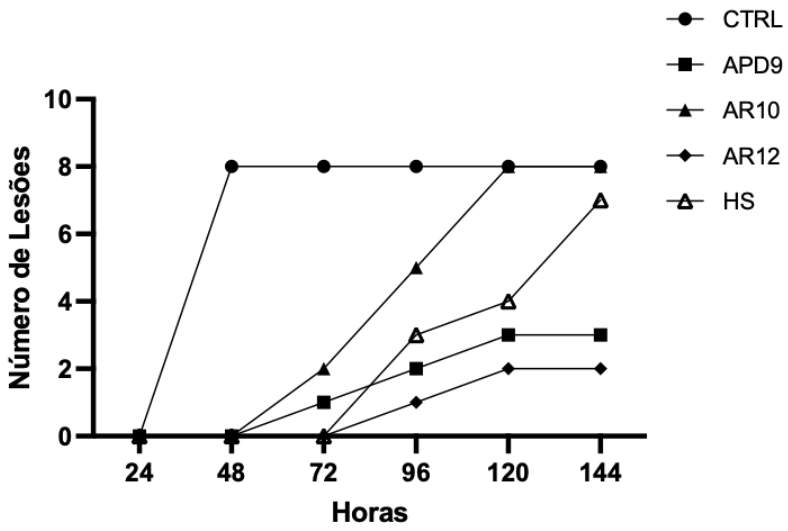


Figura 1 - Evolução temporal do número de lesões em frutos de mamão inoculados com *Colletotrichum fructicola* e tratados com bactérias antagonistas.

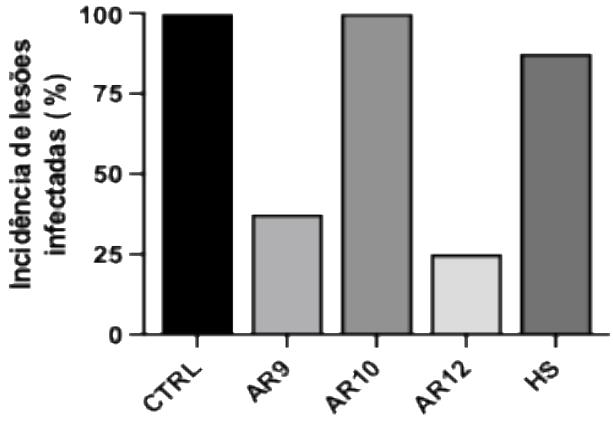


Figura 2 - Incidência média de lesões infectadas (%) em frutos de mamão inoculados com *Colletotrichum fructicola* e submetidos a diferentes tratamentos bacterianos.

O atraso no surgimento dos sintomas e a restrição do crescimento das lesões podem resultar da competição por espaço e nutrientes, da formação de biofilmes e da liberação de metabólitos antifúngicos (Carmona-Hernandez *et al*., 2019). A baixa incidência obtida com *Stenotrophomonas* sp. APD9 concorda com o potencial metabólico descrito para o gênero. De modo semelhante, espécies de *Bacillus* e *Priestia* produzem compostos voláteis e enzimas líticas capazes de inibir fitopatógenos (Nowak; Chlebek; Hupert-Kocurek, 2025).

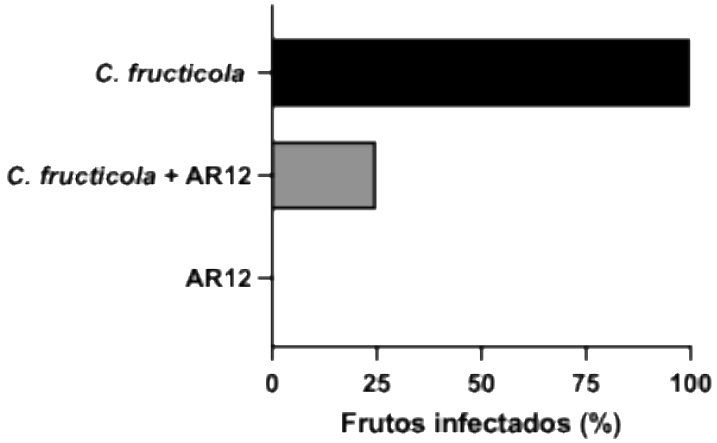


Figura 3 - Incidência de antracnose em frutos de mamão submetidos ao teste de pulverização: patógeno isolado (*Colletotrichum fructicola*), bactéria AR12 isolada e tratamento combinado (patógeno + AR12).

No ensaio de pulverização, 100% dos frutos do controle positivo apresentaram sintomas. A aplicação exclusiva de AR12 não provocou lesões, enquanto o tratamento combinado AR12 + patógeno reduziu a incidência para 75%. O resultado demonstra o efeito protetor de *B. amyloliquefaciens* AR12 e a viabilidade da pulverização como forma de aplicação. A rápida ocupação da superfície e dos pontos de infecção pode impedir o estabelecimento inicial do patógeno, característica desejável para agentes de biocontrole pós-colheita (Janisiewicz; Korsten, 2002).

CONCLUSÃO

A rizosfera do cafeeiro e de plantas daninhas mostrou-se uma fonte promissora de bactérias antagonistas. APD9 e AR12 apresentaram as menores incidências no ensaio com ferimentos, e AR12 destacou-se também por pulverização, reduzindo para 75% a ocorrência de sintomas de antracnose sem causar lesões nos frutos. Assim, *Bacillus amyloliquefaciens* AR12 apresenta potencial para o controle biológico de *C. fructicola* em mamão, embora sejam necessários estudos adicionais sobre mecanismos de ação, formulação, estabilidade e desempenho em condições comerciais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), à SymbioTech, aos Programas de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas e em Biotecnologia Vegetal e à Universidade Vila Velha (UVV), pelo apoio à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, W.P.; VIEIRA, G.H.C. Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose *in vitro* e em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 18, n. 1, supl. 1, p. 367-372, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_089.

BELKEBLA, N.; BESSAI, S.A.; MELO, J.; CAEIRO, M.F.; CRUZ, C.; NABTI, E**.** Restoration of *Triticum aestivum* growth under salt stress by phosphate-solubilizing bacterium isolated from Southern Algeria. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 1-16, 2022.

BONATERRA, A.; BADOSA, E.; DARANAS, N.; FRANCÉS, J.; ROSELLÓ, G.; MONTESINOS, E. Bacteria as biological control agents of plant diseases. **Microorganisms**, v. 10, n. 9, art. 1759, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms10091759

CARMONA-HERNANDEZ, S.; REYES-PÉREZ, J.J.; CHIQUITO-CONTRERAS, R.G.; RINCÓN-ENRÍQUEZ, G.; CERDÁN-CABRERA, C.R.; HERNÁNDEZ-MONTIEL, L.G. Biocontrol of postharvest fruit fungal diseases by bacterial antagonists: a review. **Agronomy**, v. 9, n. 3, art. 121, 2019.

DIMKIĆ, I.; JANAKIEV, T.; PETROVIĆ, M.; DEGRASSI, G.; FIRA, D**.** Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms: a review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 117, art. 101754, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101754

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Produção agrícola capixaba cresce 5,39% em 2022**. Vitória: SEAG, 2023. Disponível em: https://www.es.gov.br/Noticia/producao-agricola-capixaba-cresce-5-39-em-2022. Acesso em: 10 jul. 2026.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo é o maior produtor e exportador de mamão do Brasil.** Vitória: SEAG, 2024. Disponível em: https://www.es.gov.br/Noticia/espirito-santo-e-o-maior-produtor-e-exportador-de-mamao-do-brasil. Acesso em: 10 jul. 2026.

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2022. 172 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274340

JANISIEWICZ, W.J.; KORSTEN, L. Biological control of postharvest diseases of fruits. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 411-441, 2002.

NERY-SILVA, F.A.; MACHADO, J.C.; RESENDE, M.L.V.; LIMA, L.C.O. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1374-1379, 2007.

NOWAK, B.; CHLEBEK, D.; HUPERT-KOCUREK, K**.** Priestia megaterium KW16: a novel plant growth-promoting and biocontrol agent against *Rhizoctonia solani* in oilseed rape (*Brassica napus* L.): functional and genomic insights. **Agriculture**, v. 15, p. 1-34, 2025.

SANTOS, L.A.L.; PINHEIRO, L.R.B.; ROCHA, L.S.; BRAGANÇA, C.A.D.; SILVA, H.S.A. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 1, p. 45-53, 2021.

VIEIRA, W.A.S.; VELOSO, J.S.; SILVA, A.C.; NUNES, A.S.; DOYLE, V.P.; CASTLEBURY, L.A.; CÂMARA, M.P.S**.** Elucidating the *Colletotrichum* spp. diversity responsible for papaya anthracnose in Brazil. **Fungal Biology**, v. 126, n. 10, p. 623-630, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.08.001

POTENCIAL ANTAGONISTA *IN VITRO* DE BACTÉRIAS RIZOSFÉRICAS NATIVAS CONTRA *Colletotrichum fructicola* AGENTE DA ANTRACNOSE DO MAMÃO

Flavio Alves da Silva[1]*, Elaine Cruz de Jesus[1], Amanda Azevedo Bertolazi[1], Marlon Luiz Guimarães Souza[1], Eduardo Scopel Gabriel Rodrigues Duarte[1], Alessandro Coutinho Ramos[1]

[1]Laboratorio de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia, Universidade Vila Velha (UVV), Vila Velha, ES.
*flavio_alves07@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se entre as frutíferas tropicais pelo elevado valor nutricional e pela ampla aceitação nos mercados consumidores (Koul *et al*., 2022). O Brasil é o segundo maior produtor mundial, com cerca de 1,06 milhão de toneladas (FAO, 2022), e o Espírito Santo lidera a produção nacional, com aproximadamente 426 mil toneladas em 2022, faturamento de R$ 1,2 bilhão e exportações para 37 países (SEAG, 2024). Contudo, a alta perecibilidade do fruto e as barreiras fitossanitárias, relacionadas à presença de patógenos e de resíduos de agroquímicos, fazem com que menos de 10% da produção nacional alcance o mercado internacional (Bautista-Baños *et al*., 2013).

Entre as doenças pós-colheita, destaca-se a antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum*. O fungo alterna fases biotróficas e necrotróficas e utiliza apressórios para penetrar nos tecidos, originando lesões necróticas no epicarpo que evoluem para podridões aquosas do mesocarpo, com perdas quantitativas e qualitativas severas (Peralta-Ruiz *et al*., 2023). *Colletotrichum fructicola*, integrante do complexo *C. gloeosporioides sensu lato*, sobressai pela agressividade e pela ampla gama de hospedeiros, incluindo o mamoeiro (Fuentes-Aragón *et al*., 2018). Seu manejo baseia-se predominantemente no uso de agroquímicos, prática que levanta preocupações ambientais e de saúde pública e esbarra nos limites máximos de resíduos (LMRs) impostos pelos países importadores.

Nesse contexto, o controle biológico, baseado na supressão de fitopatógenos por agentes como fungos, bactérias e vírus, consolida-se como alternativa promissora, efetiva e economicamente viável (O'Brien, 2017). Bactérias nativas, adaptadas às condições edafoclimáticas locais, tendem a apresentar maior capacidade de sobrevivência, colonização e competição que cepas exóticas, atuando pela produção de metabólitos antifúngicos, sideróforos e enzimas hidrolíticas, como proteases, celulases e lipases, que degradam a parede celular fúngica e combatendo diretamente a doença sem a necessidade de fungicidas químicos (Nosheen *et al*., 2021). Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo isolar e identificar bactérias nativas do Espírito Santo e avaliar, *in vitro*, seu potencial antagonista contra *Colletotrichum fructicola*, agente causador da antracnose do mamão, considerando a produção de enzimas hidrolíticas, diferentes métodos de aplicação e

a atividade de metabólitos extracelulares, com vistas ao desenvolvimento de estratégias de controle biológico para o manejo sustentável do pós-colheita da doença.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Isolamento e identificação das bactérias

Amostras de solo (0–20 cm) foram coletadas em Marechal Floriano, ES (20°26'36.1" S / 40°46'05.7" O), na rizosfera de *Coffea arabica* (AR) e de plantas daninhas da entrelinha (APD), compondo-se uma amostra composta por área a partir de três subamostras. Dez gramas de solo foram suspensos em 90 mL de solução salina estéril (NaCl 0,85%), agitados a 120 rpm por 30 min, submetidos a diluições seriadas (10^{-1} a 10^{-8}) e plaqueados em Ágar Nutriente, com incubação a 30 °C por 96h. Colônias morfologicamente distintas foram purificadas, obtendo-se seis cepas. Incluiu-se também a cepa *Herbaspirillum seropedicae* (Hs), da coleção do Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia (LMAB/UVV), cujo potencial antagonista já havia sido observado pelo grupo.

As cepas foram caracterizadas por coloração de Gram, cultivo nos meios cromogênicos HiCrome *Bacillus* e Ágar *Bacillus* Diferenciação (HiMedia) e amplificação do gene 16S rDNA (~1.200 pb) com os primers 356F e 1064R (Belkebla *et al*., 2022). Os amplicons foram sequenciados e comparados no GenBank (BLAST), e a análise filogenética foi realizada no MEGA X por máxima verossimilhança (modelo GTR; 1.000 réplicas de bootstrap).

2. Preparo dos inóculos

As bactérias nativas foram cultivadas em Caldo Triptona de Soja e *H. seropedicae* em meio DYGS, a 30 °C e 130 rpm por 24h, com densidade óptica (600 nm) ajustada entre 0,9 e 1,0. *C. fructicola*, cedido pelo Laboratório de Ciências Farmacêuticas da UVV, foi cultivado em Ágar Batata Dextrose (BDA, pH 5,6) a 28 °C por 7 dias.

3. Atividade enzimática

A produção de proteases, celulases e lipases foi avaliada em triplicata pela inoculação de 10 µL de cada cultura no centro de placas contendo, respectivamente, Ágar Leite, Ágar Carboximetil Celulose (revelado com vermelho Congo 0,1%) e meio com Tween 20, incubadas a 31 °C por 3 a 7 dias (Vasques *et al*., 2024). Calculou-se o Índice Enzimático (IE = DMH/DMC), em que DMH é o diâmetro da área de hidrólise (colônia + halo) e DMC, o diâmetro da colônia (Oliveira *et al*., 2006) n=5.

4. Ensaios de antagonismo *in vitro*

O antagonismo foi avaliado por confronto direto em BDA (Anith *et al*., 2021), testando-se quatro formas de aplicação bacteriana: (i) quatro gotas de 10 µL dispostas radialmente ao redor do disco fúngico; (ii) espalhamento de 100 µL com swab estéril; (iii) espalhamento de 100 µL com alça de Drigalski; e (iv) demarcação de um quadrado com alça de platina. Um disco de micélio de 6 mm foi depositado no centro das placas, incubadas a 28 °C por sete dias; os controles receberam água destilada estéril. Para avaliar metabólitos extracelulares, culturas em caldo batata-dextrose (24h) foram centrifugadas (3.500 rpm, 15 min, 4 °C) e

filtradas (0,22 µm), e o filtrado livre de células foi incorporado ao BDA a 10% (v/v) (Zhou *et al*., 2014). Em ambos os ensaios calculou-se a inibição do crescimento micelial, ICM (%) = [(R1 - R2)/R1] × 100, em que R1 e R2 são os crescimentos radiais médios no controle e no tratamento, respectivamente, todas com número amostral de 5.

5. Análise estatística

As médias foram comparadas por ANOVA one-way, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), no software GraphPad Prism® 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Identificação das cepas bacterianas

Foram obtidas quatro cepas da rizosfera do cafeeiro (AR1, AR2, AR10 e AR12) e duas da rizosfera de plantas daninhas (APD3 e APD9). Todas apresentaram morfologia bacilar; APD9 foi Gram-negativa e as demais, Gram-positivas. Nos meios cromogênicos, as cepas exibiram padrões distintos de coloração e morfologia colonial, como a fermentação de manitol por AR10, evidenciando diferenças metabólicas que auxiliaram na identificação presuntiva. O sequenciamento do 16S rDNA agrupou as cepas nos gêneros *Priestia*, *Bacillus* e *Stenotrophomonas*, identificando *Priestia* sp. AR1, *P. megaterium* AR10, *B. cereus* AR2, *Bacillus* sp. APD3, *B. amyloliquefaciens* AR12 e *Stenotrophomonas* sp. APD9 (Tabela 1). Esses resultados reforçam a rizosfera do cafeeiro e das plantas daninhas como nichos promissores para a prospecção de microrganismos de interesse biotecnológico.

Tabela 1 - Resumo da análise molecular da identificação das bactérias isoladas da rizosfera do café arábica (AR) ou da rizosfera de plantas daninhas (APD) de uma plantação de café em Marechal Floriano-ES

Isolado	Identificação das bactérias	Origem
AR1	*Priestia* sp.	RCA
AR2	*Bacillus cereus*	RCA
APD3	*Bacillus* sp.	RPD
APD9	*Stenotrophomonas* sp.	RPD
AR10	*Priestia megaterium*	RCA
AR12	*Bacillus amyloliquefaciens*	RCA

2. Atividade de enzimas hidrolíticas

As cepas diferiram significativamente quanto ao IE (Tabela 2). Para proteases, APD9 e AR10 apresentaram os maiores índices; AR1, AR2 e APD3, valores intermediários; e AR12 e Hs, os menores. A atividade celulolítica foi detectada apenas em AR10 (IE = 1,71), e a lipolítica em APD9, AR10, AR12 e Hs, com os maiores valores para APD9 e AR10.

Tabela 2 - Índice enzimático (IE) das atividades proteolítica, celulolítica e lipolítica das cepas bacterianas provenientes das rizosferas de *Coffea arabica* (AR) e de plantas daninhas (APD)

Isolados	IE (proteases)	IE (celulases)	IE (Lipases)
AR1	2,46 B	-	-
AR2	2,56 B	-	-
APD3	2,40 B	-	-
APD9	3,41 A	-	2,27 A
AR10	3,48 A	1,71	1,83 A
AR12	1,06 C	-	1,17 B
Hs	1,07 C	-	1,12 B

Letras distintas indicam diferenças significativas entre as cepas (ANOVA one-way, Tukey, $p < 0,05$). O sinal "–" indica ausência de atividade

3. Atividade antagonista *in vitro*

No ensaio inicial pela técnica da gota, AR1, AR2 e APD3 não diferiram do controle (ICM ≈ 1%), enquanto AR12 (82%), APD9 (40%), Hs (29%) e AR10 (14%) reduziram significativamente o crescimento de *C. fructicola*. Essas quatro cepas foram então avaliadas pelas demais técnicas e todas inibiram significativamente o fungo em relação ao controle, com desempenho dependente do método de aplicação (Figura 1).

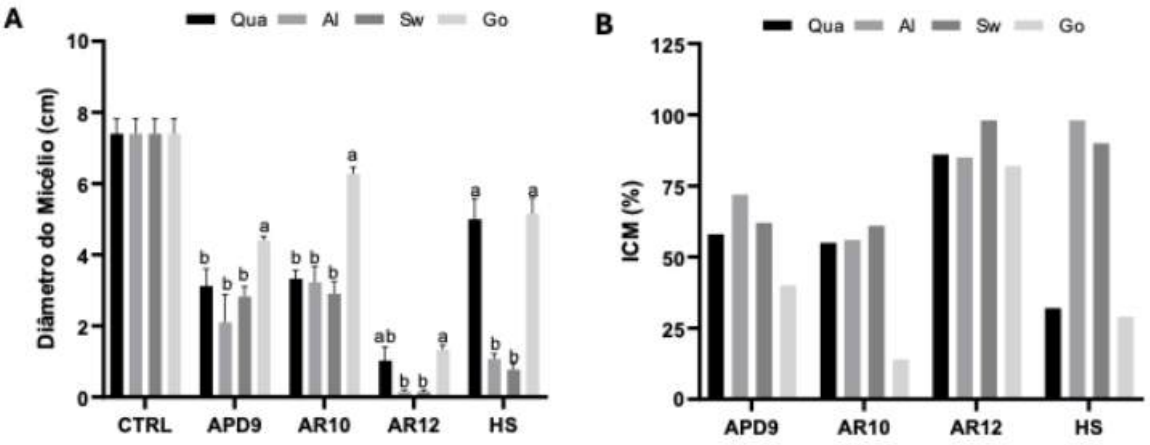


Figura 1 - Comparação de diferentes técnicas de antagonismo bacteriano contra *C. fructicola*. (A) Diâmetro do micélio (cm). (B) Inibição do Crescimento Micelial (ICM, %). ANOVA one-way seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$); letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

Para APD9 e AR10, a técnica da gota resultou nas menores inibições (40% e 14%), enquanto swab, Drigalski e quadrado alcançaram, respectivamente, 62%, 72% e 58% para APD9 e 61%, 56% e55% para AR10. A cepa Hs superou 90% de inibição com swab e alça de Drigalski, mas ficou em torno de 30% com

gota e quadrado. *B. amyloliquefaciens* AR12 destacou-se em todas as técnicas, com inibição superior a 83% e máxima de 98% com swab.

Embora todas as cepas tenham apresentado alguma atividade hidrolítica, nem todas foram eficazes contra *C. fructicola*, indicando que a produção enzimática, isoladamente, não explica o antagonismo. O potencial de *P. megaterium* AR10 pode estar associado à produção de proteases, celulases e lipases; a espécie secreta quitinases, β-1,3-glucanases, proteases e sideróforos que atuam sinergicamente na supressão de fungos fitopatogênicos (Biedendieck *et al*., 2021). Já o desempenho de AR12 é coerente com a ampla versatilidade metabólica de *B. amyloliquefaciens* e com sua capacidade de produzir compostos bioativos e enzimas hidrolíticas (Chen *et al*., 2009).

4. Atividade antifúngica de filtrados livres de células

Os filtrados de AR10, AR12 e Hs reduziram o crescimento micelial de *C. fructicola* em relação ao controle, com inibições de 13,69%, 41% e 30,13%, respectivamente, sendo o efeito mais pronunciado observado para AR12 (Figura 2). O ensaio não pôde ser realizado com APD9, pois o ágar não gelificou após a adição do filtrado, possivelmente devido à alteração do pH causada pelos metabólitos bacterianos. A atividade dos filtrados indica a participação de compostos extracelulares difusíveis, como lipopeptídeos do tipo surfactina e iturina A, capazes de atuar mesmo na ausência de células viáveis (Cui *et al*., 2023).

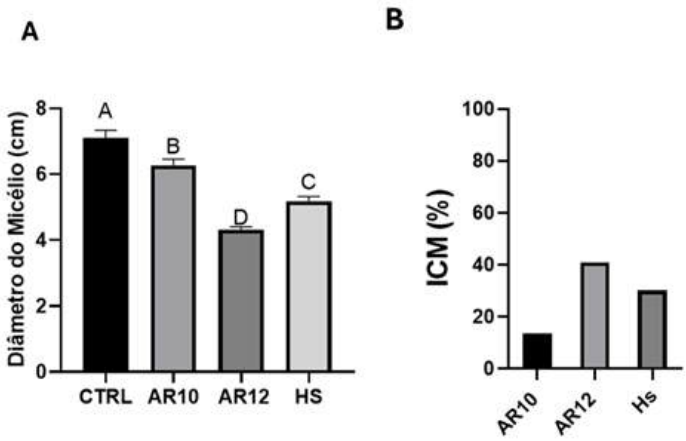


Figura 2 - (A) Diâmetro micelial (cm) de *C. fructicola* em meio contendo ou não o filtrado de cultura de cepas bacterianas. (B) Inibição do crescimento micelial (ICM, %). ANOVA one-way seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$); letras distintas indicam diferenças significativas.

CONCLUSÃO

Bactérias nativas mostraram-se promissoras para o manejo sustentável de *Colletotrichum fructicola*, agente da antracnose do mamão. *Bacillus amyloliquefaciens* AR12 foi a cepa de maior destaque, com inibição do crescimento micelial superior a 80% em todas as metodologias avaliadas, chegando a %. *Priestia megaterium* AR10, *Stenotrophomonas* sp. APD9 e *Herbaspirillum seropedicae* também apresentaram atividade antagonista relevante. Os resultados sugerem que a inibição do fungo envolve mecanismos distintos

e possivelmente complementares entre as cepas. Em *P. megaterium* AR10, única cepa com atividade celulolítica e que também produziu proteases e lipases, o antagonismo pode estar associado à degradação de componentes estruturais da parede e da membrana fúngicas. Em *Stenotrophomonas* sp. APD9, os elevados índices de protease e lipase indicam uma contribuição semelhante da via enzimática. Já em *B. amyloliquefaciens* AR12, a baixa atividade enzimática contrasta com a elevada inibição, tanto pelas células quanto pelo filtrado livre de células. Esse contraste aponta para a ação predominante de metabólitos extracelulares difusíveis, como lipopeptídeos antifúngicos característicos da espécie. Além disso, a maior eficiência das técnicas de espalhamento, sobretudo para *H. seropedicae*, sugere que a competição por espaço e nutrientes contribui para a supressão do patógeno quando a bactéria ocupa previamente a superfície do meio. Por outro lado, a presença de atividade enzimática em cepas sem efeito antagonista, como AR1, AR2 e APD3, mostra que a produção de enzimas, isoladamente, não garante a inibição.

A combinação de ação enzimática, antibiose por metabólitos e competição amplia as possibilidades de desenvolvimento de bioprodutos baseados em células ou em seus metabólitos. Por serem adaptadas às condições locais, essas bactérias representam uma alternativa ecologicamente segura para reduzir o uso de fungicidas sintéticos e os resíduos químicos no mamão. Ensaios em frutos e a caracterização química dos metabólitos são os próximos passos para confirmar sua eficácia no controle pós-colheita da antracnose.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), à SymbioTech, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF), ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal (PGBV) e à Universidade Vila Velha (UVV) pelo apoio e pela contribuição para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANITH, K.N.; NYSANTH, N.S.; NATARAJAN, C. Novel and rapid agar plate methods for in vitro assessment of bacterial biocontrol isolates' antagonism against multiple fungal phytopathogens. **Letters in Applied Microbiology**. v. 73, n. 2, p. 229-236, 2021.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; SIVAKUMAR, D.; BELLO-PÉREZ, A.; VILLANUEVA-ARCE, R.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.

BELKEBLA, N.; BESSAI, S.A.; MELO, J.; CAEIRO, M.F.; CRUZ, C.; NABTI, E. Restoration of *Triticum aestivum* growth under salt stress by phosphate-solubilizing bacterium isolated from Southern Algeria. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 1-16, 2022.

BIEDENDIECK, R.; KNUUTI, T.; MOORE, S.J.; JAHN, D. The "beauty in the beast"—the multiple uses of *Priestia megaterium* in biotechnology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, p. 5719-5737, 2021

CHEN, X.H.; KOUMOUTSI, A.; SCHOLZ, R.; SCHNEIDER, K.; VATER, J.; SÜSSMUTH, R.; PIEL, J.; BORRISS, R. Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens.

Journal of Biotechnology, v. 140, n. 1-2, p. 27-37, 2009.

CUI, Z.; HU, L.; ZENG, L.; MENG, W.; GUO, D.; SUN, L. Isolation and characterization of *Priestia megaterium* KD7 for the biological control of pear fire blight. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1-11, 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Major Tropical Fruits**: Market Review 2021.

FUENTES-ARAGÓN, D.; JUÁREZ-VÁZQUEZ, S.B.; VARGAS-HERNÁNDEZ, M.; SILVA-ROJAS, H.V. *Colletotrichum fructicola*, a Member of *Colletotrichum gloeosporioides sensu lato*, is the Causal Agent of Anthracnose and Soft Rot in Avocado Fruits cv. "Hass". **Mycobiology**, v. 46, n. 2; p. 92-100, 2018.

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN. J.O. *Carica papaya L.*: A Tropical Fruit with Benefits beyond the Tropics. **Diversity**, v. 14, p. 1-33, 2022.

NOSHEEN, S.; AJMAL, I.; SONG, Y. Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. **Sustainability**, v. 13, p. 1-20, 2021.

O'BRIEN, P.A. Biological control of plant diseases. **Australasian Plant Pathology**, v. 46, p. 293-304, 2017.

OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, L.A.; ANDRADE, J.S.; JUNIOR, A.F.C. Enzimas hidrolíticas extracelulares de isolados de rizóbia nativos da Amazônia central, Amazonas, Brasil. **Food and Science Technology**, v. 26, n. 4, p. 853-860, 2006.

Peralta-Ruiz, Y.; Rossi, C.; Grande-Tovar, C.D.; Chaves-López, C. Green management of postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Journal of *fungi***, v. 9, p. 1-25, 2023.

SEAG - Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo é o maior produtor e exportador de mamão do Brasil**. Governo do Estado do Espírito Santo. Disponível em: https://www.es.gov.br/Noticia/espirito-santo-e-o-maior-produtor-e-exportador-de-mamao-do-brasil. Acesso em: 25 mai. 2025

VASQUES, N.C.; CEREZINI, P.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. **Bioprospecção de microrganismos para o uso em bioinsumos: métodos para triagem inicial de bioativos visando à nutrição de plantas e à tolerância a estresses abióticos e bióticos**. Embrapa Soja. 2024. 38p

ZHOU, L.; ZHANG, L.; HE, Y.; LIU, F.; LI, M.; WANG, Z.; JI, G. Isolation and characterization of bacterial isolates for biological control of clubroot on Chinese cabbage. **European Journal of Plant Pathology**, v. 140, p. 159-168, 2014.

PRIMEIRO RELATO DE *Carica papaya* L. COMO "HOSPEDEIRO ALTERNATIVO" DE COWPEA MILD MOTTLE VIRUS NO BRASIL

Marcella Silva Vieira[1]*, Ayane Fernanda Ferreira Quadros[2], Francisco Murilo Zerbini[2], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES;
[2]Departamento de Fitopatologia/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
*marcella.s.vieira@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura tropical de grande relevância mundial, na qual o Brasil se destaca como o segundo maior exportador global, tendo superado a marca de 50 mil toneladas exportadas em 2025, um crescimento de 30% em comparação ao ano de 2024 (FAO, 2026). Diante de sua importância econômica, torna-se imprescindível a vigilância de fitopatógenos que ameaçam a sustentabilidade da cultura, especialmente aqueles relacionados a viroses, como a meleira e a mancha anelar do mamoeiro (Vieira *et al*., 2026). O complexo viral papaya meleira virus/papaya meleira virus 2 (PMeV/PMeV2) é o agente etiológico da meleira, caracterizando-se pela exsudação espontânea de látex fluido nos frutos e pela necrose apical de folhas jovens; em paralelo, os sintomas relacionados à mancha anelar (ou mosaico) causada pelo papaya ringspot virus (PRSV-P) incluem aparecimento de lesões circulares nos frutos e severo mosaico foliar (Martins *et al*., 2016; Sá Antunes *et al*., 2020).

A expansão do conhecimento da diversidade viral presente em um determinado hospedeiro foi garantida pela tecnologia do sequenciamento de nova geração (NGS), aliada às análises ômicas, como a metagenômica, possibilitando investigar um cenário de coinfecção de inúmeros vírus com o PRSV-P (Mumo *et al*., 2020). Nesse cenário de patógenos emergentes, cowpea mild mottle virus (CPMMV, *Carlavirus vignae*, família Betaflexiviridae) destaca-se pela recente expansão de sua gama de hospedeiros, originalmente restrita a leguminosas, para outras espécies como *Mirabilis jalapa* e *Macroptilium* sp. (Lamas *et al*., 2017), *Agave fourcroydes* (Quintanilha-Peixoto *et al*., 2021), *Cucumis melo* (Silva *et al*., 2026), e *Euphorbia heterophylla* (Silveira *et al*., 2026).

Em julho de 2024, foi observado em uma lavoura no norte de Minas Gerais que folhas de mamoeiro (cv. Tainung) apresentavam sintomas de meleira e mosaicismo foliar. Diante da sintomatologia e dos potenciais impactos produtivos, este trabalho teve como objetivo investigar a etiologia viral associada a esses sintomas, culminando no primeiro relato de infecção por CPMMV em mamão no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 21 amostras de folhas sintomáticas, o RNA total foi extraído pelo método de TRIzol® (Invitrogen). A qualidade e a concentração do material genético foram verificadas por espectrofotômetria, utilizando um NanoDrop™ 2000 e a síntese de DNA complementar (cDNA) realizada a 65 °C a partir de hexâmeros randômicos e a transcrição reversa pela enzima SuperScript III (Invitrogen). O sequenciamento foi realizado no Laboratório de Ecologia e Evolução de Vírus (LEEV), do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

O sequenciamento de alto rendimento (HTS) foi conduzido utilizando a plataforma Illumina MiSeq i100, a partir de bibliotecas preparadas com kit Illumina Nextera™ DNA Prep (Illumina®), obtendo leituras do tipo *paired-end* (2x150 pb). As análises de bioinformática iniciaram-se com o controle de qualidade das leituras brutas utilizando o software FastQC v. 0.11.9 para verificar os adaptadores e a distribuição de qualidade das bases, seguido pela etapa de *trimming* com o Trimmomatic v. 0.36. A montagem do genoma foi realizada empregando o SPAdes v. 4.0.0. Os *contigs* resultantes foram anotados por meio de buscas contra a base de dados viral RefSeq do NCBI utilizando ferramentas BLAST. O mapeamento das leituras foi executado com o Bowtie2 e a visualização dos alinhamentos foi feita no Tablet v. 1.21.02.08.

Para validar os resultados obtidos, ensaios de Reação em Cadeia da Polimerase com Transcrição Reversa (RT-PCR) foram realizados para as 21 amostras coletadas. Foram utilizados *primers* específicos para o isolado brasileiro de CPMMV previamente descritos por Zanardo *et al*. (2014), em conjunto com dois novos pares de *primers* para amplificar as regiões de leitura aberta 2 (F: 5’ – TCGACTGGGCAGCAAACTAG – 3’ / R: 5’ – AAGTTCGTGCCAGTTGAC – 3’; *triple gene block*, 613 pares de base) e 5 (F: 5’ – GCATGTGGCTGAGGTTCTCT – 3’/ R: 5’ – AACGCCCAATTGTCTTTGCC – 3’; proteína capsidial (CP), 664 pares de base).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sequenciamento genômico gerou um total de 2.245.237 leituras de alta qualidade (97,6%). A partir da montagem, foram obtidos 46.073 *contigs*, sendo dois fragmentos sobrepostos (3.036 pb e 1.928 pb) identificados como correspondentes ao CPMMV. A sequência viral recuperada, denominada CPMMV_BR_Papaya (número de acesso GenBank PX963074), apresentou 98,1% de identidade nucleotídica quando comparada a um isolado brasileiro originário de soja (CPMMV:BR:GO:10:5; acesso KC884249). A sequência genômica parcial obtida garantiu uma cobertura de 83,4%, englobando as 6 ORFs conhecidas (replicase viral, TGB1, TGB2, TGB3, proteína capsidial (CP), NABP). A validação via RT-PCR confirmou a presença do vírus, com a amplificação bem-sucedida dos fragmentos alvo em 6 das amostras que apresentavam sintomas (Figura 1).

Até onde temos conhecimento, este representa o primeiro relato da infecção de *Carica papaya* por

CPMMV no território brasileiro, seguindo um relato prévio ocorrido no Quênia (Mumo *et al*., 2020). A detecção do CPMMV demonstrou a eficácia do sequenciamento de nova geração (NGS), uma técnica essencial para revelar uma complexa diversidade viral em plantas que exibiam sintomas clássicos de viroses no campo (Salem *et al*., 2025; Vera *et al*., 2025). Infecções mistas, como as que frequentemente ocorrem no mamoeiro, podem gerar sintomas sobrepostos, atípicos ou até mesmo interações sinérgicas que agravam o quadro da doença, dificultando a correta identificação dos agentes etiológicos por métodos tradicionais. A introdução de um carlavirus na dinâmica de doenças da cultura pode significar um alerta epidemiológico importante quanto aos mecanismos de transmissão.

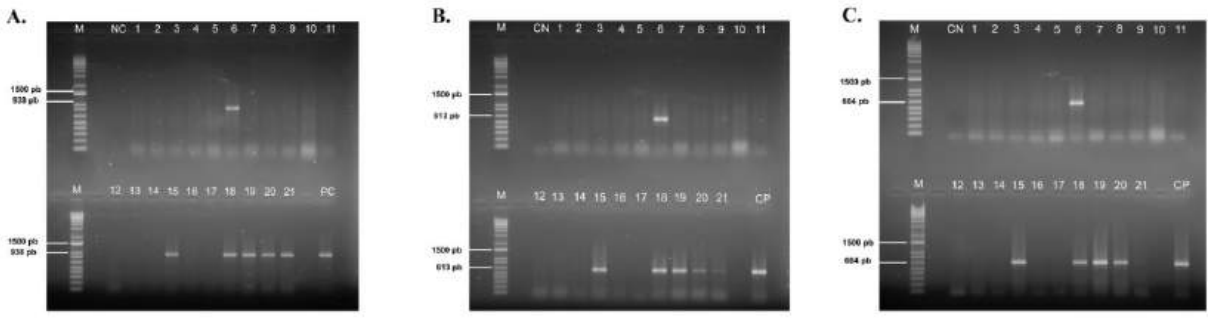


Figura 1 – Validação do isolado CPMMV_BR_Papaya em amostras de mamoeiro do norte de Minas Gerais por meio de RT-PCR utilizando *primers* específicos. Produtos de amplificação visualizados em gel de agarose a 1,5%: (A) fragmento de 938 pb correspondente a uma região parcial da ORF2, conforme descrito por Zanardo *et al*. (2014); (B) fragmento de 613 pb (ORF2); e (C) fragmento de 664 pb (ORF5). M: marcador de peso molecular (1 kb); CN: controle negativo; CP: controle positivo.

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*), responsável pela transmissão não-persistente do CPMMV, é atualmente classificada apenas como uma praga secundária para o mamoeiro (Martins *et al*., 2024). No entanto, as evidências apresentadas neste trabalho demonstram que a presença do vetor no pomar ultrapassa a questão do dano direto à cultura do mamoeiro, exigindo a implementação imediata de vigilância epidemiológica para proteger outras culturas vulneráveis ao CPMMV (Silva *et al*., 2020; Pinheiro-Lima *et al*., 2026). Uma vez que este vetor é distinto daqueles que tradicionalmente transmitem o complexo PMeV/PMeV2 e o PRSV-P, a reestruturação das estratégias de manejo integrado torna-se indispensável, reforçando a necessidade de rotinas de monitoramento mais abrangentes.

CONCLUSÃO

Confirmou-se a ocorrência do cowpea mild mottle virus infectando plantas de *Carica papaya* L. no Brasil, ampliando os registros sobre a gama de hospedeiros deste patógeno. Embora a infecção exclusiva por CPMMV possa não resultar em perdas diretas drásticas na produção de mamão, o achado acende um alerta fitossanitário. Assim como observado em outras espécies botânicas que atuam como reservatórios virais

silenciosos, o mamoeiro pode servir como fonte contínua de inóculo no campo, representando riscos de transmissão cruzada para culturas de grande expressão econômica, como a soja e o feijoeiro. Portanto, torna-se imprescindível a adoção de estratégias integradas que envolvam a certificação de mudas, o monitoramento molecular e o rigoroso controle populacional da mosca-branca para a proteção do sistema agrícola regional.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsas de doutorado e pós-doutorado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade. À FAPES e à FAPEMIG pelo auxílio.

REFERÊNCIAS

SÁ ANTUNES, T.F.; MAURASTONI, M.; MADROÑERO, L.J.; FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J.M.; VENTURA, J.A.; ABREU, E.F.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. Battle of three: the curious case of papaya sticky disease. **Plant Disease**, v. 104, n. 11, 2020. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-12-19-2622-FE

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2026. Major tropical fruits market review. **Preliminary results 2025**. Rome. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/items/bf236ad2-686a-4783-99cc-0e5f649ea1ea. Acesso em: 17 ago. 2026.

LAMAS, N.S.; MATOS, V.O.R.L; ALVES-FREITAS, D.M.T.; MELO, F.L.; COSTA, A.F.; FARIA, J.C.; RIBEIRO, S.G. Occurrence of *Cowpea mild mottle virus* in common bean and associated weeds in Northeastern Brazil. **Plant Disease**, v. 102, n. 4, p. 827, 2017. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0562-PDN

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; PAULA, R.C.A.L.; FORNAZIER, M.J.; REZENDE, J.A.M.; CULIK, M.P.; FERREIRA, P.S.F.; PERONTI, A.L.B.G.; CARVALHO, R.C.Z.; SOUSA-SILVA, C.R. Aphid vectors of *Papaya ringspot virus* and their weed hosts in orchards in the major papaya producing and exporting region of Brazil. **Crop Protection**, v. 90, p. 191-196, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.030

MARTINS, D.S; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória: Incaper, 2024. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MUMO, N.N.; MAMATI, G.E.; ATEKA, E.M.; RIMBERIA, F.K.; ASUDI, G.O.; BOYKIN, L.M.; MACHUKA, E.M.; NJUGUNA, J.N.; PELLE, R.; STOMEO, F. Metagenomic analysis of plant viruses associated with papaya ringspot disease in *Carica papaya* L. in Kenya. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 205, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00205

PINHEIRO-LIMA, B.; VIDAL, A.H.; FELIX, G.P.; ALVES-FREITAS, D.M.T.; LACORTE, C.; FARIA, J.C.; ABREU, E.F.M.; PINHEIRO, P.V.; MELO, F.L.; RIBEIRO, S.G. Seed transmission of Cowpea Mild Mottle Virus in common beans in Brazil. **Viruses**, v. 18, n. 7, p. 752, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/v18070752

QUINTANILHA-PEIXOTO, G.; FONSECA, P.L.C.; RAYA, F.T.; MARONE, M.P.; BORTOLINI, D.E.; MIECZKOWSKI, P.; OLMO, R.P.; CARAZZOLLE, M.F.; VOIGT, C.A.; SOARES, A.C.F.; PEREIRA, G.A.G.; GÓES-NETO, A.; AGUIAR, E.R.G.R. The Sisal virome: uncovering the viral diversity of *Agave* varieties reveals new and organ-specific viruses. **Microorganisms**, v. 9, p. 1704, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms9081704

SALEM, N.; MARGARIA, P.; ABU MUSLEM, M.; IBRAHIM, I.; ALAWIDAT, A. Identification and complete genome sequence of a new carlavirus from *Carica papaya* in Jordan. **Archives of Virology**, v. 170, p. 136, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s00705-025-06309-2

SILVA, B.A; KAUFFMANN, C.M.; CARDENAS, S.B.S.; QUEIROZ, P.S.; BATISTA, A.M.V.; MOTA, H.B.S.; INOUE-NAGATA, A.K.; FREITAS, D.M.S.; NAGATA, T. First report of melon and cucumber plants as natural hosts of cowpea mild mottle virus. **Journal of Plant Pathology**, v. 108, p. 1385-1386, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s42161-026-02122-1

SILVA, F.B.; MULLER, C.; BELLO, V.H.; WATANABE, L.F.M.; ROSSITTO DE MARCHI, B.; FUSCO, L.M.; RIBEIRO-JUNIOR, M.R.; MINOZZI, G.B.; VIVAN, L.M.; TAMAI, M.A.; FARIAS, J.R.; NOGUEIRA, A.M.; SARTORI, M.M.P.; KRAUSE-SAKATE, R. Effects of cowpea mild mottle virus on soybean cultivars in Brazil. **PeerJ**, v. 8, e9828, 2020. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.9828

SILVEIRA, B.R.R.; MOREIRA, A.C.R.V.; SANCHEZ, G.A.; RIBEIRO-JUNIOR, M.R.; KRAUSE-SAKATE, R. First report of cowpea mild mottle virus naturally infecting *Euphorbia heterophylla* in Brazil and worldwide. **Plant Disease**, v. 110, p. 251, 2026. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-09-25-1877-PDN

VERA, M.; CIFUENTES, R.; KEENER, R.; OLSZEWSKI, N.; ALVAREZ-QUINTO, R.A.; QUITO-AVILA, D.F. Characterization of an unusual carlavirus-like RNA from papaya (*Carica papaya*) lacking essential genes. **PLOS One**, v. 20, n. 8, e0329708, 2025. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0329708

VIEIRA, M.S.; MAGAÑA-ÁLVARE, A.A.; FERNANDES, P.M.B.; ZERBINI, F.M. Papaya sticky disease management: biotechnological strategies as sustainable alternatives to roguing. **Plant Health Cases**, p. 1-11, 2026. DOI: https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2026.0006

ZANARDO, L.G.; SILVA, F.N.; BICALHO, A.A.C.; URQUIZA, G.P.C.; LIMA, A.T.M.; ALMEIDA, A.M.R.; ZERBINI, F.M.; CARVALHO, M.G. Molecular and biological characterization of Cowpea mild mottle virus isolates infecting soybean in Brazil and evidence of recombination. **Plant Pathology,** v. 63, p. 456-465, 2014. DOI: https://doi.org/10.1111/ppa.12092

VALIDAÇÃO DE ESCALA DE SEVERIDADE EM GENÓTIPOS CONTRASTANTES QUANTO À RESISTÊNCIA AO *Papaya ringspot virus*-P EM MAMOEIRO

Lavinia Santana Ladeira Gomes[1]*, Rachel Klitzke Silva Barcelos[1], Alex Souza Rodrigues[1], Juliana Saltires Santos[1], Catiane dos Santos Braga[1], Helaine Christine Cancela Ramos[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ. *lavinia.gomes@pq.uenf.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma importante frutífera tropical, destacando-se pelo valor nutricional de seus frutos e pela relevância socioeconômica da cultura. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial e o segundo maior exportador de mamão, com destaque para os estados do Espírito Santo e da Bahia (Braga *et al*., 2025a; Braga *et al*., 2025b; FAO, 2026).

Entre os principais fatores que limitam a produção estão as doenças virais, com destaque para o vírus da mancha anelar do mamoeiro (papaya ringspot virus – PRSV-P), um dos principais problemas fitossanitários da cultura. O vírus é transmitido de forma não persistente por pulgões e provoca sintomas como mosaico, clorose e deformação foliar, além de manchas anelares nos frutos e estrias no caule e pecíolo. Seu controle permanece limitado, sendo baseado principalmente na eliminação de plantas sintomáticas e em estratégias como o uso de variedades moderadamente resistentes, proteção cruzada e controle de vetores (Medina-Salgueira *et al*., 2021; Gupta, 2023; Braga, 2024).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo validar a escala de severidade do PRSV-P em mamoeiro por meio do índice relativo de clorofila (SPAD), além de caracterizar respostas fotoquímicas e morfofisiológicas de genótipos quanto à sensibilidade à doença. Para isso, foram relacionadas às variações do índice (SPAD) às notas da escala de severidade em plantas com infecção pelo PRSV-P confirmada por detecção de RNA viral, visando contribuir para a fenotipagem e seleção de genótipos no Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro UENF.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados três acessos de *C. papaya* provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da UENF/CALIMAN, previamente caracterizados como suscetíveis ao PRSV-P: BAG03, BAG12 e BAG30 (Braga *et al*., 2025a). O BAG12 também foi utilizado como testemunha não inoculada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ. As plantas foram cultivadas em vasos contendo substrato comercial e fertilizante Basacote Plus 9M, em delineamento inteiramente

casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições, sob irrigação automatizada por gotejamento.

A inoculação mecânica do isolado PRSV-P/UENF01 foi realizada aos 91 dias após a semeadura, mediante aplicação de extrato de folhas infectadas na superfície abaxial das folhas mais jovens e completamente expandidas. A confirmação da infecção foi realizada por extração e quantificação do RNA, seguida de diluição, síntese de cDNA e amplificação de fragmento específico do PRSV-P por PCR. A severidade dos sintomas foi avaliada a cada quatro dias, utilizando a escala de notas de 0 a 5 proposta por Braga (2024), até que todas as plantas inoculadas atingissem a nota 5, totalizando 14 avaliações.

O índice relativo de clorofila foi determinado com o medidor SPAD-502 (Konica Minolta, Japão), antes da inoculação e a cada quatro dias após a inoculação, nas mesmas folhas utilizadas para avaliação da severidade. Foram realizadas três leituras na região central do limbo, evitando-se as nervuras, e calculada a média dos valores obtidos.

Para as análises estatísticas, foram considerados os tratamentos inoculados nas avaliações em que os três acessos apresentavam a mesma nota de severidade. A relação entre SPAD e severidade foi avaliada pela correlação de Spearman, a 1% de probabilidade, e por regressão linear, a 0,1%. Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett e, após o atendimento às premissas, à análise de variância (*One-way* ANOVA), seguida do teste de Tukey, a 5%. As análises foram realizadas no *software* R, versão 4.5.3 (R Core Team, 2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de correlação de Spearman revelou forte associação negativa entre a severidade dos sintomas e o índice relativo de clorofila, com $\rho = -0,897$, significativo a 1% de probabilidade. Esse resultado demonstra que o aumento da severidade da infecção pelo PRSV esteve associado à redução dos valores de SPAD, evidenciando a relação entre a progressão dos sintomas e a diminuição do índice relativo de clorofila nas folhas de mamoeiro. A redução do índice SPAD está relacionada à perda ou alteração dos pigmentos fotossintéticos associada ao desenvolvimento dos sintomas de clorose e mosaico característicos da infecção pelo PRSV. A análise de regressão linear confirmou essa tendência decrescente, apresentando coeficientes de determinação de 0,683, 0,726 e 0,720 para os acessos BAG03, BAG12 e BAG30, respectivamente (Figura 1).

Dessa forma, aproximadamente 68,3 a 72,6% da variação observada no índice SPAD foi explicada pela relação linear com a severidade dos sintomas. Embora a regressão linear tenha apresentado bom ajuste, a redução mais acentuada dos valores de SPAD nas primeiras notas, seguida de maior estabilização nas notas mais elevadas, indica que modelos não lineares, como o exponencial, também podem ser avaliados.

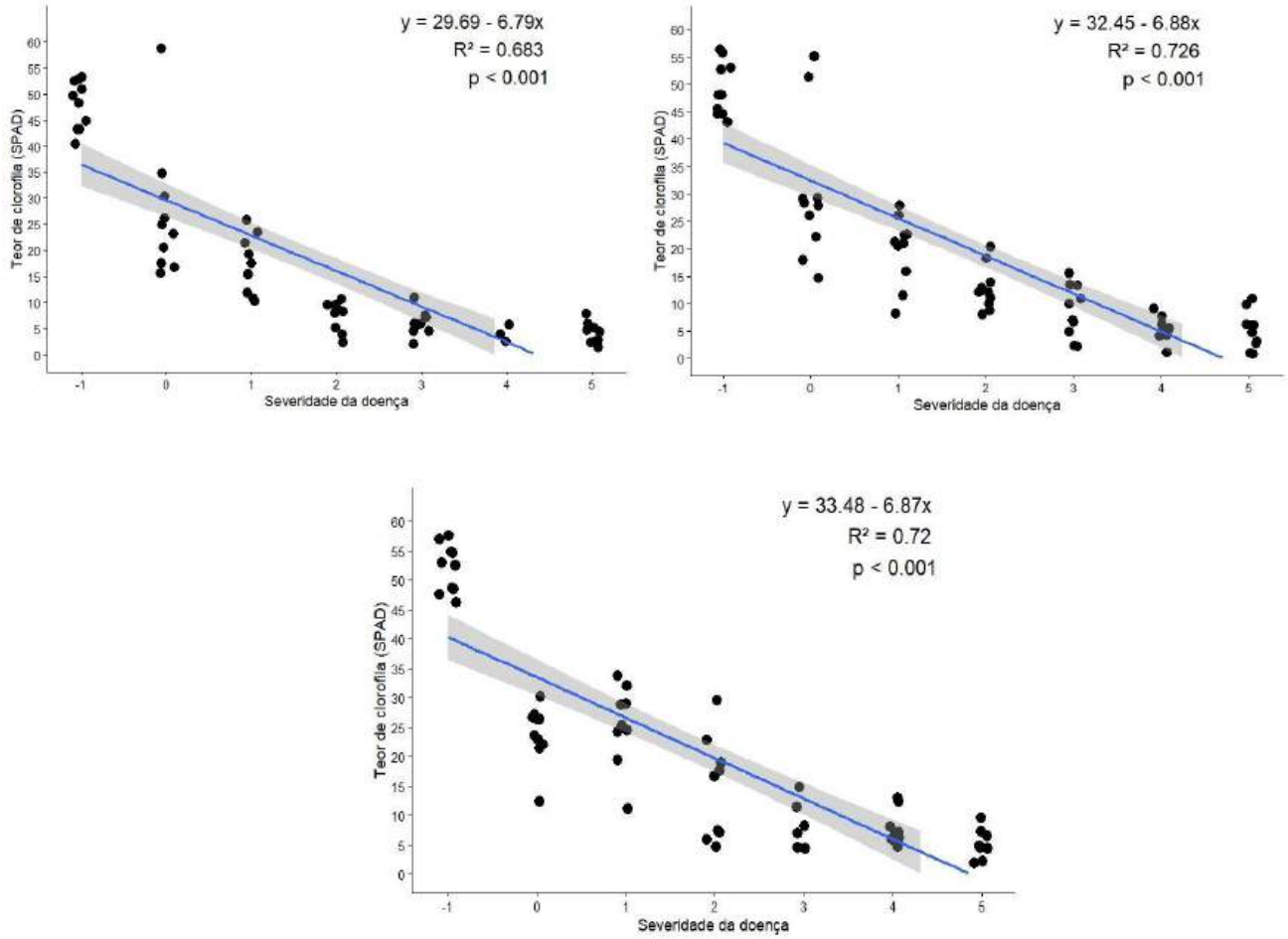


Figura 1 - Teste de regressão linear, dos três tratamentos inoculados, para visualização das linhas de tendência, evidenciando o comportamento da resposta decrescente entre as variáveis analisadas, em que -1 se refere aos valores antes da inoculação. (A) BAG03, (B) BAG12 e (C) BAG30.

A análise de variância não indicou diferenças significativas entre os acessos antes da inoculação e nas notas 0, 3, 4 e 5 da escala de severidade ($p > 0,05$). Por outro lado, foram observadas diferenças significativas nas notas 1 e 2 ($p < 0,05$). O teste de Tukey demonstrou que, em ambas as notas, o BAG30 apresentou valores de SPAD superiores aos observados no BAG03, enquanto o BAG12 apresentou valores intermediários, não diferindo estatisticamente dos demais acessos. A ocorrência de diferenças entre os acessos principalmente nas fases iniciais da manifestação dos sintomas pode estar relacionada às diferenças na intensidade e na distribuição espacial dos sintomas foliares entre os genótipos.

De fato, embora a escala de severidade permita classificar as plantas de acordo com a intensidade geral dos sintomas, indivíduos que recebem a mesma nota podem apresentar diferentes padrões de distribuição de clorose, mosaico e clareamento das nervuras (Figura 2).



Figura 2 - Sintomas iniciais da infecção do PRSV-P em folhas de mamoeiro, demonstrando a progressão do mosaico e da clorose no limbo foliar. (A) BAG03 – Nota 1, (B) BAG03 – Nota 2, (C) BAG12 – Nota 1, (D) BAG12 – Nota 2.

Essa heterogeneidade pode influenciar diretamente as leituras realizadas pelo SPAD. No presente experimento, foram realizadas três leituras na região central do limbo das folhas mais jovens e completamente expandidas. Assim, diferentes áreas da folha podem ter sido amostradas entre avaliações, aumentando a variabilidade dos valores obtidos. Diante disso, a heterogeneidade observada nas notas iniciais da escala pode explicar, ao menos parcialmente, as diferenças estatísticas encontradas entre os acessos nas notas 1 e 2.

A confirmação molecular da infecção pelo PRSV-P demonstrou a presença do material genético viral nas plantas inoculadas desde a nota 0 da escala de severidade. Esse resultado evidencia que, mesmo na ausência de sintomas visíveis nas folhas, o vírus já estava presente e podia ser detectado molecularmente. Dessa forma, a avaliação por PCR mostrou-se mais sensível que a observação visual para a identificação da infecção em seus estágios iniciais, uma vez que a presença do vírus foi confirmada antes da manifestação dos sintomas utilizados para sua classificação pela escala de severidade. Esse resultado também reforça a importância da utilização de métodos moleculares associados à avaliação visual, especialmente nas fases iniciais da interação planta-vírus, nas quais a infecção pode estar estabelecida sem que alterações morfológicas evidentes sejam observadas.

CONCLUSÃO

A avaliação da severidade do PRSV-P por meio do índice relativo de clorofila (SPAD) apresentou elevada associação com a escala visual de notas, evidenciada pela forte correlação negativa observada entre as variáveis. O índice também permitiu detectar alterações no conteúdo relativo de clorofila em plantas que ainda não apresentavam sintomas visíveis, indicando que alterações fisiológicas podem ocorrer antes da manifestação dos sintomas utilizados na avaliação visual. Dessa forma, a avaliação da severidade da doença pode ser mensurada com maior precisão, auxiliando a seleção de genótipos em programas de melhoramento genético do mamoeiro.

REFERÊNCIAS

BRAGA, C.S. Banco de germoplasma de mamoeiro UENF/CALIMAN: caracterização da resistência ao PRSV-P e respostas da eficiência fotoquímica à infecção viral. 2024. [Tese de doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro]. https://pgmp.uenf.br/dissertacoes-e-teses-defendidas/

BRAGA, C.S. *et al*. Effect of papaya ringspot virus infection in Brazilian *Carica papaya* accessions under controlled conditions. Genetic Resources and Crop Evolution, v. 72, p. 7223-7233, 2025a.

BRAGA, C.S. *et al*. Papaya ringspot virus type P affects photochemical efficiency (JIP test parameters) in young papaya plants. Physiological and Molecular Plant Pathology, v. 140, p. 1-10, 2025b.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Major tropical fruits market review: preliminary results 2025. Rome: FAO, 2026.

GUPTA, P. *et al*. Complete genome sequencing and construction of full-length infectious cDNA clone of papaya ringspot virus-HYD isolate and its efficient in planta expression. Frontiers in Microbiology, v. 14, 1310236, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1310236

MEDINA-SALGUERO, A.X. *et al*. Characterization of a mild isolate of papaya ringspot virus type P (PRSV-P) and evaluation of its cross-protection potential under greenhouse and field conditions. PLoS ONE, v. 16, n. 2, e0241652, 2021. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241652

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: https://www.r-project.org/. Acesso em: 8 set. 2026.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, v. 52, p. 591-611, 1965.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Statistical methods. 7. ed. Ames: Iowa State University Press, 1980. 523 p.

TUKEY, J.W. Comparing individual means in the analysis of variance. Biometrics, v. 5, p. 99-114, 1949.

REPETIBILIDADE DA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA ANELAR EM MAMOEIRO: DETERMINAÇÃO DO NÚMERO IDEAL DE AVALIAÇÕES

Sylvia Makvereng Satdom[1]*, Larissa Vitória Nunes Pinheiro[1], Rayssa Minguta Tavares[1], Catiane dos Santos Braga[1], Juliana Saltires Santos[1], Helaine Christine Cancela Ramos[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
*sylviamakvereng@yahoo.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das espécies frutíferas de maior importância econômica entre os países produtores de mamão em todo o mundo. Em 2024, a produção mundial de mamão foi de aproximadamente 14,65 milhões de toneladas, sendo a Índia o maior produtor, seguida pela República Dominicana e Indonésia. O Brasil ocupou a quarta posição na produção mundial, com aproximadamente 1,15 milhão de toneladas, correspondendo a cerca de 7,8% da produção mundial (FAO, 2024), porém a cultura permanece altamente vulnerável a fitopatógenos, entre os quais se destacam as viroses. O papaya ringspot virus tipo P (PRSV-P), pertence à família Potyviridae, gênero *Potyvirus*, causa a doença conhecida como mancha anelar, considerada a mais prejudicial à produtividade do mamoeiro, com perdas que ultrapassam 70% (Tennant *et al.*, 2007). Em condições naturais, o PRSV-P é transmitido por afídeos e causa deformação foliar, clorose, retardo no crescimento e manchas em forma de anel nos frutos; plantas infectadas em estágios iniciais de desenvolvimento permanecem atrofiadas e não se tornam economicamente produtivas (Gonsalves *et al.*, 2010).

Diante dos elevados prejuízos causados pelo PRSV-P, o desenvolvimento de genótipos resistentes é considerado a estratégia de controle mais eficaz e sustentável, o que torna a triagem de germoplasma dependente de métodos de avaliação da severidade da doença que sejam precisos, reprodutíveis e aplicáveis a um grande número de genótipos. O número de avaliações de severidade realizadas ao longo do tempo afeta diretamente tanto a confiabilidade das estimativas obtidas quanto a viabilidade de aplicação do método de avaliação da doença em um grande número de genótipos. Determinar o número mínimo de avaliações necessárias para obter uma estimativa estatisticamente adequada e reprodutível da severidade do PRSV-P é, portanto, essencial para tornar os ensaios de triagem de resistência precisos e operacionalmente viáveis.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo determinar, com base na análise de repetibilidade, o número mínimo de avaliações necessárias para estimar de forma confiável a severidade da mancha anelar em mamoeiro, visando otimizar o processo de fenotipagem em ensaios de avaliação de genótipos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas dez linhagens pertencentes ao Banco de Germoplasma de Mamoeiro UENF/CALIMAN, conduzidas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os genótipos foram cultivados em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ. As plantas foram inoculadas mecanicamente com o isolado PRSV-P/UENF01 nas duas folhas mais novas e expandidas. A severidade da doença foi avaliada visualmente, em cada data, na folha mais jovem completamente desenvolvida, mantendo-se esse critério de seleção do órgão ao longo do experimento. Utilizou-se uma escala descritiva de notas de 0 a 5, conforme proposta por Braga *et al.* (2025), sendo: 0 = ausência de sintomas; 1 = pontuações cloróticas e mosaico; 2 = clorose geral, clareamento das nervuras e mosaico; 3 = ilhas verdes, clorose geral, clareamento das nervuras, mosaico, deformação inicial e bolhas; 4 = deformação foliar, redução da lâmina foliar, bolhas, clareamento das nervuras, ilhas verdes, mosaico, espessamento foliar e sintomas iniciais de filiformidade; e 5 = quase ou total ausência de tecido foliar e sintomas severos de filiformidade. Foram realizadas dez avaliações da severidade por planta, em intervalos de quatro dias, conduzidas pelo mesmo avaliador e utilizando-se a mesma escala e o mesmo critério de seleção das folhas em todas as datas. Para a análise de repetibilidade, foram calculadas as médias das quatro repetições para cada acesso em cada avaliação. A análise foi realizada no software Selegen-REML/BLUP, conforme o Modelo 63 descrito por Resende (2016). O modelo estatístico adotado foi expresso por:

$$y = Xm = Wp + e$$

Em que y representa o vetor de dados observados; m corresponde aos efeitos de medição, considerados fixos e somados à média geral; p representa os efeitos permanentes dos genótipos, que englobam os efeitos genotípicos e os efeitos de ambiente permanente, assumidos como aleatórios; e e corresponde ao vetor de erros ou resíduos aleatórios. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A eficiência do uso de *m* medidas repetidas foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2) e da acurácia (Ac), e comparada ao uso de uma única avaliação para obter a eficiência de seleção (Ef).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de repetibilidade foram estimados em função do número de avaliações sucessivas de severidade (m) (Tabela 1). Conforme Viana e Resende (2014), valores de R^2 superiores a 0,80 e de Ac superiores a 0,89 são utilizados como referências de níveis satisfatórios de precisão em estudos de repetibilidade. No presente estudo, observou-se aumento progressivo de R^2, Ac e Ef à medida que o número de avaliações (m) foi ampliado.

Tabela 1- Estimativas do coeficiente de determinação (R^2), da acurácia (Ac) e da eficiência (Ef) obtidas a partir de m medidas repetidas em acessos do Banco de Germoplasma de Mamoeiro UENF/CALIMAN

m	R^2	Ac	Ef
1	0.63	0.79	1.00
2	0.77	0.88	1.11
3	0.83	0.91	1.15
4	0.87	0.93	1.18
5	0.89	0.95	1.19
6	0.91	0.95	1.20
7	0.92	0.96	1.21
8	0.93	0.96	1.22
9	0.94	0.97	1.22
10	0.94	0.97	1.23

O R^2 foi de 0,63 com uma única avaliação (m = 1), mas cresceu acentuadamente, ultrapassando o limiar de adequação de 0,80 em m = 4 (R^2 = 0,87) - um achado relevante, pois mostra que estimativas confiáveis não exigem um grande número de medidas repetidas. Posteriormente, observou-se um aumento mais gradual atingindo R^2 = 0,91 em m = 6 e de R^2 = 0,94 em m = 9 e 10. A acurácia seguiu a mesma tendência, subindo de 0,79 (m = 1) para 0,93 (m = 4) e para 0,97 (m = 9-10), enquanto a eficiência aumentou de forma constante de 1,00 para 1,23, indicando que em dez avaliações a eficiência é 23% maior do que em uma única medição.

O comportamento de R^2 e Ac ao longo das avaliações indica aumento da precisão estimada com a inclusão de medidas repetidas. Enquanto o R^2 expressa a proporção da variância fenotípica associada às diferenças entre os acessos, a Ac está relacionada à precisão da inferência dos valores genotípicos estimados. Ambos os parâmetros ultrapassaram os respectivos valores de referência na terceira avaliação e apresentaram valores próximos aos máximos nas avaliações finais. Entretanto, os ganhos decorrentes da inclusão de avaliações adicionais diminuíram progressivamente. O R^2 aumentou de 0,63 para 0,91 nas seis primeiras avaliações, correspondendo a um incremento de 0,28, enquanto as quatro avaliações subsequentes acrescentaram apenas 0,03, elevando o R^2 de 0,91 para 0,94. Da mesma forma, a Ef aumentou de 1,00 em m = 1 para 1,18 em m = 4, alcançando 1,23 em m = 10.

Para programas de melhoramento que envolvem grande número de genótipos, a relação entre precisão estimada e esforço de fenotipagem é relevante para o planejamento experimental. Em seis avaliações, foram obtidos R^2 = 0,91, Ac = 0,95 e Ef = 1,20; em sete avaliações, esses valores foram de 0,92, 0,96 e 1,21, respectivamente. Embora a inclusão de avaliações adicionais tenha aumentado esses parâmetros, os incrementos foram relativamente menores. Assim, considerando conjuntamente os níveis de precisão estimada e o esforço necessário para a realização das avaliações, seis a sete avaliações, realizadas em intervalos de quatro dias, constituem uma alternativa operacional para a avaliação da severidade do PRSV-P nas condições

experimentais deste estudo.

A adoção dessa faixa de avaliações pode contribuir para o uso mais eficiente dos recursos empregados na fenotipagem, especialmente em bancos de germoplasma ou populações segregantes com grande número de acessos. A redução do número de avaliações em relação a protocolos mais longos pode diminuir o tempo de avaliação e o esforço de manejo, permitindo direcionar recursos para a avaliação de um maior número de genótipos ou para a realização de ensaios adicionais. Esse equilíbrio entre precisão estimada e viabilidade operacional é particularmente relevante em estudos de triagem de resistência em larga escala.

O padrão observado, caracterizado pelo aumento dos parâmetros de repetibilidade e pela redução dos ganhos marginais com a inclusão de avaliações sucessivas, é compatível com a abordagem adotada em estudos de repetibilidade conduzidos em diferentes características e patossistemas utilizando REML/BLUP (Graça *et al*., 2020). Em estudos envolvendo doenças virais, a adoção de métodos precisos e eficientes para a avaliação da severidade também tem sido destacada. Ao investigar a resistência ao *tomato spotted wilt virus* (TSWV) em amendoim, Clohessy *et al.* (2021) ressaltaram a importância de procedimentos confiáveis para a quantificação dos sintomas e a identificação de genótipos resistentes. Esses estudos reforçam a relevância de procedimentos de avaliação que permitam obter estimativas de severidade com precisão adequada para o planejamento de programas de triagem de resistência.

A recomendação de seis a sete avaliações deve ser interpretada no contexto dos acessos avaliados, das condições experimentais e do protocolo empregado, não constituindo uma definição universal do número de avaliações necessário para estimar a severidade do PRSV-P. Ressalta-se também que a severidade foi avaliada por meio de uma escala ordinal de 0 a 5, e que os resultados apresentados refletem a abordagem quantitativa adotada para a análise de repetibilidade. Portanto, os parâmetros estimados devem ser interpretados considerando essa abordagem e as condições experimentais avaliadas.

CONCLUSÃO

O protocolo de avaliação da severidade do PRSV-P em mamoeiro, baseado em uma escala ordinal de 0 a 5 e em avaliações realizadas a intervalos de quatro dias, apresentou aumento progressivo dos parâmetros de repetibilidade e precisão estimada com a inclusão de avaliações sucessivas. O coeficiente de determinação (R^2) ultrapassou 0,80 a partir da terceira avaliação, alcançando 0,91 após seis avaliações e 0,94 após nove e dez avaliações. A acurácia (Ac) também aumentou, atingindo 0,95 após seis avaliações. Considerando os ganhos relativamente menores obtidos com a inclusão de avaliações adicionais, a realização de seis a sete avaliações sucessivas pode constituir uma alternativa operacional para estimar a severidade do PRSV-P nos acessos estudados, conciliando a precisão estimada pelo modelo com o esforço experimental. Essa recomendação deve ser interpretada no contexto das condições experimentais e do protocolo de amostragem utilizados, considerando a natureza ordinal da escala de severidade e as limitações inerentes ao procedimento de avaliação adotado.

REFERÊNCIAS

BRAGA, C.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTOS, J S.; RODRIGUES, A.S.; SANTA CATARINA, R.; BISPO, R.B.; SILVA, R.P.; BOECHAT, M.S.B.; EIRAS, M.; SILVEIRA, S.F.; PEREIRA, M.G. Effect of papaya ringspot virus infection in Brazilian *Carica papaya* accessions under controlled conditions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-025-02383-2

CLOHESSY, J.W.; SANJEL, S.; O'BRIEN, G.K.; BAROCCO, R.; KUMAR, S.; ADKINS, S.; TILLMAN, B.; WRIGHT, D.L.; SMALL, I.M. Development of a high-throughput plant disease symptom severity assessment tool using machine learning image analysis and integrated geolocation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 184, p. 106089, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106089

GRAÇA, G.A.; ARAÚJO, M.S.B.; ALENCAR, A.A.S.; GERONIMO, I.G.C.; CORREA, J.W.S.; ALMEIDA, C.L.P.; SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R. Associating REML/BLUP and pedigree in developing sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) progenies resistant to bacterial spot. **Euphytica**, v. 216, art. 119, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-020-02653-3

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**: crops and livestock products. Rome: FAO, 2024. Disponível em: https://www.fao.org/faostat. Acesso em: 21 ago. 2026.

GONSALVES, D.S.; TRIPATHI, J.B.; CARR, S.J.Y. Papaya ringspot virus. **The plant health instructor**, 2010.

McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-217, 1923.

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016.

TENNANT, P.F.; FERMIN, G.A.; ROYE, M.E. Viruses infecting papaya (*Carica papaya* L.): etiology, pathogenesis, and molecular biology. **Plant Viruses**, v. 1, p. 178-188, 2007.

VIANA, A.P.; RESENDE, M.D.V. Quantitative genetics in fruit crop breeding. 1. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2014. 282 p.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DO PAPAYA RINGSPOT VIRUS (PRSV-P) EM MAMOEIRO

Juliana Saltires Santos[1]*, Alex Souza Rodrigues[1], Larissa Vitória Nunes Pinheiro[1], Catiane dos Santos Braga[1], Julio Cesar Fiorio Vettorazzi[1], Helaine Christine Cancela Ramos[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ.
*julianasaltiresdossantos@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das principais frutíferas tropicais cultivadas no mundo, apresentando importância econômica, alimentar e social, especialmente em países de clima tropical e subtropical. O Brasil destaca-se entre os principais produtores mundiais, com a produção concentrada principalmente nos estados do Espírito Santo e da Bahia, onde a cultura representa importante fonte de renda e geração de empregos (Embrapa, 2025; FAO, 2025).

Apesar da elevada produção nacional, o cultivo do mamoeiro é afetado por diferentes pragas e fitopatógenos, destacando-se as doenças virais como importantes fatores de redução da produtividade (Zainal-Abidin *et al*., 2021). Entre os principais vírus associados à cultura, destaca-se o *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), pertencente à família Potyviridae, agente causal da mancha anelar, doença de ampla ocorrência nas regiões produtoras de mamão e associada a perdas expressivas na produtividade (Nivetha *et al*., 2025).

Em condições naturais, o PRSV-P é transmitido por afídeos e pode infectar diferentes órgãos da planta, causando deformação foliar, clorose, redução do crescimento e manchas anelares nos frutos (Ordaz-Pérez *et al*., 2017). Plantas infectadas nos estádios iniciais podem apresentar crescimento severamente reduzido e não atingir a fase produtiva (Gonsalves *et al*., 2010). Nesse cenário, a utilização de cultivares resistentes constitui uma estratégia importante para reduzir os danos causados pela doença, tornando necessária a identificação de genótipos resistentes nos programas de melhoramento.

A avaliação e seleção de genótipos requer métodos de inoculação eficientes e reprodutíveis, capazes de promover a manifestação consistente dos sintomas em condições controladas. A transmissão por afídeos, embora utilizada para inoculação do PRSV-P, apresenta limitações para avaliações em larga escala devido à variabilidade na eficiência de transmissão e à necessidade de manutenção de colônias de vetores (Martins *et al*., 2016). A inoculação mecânica, por sua vez, utiliza extrato de folhas infectadas, tampão de fosfato de potássio dibásico e sulfato de sódio (pH 7,0) e carborundum (Meissner Filho *et al*., 2021), mas pode ser laboriosa e demandar maior tempo e mão de obra quando aplicada a um grande número de genótipos. Assim, a avaliação de métodos de inoculação que aliem eficiência, reprodutibilidade e praticidade pode contribuir

para a identificação de genótipos resistentes e para o aprimoramento das estratégias de melhoramento do mamoeiro.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar, sob condições controladas, a eficiência de métodos de inoculação de PRSV-P em genótipos de mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Duas linhagens suscetíveis de mamoeiro (UENF-1 e UENF-2), obtidas do Banco de Germoplasma UENF-Caliman, foram semeadas em vasos de 5 L contendo substrato orgânico Basaplant® (Base Agro, São Paulo, Brasil), em casa de vegetação da Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ. O experimento foi estruturado em delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 2 × 3 (dois genótipos susceptíveis; três métodos de inoculação) e mais dois controles sem inoculação um para cada genótipo, resultando em oito tratamentos, com cinco repetições cada.

A inoculação foi realizada aos 52 dias após a semeadura, utilizando o isolado PRSV-P/UENF01, nas duas folhas mais jovens e completamente expandidas. Após a inoculação, as plantas foram mantidas em casa de vegetação para o desenvolvimento dos sintomas. Foram avaliados três métodos de inoculação: mecânica, com seringa e por microagulhamento.

Na inoculação mecânica (IMEC), foi utilizado um extrato preparado a partir de 21 g de folhas infectadas, trituradas em 300 mL de tampão de fosfato de potássio dibásico e sulfato de sódio (pH 7,0), acrescido de 17 g de carborundum (malha 600). Foram aplicados 5 mL do inóculo em cada uma das duas folhas, totalizando 10 mL por planta. O inóculo foi distribuído sobre a superfície foliar e friccionado com tecido de TNT.

Para a inoculação com seringa (ISER), foram utilizadas seringas de 1 mL, sendo realizadas cinco aplicações de 1 mL do inóculo em cada folha, totalizando 5 mL por folha e 10 mL por planta. O inóculo foi preparado a partir de 21 g de folhas infectadas, trituradas em 300 mL de tampão de fosfato de potássio dibásico e sulfato de sódio (pH 7,0).

Na inoculação por microagulhamento (IMIC), as duas folhas mais jovens e completamente expandidas foram perfuradas utilizando um instrumento contendo 540 microagulhas de 1,0 mm. Após o microagulhamento, o mesmo extrato utilizado no método ISER foi aplicado por pulverização, utilizando um pulverizador manual, com 5 mL do inóculo aplicados em cada folha, totalizando 10 mL por planta.

A severidade da doença foi avaliada visualmente em 12 avaliações, realizadas na folha mais jovem completamente desenvolvida, a partir de quatro dias após o primeiro aparecimento dos sintomas. Para a avaliação, foi utilizada uma escala descritiva de notas de 0 a 5, conforme proposta por Braga *et al.* (2025).

A eficiência dos métodos de inoculação foi avaliada por meio do período de incubação (PI), definido como o número de dias entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas da doença, e do índice de doença (ID%), calculado conforme a metodologia proposta por McKinney (1923).

Inicialmente, para análise dos dados foi realizada análise de variância fatorial para avaliar os efeitos dos métodos de inoculação, genótipos e sua interação. Como apenas o efeito da inoculação foi significativo, foram realizadas análises individuais para cada genótipo. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software R (versão 4.2.2).

Para a confirmação da presença do PRSV-P nos tratamentos inoculados, foram coletadas folhas das cinco repetições de cada tratamento aos 31 dias após a inoculação, sendo as amostras agrupadas para a extração de RNA com TRIzol® (Invitrogen), conforme as recomendações do fabricante. A síntese de cDNA foi realizada utilizando o High-Capacity cDNA Reverse Transcription Kit (Applied Biosystems), seguindo as recomendações do fabricante. A RT-PCR foi realizada utilizando 2,5 µL de cDNA e 1 µL dos iniciadores CIRev e CIFor, que amplificam um fragmento de aproximadamente 700 pb correspondente à proteína de inclusão cilíndrica do PRSV-P, conforme Ha *et al.* (2008). As reações foram submetidas a 5 minutos a 92 °C, seguidos de 40 ciclos de 50 segundos a 92 °C, 1 minuto a 54 °C e 90 segundos a 72 °C, com extensão final de 5 minutos a 72 °C. Os produtos da RT-PCR foram analisados por eletroforese em gel de agarose 2%, corado com GelRed (Biotium), e visualizados e fotografados em sistema MiniBis Pro de fotodocumentação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença do PRSV-P foi detectada por RT-PCR nas amostras de todos os tratamentos inoculados, com amplificação de fragmentos de aproximadamente 700 pb correspondentes à região CI do vírus (dados não apresentados). Em contrapartida, os tratamentos UENF1-SI e UENF2-SI não apresentaram amplificação, confirmando a ausência do vírus nas plantas não inoculadas.

Para o período de incubação, observou-se que para o genótipo UENF-1 o tempo médio para o aparecimento dos primeiros sintomas foi de cerca de 8 dias para o método mecânico, em 11 dias para a seringa e 13 dias para o microagulhamento (Tabela 1). Para o genótipo UENF-2 o PI foi mais curto nas plantas submetidas à inoculação mecânica (7,8 dias), em comparação a inoculação por seringa (10,5 dias) e a técnica de microagulhamento (12,7 dias) (Tabela 1).

Tabela 1 - Período de incubação médio em dias para inoculação mecânica (IMEC), inoculação na seringa (ISER) e Inoculação por microagulhamento (IMIC)

Genótipo	Método de inoculação		
	IMEC	ISER	IMIC
UENF1	8 dias	11dias	13 dias
UENF2	7,8 dias	10,5 dias	12,7 dias

A análise de variância revelou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os métodos de inoculação para o índice de doença (ID%), indicando diferença na severidade dos sintomas causados pelo PRSV-P entre os

métodos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância simplificada do Índice de doença (ID%) para os genótipos UENF1 e UENF2

FV	GL	Quadrado médio	
		UENF1	UENF2
Inoculação	2	1.611,7**	1.915,4**
Repetição	4	50,4	190,6
Resíduo	8	-	-

FV=Fonte de variação; GL= Grau de Liberdade; QM= Quadrado Médio; **Significância de 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de comparação de médias apresentados nas Figura 2A e 2B, revelaram que o método IMEC apresentou o maior índice de doença (ID%) nos dois genótipos avaliados, além de menor tempo de incubação, indicando maior manifestação e estabelecimento mais rápido dos sintomas. Para o genótipo UENF-1, o método de inoculação mecânica apresentou ID% de 51%, associado ao menor erro-padrão da média, indicando maior consistência entre as repetições. Em contrapartida, os métodos IMIC e ISER apresentaram ID% inferiores, de 24% e 17%, respectivamente, acompanhados de maiores erros-padrão, evidenciando maior variação entre as repetições. Para o genótipo UENF-2, o IMEC também apresentou o maior ID%, 59%, associado ao menor erro-padrão, enquanto os métodos IMIC e ISER apresentaram valores de 28.5% e 22.5%, respectivamente.

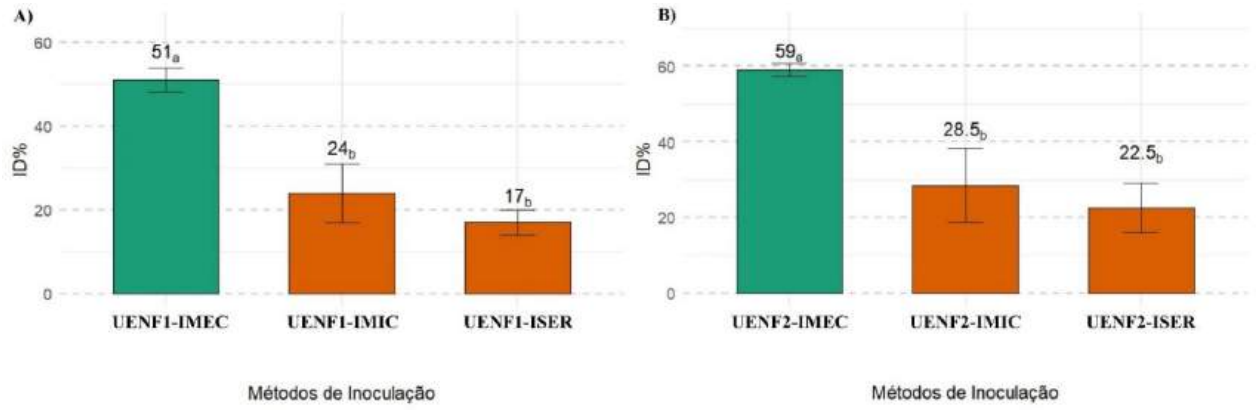


Figura 2 - Teste de comparação de média a 5% de probabilidade para o índice de doença (ID%). (A) Desempenho médio do genótipo UENF1 em inoculação mecânica (IMEC), Seringa (ISER) e Microagulhamento (IMIC). (B) Desempenho médio do genótipo UENF2 em inoculação mecânica (IMEC), Seringa (ISER) e Microagulhamento (IMIC). As barras do gráfico representam a média ± erro padrão da média (EPM).

A maior manifestação dos sintomas observada após a inoculação mecânica pode estar associada às características do próprio método, que promove abrasão direta do tecido foliar, favorecendo a entrada das

partículas virais e o estabelecimento da infecção. Além disso, a aplicação direta do inóculo sobre o tecido pode favorecer uma distribuição mais uniforme das partículas virais, contribuindo para a menor variação observada entre as repetições. Resultados semelhantes foram relatados por Monroy-Borrego e Steinmetz (2022), que observaram maior eficiência de infecção e menor variação entre as repetições para a inoculação mecânica em comparação a outros métodos de inoculação viral.

Os menores índices de doença e a maior variabilidade observados nos métodos ISER e IMIC podem estar relacionados às características de distribuição do inóculo proporcionadas por esses procedimentos. No ISER, embora o inóculo seja introduzido diretamente no tecido foliar, sua deposição pode permanecer mais localizada, restringindo o contato das partículas virais com uma maior área de tecido. No IMIC, a aplicação do inóculo por pulverização após o ferimento pode favorecer sua dispersão sobre uma área mais ampla, podendo reduzir a quantidade de partículas virais efetivamente disponível nas regiões lesionadas para o estabelecimento da infecção. Essas características podem ter contribuído para a menor manifestação dos sintomas e para a maior variação observada nesses métodos.

CONCLUSÃO

A inoculação mecânica mostrou-se o método mais adequado para avaliar a resposta de genótipos de mamoeiro ao PRSV-P, apresentando maior consistência e potencial de aplicação em ensaios de resistência ao vírus em programas de melhoramento genético.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes), pelo apoio financeiro e pela concessão das bolsas, por meio do Código de Financiamento 001. Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fruticultura Tropical (INCT-Fruit), pelo apoio financeiro. À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa. À empresa Caliman Agrícola, pela parceria e pelo auxílio no desenvolvimento dos experimentos e na multiplicação do germoplasma.

REFERÊNCIAS

BRAGA, C.S.; RAMOS, H.C.C.; SANTOS, J.S.; RODRIGUES, A.S.; SANTA-CATARINA, R.; BISPO, R.B.; SILVA, R.P.; BOECHAT, M.S.B.; EIRAS, M.; SILVEIRA, S.F.; PEREIRA, M.G. Effect of papaya ringspot virus infection in Brazilian *Carica papaya* accessions under controlled conditions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 72, p. 7223-7233, 2025a. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-025-02383-2

GONSALVES, D.S.; TRIPATHI, J.B.; CARR, S.J.Y. Papaya ringspot virus. **The Plant Health Instructor**, 2010. Disponível em: https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/viral/pdlessons/Pages/PapayaRingspotvirus.aspx. Acesso em: 2 set 2026.

HA, C.; COOMBS, S.; REVILL, P.A.; HARDING, R.M.; VU, M.; DALE, J.L. Design and application of two novel degenerate primer pairs for the detection and complete genomic characterization of potyviruses. *Archives of Virology*, v. 153, p. 25-36, 2008. https:// doi. org/ 10. 1007/ s00705- 007- 1053-7

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; LIMA-PAULA, R.C.A.; FORNAZIER, M.J.; REZENDE, J.A.; CULIK, M.P.; SOUSA-SILVA, C.R. Aphid vectors of Papaya ringspot virus and their weed hosts in orchards in the major papaya producing and exporting region of Brazil. **Crop Protection**, v. 90, p. 191-196, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.030

MCKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-218, 1923.

MEISSNER FILHO, P.E.; VILARINHOS, A.D.; OLIVEIRA, V.J.S.; SILVA, D.C.S.; SANTOS, V.S.; DANTAS, J.L.L. Resistance of transgenic papaya trees to papaya ringspot in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01954

NIVETHA, T.; RENUKADEVI, P.; GAYATHRI, M.; INDRA, N.; VIDHYA, D.; RAJAGOPAL, B. Global scenario of viruses infecting papaya. 3 Biotech, v. 15, n. 7, p. 208, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s13205-025-04370-x

ORDAZ-PÉREZ, D.; GÁMEZ-VÁZQUEZ, J.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; ESPINOSA-TRUJILLO, E.; RIVAS-VALENCIA, P.; CASTRO-MONTES, I. Resistência de *Vasconcellea cauliflora* ao potyvirus do anel de papaia (PRSV-P) e sua introgressão em *Carica papaya*. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 35, p. 571-590, 2017. DOI: https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1703-4

ZAINAL-ABIDIN, R.A.; RUHAIZAT-OOI, I.H.; HARUN, S.A review of omics technologies and bioinformatics to accelerate improvement of papaya traits. **Agronomy**, v. 11, p. 1356, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11071356

PREVALÊNCIA DO PAPAYA RINGSPOT VIRUS (PRSV-P) E DO COMPLEXO VIRAL DA MELEIRA (PMeV/PMeV2) EM POMARES DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) NO ESPÍRITO SANTO

Ivan do Amaral Figueiredo Neto[1]*, Marcella Silva Vieira[1], José Aires Ventura[1,2], Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares-ES. *ivan.figueiredo@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo consolida-se como um dos principais produtores de mamão (*Carica papaya* L.) no Brasil, concentrando sua cadeia produtiva majoritariamente na região norte do estado (Galeano *et al*., 2022). O setor contribui significativamente para as exportações capixabas, tendo produzido 426 mil toneladas em 2022, o que gerou uma receita de R$1,2 bilhão (SEAG, 2024). No entanto, um dos maiores desafios fitossanitários para a manutenção da produtividade dos pomares são as doenças de etiologia viral que afetam diretamente a qualidade e o valor comercial dos frutos (Oliveira; Meissner Filho, 2021), como a meleira e a mancha anelar (também denominada mosaico). A meleira é causada por um complexo viral composto pelo papaya meleira virus (PMeV), da família Fusagraviridae, e pelo papaya meleira virus 2 (PMeV2), provisoriamente classificado dentro do gênero *Umbravirus*. Os dois vírus possuem genomas de RNA e apresentam dois quadros abertos de leitura (ORFs) cada, destacando-se a RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) como a região genômica mais bem descrita e utilizada nas análises moleculares (Antunes *et al*., 2016; Maurastoni *et al*., 2023). Por sua vez, o mosaico é causado pelo papaya ringspot virus (PRSV-P), um potyvirus considerado um dos patógenos mais limitantes e destrutivos para a cultura (Tripathi *et al*., 2008).

A manifestação sintomatológica da meleira inclui a exsudação espontânea de látex fluido e aquoso e a necrose no ápice de folhas jovens (Ventura; Costa, 2003). Já o mosaico caracteriza-se pelo amarelecimento e mosqueado das folhas, clareamento das nervuras, formação de anéis concêntricos nos frutos e acentuado declínio do vigor da planta (Oliveira; Meissner Filho, 2021). Esses quadros afetam diretamente a qualidade comercial dos frutos e, em pomares sem o manejo adequado, a incidência da doença pode atingir a totalidade das plantas, acarretando perdas severas de rendimento (Ventura; Costa, 2003; Vieira *et al.*, 2026). Nesse sentido, dada a posição de destaque do Espírito Santo como um dos principais polos produtores, os impactos dessas doenças comprometem os índices de produção do agronegócio nacional.

Enquanto o mosaico possui rápida disseminação confirmada por meio de diversas espécies de vetores (Tripathi *et al*., 2008), o vetor responsável pela transmissão natural da meleira no Brasil ainda permanece

desconhecido. Para ambas as viroses, a principal estratégia de controle apoia-se firmemente no *roguing*, um processo caracterizado pela erradicação imediata das plantas que apresentam sintomas, visando frear a dispersão na área cultivada (Martins *et al.*, 2024). O aperfeiçoamento das ferramentas de diagnóstico molecular, incluindo RT-PCR, RT-qPCR e ELISA, tem assegurado uma maior precisão na identificação do complexo viral PMeV e PMeV2 (Abreu *et al*., 2012; Maurastoni *et al*., 2020). Contudo, para que o manejo seja eficiente nas regiões de cultivo, é imprescindível compreender a real pressão de inóculo e a atual dinâmica epidemiológica desses patógenos. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento da prevalência do complexo viral da meleira e do papaya ringspot virus em propriedades distribuídas pelo polo produtor do Espírito Santo, utilizando o diagnóstico molecular por RT-PCR para mapear a ocorrência desses vírus em pomares capixabas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de látex e folhas provenientes de plantas de mamoeiro (*C. papaya*) com sintomas característicos da meleira e do mosaico em áreas de produção distribuídas por sete municípios na região norte do Espírito Santo. Ao todo, foram analisadas 37 amostras independentes (N=37). Foram coletadas quatro amostras por município, em Sooretama, Vila Valério e Boa Esperança, compreendendo apenas uma fazenda por localidade coletada. Nos municípios de Pinheiros, Montanha e Pedro Canário foram coletadas seis amostras por localidade, em duas fazendas distintas por município. No município de Linhares, a coleta totalizou sete amostras, compreendendo duas fazendas pelo município. Imediatamente após a coleta, o material foi transportado ao laboratório sob refrigeração (4 °C) para preservação das estruturas e da integridade do RNA viral, sendo posteriormente armazenado a -20 °C para as amostras de látex e a -80 °C para as amostras de folhas até o processamento.

A extração do RNA total a partir de látex e folha foi realizada com o reagente TRIzol® (Invitrogen), seguindo o protocolo descrito por Antunes *et al.* (2016). O RNA extraído foi eluído em 25 µL de água livre de nucleases e mantido a -80 °C. A concentração e a pureza do RNA foram avaliadas por espectrofotometria (Nanodrop®). Para eliminar possíveis contaminações com DNA genômico, as amostras foram tratadas com a enzima DNase I (Invitrogen) a 25 °C por 15 minutos.

A desnaturação do RNA foi conduzida utilizando-se hexâmeros randômicos em ciclo único a 96 °C por 3 minutos, 70 °C por 10 minutos e 65 °C por 5 min para o PMeV, PMeV2 e PRSV-P, respectivamente. Em seguida, procedeu-se à síntese do cDNA por meio da transcriptase reversa M-MLV (Invitrogen), conforme as especificações do fabricante.

As reações de RT-PCR foram realizadas com a enzima Taq DNA Polimerase Recombinante (Invitrogen), empregando-se ciclos específicos para cada vírus (Antunes *et al*., 2016). Os produtos amplificados foram visualizados por eletroforese em gel de agarose 1,5% em tampão TAE 1X (Tris 0,003 M, ácido acético 0,01 M, EDTA 0,001 M, pH 8,0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento realizado evidenciou a ampla prevalência do papaya ringspot virus, agente causal do mosaico, e do complexo viral papaya meleira virus e papaya meleira virus 2 associado à meleira do mamoeiro na região norte do estado. Nas amostras coletadas em propriedades distribuídas pelos municípios de Vila Valério, Pinheiros, Boa Esperança, Pedro Canário e Linhares constatou-se uma alta taxa de positividade, tanto para o complexo viral quanto para o vírus do mosaico, enquanto em Montanha observa-se uma prevalência do PRSV-P e em Sooretama do complexo viral PMeV e PMeV2 (Tabela 1). A distribuição desses vírus ao longo de importantes áreas do polo produtor capixaba demonstra uma contínua e elevada pressão de inóculo no campo, reforçando a dificuldade de controle nessas regiões e necessidade da adoção rigorosa de medidas de manejo, como a inspeção frequente e o *roguing* das plantas sintomáticas.

Tabela 1 - Resultado do diagnóstico molecular por RT-PCR para o complexo viral da meleira (PMeV/PMeV2) e vírus do mosaico do mamoeiro (PRSV-P) em amostras de *C. papaya* coletadas nos municípios amostrados

Município	Nº de amostras coletadas	Nº de amostras positivas para PMeV/PMeV2	Nº de amostras positivas para PRSV-P
Boa Esperança	4	4	4
Linhares	7	7	7
Montanha	6	0	6
Pedro Canário	6	6	6
Pinheiros	6	4	5
Sooretama	4	3	1
Vila Valério	4	4	4
Total	37	28	33

Além da ampla distribuição geográfica, a análise dos diagnósticos revelou uma alta frequência de coinfecção entre o PRSV-P e o complexo viral PMeV e PMeV2 na maioria das propriedades avaliadas (Tabela 1), agravando o já severo declínio fisiológico induzido pelo vírus da mancha anelar (Tripathi *et al*., 2008). Esse cenário de disseminação, especialmente do complexo da meleira, chama a atenção para um gargalo fitossanitário da cultura, a transmissão. Diferentemente do mosaico, cujo controle também é feito pelo manejo das populações de pulgões vetores, o organismo responsável pela transmissão natural do agente causador da meleira no Brasil permanece desconhecido (Almeida *et al.*, 2024). A dificuldade de manejo no campo é agravada pela provável ampla circulação desse vetor, que pode estar utilizando mamoeiros de áreas urbanas ou rurais não comerciais, funcionando como um possível reservatório do complexo viral. A elucidação dessa via de dispersão é, portanto, uma frente de pesquisa prioritária, uma vez que o bloqueio do vetor e dessas potenciais fontes de inóculo externas possuem o potencial de frear o avanço da doença, reduzindo a

dependência exclusiva do *roguing*.

Por fim, embora o foco central do diagnóstico do PMeV e PMeV2 neste levantamento tenha sido a análise do látex, reconhecido como padrão para a detecção do complexo, visto que é um caso excepcional de vírus replicando em vasos laticíferos, testes paralelos foram realizados com tecido foliar. Observaram-se inconsistências pontuais em que amostras positivaram no látex e negativaram na folha, e vice-versa, características da movimentação viral dentro do hospedeiro (Simon *et al.*, 2024; Ying *et al.*, 2024). Embora preliminar, essa variação na detecção entre diferentes tecidos da mesma planta destaca a complexidade da interação vírus-hospedeiro na meleira do mamoeiro, sugerindo que estudos moleculares e fitopatológicos mais aprofundados são necessários para elucidar essas questões.

CONCLUSÃO

- A alta prevalência do PRSV-P e do complexo viral PMeV e PMeV2 indica forte pressão de inóculo no polo produtor capixaba, exigindo rigor contínuo no manejo fitossanitário;
- a frequente ocorrência de coinfecção agrava o impacto fitossanitário dos pomares imposto à região;
- o desconhecimento do vetor responsável pela transmissão da meleira destaca a urgência em elucidar essa via de transmissão para reduzir a dependência do *roguing*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES); ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e aos proprietários e produtores das fazendas visitadas, pela disponibilização da área e do material botânico fundamental para a condução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABREU, P.M.V.; PICCIN, J.G.; RODRIGUES, S.P.; BUSS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Molecular diagnosis of *Papaya meleira virus* (PMeV) from leaf samples of *Carica papaya* L. using conventional and real-time RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 180, p. 1-2, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.12.003

ALMEIDA, J.M.; MAURASTONI, M.; SÁ-ANTUNES, T.F.; VENTURA, J.A.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. Efforts to understand transmission of the papaya meleira virus complex by insects. **Tropical Plant Pathology**, v. 49, p. 467-479, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s40858-024-00661-5

ANTUNES, T.F.S.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA Virus *Papaya Meleira Virus* and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, 2016. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do**

mamão no Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2022.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2024. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MAURASTONI, M.; ANTUNES, T.F.S; OLIVEIRA S.A.; SANTOS A.M.C.; VENTURA, J.A; FERNANDES, P.M.B. A multiplex RT-PCR method to detect papaya meleira virus complex in adult pre-flowering plants. **Archives of Virology**, v. 165, p. 1211-1214, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00705-020-04588-5

MAURASTONI, M.; SÁ ANTUNES, T.F.; ABREU, E.F.M.; RIBEIRO, S.G.; MEHTA, A.; SANCHES, M.M.; FONTES, W.; KITAJIMA, E.W.; CRUZ, F.T.; SANTOS, A.M.C.; VENTURA, J.A.; GOMES, A.C.M.M.; ZERBINI, F.M.; SOSA-ACOSTA, P.; NOGUEIRA, F.C.S.; RODRIGUES, S.P.; ARAGÃO, F.J.L.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. A Capsid protein fragment of a fusagra-like virus found in *Carica papaya* latex interacts with the 50S Ribosomal Protein L17. **Viruses**, v. 15, n. 541, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/v15020541

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

SEAG - Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo é o maior produtor e exportador de mamão do Brasil**. Vitória, ES: SEAG, 2024.

SIMON, A.E.; QUITO-AVILA, D.F.; BERA, S. Expanding the plant virome: umbra-like viruses use host proteins for movement. **Annual Review of Virology**, v. 11, p. 283-308, 2024. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-virology-111821-122718

TRIPATHI, S.; SUZUKI, J.Y.; FERREIRA, S.A.; GONSALVES, D. Papaya ringspot virus: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. **Molecular Plant Pathology**, v. 9, n. 3, p. 269-280, 2008. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00467.x

VENTURA, J.A.; COSTA, H. Meleira do mamoeiro: etiologia, sintomas e epidemiologia. In: MARTINS, D.S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória, ES: Incaper, p. 267-276, 2003.

VIEIRA, M.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.A.; FERNANDES, P.M.B.; ZERBINI, F.M. Papaya sticky disease management: biotechnological strategies as sustainable alternatives to roguing. **Plant Health Cases**, [*s. l.*], phcs20260006, 2026. DOI: https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2026.0006

YING, X.; BERA, S.; LIU, J.; TOSCANO-MORALES, R.; JANG, C.; YANG, S.; HO, J.; SIMON, A.E. Umbravirus-like RNA viruses are capable of independent systemic plant infection in the absence of encoded movement proteins. **PLOS Biology**, v. 22, n. 4, e3002600, 2024. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002600

COMPLEXIDADE PROTEICA DO MICROAMBIENTE ASSOCIADO AO COMPLEXO PMeV/PMeV2

Giovanni Ferreira Montovaneli[1]*, Russolina Benedeta Zingali[2], Viviana Ramírez Ríos[3], Emanuel Felipe Medeiros Abreu[3], Gisele Cardoso de Amorim[1], José Aires Ventura[4], Patricia Machado Bueno Fernandes[5], Silas Pessini Rodrigues[1]

[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia (NUMPEX-Bio), Duque de Caxias, RJ; [2]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis (IBqM), Unidade de Espectrometria de Massas e Proteômica (UEMP), Rio de Janeiro, RJ; [3]Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF; [4]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES; [5]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Núcleo de Biotecnologia, Vitória, ES.
*giomontovaneli@gmail.com

INTRODUÇÃO

A meleira do mamoeiro é uma importante doença de *Carica papaya* L., associada à infecção conjunta pelo complexo papaya meleira virus (PMeV e PMeV2) (Sá Antunes *et al*., 2016). A infecção apresenta estreita associação com o sistema laticífero da planta e provoca alterações características no látex, incluindo sua exsudação espontânea em frutos e folhas (Rodrigues *et al*., 2009). Esse compartimento especializado constitui, portanto, um ambiente relevante para compreender a organização dos vírus e sua relação com componentes do hospedeiro.

A purificação do material viral a partir do látex permite recuperar partículas associadas ao PMeV/PMeV2 juntamente com outros componentes moleculares. Análises proteômicas anteriores desse material identificaram, além de proteínas virais, proteínas do hospedeiro, incluindo proteases e componentes relacionados à resposta antiviral, como Dicer e Argonauta (Maurastoni *et al*., 2023). Esses achados sustentam a existência de um microambiente molecular complexo que copurifica com as partículas virais. Entretanto, a análise proteômica global não permite relacionar diretamente os componentes identificados às diferentes regiões do perfil proteico observado após separação eletroforética.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo investigar a complexidade proteica do material que co-purifica com o complexo PMeV/PMeV2, combinando separação eletroforética e espectrometria de massas para ampliar a caracterização do microambiente viral associado ao látex.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de látex de mamoeiros sintomáticos foram submetidas à purificação do material viral por ultracentrifugação diferencial e em gradiente de CsCl, conforme Maurastoni *et al*. (2023). Frações do gradiente

foram analisadas por SDS-PAGE e regiões representativas do perfil eletroforético foram excisadas individualmente, submetidas à digestão in-gel com tripsina (Shevchenko *et al.*, 1996) e analisadas por LC-MS/MS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A purificação do material viral a partir do látex de mamoeiros sintomáticos resultou em frações (Super Topo (ST), Topo (T), Médio (M), Baixo (B) e Ultra Baixo (UB) após gradiente de cloreto de césio com perfil proteico complexo (dados não apresentados). A análise por SDS-PAGE das frações T e UB revelou a predominância de bandas de aproximadamente 55 e 40 kDa (p55 e p40), previamente associadas à proteína do capsídeo do PMeV (Maurastoni *et al*., 2023), além de componentes distribuídos em diferentes regiões de massa molecular (Figura 1).

A análise de regiões representativas desse perfil por LC-MS/MS confirmou a presença de componentes virais, notavelmente a proteína capsidial e o RdRp viral e identificou proteínas de origem vegetal, como a papaína, associadas ao material purificado (Tabela 1). Esses resultados ampliam as observações obtidas por análises proteômicas globais anteriores (Maurastoni *et al*., 2023) e demonstram que o material que co-purifica com PMeV/PMeV2 apresenta composição proteica mais complexa do que aquela sugerida pelas bandas majoritárias.

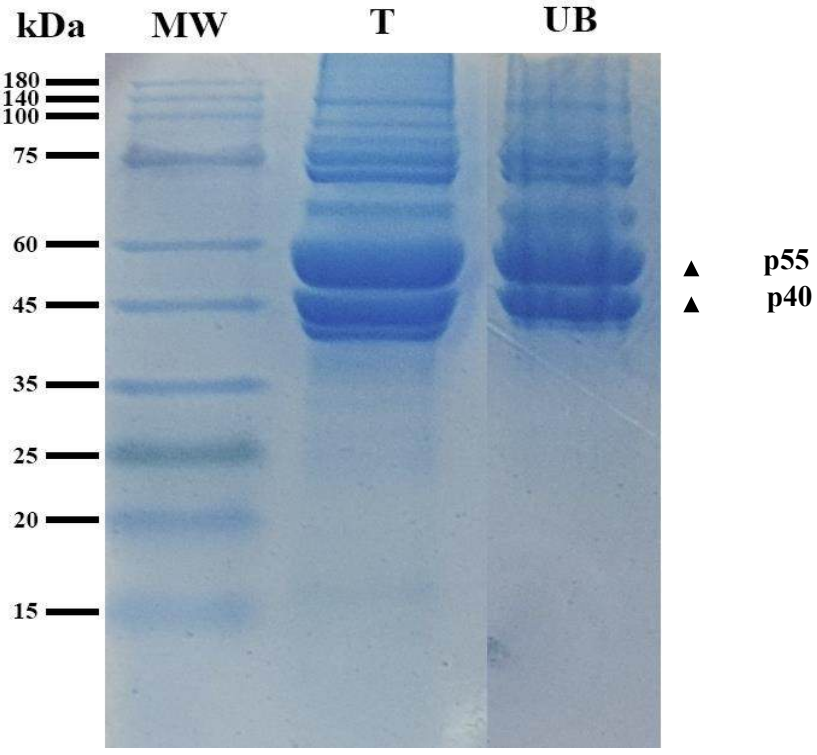


Figura 1 - Perfil proteico do material viral purificado associado ao complexo PMeV/PMeV2. SDS-PAGE de frações obtidas após purificação do material viral a partir do látex de mamoeiros sintomáticos. Observa-se a predominância das bandas de aproximadamente 55 e 40 kDa, além de componentes distribuídos em diferentes regiões de massa molecular. MW - marcador de peso molecular; T – Fração topo; UB – Fração ultra.

Tabela 1 – Lista de proteínas observadas por LC-MS/MS relevantes ao estudo

Codigo de acesso	Proteina do PMeV e proteínas homologas em plantas	Score
AMU19319.1	Proteina do capsídeo (*Fusagravirus kyu*)	5434
IF5A1_BOVIN	Fator de iniciação da tradução eucariótica	163
AMU19320.1	RNA-polimerase dependente de RNA (*Fusagravirus kyu*)	57
HSP7C_BOVIN	Proteína cognata do choque térmico de71 kDa	42
CH10_BOVIN	Proteína do choque térmico mitocondrial de 10 kDa	35
PAPA1_CARPA	Papaíana	29
KPYM_MOUSE	Piruvato quinase PKM	25

Em conjunto, a separação eletroforética associada à identificação por LC-MS/MS evidencia a presença de componentes virais e do hospedeiro distribuídos ao longo do perfil proteico do material purificado. Essa heterogeneidade acrescenta uma dimensão à caracterização proteômica previamente realizada e reforça a importância de investigar como esses componentes se organizam no contexto do microambiente viral associado ao complexo PMeV/PMeV2.

CONCLUSÕES

- O material que copurifica com o complexo PMeV/PMeV2 apresenta um perfil proteico complexo, caracterizado por bandas majoritárias associadas ao capsídeo viral e por componentes distribuídos em diferentes regiões de massa molecular;
- a análise por LC-MS/MS confirmou a presença de componentes virais e do hospedeiro no material purificado, como as proteínas do capsídeo, RNA-polimerase dependente de RNA e papaína;
- os resultados ampliam a caracterização proteômica do material associado ao PMeV/PMeV2 e fornecem uma base para investigar a organização molecular do microambiente viral no látex.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de doutorado concedida a Giovanni Ferreira Montovaneli (Processo nº 204.755/2024) e pelo financiamento APQ1-FAPERJ (Processo nº 210.334/2024), coordenado por Silas Pessini Rodrigues. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradecemos, ainda, à Unidade de Espectrometria de Massas e Proteômica (UEMP/UFRJ), em especial à M.Sc. Ana Lucia de Oliveira Carvalho e ao Dr. Yuri Pereira Souza, pelo suporte no preparo das amostras e nas análises por espectrometria de massas.

REFERÊNCIAS

MAURASTONI, M.; ANTUNES, T.F.S.; ABREU, E.F.M.; RIBEIRO, S.G.; MEHTA, A.; SANCHES, M.M.; FONTES, W.; KITAJIMA, E.W.; CRUZ, F.T.; SANTOS, A.M.C.; VENTURA, J.A.; GOMES, A.C.M.M.; ZERBINI, F.M.; SOSA-ACOSTA, P.; NOGUEIRA, F.C.S.; RODRIGUES, S.P.; ARAGÃO, F.J.L.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. A capsid protein fragment of a fusagra-like virus found in *Carica papaya* latex interacts with the 50S ribosomal protein L17. **Viruses**, v. 15, n. 2, p. 541, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/v15020541

RODRIGUES, S.P.; CUNHA, M.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B.; Effects of the Papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/s00299-009-0673-7

SÁ ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B.; The dsRNA virus Papaya meleira virus and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **PLoS ONE**, v. 11, e0155240, 2016. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240

SHEVCHENKO, A.; WILM, M.; VORM, O.; MANN, M.; Mass spectrometric sequencing of proteins from silver-stained polyacrylamide gels. **Analytical chemistry**, v. 68, n. 5, p. 850-858, 1996. DOI: https://doi.org/10.1021/ac950914h

IMUNOLOCALIZAÇÃO DE COMPONENTES ASSOCIADOS AO COMPLEXO PMeV/PMeV2 NO SISTEMA LATICÍFERO DE *Carica papaya* L.

Lucas Estevão Constantino Nunes[1]*, Brunno Renato Farias Verçoza[1], Karen Pessoa da Silva[1], José Aires Ventura[2], Patricia Machado Bueno Fernandes[3], Silas Pessini Rodrigues[1]

[1]Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Professor Geraldo Cidade. Duque de Caxias, Rio de Janeiro; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Linhares-ES; [3]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, Espírito Santo. *lucasestevao@ufrj.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das principais frutíferas cultivadas em regiões tropicais, sendo o Brasil um dos maiores produtores e exportadores mundiais (FAO, 2026). Entre as principais limitações fitossanitárias da cultura destaca-se a meleira do mamoeiro, doença associada ao complexo papaya meleira virus (PMeV/PMeV2), constituído pelos vírus PMeV e PMeV2 (Sá Antunes *et al*., 2016).

Até o momento, o complexo PMeV/PMeV2 parece restrito aos laticíferos, células especializadas que produzem e armazenam o látex. Evidências acumuladas ao longo dos estudos sobre a meleira sugerem que, nesse ambiente, o complexo viral não se organiza exclusivamente como uma população de partículas livres e dispersas, mas em associação com componentes da matriz laticífera (Kitajima *et al*., 1993). Posteriormente, a purificação e caracterização do complexo viral a partir do látex reforçaram a estreita relação entre o material associado ao vírus e esse ambiente especializado (Rodrigues *et al*., 2009). Mais recentemente, análises proteômicas de frações obtidas após a purificação do complexo PMeV/PMeV2 identificaram, além de componentes virais, diferentes proteínas de origem vegetal associadas ao material purificado, evidenciando a recuperação conjunta de componentes do hospedeiro e do complexo viral (Maurastoni *et al*., 2023).

Embora esses estudos indiquem uma estreita associação entre o complexo viral e a matriz laticífera, a distribuição espacial dos componentes reconhecidos no interior dos laticíferos e após a exsudação do látex permanece pouco compreendida. Estudos recentes demonstraram que diferentes vírus podem organizar seu ciclo infeccioso por meio da associação com componentes celulares do hospedeiro, formando compartimentos moleculares funcionalmente organizados, como fábricas virais, corpos de inclusão e condensados biomoleculares (Hyman *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2023).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo investigar a distribuição espacial de componentes imunorreativos associados ao complexo PMeV/PMeV2 em laticíferos e no látex de *C. papaya*, buscando ampliar a compreensão sobre sua organização no ambiente laticífero.

MATERIAL E MÉTODOS

O anticorpo policlonal anti-PMeV foi produzido utilizando como antígeno frações obtidas após a purificação do complexo PMeV/PMeV2. Cortes ultrafinos de laticíferos e amostras de látex de plantas sintomáticas e assintomáticas foram submetidos à imunomarcação e analisados por microscopia eletrônica de transmissão. A distribuição da imunomarcação foi avaliada qualitativamente e por processamento digital automatizado das micrografias. Complementarmente, amostras de látex foram analisadas por citometria de fluxo utilizando o mesmo anticorpo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de imunolocalização revelaram componentes reconhecidos pelo anticorpo anti-PMeV em laticíferos de plantas sintomáticas e assintomáticas. Nas amostras sintomáticas, a imunomarcação apresentou-se mais abundante e frequentemente associada a regiões eletrondensas da matriz laticífera, enquanto nas amostras assintomáticas o sinal foi menos abundante e mais disperso (Figura 1).

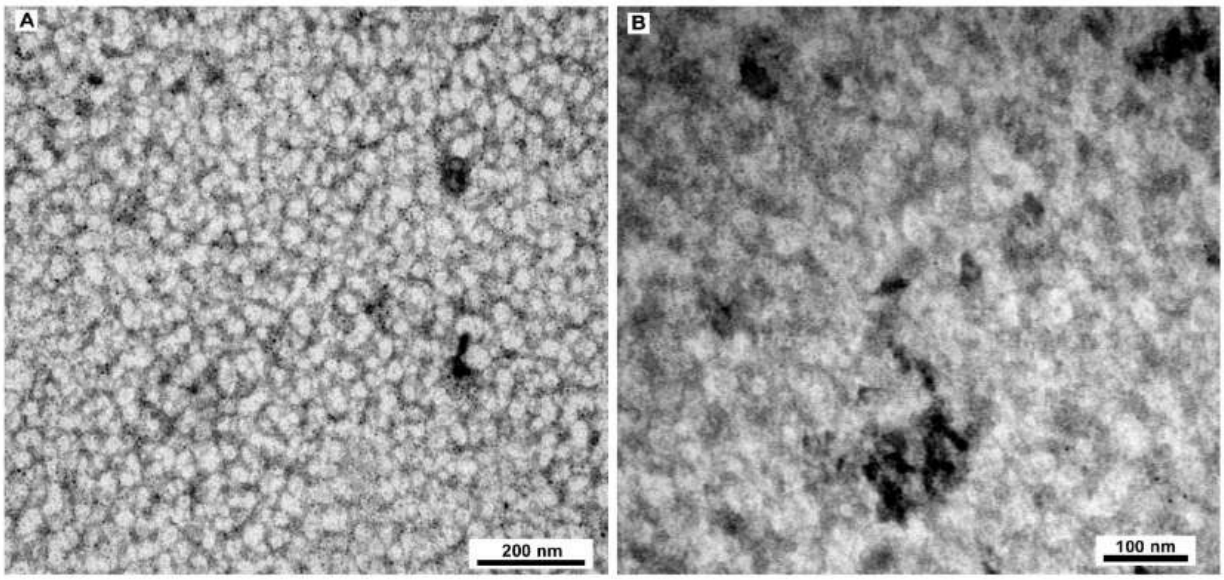


Figura 1 - Imunolocalização representativa em laticíferos sintomáticos e assintomáticos. Barras de escala = 200 nm (A) e 100 nm (B).

A análise automatizada das micrografias corroborou a diferença observada qualitativamente, indicando maior imunomarcação nas amostras sintomáticas em comparação às assintomáticas. De forma complementar, a análise por citometria de fluxo também evidenciou maior imunorreatividade nas amostras de látex sintomático. Em conjunto, as abordagens utilizadas apontam para diferenças na abundância e na distribuição espacial dos componentes reconhecidos pelo anticorpo no contexto da matriz laticífera.

CONCLUSÃO

A imunolocalização revelou diferenças quantitativas e espaciais entre plantas sintomáticas e assintomáticas, corroboradas pela quantificação automatizada e pela maior imunorreatividade observada por citometria de fluxo no látex sintomático. Em conjunto, esses resultados fornecem evidências para investigar a organização do complexo PMeV/PMeV2 no contexto de suas associações com a matriz laticífera, sustentando o conceito de um possível microambiente viral associado ao látex.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ pela bolsa de mestrado de LECN (Processo #202.725/2024) e pelo financiamento APQ1-FAPERJ coordenado por SPR (Processo #210.334/2024). Ao Dr. Emanuel F. M. Abreu (EMBRAPA), por ceder os anticorpos anti-PMeV/PMeV2. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2026. **Major tropical fruits market review**. Rome. 2026.

HYMAN, A.A; WEBER, C.A.; JÜLICHER, F. Liquid-liquid phase separation in biology. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 30, p. 39-58, 2014.

KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, C.H.; SILVEIRA, J.S.; ALVES, F.L.; VENTURA, J.A.; ARAGÃO, F.J.L.; OLIVEIRA, L.H.R. Association of isometric virus-like particles, restricted to laticifers, with “meleira” (“sticky disease”) of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 118-122, 1993.

MAURASTONI, M.; SÁ ANTUNES, T.F.; ABREU, E.F.M.; RIBEIRO, S.G.; MEHTA, A.; SANCHES, M.M.; FONTES, W.; KITAJIMA, E.W.; CRUZ, F.T.; SANTOS, A.M.C.; VENTURA, J.A.; GOMES, A.C.M.M.; ZERBINI, F.M.; SOSA-ACOSTA, P.; NOGUEIRA, F.C.S.; RODRIGUES, S.P.; ARAGÃO, F.J.L.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. A Capsid protein fragment of a fusagra-like virus Found in *Carica papaya* latex interacts with the 50S Ribosomal Protein L17. **Viruses**, v. 15, 541, 2023.

RODRIGUES, S.P.; CUNHA, M.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Effects of the papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009.

SÁ ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA virus papaya meleira virus and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **PLoS One**, v. 11, n. 4, e0155240, 2016.

ZHANG, X.; ZHENG, R.; LI, Z.; MA, J. Liquid-liquid phase separation in viral function. **Journal of Molecular Biology**, v. 435, n. 16, 167955, 2023.

PROPAGAÇÃO

QUALIDADE DE MUDAS DE MAMOEIRO 'ALIANÇA' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS E DOSES DE *Lithothamnium* sp.

Fernando Gomes Hoste[1,2]*, Cristhiane Tatagiba Franco Brandão[2,3], Maria Ester Lenzi de Souza[2,4], Ana Júlia Câmara Jevaux-Machado[1,2], Janyne Soares Braga Pires[1,2], Sara Dousseau-Arantes[2]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras. Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Linhares, ES; [3]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. Alegre, ES; [4]União Capixaba de Ensino - Faculdade Espírito-Santense. Linhares, ES. *fernandohost@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura de grande relevância nas regiões tropicais e subtropicais (Aktaruzzaman *et al*., 2018). Entretanto, a produção de mudas de qualidade constitui uma etapa fundamental para o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura, sendo influenciada por fatores relacionados à germinação das sementes e ao crescimento inicial das plântulas (Ramos *et al.*, 2025). Nesse contexto, a qualidade das mudas exerce influência direta sobre o desempenho do mamoeiro ao longo de seu ciclo produtivo, de modo que mudas de baixa qualidade podem comprometer a produtividade da cultura (Matias *et al*., 2019). Atualmente, bioestimulantes podem ser utilizados para promover o crescimento vegetal e melhorar a eficiência fisiológica das plantas (Koutsougera *et al*., 2023).

O *Lithothamnium* sp., uma alga calcária, tem sido utilizado como insumo agrícola em razão de sua capacidade de influenciar características do ambiente de cultivo, especialmente as condições bioquímicas do solo e a disponibilidade de nutrientes às plantas (Nascente *et al*., 2024). Seu uso tem sido relatado em diferentes culturas, nas quais pode contribuir para o desenvolvimento e a produtividade das plantas (Ramos *et al*., 2025).

Além do uso de bioestimulantes, as características do substrato utilizado na produção de mudas constituem um fator determinante para seu desenvolvimento inicial. O substrato exerce influência sobre propriedades como a disponibilidade de nutrientes, a retenção de água e a aeração, condições diretamente relacionadas ao crescimento e à formação do sistema radicular (Costa; Martins, 2018).

A associação entre diferentes substratos e o uso de *Lithothamnium* sp. pode influenciar o desenvolvimento inicial das plântulas, tornando relevante a avaliação desses fatores na produção de mudas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de mamoeiro submetidas a diferentes doses de *Lithothamnium* sp. em dois tipos de substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental de Linhares (Incaper), Linhares, Espírito Santo, entre

janeiro e março de 2024, em viveiro com 50% de sombreamento. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 × 4, com dois substratos (Carolina Soil e Tropstrato HT) e quatro doses (0, 2, 4 e 8 kg m^{-3}) de farinha de algas calcárias à base de *Lithothamnium* sp. (LC300, Algadermis). Foram utilizados quatro blocos, com 20 mudas por tratamento em cada bloco, totalizando 640 mudas.

A semeadura foi realizada em tubetes de 50 cm^3, com desbaste aos 10 DAS, mantendo-se a plântula mais vigorosa. A emergência foi avaliada diariamente, considerando-se o surgimento do gancho, sendo calculadas a porcentagem de emergência (E) e o índice de velocidade de emergência (IVE), conforme Maguire (1962).

Aos 45 DAS, todas as mudas de cada parcela foram avaliadas quanto à altura (H), diâmetro do caule (DC), comprimento radicular (CR) e índice SPAD. A H foi medida do coleto à gema apical, o DC na região do coleto e o CR pela maior raiz. O SPAD foi determinado em folha completamente expandida com medidor portátil SPAD-502 (Konica Minolta®, Japão). Para MSR e MSPA, raízes e parte aérea foram separadas e secas a 65 °C até massa constante, sendo os resultados expressos em gramas.

A qualidade das mudas foi avaliada pelo índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado conforme Dickson, Leaf e Hosner (1960), utilizando-se a equação:

$$IQD = \frac{MST}{(\mathrm{H/DC}) + (\mathrm{MSPA/MSR})}$$

em que MST corresponde à massa seca total, H à altura da muda, DC ao diâmetro do caule, MSPA à massa seca da parte aérea e MSR à massa seca do sistema radicular.

Os dados foram submetidos à ANOVA no Sisvar (Ferreira, 2011) e, quando significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Quando significativa a interação entre substrato e dose, realizou-se o desdobramento dos fatores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou comportamento distinto das características avaliadas em função dos substratos e das doses de *Lithothamnium* sp. (Tabela 1). O fator substrato influenciou significativamente os seguintes parâmetros: E, IVE, H, índice SPAD, MSR, MSPA e IQD, enquanto não foram observados efeitos significativos sobre o CR e o DC. Para o fator dose, foram observados efeitos significativos sobre o IVE e o índice SPAD. A interação substrato × dose foi significativa para o IVE e a MSR, indicando que a resposta dessas características às doses de Lithothamnium sp. dependeu do substrato utilizado.

O IVE apresentou interação significativa entre substrato e dose de *Lithothamnium* sp. No Carolina Soil, a dose de 2 kg m^{-3} apresentou o maior IVE (3,55), enquanto no Tropstrato HT o maior valor ocorreu sem aplicação (3,16) (Figura 1). No Carolina Soil, as doses de 4 e 8 kg m^{-3} apresentaram valores intermediários (3,28 e 3,24), enquanto no Tropstrato HT as doses de 2, 4 e 8 kg m^{-3} resultaram em 2,80, 2,90 e 2,85, respectivamente. Esse comportamento pode estar relacionado às características físicas e químicas do Carolina

Soil, que podem proporcionar condições mais favoráveis à emergência das plântulas, conforme discutido por Ribeiro Júnior *et al*. (2021).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis referentes ao desenvolvimento de mudas de mamoeiro em função de substratos e doses de *Lithothamnium* sp.

FV	GL	QM								
		E	IVE	H	CR	DC	MSR	MSPA	IQD	SPAD
Bloco	4	4,64^{ns}	0,0956**	6,66*	6,2122**	0,8651**	0,0012*	0,0066**	0,0007**	2,86^{ns}
S	1	378,13**	1,0695**	43,48**	0,0014^{ns}	0,0903^{ns}	0,0061**	0,1093**	0,0034**	80,96**
D	3	31,88^{ns}	0,0244**	0,7728^{ns}	0,6786^{ns}	0,1178^{ns}	0,0007^{ns}	0,0015^{ns}	0,0003^{ns}	41,17**
S x D	3	31,88^{ns}	0,2211**	5,06^{ns}	0,4936^{ns}	0,0011^{ns}	0,0017*	0,0011^{ns}	0,0004^{ns}	7,35^{ns}
Erro	20	16,20	0,0072	1,80	0,4725	0,0811	0,0004	0,0013	0,0001	3,17
CV (%)		4,17	2,73	6,66	5,78	6,94	23,17	12,95	20,18	4,36
Média Geral		96,56	3,11	20,15	11,89	4,10	0,0819	0,2809	0,0572	40,85

E = emergência (%); IVE = índice de velocidade de emergência; H = altura (cm); CR = comprimento de raiz (cm); SPAD = índice de clorofila; MSR = massa seca da raiz (g); MSPA = massa seca da parte aérea (g); IQD = índice de qualidade de Dickson; DC = diâmetro do caule (mm). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; S = substrato; D = dose; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

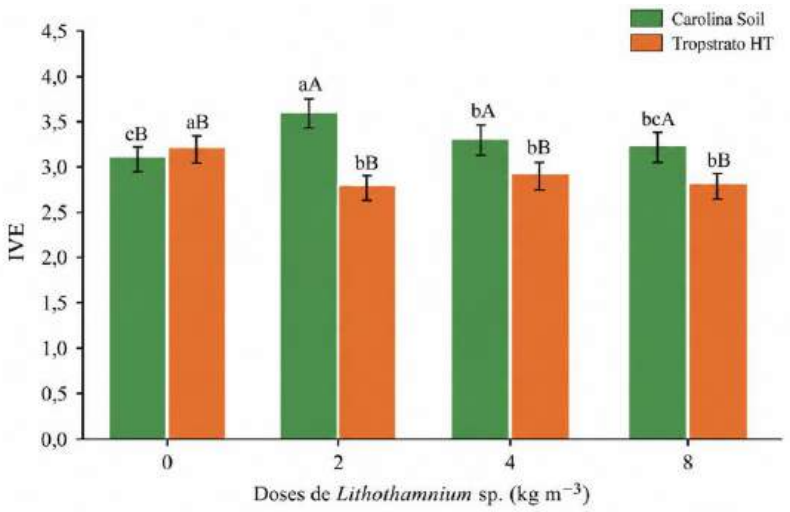


Figura 1 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de mudas de mamoeiro em função das doses de *Lithothamnium* sp. nos substratos Carolina Soil e Tropstrato HT. Barras representam as médias ± erro-padrão. Letras minúsculas comparam as doses de *Lithothamnium* sp. dentro de cada substrato, enquanto letras maiúsculas comparam os substratos dentro de cada dose. Médias seguidas pela mesma letra, na respectiva comparação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para as características de crescimento, não houve interação significativa entre substrato e dose para H, CR e DC. A H foi influenciada pelo substrato, apresentando maior valor no Carolina Soil (21,31 cm) em relação ao Tropstrato HT (18,98 cm). Para o CR e o DC, não foram observados efeitos significativos de substrato ou dose, com médias gerais de 11,89 cm e 4,10 mm, respectivamente. A maior altura observada no Carolina Soil pode estar relacionada às características físicas e químicas do substrato, que influenciam a disponibilidade de água, nutrientes e aeração, fatores importantes para o crescimento das mudas (Costa; Martins, 2018).

O SPAD foi influenciado pelo substrato e pelas doses de *Lithothamnium* sp., sem interação significativa entre os fatores, com maior valor no Carolina Soil (42,44) em comparação ao Tropstrato HT (39,26). Considerando conjuntamente os dois substratos, o tratamento sem *Lithothamnium* sp. apresentou o maior índice SPAD (43,96) (Figura 2). Esse resultado pode estar relacionado à influência do *Lithothamnium* sp. sobre a disponibilidade de nutrientes, uma vez que sua aplicação pode modificar atributos do solo e a eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas (Nascente *et al*., 2024).

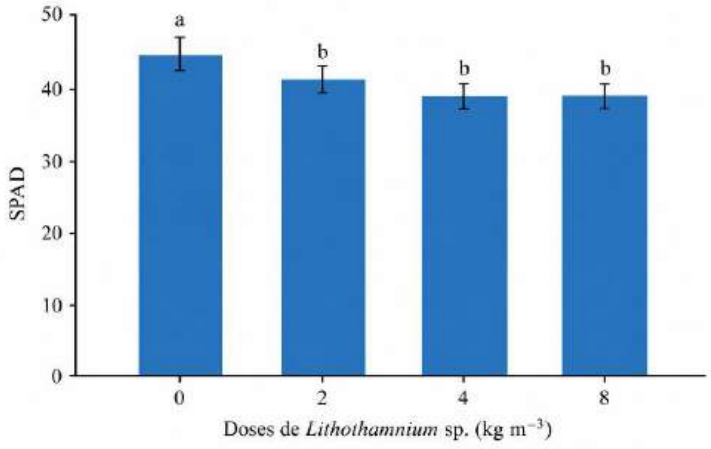


Figura 2 - Teor relativo de clorofila (SPAD) de mudas de mamoeiro em função das doses de *Lithothamnium* sp. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para a MSR, observou-se interação significativa entre substrato e dose. O Carolina Soil apresentou maior MSR que o Tropstrato HT nas doses de 2 e 8 kg m^{-3}, sem diferença entre os substratos nas doses de 0 e 4 kg m^{-3}. No Carolina Soil, a dose de 8 kg m^{-3} apresentou a maior MSR (0,1200 g), diferindo de 4 kg m^{-3} (0,0775 g), enquanto 0 e 2 kg m^{-3} foram intermediárias. No Tropstrato HT, não houve diferença entre doses. A resposta da massa seca radicular evidencia que o efeito do *Lithothamnium* sp. pode variar conforme as condições do substrato, como observado por Ramos *et al*. (2025) em mudas de mamoeiro 'Aliança'.

Quanto à MSPA, houve efeito significativo apenas do substrato, sendo superior no Carolina Soil (0,3394 g) em relação ao Tropstrato HT (0,2225 g). O IQD apresentou maior valor nas mudas cultivadas em Carolina Soil (0,0675), em comparação àquelas produzidas em Tropstrato HT (0,0469). A maior MSPA e o maior IQD observados no Carolina Soil reforçam a influência do substrato sobre a qualidade das mudas.

CONCLUSÃO

O substrato Carolina Soil favoreceu o desenvolvimento das mudas de mamoeiro, apresentando maiores valores de emergência, altura, MSPA, IQD e SPAD. O *Lithothamnium* sp. influenciou o IVE e o SPAD, enquanto o IVE e a MSR apresentaram respostas dependentes do substrato. A dose de 2 kg m^{-3} no Carolina Soil proporcionou o maior IVE, enquanto o tratamento sem *Lithothamnium* sp. apresentou o maior índice SPAD. Assim, o Carolina Soil mostrou-se mais favorável à formação das mudas, enquanto os efeitos do *Lithothamnium* sp. variaram conforme a característica avaliada.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro; e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), pelo suporte institucional.

REFERÊNCIAS

AKTARUZZAMAN, M.; AFROZ, T.; LEE, Y.-G.; KIM, B.-S. Post-harvest anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum truncatum* in Korea. **European Journal of Plant Pathology**, v. 150, n. 1, p. 259-265, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10658-017-1265-y

COSTA, A.C.; MARTINS, G.F. Substrates containing agricultural residues provide better development of papaya seedlings. **Científica**, Dracena, SP, v. 46, n. 3, p. 299-306, 2018. DOI: https://doi.org/10.15361/1984-5529.2018v46n3p299-306

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: https://doi.org/10.5558/tfc36010-

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

KOUTSOUGERA, D.; ZAFEIRIOU, I.; GIANNAKOPOULOU, F.; IPSILANTIS, I.; KALDERIS, D.; GASPARATOS, D.; BILIAS, F. Biostimulants: an introduction. In: GILL, S.S.; TUTEJA, N.; KHAN, N.A.; GILL, R. (eds.). **Biostimulants in alleviation of metal toxicity in plants**: emerging trends and opportunities. Academic Press, 2023. p. 21-50. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99600-6.00007-4

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

MATIAS, S.S.R.; DIAS, I.D.L.; CAMELO, Y.M.; SOUZA, I.S.; CASTELO, F.R.; AGUIAR, W.R.; FERREIRA, M.D.S. Quality of *Carica papaya* seedlings grown in an alternative substrate based on buriti wood (*Mauritia flexuosa* Lf). **Científica**, Dracena, SP, v. 47, n. 3, p. 337-343, 2019. DOI: https://doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n3p337-343

NASCENTE, A.S.; COBUCCI, T.; GOES DE ARAÚJO, M.A. *Lithothamnium* effects on soil attributes, phosphorus

utilization efficiency, and grain yield of soybeans, corn, and common bean. **International Journal of Agronomy**, v. 2024, 7817281, p. 1-13, 2024. DOI: https://doi.org/10.1155/2024/7817281

RAMOS, E.P.; BORGES DE AGUIAR, D.; MOTA BARBOSA, A.K.; DE SOUZA OLIVEIRA, V.; DE OLIVEIRA ARANTES, L.; ROMAIS SCHMILDT, E.; RALPH FALQUETO, A.; ALVES FERNANDES, A.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Production of 'Aliança' papaya seedlings under different dosages and sources of *Lithothamnion* sp. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1630560, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1630560

RIBEIRO JÚNIOR, W.A.; DE PAULA, J.C.B.; SHIMIZU, G.D.; RIBEIRO, L.T.M.; DIAS, J.P.; CASTILHO, Í.M.; GUARIZ, H.R.; DE FARIA, R.T. Substratos na produção inicial de mudas de *Carica papaya* L. e *Passiflora edulis* Sims. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 76775-76789, 2021. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-073

QUALIDADE DE MUDAS DE MAMOEIRO 'ALIANÇA' SUBMETIDAS A DOSES DE HIDROLISADO PROTEICO

Fernando Gomes Hoste[1,2]*, Cristhiane Tatagiba Franco Brandão[2,3], Bliane Morozini Bacheti[2,4], Maria Ester Lenzi de Souza[2,4], Ana Júlia Câmara Jevaux-Machado[1,2], Sara Dousseau-Arantes[2]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras. Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares, ES; [3]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. Alegre, ES; [4]União Capixaba de Ensino - Faculdade Espírito-Santense. Linhares, ES. *fernandohost@gmail.com

INTRODUÇÃO

A produção de mudas de qualidade é uma etapa fundamental para o estabelecimento adequado do mamoeiro (*Carica papaya* L.), uma vez que o vigor e a uniformidade das mudas são importantes para seu estabelecimento e desenvolvimento inicial (Singh; Singh; Rawat, 2026). Nesse contexto, a utilização de bioestimulantes tem despertado interesse na produção de mudas por seu potencial de favorecer o crescimento e o desenvolvimento vegetal, contribuindo para a formação de plantas mais vigorosas e com características morfológicas adequadas (Guimarães *et al.*, 2015).

Entre os bioestimulantes, destacam-se os produtos à base de hidrolisados proteicos, que apresentam compostos como aminoácidos e peptídeos capazes de atuar em processos relacionados ao metabolismo e ao desenvolvimento das plantas (Colla *et al.*, 2015). Estudos têm demonstrado efeitos favoráveis desses produtos sobre características de crescimento e qualidade de mudas. Hoste *et al.* (2026) demonstraram que o bioestimulante Terrativa®, à base de hidrolisado proteico de origem animal, promoveu alterações no crescimento, no desempenho fisiológico e na qualidade de mudas de cacaueiro, evidenciando o potencial desse produto na produção de mudas.

Apesar dos resultados obtidos com o Terrativa® em mudas de cacaueiro, ainda são necessários estudos que avaliem sua utilização em outras espécies de interesse agrícola, como o mamoeiro, especialmente durante a fase de formação das mudas. A avaliação de características morfológicas e de biomassa pode contribuir para compreender os efeitos da aplicação do bioestimulante sobre a qualidade das plantas. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de doses de hidrolisado proteico sobre a qualidade de mudas de mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parceria com o Viveiro Tião Mudas, localizado no município de Sooretama, Espírito Santo. Foram utilizadas mudas de mamoeiro, cultivar Aliança, submetidas a diferentes

doses do Terrativa®, fertilizante organomineral orgânico de Classe A, à base de proteína hidrolisada de origem animal, contendo macronutrientes e aminoácidos livres.

Para a produção das mudas, utilizou-se o substrato comercial Carolina Soil®, enriquecido com fertilizante de liberação controlada Osmocote® e condicionador de solo Algen®. A mistura foi preparada utilizando-se 650 g de Osmocote® e 1 kg de Algen® para cada quatro sacos de substrato Carolina Soil®, sendo os componentes previamente homogeneizados antes do preenchimento dos recipientes.

A semeadura foi realizada em setembro de 2025, utilizando recipientes do tipo *paper pot*. Em cada recipiente foram semeadas três sementes da cultivar Aliança. Aos 21 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas a muda mais vigorosa em cada recipiente.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), constituído por seis tratamentos, correspondentes às doses de 0; 1; 2; 3; 4,5 e 6 mL L^{-1} do bioestimulante Terrativa®, com quatro blocos (repetições). Cada parcela experimental foi composta por 20 mudas, totalizando 24 parcelas experimentais e 480 mudas.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas via foliar, por meio de pulverizador manual até o ponto de escorrimento, permitindo que parte da calda atingisse o substrato dos recipientes. Utilizou-se o volume de 200 mL de calda por parcela, correspondente a 20 mudas. As aplicações ocorreram aos 20, 27 e 35 dias após a semeadura (DAS).

O sistema de irrigação do viveiro era automatizado, sendo o manejo realizado diariamente de acordo com a necessidade hídrica das mudas, determinada pela avaliação da umidade do substrato. O tempo de irrigação variou entre 8 e 15 minutos, conforme as condições ambientais.

A avaliação da qualidade das mudas foi realizada aos 42 DAS. Foram determinadas a altura da parte aérea (H), o diâmetro do caule (DC), a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca do sistema radicular (MSR). A altura da parte aérea foi expressa em cm e o diâmetro do caule em mm.

Para a determinação da biomassa, a parte aérea e o sistema radicular foram separados e acondicionados em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem massa constante. Posteriormente, foram determinadas a MSPA e a MSR, expressas em g. A massa seca total (MST) foi obtida pela soma da massa seca da parte aérea e da massa seca do sistema radicular.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi calculado conforme Dickson *et al.* (1960), utilizando-se a expressão:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

em que MST corresponde à massa seca total (g), H à altura da parte aérea (cm), DC ao diâmetro do caule (mm), MSPA à massa seca da parte aérea (g) e MSR à massa seca do sistema radicular (g).

As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar (Ferreira, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando observada significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses do bioestimulante exerceram efeito significativo sobre todas as características avaliadas. A análise de variância evidenciou efeitos significativos para H (p=0,0031), DC (p=0,0115), MSR (p=0,0028), MSPA (p<0,0001) e IQD (p=0,0009), indicando que a aplicação do hidrolisado proteico alterou o desenvolvimento das mudas (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância referente à qualidade de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) submetidas a doses crescentes de hidrolisado proteico

FV	GL	QM				
		H	DC	MSR	MSPA	IQD
Bloco	3	0,2918^{ns}	0,0936*	0,000013^{ns}	0,000059^{ns}	0,000007^{ns}
Doses	5	1,6075**	0,1040*	0,000112**	0,001018**	0,000038**
Erro	15	0,2679	0,0235	0,000018	0,000070	0,000005
CV (%)		8,75	8,51	20,79	10,00	16,08
Média Geral		5,92	1,81	0,0206	0,0835	0,0138

FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; H = altura da parte aérea (cm); DC = diâmetro do caule (mm); MSR = massa seca do sistema radicular (g); MSPA = massa seca da parte aérea (g); IQD = Índice de Qualidade de Dickson; CV = coeficiente de variação; ^{ns} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As médias do teste de Tukey indicaram que a dose de 1 mL L^{-1} apresentou as maiores médias para H, DC, MSR, MSPA e IQD. Entretanto, as diferenças entre doses variaram conforme a característica avaliada, sendo observadas diferenças mais pronunciadas em relação às maiores doses. Para MSPA, as doses de 2 e 3 mL L^{-1} também apresentaram médias elevadas e não diferiram da dose de 1 mL L^{-1}. Para MSR, a dose de 1 mL L^{-1} diferiu apenas do controle e da dose de 6 mL L^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do caule (DC), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro cv. Aliança submetidas a diferentes doses de hidrolisado proteico

Dose (mL L^{-1})	H (cm)	DC (mm)	MSR (g)	MSPA (g)	IQD
0	5,16 ab	1,97 ab	0,0146 b	0,0681 cd	0,0112 bc
1	6,75 a	2,00 a	0,0274 a	0,1043 a	0,0180 a
2	6,24 ab	1,81 abc	0,0241 ab	0,0909 ab	0,0156 ab
3	6,19 ab	1,81 abc	0,0239 ab	0,0921 ab	0,0157 ab
4,5	5,98 ab	1,65 b	0,0183 ab	0,0841 bc	0,0118 bc
6	5,17 b	1,61 b	0,0152 b	0,0617 d	0,0103 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

O maior acúmulo de massa seca observado na dose de 1 mL L^{-1} é consistente com os efeitos descritos para hidrolisados proteicos em outras espécies. Colla *et al*. (2014) observaram aumento da massa seca da parte aérea e das raízes, bem como do comprimento e da área radicular, após a aplicação de hidrolisado proteico, atribuindo parte dessas respostas à atividade bioestimulante de aminoácidos e peptídeos presentes na formulação. Dessa forma, o maior acúmulo de MSPA e MSR observado neste estudo pode estar relacionado à capacidade dos hidrolisados proteicos de estimular processos associados ao crescimento e à aquisição de nutrientes.

O IQD apresentou comportamento semelhante ao observado para as variáveis de crescimento e biomassa, com maior média na dose de 1 mL L^{-1} (0,0180), diferindo das doses 0, 4,5 e 6 mL L^{-1}. As doses de 2 e 3 mL L^{-1} apresentaram valores intermediários e não diferiram da maior média. Esse resultado reforça a contribuição conjunta do crescimento da parte aérea e do sistema radicular para a qualidade das mudas.

Em mamoeiro, Morales-Payán e Stall (2003) também observaram respostas positivas à aplicação foliar de um complexo comercial contendo peptídeos e aminoácidos, embora o estudo tenha sido realizado em plantas em produção, e não na fase de formação de mudas. As aplicações mais frequentes resultaram em aumentos de produtividade, demonstrando o potencial de produtos dessa natureza na cultura.

De forma mais diretamente comparável ao presente estudo, Hoste *et al.* (2026) avaliaram o próprio Terrativa® em mudas de cacaueiro e verificaram efeitos sobre características de crescimento, desempenho fotoquímico e qualidade das mudas. Esse resultado, associado às respostas observadas no presente experimento, reforça o potencial do hidrolisado proteico de origem animal para utilização durante a formação de mudas, embora a intensidade e a natureza das respostas possam variar conforme a espécie e a dose aplicada.

De forma geral, as maiores médias foram observadas nas doses mais baixas, especialmente em 1 mL L^{-1}, enquanto a dose de 6 mL L^{-1} apresentou os menores valores para H, DC, MSPA e IQD. Esse padrão indica que o aumento da concentração do bioestimulante não resultou necessariamente em maior desempenho das mudas, reforçando a necessidade de adequação da dose às condições de cultivo e à espécie avaliada.

CONCLUSÃO

A aplicação do bioestimulante à base de hidrolisado proteico influenciou a qualidade das mudas de mamoeiro cv. Aliança, com destaque para a dose de 1 mL L^{-1}, que apresentou as maiores médias para as características de crescimento, acúmulo de biomassa e Índice de Qualidade de Dickson nas condições avaliadas. Os resultados indicam o potencial do uso do hidrolisado proteico na produção de mudas de mamoeiro.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), pelo apoio financeiro; ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pelo suporte institucional; e

ao Viveiro Tião Mudas, pela parceria e apoio na realização do experimento.

REFERÊNCIAS

COLLA, G.; CANAGUIER, R.; CARDARELLI, M.; ERTANI, A.; LUCINI, L.; NARDI, S.; ROUPHAEL, Y. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 28-38, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CANAGUIER, R.; SVECOVA, E.; CARDARELLI, M. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, art. 448, 2014. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: https://doi.org/10.5558/tfc36010-1

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

GUIMARÃES, I.P.; PAIVA, E.P.; ALMEIDA, J.P.N.; ARRAIS, I.G.; CARDOSO, E.A.; SÁ, F.V.S. Produção de mudas de três acessos de mamoeiro sob doses do bioestimulante Root®. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 414-421, 2015. DOI: https://doi.org/10.19084/rca.16946

HOSTE, F.G.; BRANDÃO, C.T.F.; JEVEAUX-MACHADO, A.J.C.; PIRES, J.S.B.; MORO, F.; ARAÚJO, D.C.; BACHETI, B.M.; SOUZA, M.E.L.; BALLA FILHO, D.; OLIVEIRA, V.S.; SANTANA, E.N.; KUHLCAMP, K.T.; ARANTES, L.O.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Dose-dependent effects of the protein hydrolysate-based biostimulant Terrativa® on growth, photochemical performance, and quality of *Theobroma cacao* L. seedlings. **International Journal of Plant Biology**, v. 17, n. 6, art. 46, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/ijpb17060046

MORALES-PAYÁN, J.P.; STALL, W.M. Papaya (*Carica papaya*) response to foliar treatments with organic complexes of peptides and amino acids. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 116, p. 30-32, 2003.

SINGH, S.; SINGH, K.K.; RAWAT, J.M.S. A review on conventional and modern propagation of papaya (*Carica papaya* L.): emphasis on seed treatments, growth regulators and nursery media. **Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 280–296, 2026. DOI: https://doi.org/10.9734/ajsspn/2026/v12i3723

RESPOSTAS DO SISTEMA RADICULAR DE MUDAS DE MAMOEIRO 'ALIANÇA' A DOSES DE RAIZAL®

Ana Júlia Câmara Jevaux-Machado[1,2]*, Fernando Gomes Hoste[1,2], Cristhiane Tatagiba Franco Brandão[2,3], Bliane Morozini Bacheti[2,4], Janyne Soares Braga Pires[1,2], Sara Dousseau-Arantes[2]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras. Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares, ES; [3]Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre. Alegre, ES; [4]União Capixaba de Ensino - Faculdade Espírito-Santense. Linhares, ES. *anajucamara@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical de grande importância econômica, amplamente cultivada no Brasil e em outros países devido ao seu valor nutricional e à elevada demanda de mercado (Dantas *et al*., 2013). A produção de mudas de qualidade é fundamental para o estabelecimento da cultura, pois suas características podem influenciar o desenvolvimento e o desempenho produtivo das plantas (Yamanishi *et al*., 2000; Weckner *et al*., 2016).

O desenvolvimento do sistema radicular é fundamental para a qualidade das mudas, pois raízes bem desenvolvidas favorecem a absorção de água e nutrientes, a sustentação e a adaptação após o transplantio (Davis; Jacobs, 2005). Características como comprimento, volume, massa e arquitetura radicular podem indicar o vigor e o potencial de estabelecimento das mudas. O fósforo, por sua vez, desempenha papel essencial no metabolismo energético e no desenvolvimento do sistema radicular (Malavolta, 2006; Liu *et al*., 2021).

O Raizal® é um fertilizante mineral misto com elevado teor de fósforo, indicado para o fornecimento de nutrientes durante as fases iniciais de desenvolvimento das plantas (UPL, 2020). Estudos em outras espécies indicam potencial para aumentar o vigor e a biomassa, embora as respostas dependam da cultura e da dose aplicada (Giroldo; Silva; Silva, 2024). Entretanto, ainda são limitados os estudos sobre a resposta do sistema radicular de mudas de mamoeiro à aplicação desse fertilizante.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de Raizal® no desenvolvimento do sistema radicular de mudas de mamoeiro cv. Aliança, buscando identificar a dose mais favorável à formação de raízes vigorosas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre abril e maio de 2025, na Fazenda Experimental de Linhares (FEL/Incaper), em Linhares, Espírito Santo. Foram avaliadas mudas de mamoeiro cv. Aliança submetidas a

cinco doses de Raizal® (0, 5, 10, 20 e 40 g L^{-1}), sendo 10 g L^{-1} a dose indicada pelo fabricante para aplicação foliar (UPL, 2020). O estudo foi realizado em delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos e 20 plantas por parcela, totalizando 400 mudas. As mudas foram produzidas por semeadura em tubetes de 50 cm^3, preenchidos com substrato comercial Carolina Soil® e adubados com Osmocote® 3M, na proporção de 11,2 kg m^{-3}, conforme recomendação de Serrano *et al*. (2010). Após a emergência, foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas a plântula mais vigorosa por tubete.

Aos 20 dias após a semeadura (DAS), realizou-se a aplicação foliar de Raizal®, nas doses estabelecidas no experimento, utilizando pulverizador manual até a completa cobertura da superfície foliar, no período da manhã. As avaliações foram realizadas aos 45 DAS, quando as mudas atingiram o padrão comercial recomendado para o transplantio (Costa, 2003).

Foram avaliadas características do sistema radicular, incluindo o comprimento da maior raiz (CR), o volume radicular (VR), determinado pelo método de deslocamento de água em proveta graduada (Nunes *et al.*, 2013), e a massa seca do sistema radicular (MSR), obtida após secagem em estufa a 65 °C até massa constante. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no software SISVAR (Ferreira, 2011) e, quando significativos ($p \leq 0,05$), foram ajustados modelos de regressão polinomial. Foram consideradas adequadas as equações com coeficiente de determinação (R^2) ≥ 70%. Para os modelos quadráticos, o ponto de máximo ou mínimo foi determinado pela derivada da função, sendo x a dose correspondente ao ponto ótimo de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo das doses de Raizal® sobre o comprimento da maior raiz (CR), o volume radicular (VR) e a massa seca radicular (MSR) das mudas de mamoeiro cv. Aliança (Tabela 1). Os resultados demonstram que as características avaliadas responderam às doses do fertilizante, indicando efeito da concentração de Raizal® sobre o desenvolvimento do sistema radicular das mudas.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância referente ao desenvolvimento do sistema radicular de mudas de mamoeiro cv. Aliança submetidas a doses crescentes de Raizal® (0; 5; 10; 20; 40 g L^{-1})

FV	GL	QM		
		CR	VR	MSR
Bloco	3	0,5295	0,0192	0,00004
Doses	4	5,60*	1,10*	0,0007*
Erro	12	0,4303	0,0329	0,00003
CV (%)		4,62	9,53	12,83
Média Geral		14,19	1,83	0,0435

FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV = coeficiente de variação; CR = comprimento da maior raiz (cm); VR = volume radicular (cm^3); MSR =

massa seca radicular (g).

O comprimento da maior raiz (CR) apresentou tendência de redução com o aumento das doses de Raizal®, conforme observado na Figura 1. Apesar da significância observada pelo teste F, o modelo de regressão linear apresentou baixo coeficiente de determinação (R^2 = 45%), não sendo considerado adequado para estimar a resposta da característica às doses, segundo o critério estabelecido. Ainda assim, a representação gráfica evidencia tendência de redução do comprimento radicular à medida que a concentração de Raizal® aumentou, especialmente na maior dose avaliada.

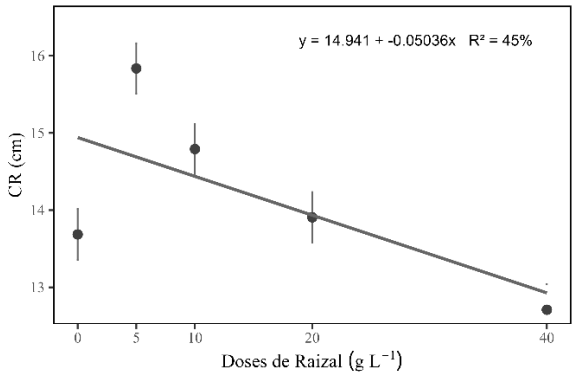


Figura 1 - Resposta do comprimento da maior raiz (CR) de mudas de mamoeiro cv. Aliança submetidas a doses de Raizal® (0, 5, 10, 20 e 40 g L^{-1}).

O volume radicular (VR) e a massa seca radicular (MSR) apresentaram resposta quadrática às doses de Raizal® (Figura 2). Para o VR, o ponto de máximo foi estimado em 0,7 g L^{-1}, com coeficiente de determinação de 98%, enquanto para a MSR o ponto de máximo foi estimado em 10,8 g L^{-1}, com R^2 = 94%. Nas doses mais elevadas, especialmente a de 40 g L^{-1}, observou-se redução acentuada do desenvolvimento radicular, com diminuição superior a 50% no VR e de aproximadamente 35% na MSR em relação ao controle.

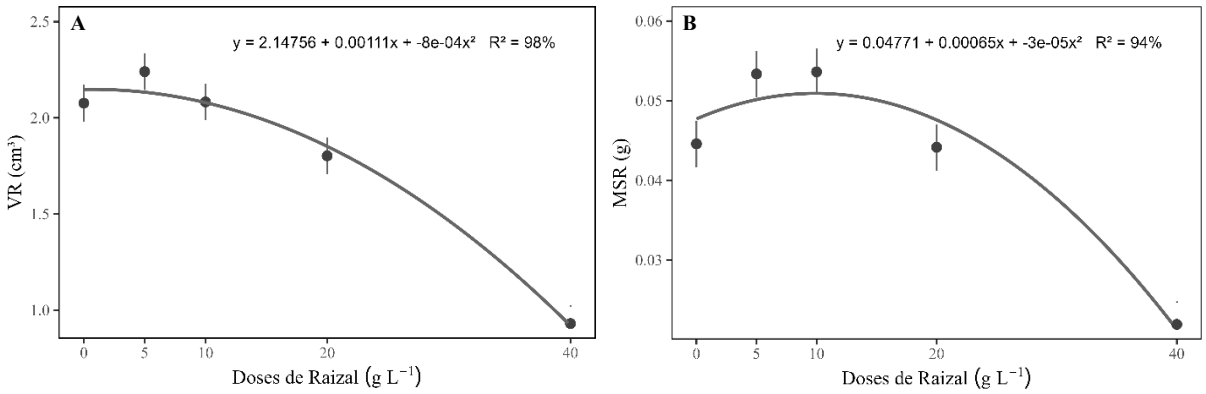


Figura 2 - Resposta do volume radicular (A) e da massa seca radicular (B) de mudas de mamoeiro cv. Aliança submetidas a doses de Raizal® (0, 5, 10, 20 e 40 g L^{-1}).

O comportamento observado entre as características avaliadas sugere que o desenvolvimento do sistema radicular não ocorreu de forma uniforme em resposta às doses de Raizal®. A tendência de redução do CR, associada às respostas quadráticas observadas para VR e MSR, indica que alterações no comprimento das raízes não necessariamente foram acompanhadas por redução proporcional do volume ou do acúmulo de massa seca. Essa diferença entre as características pode refletir alterações na arquitetura e na distribuição da biomassa do sistema radicular em resposta à disponibilidade de nutrientes. O Raizal® apresenta em sua composição elevados teores de fósforo, além de nitrogênio e potássio (UPL, 2020). O fósforo exerce papel importante no metabolismo energético e no desenvolvimento das raízes, sendo particularmente relevante durante as fases iniciais de desenvolvimento das plantas (Malavolta, 2006; Liu *et al*., 2021). Assim, a resposta diferenciada das características pode estar relacionada à disponibilidade e ao aproveitamento desses nutrientes pelas mudas nas diferentes concentrações avaliadas.

O maior acúmulo de MSR representa uma característica importante para a qualidade das mudas. Um sistema radicular com maior quantidade de biomassa pode ampliar a exploração do substrato e a capacidade de absorção de água e nutrientes, favorecendo o estabelecimento das plantas após o transplantio (Davis; Jacobs, 2005). Em mamoeiro, o fornecimento adequado de nutrientes durante a fase de formação das mudas pode favorecer o crescimento radicular e o acúmulo de biomassa (Serrano *et al*., 2010). Nesse contexto, destaca-se que a dose de 10 g L^{-1}, indicada pelo fabricante para aplicação foliar (UPL, 2020), situou-se próxima à faixa de resposta favorável observada para a MSR, cujo ponto de máximo foi estimado em 10,8 g L^{-1}. Nesse contexto, a resposta observada para a MSR reforça a importância do manejo nutricional durante a formação das mudas, especialmente quanto à concentração do fertilizante utilizada.

Por outro lado, a redução das características radiculares nas maiores concentrações demonstra que o aumento da dose do fertilizante não resultou em incremento contínuo do desenvolvimento das raízes. Esse comportamento pode estar associado ao excesso de sais e nutrientes presentes na solução aplicada, que, em concentrações elevadas, pode provocar desequilíbrios osmóticos e nutricionais e comprometer o crescimento e a formação de novos tecidos radiculares (Sá *et al*., 2016). Dessa forma, o efeito negativo observado nas maiores concentrações reforça que a resposta das mudas depende do equilíbrio entre a disponibilidade de nutrientes e a concentração da solução aplicada.

De maneira geral, os resultados demonstram que o Raizal® influenciou o desenvolvimento do sistema radicular de mudas de mamoeiro cv. Aliança, com respostas distintas entre as características avaliadas. A tendência observada para o CR, embora limitada pelo baixo coeficiente de determinação, juntamente com as respostas quadráticas de VR e MSR, evidencia que o efeito do fertilizante depende da concentração utilizada. As maiores concentrações não favoreceram o desenvolvimento radicular, indicando a necessidade de estabelecer uma faixa adequada de aplicação para evitar efeitos contrários aos desejados e favorecer a qualidade das mudas.

CONCLUSÃO

As doses de Raizal® influenciaram o desenvolvimento do sistema radicular de mudas de mamoeiro cv. Aliança, promovendo respostas distintas para o CR, VR e MSR. As maiores concentrações não favoreceram o desenvolvimento das raízes, com redução mais expressiva na dose de 40 g L^{-1}. Os resultados indicam que a utilização de Raizal® deve considerar concentrações adequadas, de modo a favorecer o desenvolvimento e a qualidade das mudas de mamoeiro.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro; e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pelo suporte institucional.

REFERÊNCIAS

COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N.; SANTOS, F.A.M.; BARRETO, F.C.; ZUFFO, V.J. Plantio, formação e manejo da cultura. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (Ed.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 127-159.

DANTAS, J.L.L.; JUNGHANS, D.T.; LIMA, J.F. (ed.). **Mamão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 170 p.

DAVIS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, v. 30, p. 295-311, 2005. DOI: https://doi.org/10.1007/s11056-005-7480-y

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

GIROLDO, L.B.F.; SILVA, C.A.; SILVA, C.J. Performance of table tomato plants with irrigation shifts associated with rooting agent doses. **Comunicata Scientiae**, v. 15, e4169, 2024. DOI: https://doi.org/10.14295/cs.v15.4169

LIU, D. Root developmental responses to phosphorus nutrition. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 63, n. 6, p. 1065–1090, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/jipb.13090

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

NUNES, E.N.; NASCIMENTO, D.A.M.; ALVES, A.G.; SUASSUNA, J.F.; NASCIMENTO, R. Crescimento de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Scientia Plena**, v. 9, n. 10, 104901, 2013.

SÁ, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MOREIRA, R.C.L.; MELO, A.S.; SILVA, L.A.; GHEYI, H.R.; FIGUEIREDO, L.C.; PAIVA, E.P. Balance of salts and growth of papaya cultivars irrigated with saline water. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 4, p. 849-856, 2016. DOI: https://doi.org/10.14393/BJ-v32n4a2016-32753

SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F.; FERREGUETTI, G.A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de

mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 874-883, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000084

UPL DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE INSUMOS AGROPECUÁRIOS S.A. **Raizal®: fertilizante mineral misto para aplicação via foliar**. Campinas: UPL, 2020. 1 rótulo.

WECKNER, F.C.; CAMPOS, M.C.C.; NASCIMENTO, E.P.; MANTOVANELLI, B.C.; NASCIMENTO, M.F. Avaliação das mudas de mamoeiro sob o efeito da aplicação de diferentes composições de biofertilizantes. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 1, p. 700-706, 2016. DOI: https://doi.org/10.5892/ruvrd.v14i1.2539

YAMANISHI, O.K.; CAMPOSTRINI, E.; MARIN, S.L.D.; MARTELLETO, L.A.P. Influence of root zone restriction on the growth of four papaya (*Carica papaya* L.) genotypes. **Acta Horticulturae**, v. 516, 2000. DOI: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.516.18

SARCOTESTA E GIBERELINA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Moises Célio Meira Martins[1]*, Isabel dos Santos Pereira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Thayanne da Costa Carlini[1], Antonio Resende Fernandes[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *moiseshdm@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras de maior relevância para a agricultura brasileira, sendo amplamente cultivado em regiões de clima tropical. A importância econômica da cultura é acompanhada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio da Produção Agrícola Municipal (PAM), que reúne dados sobre área cultivada, volume colhido, rendimento médio e valor total da produção agrícola (IBGE, 2024).

Apesar do forte apelo comercial, o produtor de mudas enfrenta desafios na etapa inicial do cultivo, pois as sementes de mamão costumam apresentar emergência lenta e desuniforme. Esse comportamento está muito associado à presença da sarcotesta, a camada gelatinosa que envolve a semente e que atua como barreira física à absorção de água e ar, além de poder conter substâncias inibidoras da germinação. Por essa razão, a remoção da sarcotesta é uma etapa indispensável para acelerar a superação da dormência e garantir sementes mais preparadas para germinar (Vale *et al*., 2020).

Outra ferramenta bastante adotada para impulsionar esse processo é o uso de reguladores de crescimento, com destaque para o ácido giberélico (GA_3). A giberelina atua diretamente no metabolismo celular da semente, ativando enzimas hidrolíticas que quebram as reservas nutritivas do endosperma para nutrir o embrião. Com isso, o eixo embrionário ganha força para romper o tegumento, resultando em uma emergência de plântulas mais rápida e padronizada (Tokuhisa *et al*., 2007).

O estudo dessas técnicas torna-se ainda mais relevante em sementes mantidas sob armazenamento prolongado, condição em que a perda natural de vigor pode dificultar o estabelecimento inicial do estande.

A giberelina, é uma das substâncias mais utilizadas, pois propicia um maior alongamento do caule, aumento da divisão celular (Davies, 1995), além de acentuar a dominância apical de muitas espécies após sua aplicação (Cordeiro, 1979; Taiz; Zeiger, 2017).

Segundo Paixão (2023), a giberelina tem ação promotora da germinação e plântulas que emergem mais rápido possuem maior probabilidade de se estabelecerem no campo de produção com crescimento rápido e melhor desenvolvimento radicular.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina e da sarcotesta na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por sementes com sarcotesta, sementes com sarcotesta imersa em solução de giberelina na dose de 2.000 $mg.L^{-1}$, sementes seca com sarcotesta, sementes seca com sarcotesta imersa em solução de giberelina na dose de 2.000 $mg.L^{-1}$, sementes sem sarcotesta, sementes sem sarcotesta imersa em solução de giberelina na dose de 2.000 $mg.L^{-1}$,

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a presença de giberelina e a sarcotesta podem influenciar na emergência das plântulas.

Na avaliação da emergência, os tratamentos sem sarcotesta + GA_3 e sem sarcotesta foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência os tratamentos sem sarcotesta e sem sarcotesta + GA_3 apresentaram os maiores valores.

Quando avaliamos o tempo médio de emergência, o tratamento sem sarcotesta e sem sarcotesta + GA_3 apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Sarcotesta e giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança

Tratamento	E	IVE	TME
Com Sarcotesta	50 d	1,673 c	9,375 a
Com Sarcotesta e GA_3	70 b	2,261 b	9,222 a
Com Sarcotesta seca	57 c	1,493 c	10,858 a
Com Sarcotesta seca e GA_3	58 c	1,550 c	10,454 a
Sem Sarcotesta	76 a	5,865 a	5,485 b
Sem Sarcotesta e GA_3	79 a	5,410 a	5,175 b
CV (%0	10,51	30,18	18,57

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5%; E= emergência das plântulas (%), IVE = índice de velocidade de emergência, TME = tempo médio de emergência

A giberelina atua na superação da dormência das sementes, estimulando a mobilização de reservas e favorecendo os processos metabólicos envolvidos na germinação, o que pode contribuir para uma emergência mais rápida e uniforme das plântulas de mamoeiro (Paixão *et al.*, 2021).

A presença da sarcotesta pode contribuir para a germinação lenta e desuniforme das sementes de mamão, devido à presença de substâncias potencialmente inibidoras, sendo sua remoção uma alternativa para favorecer o desempenho germinativo (Severiano *et al*., 2018).

CONCLUSÃO

A sarcotesta na semente atua diminuindo a germinação e retardando a emergência das plântulas.

A giberelina não afetou a emergência das plântulas para sementes sem sarcotesta.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

CORDEIRO, J.A.D. **Crescimento, diferenciação e produção em plantas de sorgo granífero Sorghum bicolor (L.) Moench, trataradas com os ácidos giberélico-3 e anaftalenoacético**. 1979. 50f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P.J. (2 ed.). **Plant hormones**: physiology, biochemistry and molecular biology. London, Kluwer Academic Publishers. p. 1-13. 1995.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão

Rural PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; GROBÉRIO, R.B.C.; HOFFAY, A.C.N.; CORREA, A.C.; CREMONINI, G.M. Ácido giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotrópica,** v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

SEVERIANO, R.L.; PINHEIRO, P.R.; GOMES JUNIOR, F.G.; DEMARTELAERE, A.C.F.; PEREIRA, M.D. Análise de imagens de sementes de mamão submetidas a métodos de remoção da sarcotesta. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 48, n. 4, p. 461-467, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; HILHORST, H.W.M.; DIAS, L.A.S. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 131-139, 2007.

VALE, L.S.R.; MARTINS, P.H.M.; FÉLIX, M.J.D.; WINDER, A.R.S.; MARQUES, M.L.S.; ASSIS, E. Métodos de remoção da sarcotesta para superação de dormência em sementes de mamão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41161-41174, 2020.

GIBERELINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MAMOEIRO CV. GOLDEN SOB EFEITO DE LUZ PERMANENTE

Lhais Karla Alves Constantino[1]*, Luiz Felipe da Silva[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Antônio Resende Fernandes[1], Frederico Cesar Ribeiro Marques[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *laiscons99@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira tropical e subtropical de importância nutricional e econômica (Wall, 2006). Pertencente à família Caricaceae, é bastante cultivada em todo o Brasil, que se apresenta como um grande produtor da fruta, com grande parte da produção mundial (FAO, 2024).

As variedades de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Solo e Formosa. O grupo Solo, no qual se encontra a maioria das cultivares utilizadas no mundo, caracteriza-se pela precocidade na produção, frutos periformes ou arredondados, de tamanho pequeno e peso variando de 300 a 650 g, polpa laranja-avermelhada e de excelente sabor, indicada para consumo *in natura*. As cultivares desse grupo são geneticamente uniformes, consistindo de linhagens puras fixadas por sucessivas gerações de autofecundação. São amplamente utilizadas no mundo, havendo no Brasil o predomínio de duas cultivares: Sunrise Solo e Golden (Peixoto Filho *et al*., 2010).

O ácido giberélico (GA_3) é um importante hormônio vegetal, pertencente à família das giberelinas. É um promotor e regulador de crescimento de plantas, que controla a germinação de sementes, atua no alongamento da parte aérea, induz a florescência, melhora o rendimento, entre outros (Oliveira, 2012).

Trabalhos publicados em relação a qualidade fisiológica de semente de mamão relatavam uma germinação lenta e errática, durante os anos, observa-se que os resultados sobre os percentuais de germinação e vigor da semente continuam a conflitar e normalmente sempre relacionadas ao efeito de fatores como utilização de ácido giberélico e condições de armazenamento (Berbert *et al*., 2008).

Paixão (2023) cita que o mamoeiro possui semente fotoblástica negativa, necessitando de um período de escuro para germinar, sendo que em luz permanente, a semente permanece dormente.

O uso de hormônios como as giberelinas (GA_3) na fase de germinação podem melhorar o desempenho de sementes de várias espécies, principalmente em condições adversas, podendo até ativar a germinação em ausência de luz. Este hormônio atua auxiliando no desenvolvimento da raiz primária, fazendo com que a mesma rompa os tecidos como o endosperma que restringem o seu crescimento, o tegumento da semente ou do fruto (Taiz; Zeiger, 2017).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. Golden sob efeito de luz permanente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de propagação de plantas do IFES Campus Santa Teresa, com sementes com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por um ano e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

O teste de germinação foi conduzido em papel tipo germitest, em mesa esterilizada, utilizando umidade referente a 2,5 vezes o peso do papel, em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura de 25 ºC, com luz permanente.

Após início da germinação da primeira semente e durante 30 dias foram avaliados a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para os tratamentos que apresentaram diferença estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com giberelina a 4.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados com 50,5% de germinação com diferença estatística para a testemunha que não apresentou germinação assim como o tratamento com GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ (Tabela 1).

O tratamento GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ apresentou 8,5% germinação e o tratamento 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentou 9% germinação, comprovando a necessidade do período noturno para a germinação da semente de mamão. O mesmo foi observado no índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação, em que os tratamentos hormonais apresentaram resposta crescente com o aumento da dosagem, sendo que o tratamento com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados, superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Alguns trabalhos citados na literatura mostram que sementes de mamão foram induzidas a germinar em BOD utilizando fotoperíodo de 8h luz/14h e obtiveram resultados positivos. O resultado deste trabalho mostra a ação positiva da giberelina na germinação de sementes de mamão e a necessidade de período de

escuro para germinação, destacando que mesmo em condições desfavoráveis à germinação, a giberelina agiu positivamente proporcionando germinação quando utilizamos dosagens elevadas deste hormônio, estimulando a germinação das sementes.

Tabela 1 – Germinação em sementes de mamão cv. Golden sob efeito de luz permanente

Tratamento	G	IVG	TMG
Água pura	0	0	0
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	0	0	0
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	8,5 b	0,173 b	19,0 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	9,0 b	0,175 b	19,4 b
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	50,5 a	0,730 a	12,8 a
CV (%)	9,26	9,34	8,29

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= Tempo médio de germinação.

Observa-se na Tabela 1, que nas dosagens mais altas utilizadas, encontramos resultados superiores à testemunha, mostrando que a concentração mais alta de giberelina pode ser utilizada com fins de melhorar a germinação mesmo em ambientes de baixa luminosidade.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a germinação de sementes de mamoeiro cv. Golden, submetidas a baixa luminosidade, sendo que entre a dosagem testadas, a dose de GA_3 4.000 mg.L^{-1} apresentou os melhores resultados para a cultura.

REFERÊNCIAS

BERBERT, P.A.; *et al*. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 40-48, 2008.

FAO. Food and Agriculture Organization**. Statistical data**. 2024. Disponível em<http://faostat.fao.org/faostat>. Acesso em: 15 ago 2026.

OLIVEIRA, L. **Produção de ácido giberélico por fermentação submersa e por fermentação no estado semissólido em diferentes modelos de biorreatores utilizando polpa cítrica**. Ácido giberélico, [S. l.], p. 4-4, 2013.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3. ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PEIXOTO FILHO, H.; OLIVEIRA, A.A.; SANCHES, N.F.; CRUZ, J.L.; LOPES, F.F.; ANDRADE, P.R.; LEDO,

C.A.; SILVA, J.S. **Comportamento de mamoeiros dos grupos solo e formosa ante a presença de *Asperisporium caricae* speg maubl agente causal da pinta preta**. *Asperisporium caricae,* [*S. l.*], p. 1, 9, maio 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

WALL, M.M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineralcompositionof banana (Musa sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, Grangues, v. 19, p. 434-445, 2006.

GIBERELINA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1]*, Beatriz Auer Margon[1], Jocimara de Oliveira Costa[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Breno José Thomas[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *samilymvfracalossi@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) é de grande importância para a fruticultura do Brasil, tanto pelo volume produzido quanto pela relevância social e econômica de sua cadeia produtiva. O Brasil encontra-se entre os principais produtores mundiais de mamão e, em 2024, apresentou produção de 1.149.300 de toneladas da fruta, em 27.681 hectares de área colhida, demonstrando a importância da cultura para a agricultura nacional (IBGE, 2024).

Entre os estados brasileiros, o Espírito Santo ocupa uma posição de grande destaque na produção de mamão, principalmente no norte do estado, onde as condições edafoclimáticas favorecem o desenvolvimento do mamoeiro. Em 2024, o estado produziu aproximadamente 398 mil toneladas de mamão em cerca de 6,7 mil hectares, apresentando produtividade próxima de 59 toneladas por hectare e contribuindo de forma significativa para a geração de emprego e renda no setor agrícola (IBGE, 2024).

O cultivo comercial do mamoeiro exige renovação periódica dos pomares, tornando necessária a produção constante de mudas de boa qualidade. A propagação do mamoeiro é realizada principalmente por sementes, porém estas podem apresentar germinação lenta e desuniforme. Entre os fatores relacionados a esse comportamento estão a presença da sarcotesta, camada mucilaginosa que envolve a semente, e mecanismos de dormência que podem dificultar e retardar o processo germinativo do mamoeiro (Tokuhisa *et al*., 2007). Dessa forma, diferentes tratamentos vêm sendo estudados com a finalidade de favorecer a germinação e proporcionar maior uniformidade na produção de mudas (Lopes *et al*., 2009).

Entre as alternativas utilizadas encontra-se o ácido giberélico (GA_3), regulador vegetal que participa de diferentes processos fisiológicos das plantas, incluindo a germinação das sementes. A giberelina estimula a síntese de enzimas hidrolíticas e favorece a mobilização das reservas armazenadas na semente, disponibilizando nutrientes necessários ao crescimento do embrião e ao desenvolvimento inicial da plântula (Taiz; Zeiger, 2017).

Em sementes de mamoeiro, a aplicação de GA_3 tem sido estudada como alternativa para favorecer o processo germinativo. Lopes *et al*. (2009) verificaram influência do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro, enquanto Zanotti *et al*. (2014) observaram alterações na germinação e em processos bioquímicos de sementes de mamão Formosa submetidas a reguladores vegetais. Leonel, Ono e Rodrigues

(1998) também avaliaram a utilização de GA_3 associada a diferentes condições de temperatura, demonstrando que a resposta germinativa das sementes pode variar de acordo com as condições em que o tratamento é realizado.

A resposta das sementes ao ácido giberélico pode ser influenciada por fatores como a concentração utilizada, as condições de germinação e as características fisiológicas das sementes (Leonel; Ono; Rodrigues, 1998; Lopes *et al*., 2009). Além disso, diferentes respostas fisiológicas podem ocorrer após a aplicação de reguladores vegetais em sementes de mamoeiro, evidenciando a importância de avaliar as condições específicas de cada tratamento (Zanotti *et al*., 2014). Dessa forma, embora a giberelina esteja relacionada à promoção da germinação, sua utilização deve ser avaliada de acordo com as características do material vegetal e com as condições em que as sementes são submetidas ao tratamento.

Nesse sentido, a avaliação de diferentes concentrações de GA_3 torna-se importante para determinar sua eficiência na emergência de plântulas e verificar a viabilidade de sua utilização na produção de mudas de mamoeiro (Lopes *et al*., 2009; Zanotti *et al*., 2014).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$, e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina não apresentou efeito positivo na emergência das plântulas.

Na avaliação da emergência, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

O índice de velocidade de emergência no tratamento com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ apresentou resultado inferior estatisticamente aos demais tratamentos.

Quando avaliamos o Tempo médio de emergência, os tratamentos com água pura, GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ e GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentaram os menores tempos médios de emergência, diferindo estatisticamente dos tratamentos GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ e GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ (Tabela 1).

A giberelina possui atuação no aumento da germinação, como promotora da germinação, fazendo com que as plântulas produzem raízes e folhas mais rápido. Esse requisito produz plantas mais competitivas por alcançarem mais rápido o tempo para serem levadas para o campo.

Tabela 1 – Giberelina na emergência em plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	67 a	1,285 a	9,165 b
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	64 a	1,282 a	9,219 b
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	63 a	1,285 a	12,224 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	68 a	1,268 a	9,204 b
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	61 a	1,166 b	14,833 a
CV (%)	7,73	9,54	15,57

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= emergência das plântulas (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= tempo médio de emergência.

Paixão (2023), cita que toda semente precisa de um promotor para germinar. A giberelina atua como promotor da germinação. Considerando os resultados da pesquisa, podemos citar que a giberelina não teve atuação que elevasse a emergência das plantas ou acelerasse a germinação.

CONCLUSÃO

A giberelina não apresentou resultados positivos para emergência e velocidade de emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, sendo que a água pura apresentou resultados semelhantes à solução com giberelina, não sendo necessário o uso deste regulador vegetal para esta cultivar.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: Produção Agrícola Municipal – PAM. Acesso em: 26 ago. 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

LEONEL, S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Influência da alternância de temperatura e tratamentos com GA_3 na germinação de sementes de mamoeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 68-72, 1998. DOI: 10.5433/1679-0359.1998v19n1p68.

LOPES, A.W.P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131- 139, 2007.

GIBERELINA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA MEXICANO R2N

Yasmin Teixeira Braggio de Souza[1]*, Victoria Huver Moschen[1], Letícia Vitória de Oliveira Cunha[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Otávio Bullerjhann Sperandio[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *yasmin.braggio14@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se como uma das frutíferas de maior relevância econômica e social nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (FAO, 2021). O Brasil figura como um dos principais produtores mundiais da cultura, na qual os cultivares do grupo Formosa sobressaem-se pela elevada produtividade e expressiva aceitação comercial em razão do tamanho dos frutos e sabor (Sengupta *et al.*, 2021).

Contudo, a propagação sexuada do mamoeiro apresenta limitações agronômicas marcantes, representadas pela emergência e germinação lentas e desuniformes (Tokuhisa *et al.*, 2007). Essa limitação fisiológica decorre da dormência nas sementes de *C. papaya*, cuja expressão envolve a presença da sarcotesta com compostos inibidores e restrições mecânicas impostas pelo tegumento (Aroucha *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2005).

Além das barreiras físicas e químicas externas, a dormência fisiológica é regulada pelo balanço hormonal entre substâncias inibidoras e promotoras do crescimento (Bewley *et al.*, 2013). Como estratégia para superar esse entrave e garantir mudas de alto vigor em viveiro, o tratamento pré-germinativo com reguladores vegetais tem sido amplamente utilizado (Lopes *et al.*, 2008).

Dentre esses reguladores, o ácido giberélico GA_3 atua diretamente na indução da síntese de enzimas hidrolíticas que degradam as reservas do endosperma, disponibilizando energia para o desenvolvimento do embrião (Taiz *et al.*, 2017). A eficácia do GA_3 na melhoria do percentual de germinação e na velocidade de emergência em sementes de mamoeiro do grupo Formosa é amplamente documentada (Chacko; Singh, 1966; Lopes *et al.*, 2009; Jesus *et al.*, 2016).

Paixão (2023), cita a ação das giberelinas na promoção da germinação, e sementes que germinam mais rápido produzem plântulas com maior probabilidade de crescimento após se estabelecerem no campo de produção. Este fitormônio atua na quebra de dormência de sementes, enfraquecendo a camada do endosperma que envolve o embrião e restringe o seu crescimento, na produção de enzimas (á-amilase e outras enzimas hidrolíticas), na mobilização de reservas energéticas do endosperma e na ativação do crescimento vegetativo do embrião.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na emergência de plântulas de

mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa Mexicano R2N, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$, e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (E %), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina apresentou efeito positivo na emergência das plântulas.

Na avaliação da emergência, os tratamentos com giberelina nas dosagens de GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ e GA_3 4.000 $mg.L^{-}1$, superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência, o tratamento com GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o tempo médio de emergência, o mesmo pode ser observado, sendo o tratamento com GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Tabela 1 - Giberelina na emergência em plântulas de mamoeiro cv. Formosa mexicano R2N

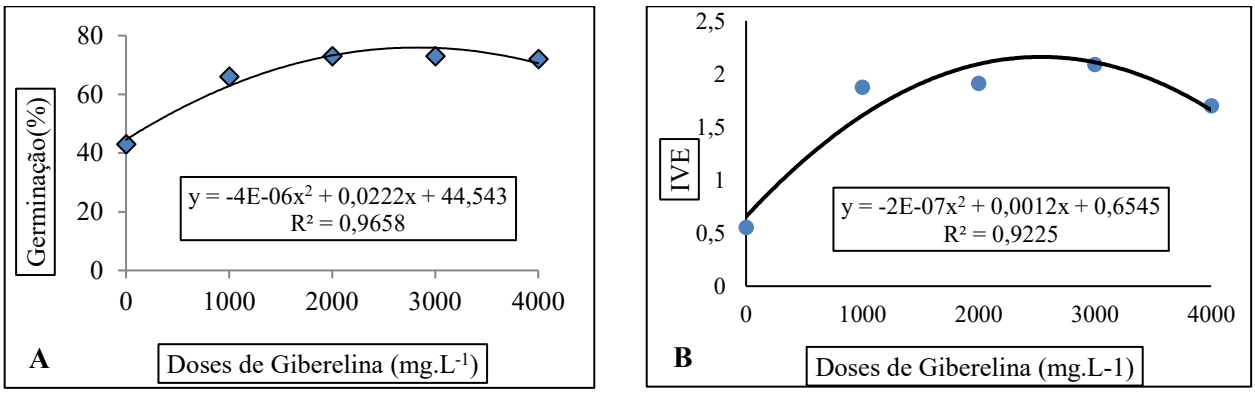
Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	43 e	0,552 e	20,749 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	66 b	1,874 c	11,148 b
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	73 a	1,909 c	11,377 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	73 a	2,089 a	8,695 c
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	72 a	1,700 d	13,196 b
CV (%)	15,38	18,55	14,38

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. E= emergência das plântulas (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

A giberelina atua no aumento da germinação, promovendo a germinação, com produção mais rápida de raízes e folhas nas plântulas. Neste caso, temos plantas mais competitivas quando levadas para o campo, por desenvolverem melhor no período de muda.

Paixão (2023), cita que toda semente precisa de um promotor para germinar. A giberelina atua como promotor da germinação. Considerando os resultados da pesquisa, podemos citar que a giberelina teve atuação que elevasse a emergência das plantas ou acelerasse a germinação.

Considerando que entre as doses testadas não temos uma dosagem ideal, foi realizado a análise de regressão para obtermos esta dosagem (Figura 1).



Dose ideal = GA_3 2.750 mg.L^{-1} Dose ideal = GA_3 3.000 mg.L^{-1}

Figura 1 – Regressão para emergência de plântulas (A) e para índice de velocidade de emergência (B) em mamoeiro Formosa Mexicano R2N

Paixão *et al*. (2023), cita que o ponto ideal que atenda a todas as variáveis analisadas, deve ser encontrado a partir de uma média das doses ideais encontrado nas análises de regressão. Na análise de regressão realizada, foram encontrados os pontos máximos ideais especificas para cada variável.

A análise mostra que a dosagem comum a todas as variáveis avaliadas, é a média do ponto ideal de cada variável, sendo esta de GA_3 = 2.875 mg.L^{-1}, apresentando-se como a dosagem que mais se aproxima de todas as dosagens ideais, de modo a atender as variáveis analisadas.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para porcentagem de emergência e velocidade de emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N, sendo a dosagem de GA_3 3.000 mg.L^{-1} apresentou o melhor resultado, porém a dose ideal apresentada na análise de regressão foi GA_3 2.875 mg.L^{-1} para esta cultivar.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AROUCHA, E.M.M.; SILVA, R.F.; OLIVEIRA, J.G.; VIANA, A.P.; Gonzaga, M.P. Época de colheita do mamão 'Golden' e qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 104-111, 2005.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds:** physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

CHACKO, E.K.; SINGH, R.N. The effect of gibberellic acid on the germination of papaya seeds. **Tropical Agriculture**, v. 43, n. 4, p. 341-346, 1966.

FAO. Food and Agriculture Organization - **FAOSTAT database**. Rome: FAO, 2021.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

JESUS, V.A.M.; ARAUJO, E.F.; NEVES, W.S.; SANTOS, F.L.; DIAS, D.C.F.S. Ácido giberélico na superação da dormência de sementes de mamoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 320-327, 2016.

LOPES, A.W.P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

LOPES, J.C.; DIAS, P.C.; PEREIRA, M.D. Germinação de sementes de mamoeiro sob ação de reguladores de crescimento e remoção da sarcotesta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 77-85, 2008.

MARTINS, G.N.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; ARAUJO, E.F.; POSSE, S.C.P. Comparação de métodos físicos de remoção da sarcotesta e de métodos de secagem de sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, n. 2, p. 193-199, 2005.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the

rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

SENGUPTA, S.; RAI, M.; DAS, A. Papaya (*Carica papaya* L.) breeding and genetics: present status and future prospects. **Scientia Horticulturae**, v. 285, p. 110-120, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

GIBERELINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MAMOEIRO CV. FORMOSA

Luiz Felipe da Silva[1]*, Lhais Karla Alves Constantino[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Camila Marinho Oliveira[1], Kamilly Rodrigues Mianezi[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *lfnavas05@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie de importância agrícola cuja propagação comercial é realizada principalmente por meio de sementes, tornando a qualidade fisiológica e a capacidade germinativa das sementes fatores importantes para a obtenção de mudas uniformes e vigorosas. Entretanto, as sementes de mamão podem apresentar germinação lenta e irregular, estando esse comportamento relacionado à presença da sarcotesta e à ocorrência de mecanismos de dormência (Tokuhisa *et al*., 2007).

A dormência das sementes de mamão pode dificultar a obtenção de uma germinação rápida e uniforme, sendo estudados diferentes métodos para sua superação. Entre esses métodos, destaca-se a utilização de reguladores vegetais, como a giberelina (GA_3), que pode favorecer a germinação e aumentar sua velocidade.

Tokuhisa *et al*. (2007) verificaram que tratamentos com GA_3 foram eficientes na superação da dormência de sementes de mamão, destacando-se a concentração de 600 ppm, tanto na imersão das sementes quanto no umedecimento do substrato.

A ação da giberelina também foi observada em estudos envolvendo o condicionamento fisiológico de sementes de mamão. Lopes e Souza (2008) verificaram que a presença de GA_3 durante o condicionamento, especialmente em determinadas condições osmóticas, proporcionou melhoria na germinação das sementes. Além disso, Zanotti *et al*. (2014), ao avaliarem sementes de mamão do grupo Formosa, observaram que o GA_3, isoladamente ou associado ao KNO_3, apresentou efeitos relacionados à superação da dormência e à mobilização de compostos de reserva durante a germinação.

Dentre os efeitos da giberelina, podemos citar os efeitos na indução da germinação de sementes, promoção do alongamento do hipocótilo e do caule (Peng; Harberd, 2000; Richards *et al*., 2001). A ação da giberelina está relacionada à síntese de enzimas envolvidas no enfraquecimento dos tegumentos, como endo-β-mananase, sendo expansivas e de enzimas hidrolíticas de reserva nutritiva contida no endosperma, como α-amilase (Paixão, 2023). Esses eventos estão relacionados ao alongamento embrionário e à protrusão da radícula (Bewley; Black, 1994), permitindo a quebra do amido e consequente liberação de energia e posteriormente a retomada do crescimento do embrião, gerando em seguida a protusão da radícula (Ferreira *et al*., 2005).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de propagação de plantas do IFES Campus Santa Teresa, com sementes com sementes de mamão cv. Formosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por um ano e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

O teste de germinação foi conduzido em papel tipo germitest, em mesa esterilizada, utilizando umidade referente a 2,5 vezes o peso do papel, em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura de 25 ºC, com luz intermitente 12 x 12 horas.

Após início da germinação da primeira semente e durante 30 dias foram avaliados a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para os tratamentos que apresentaram diferença estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a germinação, os tratamentos com GA_3 superaram a testemunha (65%), atingindo valores entre 81% e 89%, sem diferenças estatísticas entre as dosagens testadas. A maior taxa ocorreu na dose de 1.000 $mg.L^{-1}$ (89%).

Esse aumento decorre da atuação do fito-hormônio na quebra da dormência fisiológica e na ativação enzimática responsável pela degradação das reservas do endosperma, favorecendo o processo germinativo (Tokuhisa *et al*., 2007; Zanotti *et al*., 2014).

O índice de velocidade de germinação também foi influenciado positivamente pelo regulador vegetal. A testemunha obteve (IVG) de 0,28, enquanto os lotes tratados com GA_3 apresentaram médias superiores, entre 1,45 e 1,62, destacando-se a concentração de 2.000 $mg.L^{-1}$ (1,62), embora próxima aos valores obtidos em 1.000 $mg.L^{-1}$ e 4.000 $mg.L^{-1}$ (1,58).

Em relação ao tempo médio de germinação (TMG), o uso de GA_3 reduziu pela metade o período necessário para a germinação das sementes. Enquanto a testemunha demandou 53,5 dias, as sementes tratadas germinaram entre 21,27 e 23,95 dias. A redução do tempo de emergência é determinante na produção de mudas de mamoeiro, pois diminui a permanência em sementeira e padroniza o lote.

Como as doses superiores a 1.000 mg.L^{-1} não proporcionaram ganhos estatísticos em relação à germinação e ao tempo médio, a concentração de 1.000 mg.L^{-1} de GA_3 apresenta-se como a mais viável economicamente para o tratamento das sementes.

Tabela 1 – Germinação em sementes de mamão cv. Formosa com sementes de um ano

Tratamento	G	IVG	TMG
Água pura	65 b	0,28 b	53,5 b
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	89 a	1,58 a	23,95 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	86 a	1,62 a	22,22 a
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	81 a	1,45 a	21,27 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	86 a	1,58 a	22,90 a
CV (%)	9,06	9,64	8,39

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= Tempo médio de germinação.

Observa-se na Tabela 1, que nas diferentes dosagens utilizadas, encontramos resultados superiores à testemunha, mostrando que a concentração mais baixa de giberelina pode ser utilizada com fins de melhorar a germinação com menor quantidade de giberelina.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a germinação de sementes de mamoeiro cv. Formosa, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de GA_3 1.000 mg.L^{-1} apresentou os resultados mais econômicos para a cultura.

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds:** physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

FERREIRA, G.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, J.D.; DIAS, G.B.; DETONI, A.M.; TESSER, S.M.; ANTUNES, A.M. Efeito de arilo na germinação de sementes de *Passiflora alata* Curtis em diferentes substratos e submetidas a tratamentos com giberelina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 277-280, 2005.

LOPES, H.M.; SOUZA, C.M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

PAIXÃO, M.S.V. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230p.

PENG, J.; HARBERD, N.P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. **Current Opinion**

in Plant Biology, n. 5, p. 376-381, 2000.

RICHARDS, D.E.; KING, K.E.; AIT-ALI, T.; HARBERD, N.P. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 52, p. 67-88, 2001.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, 2007

ZANOTTI, R.F.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, R.S.; DAMATTA, F.M.; OLIVEIRA, G.L. Germination and biochemical changes in 'Formosa' papaya seeds treated with plant hormones. **Acta Scientiarum**. **Agronomy**, v. 36, n. 4, 2014.

GIBERELINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO MAMOEIRO CV. THB

Thayanne da Costa Carlini[1]*, Gabriel Bridi Baratela[1], Higor Neves de Oliveira[1], Marcus Vinícius Sandoval Paixão[1], Robson Celestino Meireles[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa-ES. *thayannecosta858@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os grandes produtores de mamão do mundo, sendo que os estados da Bahia e do Espírito Santo concentram a maior parte da produção brasileira. Em sementes de mamão é comum observarmos dormência pós-colheita dificultando a propagação sexuada (Viggiano *et al.,* 2000), e para diminuir essa dormência, utilizamos métodos para superar a dormência destas sementes, com destaque para o uso de reguladores de crescimento (Tokuhisa *et al.*, 2007).

Considerando que entre três a quatro anos os plantios têm de ser renovados, a demanda por sementes passa a ter maior valor, e sua qualidade passa a ser de grande importância para melhoria da cultura no país.

Para que o processo de germinação ocorra de forma mais uniforme e com maior percentual possível, existem alguns procedimentos que podem ser adotados nas sementes, como a identificação adequada de temperatura ambiente, a aplicação de reguladores vegetais (Ferrari *et al.*, 2008), e o uso de técnicas para acelerar a embebição da semente.

Substâncias inibidoras têm papel altamente relevante no processo de germinação das sementes. Gherard (1976) e Manica (1982) afirmam que as substâncias inibidoras de crescimento podem estar presentes tanto na sarcotesta quanto na esclerotesta. Embora tais substâncias inibidoras não sejam totalmente identificadas pelos pesquisadores, atribui-se a elas a regulação da germinação.

A giberelina, tem efeitos na indução da germinação de sementes, promoção do alongamento do hipocótilo e do caule (Peng; Harberd, 2000; Richards *et al*., 2001). A ação da giberelina está relacionada à síntese de enzimas envolvidas no enfraquecimento dos tegumentos, como endo-β-mananase, sendo expansivas e de enzimas hidrolíticas de reserva nutritiva contida no endosperma, como α-amilase (Paixão, 2023). Esses eventos estão relacionados ao alongamento embrionário e à protrusão da radícula (Bewley; Black, 1994), permitindo a quebra do amido e consequente liberação de energia e posteriormente a retomada do crescimento do embrião, gerando em seguida a protusão da radícula (Ferreira *et al.*, 2005).

As giberelinas, como o ácido giberélico (GA_3), aumentam a elongação e divisão celular, o que é evidenciado pelo aumento do comprimento e do número de células em resposta à aplicação deste fitorregulador (Taiz *et al.*, 2017).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na germinação de sementes

de mamoeiro cv. THB.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de propagação de plantas do IFES Campus Santa Teresa, com sementes de mamão cv. THB, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas existentes no pomar do Instituto, despolpadas e utilizadas no experimento. As sementes foram tratadas com diferentes doses de giberelina e semeadas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

O teste de germinação foi conduzido em papel tipo germitest, em mesa esterilizada, utilizando umidade referente a 2,5 vezes o peso do papel, em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura de 25ºC, com luz intermitente 12 x 12 horas.

Após início da germinação da primeira semente e durante 30 dias foram avaliados a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG)**.**

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para os tratamentos que apresentaram diferença estatística.

RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, a aplicação de giberelina (GA_3) atuou positivamente na germinação das sementes de mamão cv. THB, sendo que a concentração de 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentou o maior percentual de germinação, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

A atuação da giberelina está relacionada principalmente à aceleração dos processos fisiológicos envolvidos na germinação, favorecendo a retomada do crescimento do embrião e proporcionando maior velocidade de germinação. De acordo com Vieira *et al.* (2000), sementes dormentes podem apresentar baixa capacidade de germinação devido à inatividade do embrião, sendo que a aplicação de giberelina pode contribuir para a reativação desses processos.

A utilização de GA_3 melhorou a germinação das sementes de mamão quando utilizada na concentração de 3.000 $mg.L^{-1}$, passando de 61% na testemunha para 86%. A concentração de 4.000 $mg.L^{-1}$, houve redução da germinação, indicando que o aumento da concentração acima de 3.000 $mg.L^{-1}$ não proporcionou efeito adicional sobre a germinação, podendo estar relacionado a um possível efeito negativo do excesso de regulador vegetal.

Na avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG), comportamento semelhante foi observado, com a concentração de 3.000 mg.L^{-1} de GA_3 apresentando o maior valor, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos. A testemunha apresentou o menor IVG, demonstrando que a aplicação de GA_3 favoreceu não somente a quantidade de sementes germinadas, mas também a velocidade do processo.

Para o tempo médio de germinação (TMG), os tratamentos com GA_3 nas concentrações de 1.000, 2.000 e 3.000 mg.L^{-1} apresentaram menores valores em relação à testemunha, indicando que essas concentrações proporcionaram germinação mais rápida. A concentração de 4.000 mg.L^{-1} apresentou TMG intermediário, demonstrando que o aumento da concentração não manteve a mesma eficiência observada nas menores doses.

Tabela 1 – Giberelina na germinação em sementes de mamão cv. THB

Tratamento	G (%)	IVG	TMG
Água Pura	61 d	1,097 d	16,865 a
1.000 mg.L^{-1}	72 c	1,916 b	13,504 c
2.000 mg.L^{-1}	73 c	1,712 c	13,583 c
3.000 mg.L^{-1}	86 a	2,004 a	13,744 c
4.000 mg.L^{-1}	79 b	1,696 c	15,332 b
CV	16,48	27,83	18,85

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= Tempo médio de germinação.

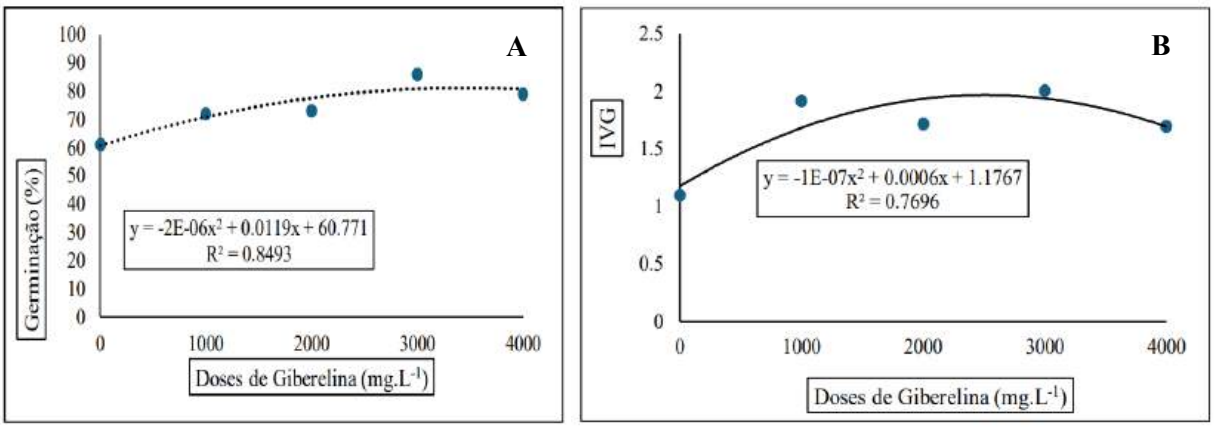
Considerando os resultados obtidos nas diferentes doses de giberelina, foi realizada a análise de regressão com o objetivo de estimar a dose que proporciona a máxima resposta para as variáveis avaliadas. A análise permitiu determinar matematicamente a dose de GA_3 que apresenta o melhor desempenho para cada variável, possibilitando uma avaliação mais precisa do efeito das diferentes concentrações.

As Figuras 1-A e B apresentam os resultados da análise de regressão para germinação e índice de velocidade de germinação (IVG), respectivamente.

A dose ideal que atenda a todas as variáveis analisadas é indicada a partir da dose média dos pontos máximos encontrados nas análises de regressão, definindo a dosagem ideal de GA_3 a ser utilizada (Paixão *et al*., 2023). Na análise de regressão realizada para o cultivo do mamão cv. THB, foram determinados os pontos máximos específicos para cada variável estudada: 2.940 mg.L^{-1} para a germinação (Figura 1A) e 3.000 mg.L^{-1} para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (Figura 1B).

A síntese dos dados indica a existência de uma faixa de resposta comum a todas as variáveis avaliadas. A média dos pontos ideais obtida para as variáveis de germinação e IVG resultou em uma dosagem recomendada de GA_3 = 2.970 mg.L^{-1}, apresentando como a concentração que mais se aproxima dos máximos

e atende de forma equilibrada aos parâmetros analisados.



Dose ideal = GA_3 2.940 $mg.L^{-1}$ Dose ideal = GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$

Figura 1 – A) Regressão para germinação de sementes de mamão cv. THB; B) Regressão para índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de mamão cv. THB.

CONCLUSÕES

A aplicação de GA_3 favoreceu a germinação das sementes de mamão cv. THB, sendo que entre as doses avaliadas, 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados.

De acordo com a análise de regressão, a dose indicada para as variáveis analisadas em sementes de mamão cv. THB, é de GA_3 = 2.970 $mg.L^{-1}$.

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

FERRARI, T.B.; FERREIRA, G.; MISCHAN, M.M.; PINHO, S.Z. Germinação de sementes de maracujádoce (*Passiflora alata* Curtis): Fases e efeito de reguladores vegetais**. Revista Biotemas,** v. 21, n. 3, p. 65-74, 2008.

FERREIRA, G.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, J.D.; DIAS, G.B.; DETONI, A.M.; TESSER, S.M.; ANTUNES, A.M. Efeito de arilo na germinação de sementes de *Passiflora alata* Curtis em diferentes substratos e submetidas a tratamentos com giberelina. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 27, n. 2, p. 277- 280, 2005.

GHERARDI, E.; VALIO, I.F.M. Ocurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 51, n. 1, p. 1-4, 1976.

MANICA, I. **Fruticultura Tropical 3**: mamão. São Paulo: Ceres, 1982

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

PENG, J.; HARBERD, N.P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. Current **Opinion in Plant Biology**, n. 5, p. 376-381, 2000.

RICHARDS, D.E.; KING, K.E.; AIT-ALI, T.; HARBERD, N.P. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic of gibberellin signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 52, p. 67-88, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes,** v. 29, n. 1, p. 131- 139, 2007.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: Vieira, L.; Castro, P.R.C. (1ª ed.) **Feijão Irrigado Tecnologia & Produtividade.** Cosmópolis, Stoller. p. 73-100, 2003.

VIGGIANO, J.R.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D. Ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Sementes On line**, v. 1, n. 1, p. 6-10, 2000.

GIBERELINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MAMOEIRO CV. TAIWAN

Sara Perim Garcia[1]*, Wendell Costa Facco[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Resende Fernandes[1], Frederico Cesar Ribeiro Marques[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, IFES Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *saraperim90@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma importante frutífera cultivada em regiões tropicais e subtropicais, apresentando expressiva relevância econômica no Brasil. O país ocupa posição de destaque na produção mundial de mamão, enquanto os estados da Bahia e do Espírito Santo concentram os principais polos produtores nacionais. No Espírito Santo, a cultura possui grande importância econômica e social, destacando-se tanto pela produção quanto pela participação do estado nas exportações brasileiras da fruta (Martins *et al*., 2024).

A propagação comercial do mamoeiro ocorre, principalmente, por meio de sementes. No entanto, a germinação dessas sementes nem sempre ocorre de forma rápida e uniforme, podendo ser influenciada por características próprias da espécie. A presença da sarcotesta e determinados mecanismos fisiológicos associados à dormência podem dificultar ou retardar o início do processo germinativo, comprometendo a uniformidade na produção de mudas (Rodríguez *et al*., 2013).

Em sementes de mamoeiro, a utilização de ácido giberélico (GA_3) tem apresentado potencial para favorecer o processo germinativo. Entretanto, os efeitos observados podem variar de acordo com fatores como a concentração aplicada e o material genético utilizado, o que evidencia a necessidade de estudos específicos para diferentes cultivares (Lopes *et al*., 2009).

A influência da concentração de ácido giberélico sobre a germinação também tem sido observada em diferentes estudos com sementes de mamoeiro. Resultados obtidos com diferentes cultivares demonstram que a resposta das sementes pode variar conforme a concentração de GA_3 utilizada, tanto em relação à porcentagem quanto à velocidade e ao tempo de germinação. Dessa forma, a avaliação conjunta dessas variáveis possibilita uma análise mais ampla da resposta das sementes às diferentes concentrações do regulador vegetal (Spinassé *et al*., 2025).

Os hormônios possuem, entre suas funções, a quebra da dormência e consequentemente estimulação da germinação, mas em específico a giberelina, atua proporcionando a síntese de enzimas hidrolíticas, responsáveis pela deterioração de algumas reservas como de amido e proteínas, usadas no desenvolvimento embrionário e radicular (Taiz *et al*., 2017). Sementes que germinam mais rápido produzem plântulas com maior probabilidade de crescimento após se estabelecerem no campo de produção.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de propagação de plantas do IFES Campus Santa Teresa, com sementes de mamão cv. Taiwan retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra.

As sementes foram tratadas com diferentes doses de giberelina e semeadas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

O teste de germinação foi conduzido em papel tipo germitest, em mesa esterilizada, utilizando umidade referente a 2,5 vezes o peso do papel, em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura de 25 ºC, com luz intermitente 12 x 12 horas.

Após o início da germinação da primeira semente e durante 30 dias foram avaliados a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina teve efeito positivo para emergência das plântulas de mamoeiro cv. Taiwan.

Tabela 1 – Giberelina na germinação em sementes de mamão cv. Taiwan

Tratamento	G	IVG	TMG
Água pura	70 b	2,475 b	7,93 a
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	72 b	2,465 b	8,070 a
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	78 a	2,486 b	7,648 b
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	80 a	2,797 a	7,272 c
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	71 b	2,392 c	7,768 b
CV (%)	11,2	16,23	20,86

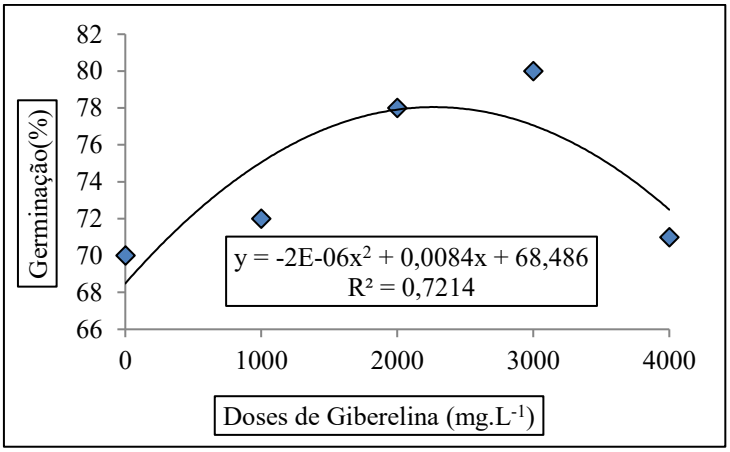
Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= tempo médio de germinação.

Na avaliação da germinação, as dosagens de GA_3 2.000 mg.L^{-1} e GA_3 3.000 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação do IVG, a dosagens de GA_3 3.000 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, com maior velocidade de germinação e na TMG, as dosagens de GA_3 2.000 mg.L^{-1} e GA_3 4.000 mg.L^{-1} apresentaram o menor tempo para germinação, com superioridade estatística para os outros tratamentos.

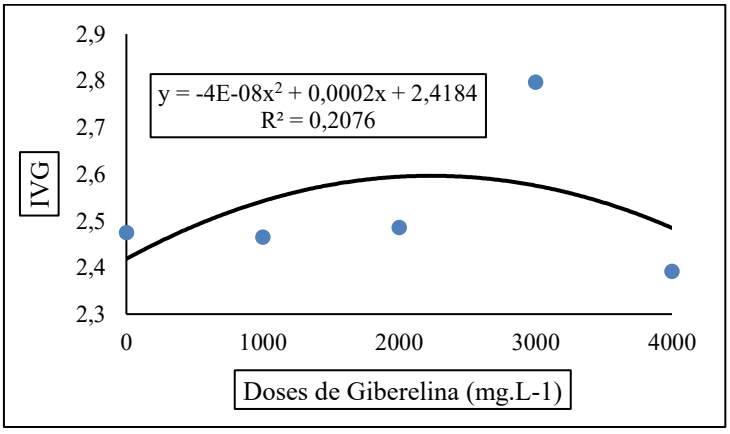
Paixão (2023), cita que a giberelina atua aumentando e acelerando a germinação, devido ao enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe o seu crescimento, na produção de enzimas (á-amilase e outras enzimas hidrolíticas), na mobilização de reservas energéticas do endosperma e na ativação do crescimento vegetativo do embrião, fato observado nesta pesquisa, onde a giberelina teve efeito positivo, aumentando, acelerando e diminuindo o tempo de germinação.

Considerando que nas diferentes dosagens utilizadas, encontramos resultados que não mostram a dosagem ideal para as variáveis, foi realizado a análise de regressão para encontrarmos a dosagem que atenda a todas as variáveis testadas. As Figuras 1 e 2 apresentam o resultado da análise de regressão.



Dose ideal = GA_3 2.100 mg.L^{-1}

Figura 1 – Regressão para germinação de sementes de mamão cv. Taiwan com giberelina.



Dose ideal = GA_3 2.500 mg.L^{-1}

Figura 2 – Regressão para IVG de sementes de mamão cv. Taiwan com giberelina.

O ponto ideal que atenda a todas as variáveis analisadas, é indicado a partir de uma dose com valor médio das doses ideais encontradas nas análises de regressão, apresentando uma dosagem ideal de GA_3 a ser utilizado (Paixão *et al*., 2023). Na análise de regressão realizada, foram encontrados os pontos máximos ideais específicos para cada variável.

A análise mostra que a dosagem é comum a todas as variáveis avaliadas. A média do ponto ideal de cada variável, foi de GA_3 = 2.300 $mg.L^{-1}$, apresentando-se como a dosagem que mais se aproxima de todas as dosagens ideais, de modo a atender as variáveis analisadas.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados, porém, considerando a análise de regressão, a dose ideal apresentada foi de GA_3 2.300 $mg.L^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, A.W.P; SELEGUINI, A; BOLIANI, A.C; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2024. 198 p.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

RODRÍGUEZ, J.A.R; CONTRERAS, J.A.M; CARBALLO, A.C; JIMÉNEZ, A.L.; LUCIO, A.R; RESÉNDIZ, C.A. Escarificación química de semilla de papaya. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 4, n. 6, p. 47-954, 2013.

SPINASSÉ, T.G; COSWOSCK, D.P; EVARISTO, S.S.; VALLE, G.E.R.F.; PAIXÃO, M.V.S.; OLIVEIRA, E.M. Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. THB, Formosa e Taiwan com sementes armazenadas por um ano. **Revista DELOS**, v. 18, n. 65, e4299, 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E, MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

GIBERELINA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. TAIWAN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR UM ANO

Mateus Rechel Comper[1]*, Artur Schulz Nepomuceno[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Exebidio de Almeida Junior[1], Vitório Augusto Menegardo[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *rechelcompermateus@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) representa uma das frutíferas tropicais de maior expressão econômica e social nas regiões tropicais e subtropicais do globo, figurando o Brasil como um dos principais produtores e exportadores mundiais (Ferreira *et al*., 2016). Dentro da diversidade varietal da espécie *C. papaya*, a cultivar Taiwan, pertencente ao grupo comercial Formosa, goza de ampla aceitação no mercado nacional e internacional devido aos seus atributos qualitativos superiores (Paixão, 2023). Os frutos caracterizam-se pelo elevado peso médio, formato oblongo-alongado, polpa firme de coloração alaranjada a avermelhada intensa, alto teor de sólidos solúveis (ºBrix) e excelente aptidão para o transporte a longas distâncias (Ferreira *et al*., 2016).

A semente de mamoeiro é morfologicamente complexa, composta por um embrião reto envolto por endosperma abundante e coberto por uma testa dura e esclerificada, além da presença de um envoltório mucilaginoso externo denominado sarcotesta (Carvalho; Nakagawa, 2012; Paixão, 2023). Mesmo após a remoção mecânica ou química da sarcotesta e subsequente secagem, as sementes de mamão frequentemente apresentam problemas de dormência fisiológica (Lopes; Souza, 2008; Paixão *et al*., 2021). Essa característica atua como um mecanismo de sobrevivência natural da espécie, contudo representa um entrave técnico para a atividade viveirística, resultando em emergência lenta e desuniforme (Lopes; Souza, 2008; Paixão, 2023)

Os reguladores vegetais de crescimento desempenham função primordial na modulação dos processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos na germinação das sementes (Taiz *et al*., 2017; Paixão, 2023). Entre as classes hormonais conhecidas, as giberelinas - especialmente o ácido giberélico (GA_3) - atuam como o principal hormônio promotor da germinação em angiospermas (Taiz *et al*., 2017; Sousa *et al.*, 2020).

Para suplantar os danos fisiológicos do armazenamento e acelerar a germinação, a aplicação exógena do hormônio giberelina (GA_3) desempenha papel crucial. A giberelina atua na sinalização celular para a síntese de enzimas hidrolíticas, como a alpha-amilase, promovendo a mobilização e degradação de amido e proteínas estocadas no endosperma em metabólitos solúveis. Além disso, o fitormônio estimula enzimas que enfraquecem o envoltório seminal, auxiliando na protrusão da radícula e restabelecendo o balanço hormonal

positivo em sementes de baixo vigor (Taiz *et al*., 2017).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan, com sementes armazenadas por um ano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.,* 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Taiwan retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por um ano e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da emergência, a dose de 3.000 $mg.L^{-1}$ de GA_3 foi superior estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação do IVE, a dose de 3.000 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, e na TME, os tratamentos com 1.000 $mg.L^{-1}$ e 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentaram o menor tempo para emergência, com superioridade estatística para os outros tratamentos.

O uso do regulador de crescimento vegetal ácido giberélico (GA_3) desempenha um papel fundamental no restabelecimento do potencial germinativo e no estímulo ao desenvolvimento de plântulas, atuando na quebra de dormência e na mobilização de reservas energéticas armazenadas na semente (Taiz *et al.*, 2017;

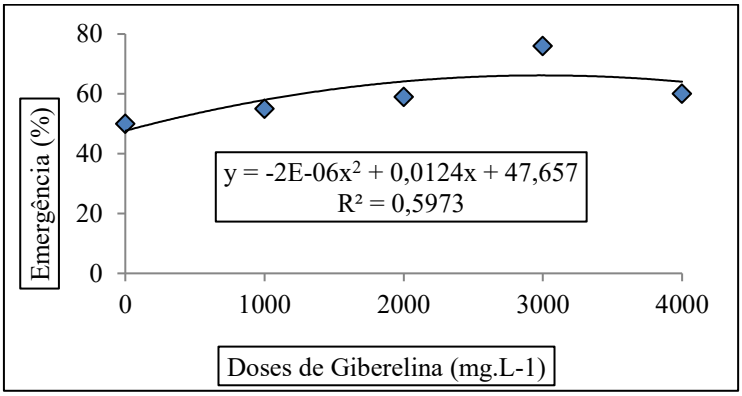
Savacini *et al.*, 2023). Quando aplicado em sementes submetidas ao armazenamento prolongado, o fitormônio atua promovendo a aceleração metabólica necessária para mitigar a perda gradual de vigor (Paixão *et al.*, 2021).

Tabela 1 – emergência em sementes de mamão cv. Taiwan com sementes de um ano

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	50 d	0,960 d	16,569 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	55 c	1,948 b	13,437 c
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	59 b	1,888 bc	14,744 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	76 a	2,254 a	12,782 c
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	60 b	1,628 c	15,332 b
CV (%)	3,06	7,54	3,30

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= emergência das sementes (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

Observa-se que nas diferentes dosagens utilizadas, encontramos resultados que não mostram a dosagem ideal para as variáveis, foi realizado a análise de regressão para encontrarmos a dosagem que atenda a todas as variáveis testadas. As Figuras 1 e 2 apresentam o resultado da análise de regressão.



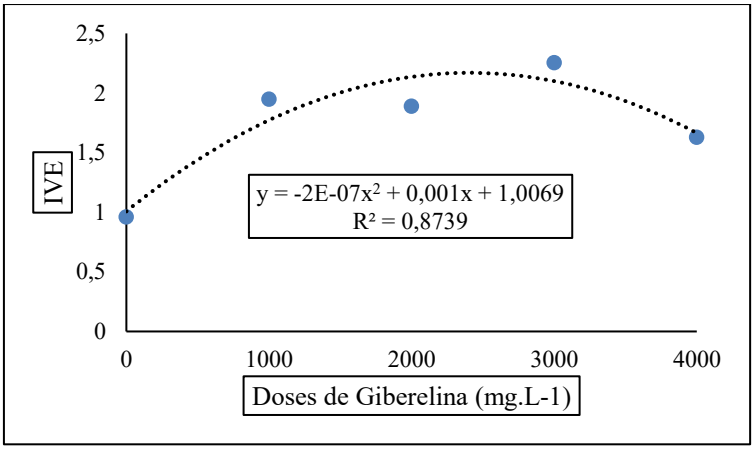
Dose ideal = GA_3 3.100 mg.L^{-1}

Figura 1 - Regressão para emergência de mamão cv. Taiwan com sementes de um ano.

Paixão *et al*. (2023), citam que para encontrarmos o ponto ideal que atenda a todas as variáveis analisadas, devemos obter uma dose com valor médio das doses ideais encontrado nas análises de regressão, apresentando uma dosagem ideal de GA_3 a ser utilizada. Na análise de regressão realizada, foram encontrados os pontos máximos ideais especificas para cada variável.

A análise mostra que a dosagem comum a todas as variáveis avaliadas. A média do ponto ideal de cada

variável, foi de GA_3 = 2.800 $mg.L^{-1}$, apresentando-se como a dosagem que mais se aproxima de todas as dosagens ideais, de modo a atender as variáveis analisadas.



Dose ideal = GA_3 2.500 $mg.L^{-1}$

Figura 2 - Regressão para IVE de mamão cv. Taiwan com sementes de um ano.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan, com sementes armazenadas por um ano, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados, porém, considerando a análise de regressão, a dose ideal apresentada foi de GA_3 2.800 $mg.L^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: produção, tecnologia e análise. 5ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 690 p.

FERREIRA, J.P.; DIAS, D.C.F.S.; SEIDA, A.F.; AVELAR, R.I. Qualidade fisiológica de sementes de mamão submetidas a tratamentos pré-germinativos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. e-568, 2016.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, J.C.; SOUZA, M.D.E. Germinação de sementes de mamão submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 181-185, 2008.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

PAIXÃO, M.V.S.; GROBÉRIO, R.; HOFFAY, A.C.; CORREA, A.; CREMONINI, G. Ácido Giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotrópica**, v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

SAVACINI, F.M.; SILVA, L.J.; CARDOSO, R.B.; AMARO, H.T.R. Uso de reguladores de crescimento no restabelecimento do potencial germinativo e vigor de sementes. **Revista Foco**, v. 16, n. 4, p. e1458, 2023.

SOUSA, E.F.; PAIXÃO, M.V.S.; PEREIRA, M.G.; PAIXÃO, M.F. Aplicação de ácido giberélico na emergência e qualidade fisiológica de mudas de frutíferas tropicais. **Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, p. 1-8, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

GIBERELINA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Brenda Cavalcante Ferreira[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Isaque Barbosa Francisco[1], Valentina Ramos de Oliveira[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *beehcavalcante@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera herbácea de clima tropical, cultivada em diferentes regiões brasileiras devido à sua rápida entrada em produção e à ampla aceitação dos frutos no mercado. No Brasil, as cultivares comerciais são reunidas principalmente nos grupos Solo e Formosa. As cultivares do grupo Solo, entre as quais se encontra a Golden, produzem frutos menores, geralmente destinados ao consumo *in natura* e ao mercado de exportação. O Espírito Santo possui condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura e se destaca entre os estados produtores, o que reforça a importância de estudos voltados à obtenção de mudas com qualidade e uniformidade (Oliveira; Coelho, 2011).

A propagação comercial do mamoeiro é realizada principalmente por sementes. Por esse motivo, a qualidade fisiológica do material utilizado influencia diretamente o estabelecimento das mudas no viveiro e, posteriormente, o desempenho das plantas no campo. Sementes com baixa germinação ou emergência desuniforme prolongam o período de formação das mudas, dificultam o manejo e podem aumentar os custos de produção. No mamoeiro, a germinação pode ser influenciada pela cultivar, pelo grau de maturação do fruto, pela retirada da sarcotesta, pelas condições ambientais e pelo período e pelas condições de armazenamento das sementes. Embora o armazenamento permita conservar o material para uso posterior, o envelhecimento pode provocar perda progressiva de vigor e menor capacidade de resposta durante a germinação (Spinassé *et al*., 2025).

Entre os reguladores vegetais utilizados, destaca-se o ácido giberélico (GA_3). As giberelinas participam da superação da dormência e estimulam a mobilização das reservas do endosperma por meio da síntese de enzimas hidrolíticas, como a alfa-amilase, fornecendo energia ao embrião e favorecendo a protrusão da radícula. Entretanto, a resposta depende da cultivar, do período de armazenamento e da concentração aplicada, pois doses excessivas podem não produzir ganhos adicionais ou até reduzir o desempenho germinativo (Spinassé *et al*., 2025).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para as variáveis com diferença estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, a imersão em GA_3 na dose de 1.000 mg L^{-1} apresentou efeito positivo sobre a emergência e o índice de velocidade de emergência das plântulas.

A emergência alcançou 77%, valor superior estatisticamente à testemunha (70%) e às demais doses avaliadas.

Para o IVE, a dose de 1.000 mg L^{-1} também foi superior estatisticamente aos outros tratamentos (1,301). Em contrapartida, o tempo médio de emergência não diferiu estatisticamente entre as doses e a testemunha, indicando que o principal efeito ocorreu sobre a quantidade e a velocidade de plântulas emergidas, e não sobre o tempo médio do processo.

A resposta ao GA_3 varia conforme a concentração, a cultivar e a condição fisiológica das sementes. Coutinho *et al*. (2023) estimaram dose ideal de 2.375 mg L^{-1} para sementes de mamão cv. Golden, enquanto Spinassé *et al*. (2025) encontraram doses ótimas distintas entre cultivares após um ano de armazenamento.

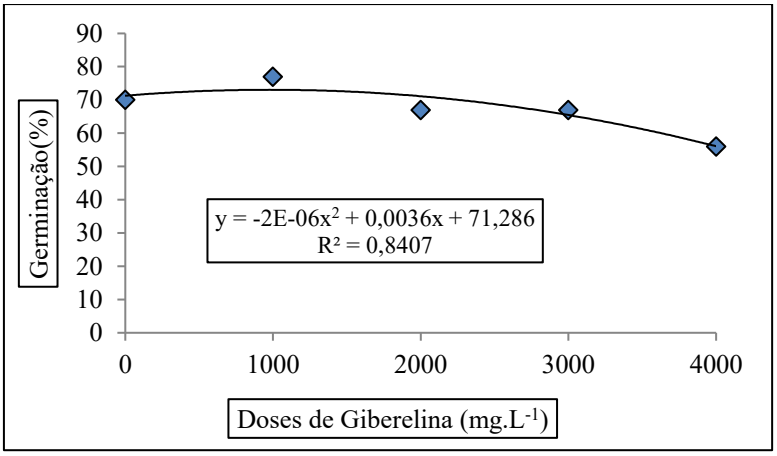
Neste estudo, o desempenho inferior acima de 1.000 mg L^{-1} indica que o aumento da concentração não trouxe benefício adicional às sementes armazenadas por dois anos, sugerindo que estas sementes ainda estão com seu promotor de germinação atuando de forma normal e que nenhum bloqueio está ocorrendo para a germinação destas sementes.

Tabela 1 – Giberelina na germinação em sementes de mamão cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	70 b	1,221 b	14,720 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	77 a	1,301 a	14,607 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	67 b	1,149 c	14,733 a
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	67 b	1,150 c	14,609 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	56 c	0,955 d	14,895 a
CV (%)	15,31	16,08	6,62

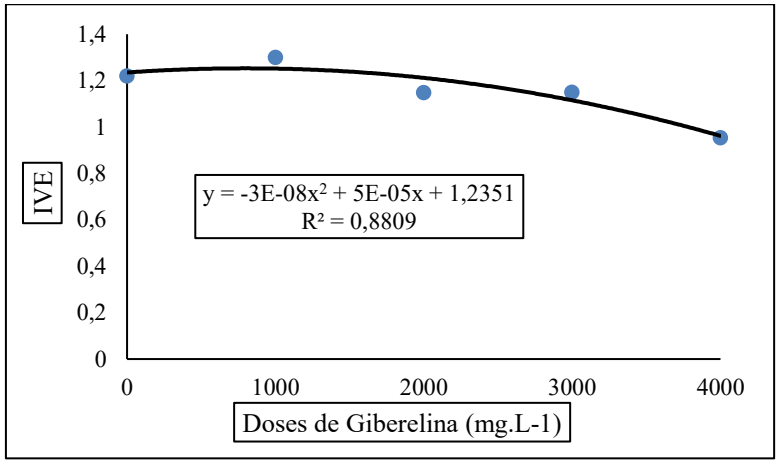
Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= emergência das sementes (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

Observa-se que nas diferentes dosagens utilizadas, encontramos resultados que não mostram a dosagem ideal para as variáveis, foi realizado a análise de regressão para encontrarmos a dosagem que atenda a todas as variáveis testadas. As Figuras 1 e 2 apresentam o resultado da análise de regressão.



Dose ideal = GA_3 900 mg.L^{-1}

Figura 1 – Regressão para germinação de mamão cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos.



Dose ideal = GA_3 840 $mg.L^{-1}$

Figura 2 – Regressão para IVE de mamão cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos.

Paixão *et al*. (2023), citam que o ponto ideal que atenda a todas as variáveis analisadas, é encontrado a partir de um valor médio das doses ideais encontrado nas análises de regressão, apresentando a melhor dosagem de GA_3 a ser utilizado. Na análise de regressão realizada, foram encontrados os pontos máximos ideais especificas para cada variável.

A análise mostra que a dosagem média das dosagens nas variáveis avaliadas. A média do ponto ideal de cada variável, foi de GA_3 = 870 $mg.L^{-1}$, apresentando-se como a dosagem que mais se aproxima de todas as dosagens ideais, de modo a atender as variáveis analisadas.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados, porém, considerando a análise de regressão, a dose ideal apresentada foi de GA_3 870 $mg.L^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

COUTINHO, M.E.D.; LAUVERS, F.S.; CARRARA, J.A.M.; PAIXÃO, M.V.S.; MEIRELES, R.C. Giberelina na germinação de sementes de mamão cv. Golden. **Foco**, v. 16, n. 3, e1295, p. 1-8, 2023.

SPINASSÉ, T.G.; COSWOSCK, D.P.; EVARISTO, S.S.; VALLE, G.E.R.F.; PAIXÃO, M.V.S.; OLIVEIRA, E.M. Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. THB, Formosa e Taiwan com sementes armazenadas por um ano. **DELOS**, v. 18, n. 65, p. 1-15, 2025.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

OLIVEIRA, A.M.G.; COELHO, E.F. **Mamoeiro**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 12 p.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

GIBERELINA NA PRODUÇÃO DE RAIZ EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. TAIWAN

Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1]*, Wendell Costa Facco[1], Sara Perim Garcia[1], João Victor Baptista Silveira[2], Diego Ismael Rocha[2]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES; [2]Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, MG. *mvspaixao@gmail.com

INTRODUÇÃO

No Brasil o mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta muito cultivada, encontrando as condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, permitindo a sua exploração econômica. As cultivares mais exploradas no Brasil pertencem aos grupos Formosa e Solo, sendo estas utilizadas em diferentes sistemas de cultivo. Na produção de mudas, é importante adotar estratégias que permitam obter um bom crescimento inicial da plântula de mamão com bom desenvolvimento de raízes, uma vez que, a precocidade na produção de frutos de mamão pode ser adquirida com uma muda bem desenvolvida (Mendonça *et al*., 2002).

Segundo Ferrari *et al*. (2008), a germinação uniforme pode ser obtida por meio da adoção de algumas práticas, como a identificação adequada de temperatura ambiente, a aplicação de reguladores vegetais e o uso de técnicas para acelerar a embebição da semente. A utilização de giberelina pode ser uma alternativa para a obtenção de mudas uniformes pois, esta é um promotor da germinação, atuando no crescimento vegetativo do embrião, mobilizando reservas e enfraquecendo o endosperma que cobre o embrião e bloqueia seu crescimento (Taiz; Zeiger, 2017).

Os hormônios possuem, entre suas funções, a quebra da dormência e consequentemente estimulação da germinação, mas em específico a giberelina, atua proporcionando a síntese de enzimas hidrolíticas, responsáveis pela deterioração de algumas reservas como de amido e proteínas, usadas no desenvolvimento embrionário e radicular (Taiz; Zeiger, 2017). A aceleração da germinação, proporciona plântulas mais desenvolvidas, favorecendo o crescimento radicular e consequentemente o melhor estabelecimento destas mudas no campo de produção.

Paixão (2023), cita a ação das giberelinas na promoção da germinação, e sementes que germinam mais rápido produzem plântulas com maior probabilidade de crescimento após se estabelecerem no campo de produção e maior produção de raízes, com enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe o seu crescimento, na produção de enzimas (á-amilase e outras enzimas hidrolíticas), na mobilização de reservas energéticas do endosperma e na ativação do crescimento vegetativo do embrião.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de raiz em plântulas de mamoeiro cv.

Taiwan.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S e 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Taiwan retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento total da raiz (CTR), área total ocupada da raiz (ATR), número de radicelas (NR) volume das raízes (VR) e diâmetro médio da raiz (DM), avaliados com utilização do aparelho WinRHIZO por análise de imagem.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina teve efeito positivo na produção de raízes, com os tratamentos na dosagem de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ e GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ apresentando os melhores resultados no geral.

Na avaliação do comprimento total e área ocupada, as dosagens de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ e GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do diâmetro médio, a água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, porém na avaliação do volume de raízes, o tratamento com GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o número de radicelas, o tratamento com GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ apresentou

superioridade estatística aos outros tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Giberelina na produção de raiz em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan

Tratamento	Comprimento total (cm)	Area (cm^2)	Diâmetro médio (mm)	Volume (cm^3)	Número de radicelas
Água pura	19,54 c	3,846 c	0,607 a	0,116 c	58,8 d
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	57,86 a	9,556 a	0,474 b	0,170 a	222,4 b
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	53,14 a	8,180 a	0,449 b	0,149 b	267,8 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	36,06 b	5,120 b	0,420 b	0,087 d	135,8 c
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	34,21 b	4,997 b	0,434 b	0,072 d	128,6 c
CV (%)	49,85	41,55	18,63	45,41	57,11

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A atuação da giberelina está ligado principalmente na aceleração da germinação, fazendo com que as plântulas produzem raízes e folhas mais rápido, com menor tempo para estabelecimento no campo. Esse requisito torna as plantas mais competitivas por alcançarem mais rápido o início do período vegetativo.

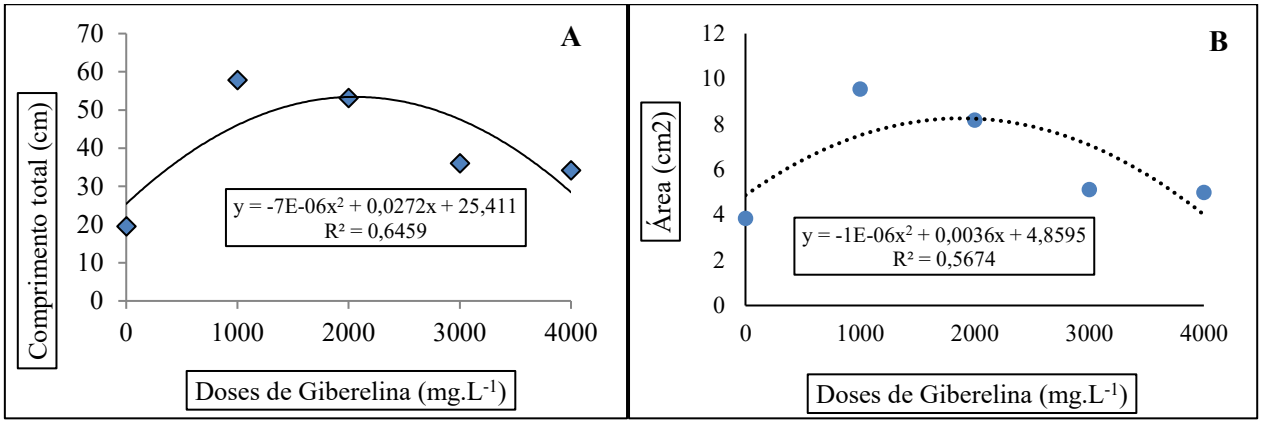
As Figuras de regressão, apresentam resultados que comprovam que a giberelina teve atuação positiva para produção de raízes, não sendo utilizado a figura de diâmetro médio devido a não haver resultado positivo para GA_3.

Considerando que nas diferentes dosagens utilizadas, encontramos resultados que não mostram a dosagem ideal para as variáveis, foi realizado a análise de regressão para encontrarmos esta dosagem. As Figuras 1-A, B, C e D apresentam o resultado da análise de regressão.

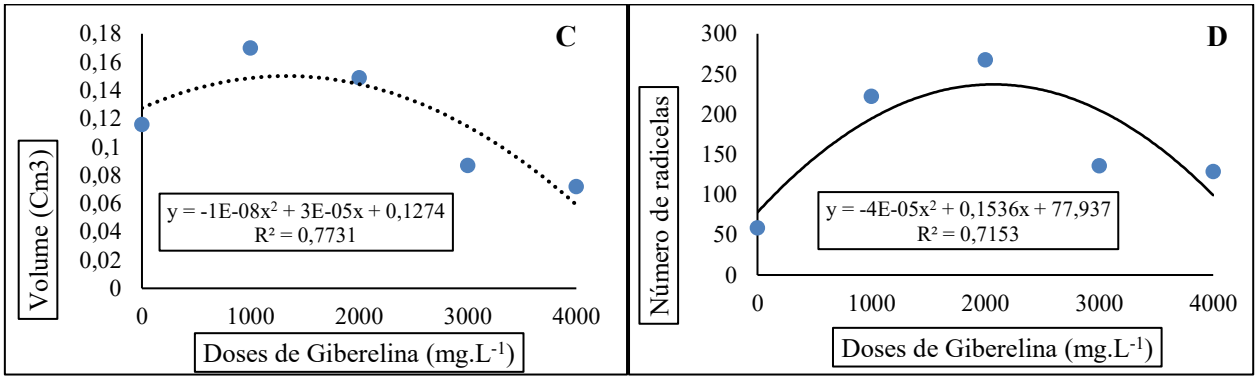
De acordo com as Figuras 2-A, B, C, D e E podemos observar o desenvolvimento radicular de acordo com os tratamentos utilizados. As Figuras 2-B, C apresentam o melhor desenvolvimento de raízes nas variáveis avaliadas na pesquisa, ficando a dosagem ideal entre estas duas dosagens.

Paixão *et al*. (2023) citam que o ponto ideal que atenda a todas as variáveis analisadas, deve ser feita a partir de uma média das análises de regressão, de forma que apresente uma dosagem ideal de GA_3 a ser utilizado, aproximando os valores encontrados para as variáveis analisadas. Na análise de regressão realizada, foram encontrados os pontos máximos ideais especificas para cada variável.

A análise mostra que a dosagem comum a todas as variáveis avaliadas. Considerando o ponto ideal de cada variável, foi encontrado a dose média de GA_3 = 1.800 $mg.L^{-1}$, apresentando-se como a dosagem que mais se aproxima de todas as dosagens utilizadas, de modo a atender todas as variáveis analisadas nesta pesquisa com mamoeiro cv. Taiwan.



Dose ideal = GA_3 1.950 mg.L^{-1} Dose ideal = GA_3 1.800 mg.L^{-1}



Dose ideal = GA_3 1.500 mg.L^{-1} Dose ideal = GA_3 1.950 mg.L^{-1}

Figura 1 – A) Regressão para comprimento total raízes; B) Regressão para área ocupada pelas das raízes; C) Regressão para volume de raízes; e D) Regressão para número de radicelas.

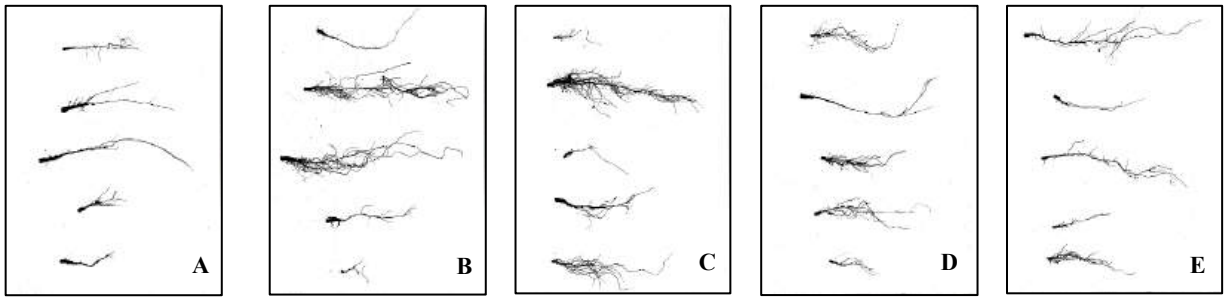


Figura 2 – A) Raiz sem giberelina; B) . GA_3 1.000 mg.L^{-1}; C) GA_3 2.000 mg.L^{-1}; D) Com GA_3 3.000 mg.L^{-1}; E) Com GA_3 4.000 mg.L^{-1}.

Fonte: Análise de imagem por WinRHIZO, Universidade Federal de Viçosa (2026).

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a produção de raízes em plântulas de mamoeiro cv.

Taiwan, sendo a dosagem indicada a de GA_3 = 1.800 $mg.L^{-1}$.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

FERRARI, T.B. *et al*. Germinação de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis): Fases e efeito de reguladores vegetais. **Revista Biotemas.** v. 21, n. 3, p. 65-74. 2008.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO NETO, S.E.; PIO, R.; GONTIJO, T.C.A.; JUNQUEIRA, K.P. Substratos e quebra de dormência na formação do porta-enxerto de gravioleira cv. RBR. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 286, p. 657-668, 2002.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

GIBERELINA NA PRODUÇÃO DE CAULE EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. TAIWAN

Wendell Costa Facco[1]*, Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Sara Perim Garcia[1], João Victor Baptista Silveira[2], Diego Ismael Rocha[2]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES; [2]Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. *wendellcostafacco@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie frutífera de grande importância econômica, sendo cultivado em diversas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a cultura apresenta elevada relevância para o setor agrícola, com destaque para os estados da Bahia e do Espírito Santo entre as principais regiões produtoras (IBGE, 2019). Além da importância econômica da produção de frutos, o estabelecimento de plantas com adequado desenvolvimento vegetativo é fundamental para o sucesso da cultura e para a formação de plantas vigorosas.

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são influenciados por diversos fatores, incluindo condições ambientais, disponibilidade de nutrientes e ação dos reguladores vegetais. Entre esses compostos, as giberelinas constituem uma importante classe de fitormônios, atuando em diferentes processos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetal. O ácido giberélico (GA_3), por exemplo, está associado ao aumento da elongação e da divisão celular, podendo promover alterações no crescimento dos órgãos vegetativos das plantas (Taiz *et al.*, 2017).

Em estudos realizados com o mamoeiro, a aplicação de ácido giberélico apresentou efeitos positivos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Paixão *et al*. (2021) observaram respostas favoráveis à aplicação de GA_3, incluindo efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas, demonstrando o potencial desse regulador vegetal na cultura do mamão.

Considerando a atuação das giberelinas no crescimento vegetal e sua capacidade de estimular o alongamento celular, torna-se relevante investigar seus efeitos sobre o desenvolvimento do caule do mamoeiro. Estudos dessa natureza podem contribuir para uma melhor compreensão das respostas da cultura à aplicação do ácido giberélico, especialmente em relação à produção e ao crescimento do caule.

Segundo Paixão (2023), a giberelina tem ação promotora da germinação e plântulas que emergem mais rápido possuem maior probabilidade de se estabelecerem no campo de produção com crescimento rápido e melhor desenvolvimento radicular.

A giberelina, por exemplo, é uma das substâncias mais utilizadas, pois propicia um maior alongamento

do caule, aumento da divisão celular (Davies, 1995), além de acentuar a dominância apical de muitas espécies após sua aplicação (Taiz *et al*., 2017).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Taiwan retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento total do caule, área total ocupada do caule no solo, volume do caule e diâmetro médio do caule, avaliados com utilização do aparelho WinRHIZO por análise de imagem.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina não teve efeito positivo para comprimento total do caule, com os tratamentos nas dosagens utilizadas não diferindo estatisticamente.

Na avaliação da área ocupada, as dosagens de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ e a testemunha com água foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação do diâmetro médio, a água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, o mesmo ocorrendo na avaliação do volume de raízes, apresentando superioridade estatística aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Giberelina na produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan

Tratamento	Comprimento (cm)	Área (cm^2)	Diâmetro médio (mm)	Volume (cm^3)
Água pura	7,071 a	4,872 a	2,103 a	0,296 a
GA_3 1000 $mg.L^{-1}$	6,911 a	4,899 a	1,662 b	0,216 b
GA_3 2000 $mg.L^{-1}$	6,922 a	3,766 b	1,684 b	0,185 c
GA_3 3000 $mg.L^{-1}$	6,996 a	3,353 c	1,656 b	0,177 c
GA_3 4000 $mg.L^{-1}$	6,968 a	3,778 b	1,631 b	0,190 c
CV	14,69	23,77	14,15	39,9

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Os tratamentos com giberelina não tiveram atuação que melhorassem de forma geral o crescimento dos caules do mamoeiro cv. Taiwan, fato que sugere que para esta variável não é necessário ser submetido as sementes a solução de giberelina.

A atuação da giberelina está ligada principalmente na aceleração da germinação, fazendo com que as plântulas produzam raízes e folhas mais rápido, com menor tempo para estabelecimento no campo. Esse requisito torna as plantas mais competitivas por alcançarem mais rápido o início do período vegetativo, porém, na produção de caule isso não foi observado, mostrando que a testemunha com utilização da água pura obteve no geral os melhores resultados, não havendo a necessidade de se obter dosagem ideal por análise de regressão.

De acordo com as Figuras 1-A, B, C, D e E, podemos observar o desenvolvimento dos caules de acordo com os tratamentos utilizados. A Figura 1-A apresenta caules mais robustos e com melhor desenvolvimento, mostrando que a GA_3 não teve atuação positiva para produção de caule.

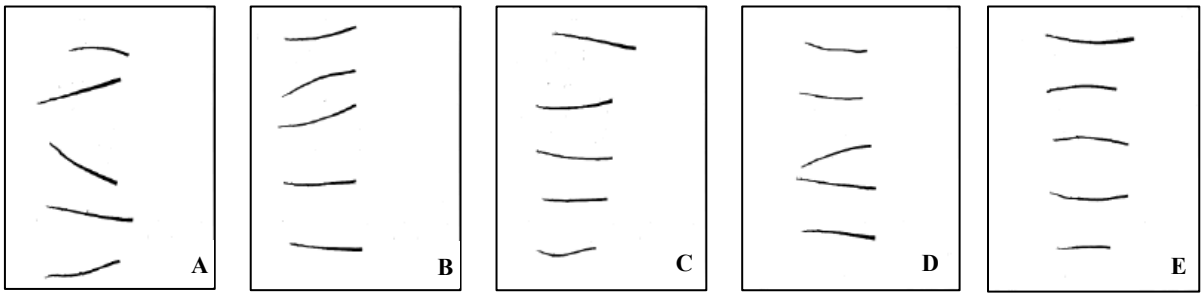


Figura 1 - Imagem A – Caule sem giberelina; Imagem B – GA_3 1000 $mg.L^{-1}$; Imagem C – GA_3 2000 $mg.L^{1}$; Imagem D – Com GA_3 3000 $mg.L^{-1}$; Imagem E – Com GA_3 4000 $mg.L^{-1}$.
Fonte: análise de imagem por WinRHIZO, Universidade Federal de Viçosa (2026).

CONCLUSÃO

A giberelina não apresentou resultados positivos para a produção de caules em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan, não sendo necessária para desenvolvimento desta variável a utilização de GA_3.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e à Universidade Federal de Viçosa pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE; J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: Davies P.J. (2 ed.). **Plant hormones**: physiology, biochemistry and molecular biology. London, Kluwer Academic Publishers. 1995. p. 1-13.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Produção Agrícola Municipal**, 2019.

PAIXÃO, M.V.S.; Grobério, R.B.C.; Hoffay, A.C.N.; Correa, A.C.; Cremonini, G.M. Ácido giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotrópica**, v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed editora, 2017. 888 p.

GIBERELINA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. CALIMOSA COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Isabellie Geremias Colli[1]*, Maria Clara Rodrigues Sardenberg de Almeida[1], Guilhermy Kaio Goronci Guaitolini[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Luiz Felipe da Silva[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *isabeliecolli5678@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) apresenta grande importância para a fruticultura brasileira, destacando-se pelo seu valor econômico e pela relevância de sua produção em diferentes regiões do país. A obtenção de mudas de qualidade é uma etapa fundamental para o estabelecimento da cultura, pois o desenvolvimento inicial das plântulas pode influenciar seu crescimento e desempenho nas etapas posteriores de cultivo.

A propagação do mamoeiro ocorre principalmente por sementes, porém fatores relacionados à qualidade fisiológica e às condições de germinação podem interferir no estabelecimento uniforme das plântulas. Nesse contexto, os reguladores vegetais podem ser utilizados para favorecer processos fisiológicos relacionados à germinação, ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas. Entre esses reguladores, destacam-se as giberelinas e as citocininas (Zanotti *et al.*, 2014).

As giberelinas, especialmente o ácido giberélico (GA_3), estão relacionadas ao crescimento e ao alongamento celular, podendo também favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Lopes e Souza (2008) verificaram que a presença de GA_3 em determinadas condições de condicionamento favoreceu a germinação de sementes de mamão. Zanotti *et al.* (2014) observaram que a aplicação de GA_3 promoveu alterações relacionadas à germinação e à mobilização de compostos de reserva em sementes de mamoeiro.

As citocininas também desempenham papel importante no desenvolvimento vegetal, principalmente na divisão celular e na formação de novos tecidos e brotações. (Vidal; Diniz; Silva, 2013), ao avaliarem diferentes citocininas na multiplicação de plantas juvenis de mamoeiro, observaram respostas positivas ao uso de 2iP, além de efeitos benéficos do GA_3 quando utilizado em associação, especialmente em características como altura, número de folhas e formação de brotações.

A utilização de reguladores vegetais pode contribuir para o desenvolvimento das plântulas, sendo necessário considerar o tipo de substância utilizada, sua concentração e a resposta específica da espécie. Esses fatores são importantes para compreender os efeitos dos reguladores no crescimento inicial do mamoeiro e

auxiliar no aprimoramento das técnicas de produção de mudas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*.,2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Calimosa, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

As sementes foram armazenadas por dois anos e após este tempo, submetidas aos tratamentos compostos por solução de giberelina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule, que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina apresentou efeito na produção de massa das plântulas.

Na avaliação da massa verde e massa seca das folhas, os tratamentos com água e com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si.

Na avaliação da massa verde do caule, o tratamento GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$apresentou superioridade estática em relação aos outros tratamentos.

Quando avaliamos a massa seca do caule, os tratamentos apresentaram-se iguais estatística (Tabela 1). Na avaliação da massa verde e seca das raízes, o tratamento GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Giberelina na produção de massa em plântulas de mamão cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Água pura	0,086 a	0,021 a	0,083 c	0,012 a	0,060 d	0,015 c
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	0,076 b	0,017 b	0,096 b	0,012 a	0,088 c	0,015 c
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	0,053 c	0,010 d	0,092 b	0,012 a	0,089 c	0,014 c
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	0,074 b	0,014 c	0,094 b	0,012 a	0,186 b	0,052 b
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	0,086 a	0,020 a	0,109 a	0,012 a	0,203 a	0,062 a
CV (%)	25,37	2,34	23,14	5,83	20,88	21,55

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$).

A giberelina é um regulador vegetal que atua de forma integrada no crescimento e desenvolvimento das plantas. As giberelinas estão relacionadas principalmente ao alongamento celular e ao crescimento dos órgãos vegetais, influenciando o desenvolvimento e o acúmulo de biomassa das plantas, sendo que as respostas dependem das concentrações utilizadas e do equilíbrio hormonal existente nos tecidos vegetais (Taiz *et al*., 2017).

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. BS Calimosa, sendo que a dosagem de GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa**. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, H.M.; SOUZA, C.M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIDAL, F.R.; DINIZ, J.D.N.; SILVA, F.P. Multiplicação *in vitro* de plantas juvenis de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 64-70, 2013.

ZANOTTI, R.F.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, R.S.; DAMATTA, F.M.; OLIVEIRA, G.L. Germination and biochemical changes in 'Formosa' papaya seeds treated with plant hormones. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, n. 4, p. 435-442, 2014.

GIBERELINA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Brenda Cavalcante Ferreira[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Camila Marinho Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Leticia Lima Sinfrônio[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *beehcavalcante@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O crescimento inicial das plântulas constitui uma etapa decisiva na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.), pois determina a capacidade de estabelecimento das plantas após o transplantio. Nessa fase, o desenvolvimento equilibrado das folhas, do caule e do sistema radicular favorece a interceptação de luz, o transporte de água e nutrientes e a sustentação da parte aérea. Cultivares do grupo Solo, como a Golden, apresentam importância comercial pela produção de frutos menores e pela boa aceitação no mercado, tornando necessária a formação de mudas uniformes e com adequada estrutura vegetativa (Souza, 2025).

A produção de massa verde e seca é um indicador do crescimento das plântulas. A massa verde considera o material vegetal com seu conteúdo de água, enquanto a massa seca representa a biomassa acumulada após a retirada da água. A avaliação de folhas, caule e raízes permite identificar se o tratamento favorece o crescimento geral ou modifica a distribuição de biomassa entre os órgãos da planta (Mendes, 2024).

O desempenho das plântulas também está relacionado à qualidade fisiológica das sementes. Durante o armazenamento, as sementes sofrem alterações progressivas que podem reduzir o vigor, mesmo quando ainda mantêm capacidade de germinar. Como consequência, a emergência pode originar plântulas com menor velocidade de crescimento e menor eficiência na formação de tecidos. Em sementes de mamoeiro armazenadas por um ano, Spinassé *et al.* (2025) observaram respostas diferentes entre cultivares submetidas ao ácido giberélico, demonstrando que o período de conservação e as características genéticas do material devem ser considerados na escolha do tratamento. Em lotes armazenados por dois anos, essa avaliação se torna ainda mais relevante, pois a resposta ao regulador pode ser limitada pelo estado fisiológico das sementes.

As giberelinas participam de vários processos do desenvolvimento vegetal, incluindo mobilização de reservas, alongamento e divisão celular e expansão dos tecidos. Por atuar no crescimento, o ácido giberélico (GA_3) pode modificar o acúmulo de matéria vegetal e a distribuição de biomassa entre parte aérea e raízes. Entretanto, a intensidade da resposta depende da concentração aplicada, da espécie, do genótipo e das condições fisiológicas e ambientais. Mendes (2024) verificou que a alteração da atividade das giberelinas produziu respostas distintas no crescimento e na fisiologia vegetal, reforçando que os efeitos desse grupo hormonal não ocorrem de maneira uniforme. Portanto, a aplicação de GA_3 deve ser avaliada não apenas pela

germinação ou emergência, mas também por seus reflexos posteriores sobre a produção de massa das folhas, do caule e das raízes das plântulas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, colocando uma semente por tubete, com substrato comercial, delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina não teve efeito positivo na produção de massa verde e seca de plântulas.

Na avaliação da massa verde das folhas, a testemunha com água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca das folhas, não foi observado diferença estatística entre os tratamentos.

Para massa verde do caule, a testemunha com água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, o mesmo podendo ser observado para massa seca do caule, com a testemunha com água pura superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na massa verde das raízes, a testemunha com água pura e a giberelina na dose de 2.000 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, porém na massa seca das raízes, a giberelina na dose de 2.000 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

De acordo com os resultados apresentados, a giberelina só teve ação positiva para a produção de massa das raízes, não afetando a massa da parte aérea da plântula.

Tabela 1- Giberelina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_2O	0,052 a	0,004 a	0,144 a	0,016 a	0,141 a	0,049 b
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	0,039 c	0,004 a	0,102 c	0,004 c	0,106 b	0,010 c
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	0,028 d	0,004 a	0,112 b	0,011 b	0,143 a	0,095 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	0,044 b	0,004 a	0,098 c	0,008 b	0,084 b	0,010 c
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	0,038 c	0,004 a	0,109 b	0,008 b	0,110 b	0,013 c
CV (%)	11,81	3,31	11,12	11,12	14,33	14,27

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. MVF= massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC= massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MVR= massa verde das raízes ($g.pl^{-1}$); MSF= massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MSC= massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MSR= massa seca das raízes ($g.pl^{-1}$); CV= coeficiente de variação.

CONCLUSÃO

A giberelina não apresentou resultados positivos para a produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que a testemunha com água pura apresentou os melhores resultados sugerindo que estas sementes com dois anos não respondem a este fitormônio devendo estar em processo de deterioração.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão

Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

MENDES, C.R.L.G. **Inibidores da síntese de giberelina na fisiologia, crescimento e produtividade do girassol**. 2024. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2024.

SOUZA, I.M.D. **Comportamento agronômico de mamoeiro 'Golden THB' sob aplicação de protetor solar**. 2025. 32 f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2025.

SPINASSÉ, T.G.; COSWOSCK, D.P.; EVARISTO, S.S.; VALLE, G.E.R.F.; PAIXÃO, M.V.S.; OLIVEIRA, E.M. Giberelina na germinação de sementes de mamoeiro cv. THB, Formosa e Taiwan com sementes armazenadas por um ano. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, p. 1-15, 2025. DOI: https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n65-028.

GIBERELINA E CITOCININA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Virginia Campos de Oliveira[1]*, Brenda Cavalcante Ferreira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Isaque Barbosa Francisco[1], Frederico Cesar Ribeiro Marques[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *virginiacamposdol@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie vegetal pertencente à família Caricaceae e destaca-se como uma das frutas tropicais de grande importância socioeconômica, nutricional e medicinal. Originário da América Central, atualmente é cultivado em países de clima tropical e também em diferentes regiões subtropicais ao redor do mundo (Morton; Miami, 1987). Os países que mais se destacam comercialmente com a produção dessa fruta são Índia, República Dominicana, México, Brasil, Indonésia e Nigéria (FAO, 2024).

Diversas pesquisas têm sido realizadas sobre técnicas de propagação com a finalidade de favorecer a emergência e o crescimento das mudas em viveiros, buscando tornar mais rápido e uniforme o estabelecimento inicial das plântulas no campo. Entre os principais tratamentos pré-germinativos empregados nessa cultura, destacam-se o tratamento térmico e o uso de giberelina, os quais contribuem para estimular e melhorar a germinação (Paixão, 2023). Entretanto, ainda são necessários estudos que avaliem a influência de reguladores vegetais, como a giberelina e a citocinina, na emergência e no desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro, especialmente quando se utilizam sementes armazenadas por períodos prolongados.

A identificação das condições mais adequadas para favorecer a emergência das plântulas é fundamental para melhorar o estabelecimento inicial da cultura, considerando que o período de armazenamento pode influenciar a qualidade fisiológica e o potencial germinativo das sementes. Nesse contexto, a avaliação dos efeitos da giberelina e da citocinina em sementes de mamoeiro cv. Golden armazenadas por dois anos pode contribuir para a obtenção de informações relevantes sobre o desempenho e a emergência das plântulas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina misturada a citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa

Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução de giberelina misturada a citocinina nas doses de GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}, GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina e citocinina na dosagem de GA_3 1.000 mg.L^{-1} teve efeito positivo na emergência de plântulas.

Tabela 1 – Giberelina e citocinina germinação em sementes de mamão cv. Golden com sementes armazenadas por dois anos

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	70 b	1,221 a	14,720 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	76 a	1,213 a	14,976 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	71 b	1,239 a	14,819 a
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	69 b	1,146 b	15,559 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	70 b	1,211 a	14,606 a
CV (%)	15,31	16,08	6,62

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= tempo médio de germinação.

Na avaliação da emergência, GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação do IVE, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 mg.L foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, e na TME, os tratamentos não apresentaram diferenças estatística, porém GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-}$ apresentou o menor tempo para germinação.

Segundo Paixão *et al*. (2023) para que ocorra a germinação, as sementes necessitam de condições fisiológicas favoráveis, envolvendo a atuação de promotores da germinação e a redução ou bloqueio de fatores inibidores. Nesse contexto, a citocinina e a giberelina atuam diretamente como promotores primários da germinação, podendo contribuir para esse processo ao interferir nos mecanismos de ação de substâncias inibidoras, reduzindo seus efeitos e, consequentemente, favorecendo o aumento da germinação das sementes.

Neste trabalho, podemos citar que o uso da giberelina ajudou a melhorar a viabilidade da semente, com melhorias no desenvolvimento inicial das mudas e que a o uso da citocinina apresentou melhoras efetivas no desenvolvimento das plântulas.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + citocinina 10 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The agricultural production,** 2024. Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E. Acesso em: 28 abr. 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

MORTON, J.F.; MIAMI, F.L. Mamão. In: MORTON, J. (ed.). **Fruits of warm climates**. Miami, 1987. p. 336-346.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; CREMONINI, G.M.; FERNANDES, A.R.; REIS, L.S.; OLIVEIRA, E.M. Indole butyric acid in the rooting of physalis cutting. **Concilium**, v. 23, n. 3, p. 131-140, 2023.

GIBERELINA E CITOCININA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Jocimara de Oliveira Costa[1]*, Beatriz Auer Margon[1], Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Antônio Resende Fernandes[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *jocimaradeoliveirac@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical de grande importância econômica e social para o Brasil, destacando-se tanto pelo consumo interno quanto pela participação no comércio internacional de frutas frescas. Segundo os dados mais recentes consolidados da Pesquisa Agrícola Municipal, o Brasil produziu, em 2024, 1.149.300 toneladas de mamão, em uma área colhida de 27.681 hectares, com rendimento médio de 41,52 t ha^{-1} (IBGE, 2025). O Espírito Santo ocupou a primeira posição entre os estados produtores, com 398.093 toneladas, correspondendo a aproximadamente 34,6% da produção nacional.

A importância da cultura para o Espírito Santo também é demonstrada pelos dados mais recentes da produção estadual. Em 2025, a produção capixaba de mamão atingiu 414.772 toneladas, cultivadas em 6.749 hectares, com rendimento médio de 61,46 t ha^{-1}. Em relação ao ano anterior, houve crescimento de 4,19% na produção e de 3,91% no rendimento médio (Galeano *et al*., 2025). Esses resultados reforçam a posição do estado como um dos principais produtores de mamão do país, especialmente nas áreas do Norte capixaba.

Além da elevada produção, o mamão apresenta expressiva participação nas exportações do agronegócio capixaba. Em 2025, o Espírito Santo exportou aproximadamente 20,2 mil toneladas de mamão, gerando cerca de US$ 29,4 milhões, o que representou crescimento de 13,8% no volume e de 13,6% no valor exportado em comparação com 2024. O estado respondeu por aproximadamente 40% das exportações brasileiras de mamão, mantendo a liderança nacional nesse segmento (SEAG, 2026).

Entre os principais destinos do mamão capixaba destacaram-se Portugal, Países Baixos e Espanha, demonstrando a importância da qualidade dos frutos para a manutenção dos mercados externos. Entre os materiais utilizados comercialmente encontra-se a BS 2000, pertencente ao grupo Solo e originada de seleções realizadas por produtores a partir do material BS. Segundo Silva *et al*. (2022), após a seleção inicial do material BS, novas seleções foram realizadas em diferentes períodos e denominadas BS 2000 e BS 2001, apresentando a mesma origem e características.

O cultivar BS apresenta frutos com massa média próxima de 500 g, polpa de coloração alaranjada e teor de sólidos solúveis em torno de 12 °Brix, ou seja, tem cerca de 12 g de sólidos solúveis em 100 g de

suco/polpa, sendo a maior parte açúcares. Além de boas características agronômicas, tendo seu cultivo concentrado principalmente no extremo sul da Bahia e no norte do Espírito Santo.

Para a implantação de pomares produtivos, a obtenção de mudas com adequado crescimento e qualidade constitui uma etapa importante do processo de propagação. Trabalhos realizados com a cv. Sunrise Solo BS 2000 demonstram que as condições utilizadas durante a produção das mudas podem interferir em características como emergência, número de folhas, altura da planta, diâmetro do coleto, área foliar e qualidade das plântulas (Dietriche *et al*., 2021). Dessa forma, técnicas que favoreçam o desenvolvimento inicial das plantas podem contribuir para a formação de mudas mais vigorosas e uniformes. Nesse contexto, o uso de reguladores vegetais apresenta potencial para favorecer a germinação e o desenvolvimento das plântulas.

A giberelina, especialmente na forma de ácido giberélico (GA_3), está relacionada à promoção da germinação, crescimento e alongamento do caule, enquanto a citocinina atua principalmente na regulação da divisão celular e no crescimento dos tecidos vegetais. Em estudo realizado especificamente com mamoeiro cv. BS 2000, Carlini *et al*. (2025) verificaram efeito positivo do ácido giberélico na emergência, no desenvolvimento e na produção de massa das plântulas, evidenciando a importância do estudo desses reguladores na propagação do mamoeiro. Diante disso, torna-se importante avaliar diferentes concentrações e associações de reguladores vegetais, buscando tratamentos capazes de proporcionar melhores características de crescimento e contribuir para a formação de mudas de qualidade.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina associada à citocinina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por

60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina com citocinina apresentou efeito positivo no crescimento das plântulas.

Na avaliação do número de folhas, os tratamentos GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da altura da plântula, os tratamentos com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$ e GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$ apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, o tratamento com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$ apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Na avaliação do comprimento da raiz, os tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 1).

Tabela 1 – Giberelina e Citocinina no crescimento de plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamentos	NF	AP	DC	CR
Água pura	4,31 d	7,03 c	2,76 d	15,07 a
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$	4,68 c	8,25 a	3,86 a	14,94 a
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$	5,00 a	8,34 a	3,94 a	14,39 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$	4,68 c	7,76 b	3,10 c	14,22 a
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$	4,87 b	7,83 b	3,42 b	14,25 a
CV (%)	20,47	15,29	25,07	13,35

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para crescimento de plântulas de mamoeiro cv. BS

2000, sendo que a dosagem de GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CARLINI, T.C.; KUHN, A.A.H.; SPINASSÉ, T.G.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina e citocinina na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 com sementes de um ano de armazenamento. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, e4315, 2025.

DIETRICH, O.H.S.; SANTOS, M.A.C.; FERREIRA, V.R.; BERILLI, S.S.; HENRIQUE, E.P.; ROZAES, L.B.; BERILLI, A.P.C.G. Mudas de mamão cv. Sunrise Solo BS 2000 produzidas com lodo de curtume em mistura com substrato comercial**. Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2021.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

GALEANO, E.A.V.; SAMPAIO, T.L.; MACEDO, I.M.S. **Produção de mamão no Espírito Santo em 2025.** Produção da agricultura em 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - PAM**: 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo alcança R$ 17,2 bilhões em exportações do agro em 2025**, segundo maior valor da série. Vitória, 13 jan. 2026.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Qualidade do mamão capixaba ganha mundo e posiciona Espírito Santo como maior exportador da fruta**. Vitória, 2025.

SILVA, S.O.; CARVALHO, F.D.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, A.M.G. Variedades. In: OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. (ed.). **Mamoeiro do grupo Solo**: cultivo, colheita, pós-colheita e comercialização. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 19-32.

GIBERELINA E CITOCININA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Nathalia Redling Gripa[1]*, Jocimara de Oliveira Costa[1], Beatriz Auer Margon[1], Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *nathaliaredling@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie frutífera de grande importância em regiões tropicais e subtropicais, sendo sua produção dependente, entre outros fatores, da obtenção de mudas de qualidade. A formação de plântulas vigorosas e uniformes é uma etapa fundamental para o estabelecimento adequado da cultura, uma vez que o crescimento inicial pode influenciar o desenvolvimento posterior das plantas. Dessa forma, estudos relacionados à germinação, ao vigor e ao crescimento de plântulas são importantes para o aprimoramento dos métodos de propagação do mamoeiro (Lopes *et al*., 2009).

A propagação do mamoeiro é realizada principalmente por sementes, sendo que a germinação pode ser influenciada por características fisiológicas das sementes e pelas condições às quais elas são submetidas. Entre as alternativas utilizadas para favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial, destaca-se o emprego de reguladores vegetais, especialmente o ácido giberélico (GA_3). Estudos demonstram que a aplicação de GA_3 pode aumentar a porcentagem de emergência e reduzir o tempo necessário para a emergência de plântulas de mamoeiro, evidenciando seu potencial na propagação da espécie (Furutani; Nagao, 1987).

As giberelinas são fitormônios envolvidos em diversos processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal, incluindo germinação, expansão e alongamento celular. A aplicação exógena de ácido giberélico pode modificar o crescimento das plântulas, sendo que a resposta depende da concentração utilizada e das características da espécie e do material vegetal. Em mamoeiro, diferentes concentrações de GA_3 foram capazes de influenciar características como altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massa fresca e seca das plântulas (Meena; Jain, 2012).

As citocininas, constituem outro grupo importante de fitormônios, participando da regulação da divisão e diferenciação celular e de diferentes processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses hormônios também apresentam interação com outras classes de reguladores vegetais, incluindo as giberelinas, formando uma complexa rede de sinalização responsável pela coordenação de respostas fisiológicas e morfológicas. Assim, a ação conjunta entre diferentes fitormônios pode produzir respostas distintas daquelas observadas quando utilizados isoladamente (Kudo; Kinoshita-Tsujimura; Kimura, 2010).

A interação entre giberelinas e citocininas é particularmente importante por envolver mecanismos que

regulam o crescimento e o desenvolvimento vegetal. As respostas das plantas aos reguladores não ocorrem de maneira independente, sendo influenciadas pelo equilíbrio e pela interação entre diferentes hormônios. Dessa maneira, a combinação entre giberelina e citocinina pode apresentar potencial para modificar o crescimento das plântulas, embora seus efeitos dependam das concentrações utilizadas e das condições fisiológicas do material vegetal (Weiss; Ori, 2007).

A produção de massa verde e massa seca constitui uma importante ferramenta para avaliar o crescimento e o vigor das plântulas, permitindo verificar o acúmulo de biomassa nos diferentes órgãos vegetais. Em mamoeiro, o tratamento das sementes com GA_3 já demonstrou influência positiva sobre características de crescimento e sobre o acúmulo de massa fresca e seca de folhas e caule, indicando que o regulador pode contribuir para o desenvolvimento inicial das plantas (Meena; Jain, 2012).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina misturado à citocinina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por

72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule, que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina misturada com citocinina apresentou efeito positivo no crescimento das plântulas.

Na avaliação da massa verde das folhas, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca das folhas, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estaticamente.

Quando avaliamos a massa verde e seca do caule, observamos que os tratamentos GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa verde e seca das raízes, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Giberelina e Citocinina na produção de massa em plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Água pura	0,175 c	0,040 d	0,266 d	0,059 c	0,590 c	0,090 b
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	0,396 a	0,096 a	0,493 a	0,093 a	1,432 a	0,199 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	0,387 a	0,081 b	0,503 a	0,089 a	1,202 b	0,171 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	0,251 b	0,058 c	0,329 c	0,061 c	0,649 c	0,081 b
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	0,370 a	0,079 b	0,456 b	0,071 b	0,760 c	0,102 b
CV (%)	47,62	38,12	33,58	32,59	39,14	39,59

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; MVF = massa verde das folhas (g.pl^{-1}); MSF = massa seca das folhas (g.pl^{-1}); MVC = massa verde do caule (g.pl^{-1}); MSC = massa seca do caule (g.pl^{-1}); MVR = massa verde da raiz (g.pl^{-1}); MSR = massa seca da raiz (g.pl^{-1});

A giberelina e a citocinina são reguladores vegetais que atuam de forma integrada no crescimento e desenvolvimento das plantas. Enquanto as giberelinas estão relacionadas principalmente ao alongamento celular e ao crescimento dos órgãos vegetais, as citocininas participam da divisão celular e da formação de

novos tecidos. A interação entre esses hormônios pode influenciar o desenvolvimento e o acúmulo de biomassa das plantas, sendo que as respostas dependem das concentrações utilizadas e do equilíbrio hormonal existente nos tecidos vegetais (Taiz *et al*., 2017).

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, sendo que a dosagem de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

FURUTANI, S.C.; NAGAO, M.A. Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 1-2, p. 67-72, 1987.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

KUDO, T.; KINOSHITA-TSUJIMURA, K.; KIMURA, M. Cytokinin signaling in Arabidopsis: a contribution of histidine phosphotransfer proteins to the cytokinin receptor pathway. **Plant Cell Physiology**, v. 51, 2010.

LOPES, A.W.P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro**. Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

MEENA, R.R.; JAIN, M.C. Effect of seed treatment with gibberellic acid on growth parameters of papaya seedlings (*Carica papaya* L.). **Progressive Horticulture**, v. 44, n. 2, p. 248-250, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WEISS, D.; ORI, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 1240-1246, 2007.

GIBERELINA E CITOCININA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Camila Marinho Oliveira[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Brenda Cavalcante Ferreira[1], José Carlos Souza Vieira[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *marinhoomila8@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera pertencente à família Caricaceae amplamente cultivada no mundo, sendo considerada planta precoce uma vez que, dependendo do manejo, cerca de três a quatro meses após o plantio pode iniciar o florescimento e frutificação. Embora possa atingir 8 metros de altura, a planta dispõe de uma arquitetura de porte médio e caule semi-herbáceo, semi-perene, de tronco tenro e folhas digitilobadas, com nervuras amarelas e sustentadas por longos pecíolos (Souza, 2025). A propagação comercial da cultura é realizada prioritariamente via sementes, tornando a qualidade física, fisiológica e sanitária dos lotes um fator determinante para a obtenção de mudas vigorosas no momento da implantação no campo (Aroucha, 2004).

O Espírito Santo ocupa posição de destaque na cadeia produtiva do mamão no Brasil, sendo considerado o maior produtor e exportador nacional da fruta. Em 2022, o estado produziu aproximadamente 426 mil toneladas de mamão, correspondendo a mais de 38,5% da produção brasileira, além de exportar a fruta para 37 países em 2023. A produção está concentrada principalmente nas regiões Norte e Noroeste do estado, onde as condições edafoclimáticas favorecem o desenvolvimento da cultura. Além disso, parte significativa dos estabelecimentos produtores é composta pela agricultura familiar, evidenciando a importância da atividade não apenas econômica, mas também social para o território capixaba (Incaper, 2024).

Quando as sementes são submetidas a um armazenamento prolongado por dois anos, as sementes sofrem processos de deterioração fisiológica e perda de vigor, o que resulta em baixa taxa de germinação e acentuada desuniformidade no tempo de emergência das plântulas no viveiro (Aroucha, 2004). As giberelinas (como o GA_3) desempenham papel essencial na promoção da germinação, ativando a transcrição da enzima alpha-amilase para a mobilização de reservas e promovendo o alongamento celular do eixo embrionário (Lopes, 2008). E de maneira complementar, as citocininas atuam estimulando a divisão celular (mitose) nos tecidos meristemáticos e contrapõem-se aos efeitos de inibidores do crescimento acumulados durante o envelhecimento da semente (Souza, 2008).

O estudo do efeito combinado de giberelina e citocinina justifica-se por buscar mitigar as perdas de

vigor provocadas pelo envelhecimento prolongado, promovendo maior porcentagem e velocidade de emergência de plântulas, reduzindo os custos no viveiro e permitindo o aproveitamento sustentável de lotes de sementes de alto valor genético.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução giberelina nas doses GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número defolhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina não teve efeito positivo no crescimento de plântulas.

Na avaliação do número de folhas, não foi observado diferença estatística entre os tratamentos.

Na avaliação da altura das plântulas, a giberelina nas doses de 1.000 mg.L^{-1} e 2.000 mg.L^{-1} e o tratamento testemunha foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si.

Na avaliação do diâmetro do coleto, o tratamento sem giberelina, apresentou o melhor resultado, superior estatisticamente aos outros tratamentos.

No comprimento da raiz, os tratamentos a dose de giberelina de 1.000 mg.L^{-1} e 3.000 mg.L^{-1} e o tratamento testemunha foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si.

Tabela 1 - Giberelina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	NF	AP	DC	CR
H_2O pura	4,0 a	7,0 a	2,56 a	13,8 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}	4,0 a	6,8 a	1,90 b	14,1 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1}	4,0 a	6,8 a	1,86 b	13,2 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1}	3,8 a	6,4 b	1,58 c	14,2 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1}	3,8 a	6,4 b	1,85 b	13,1 b
CV (%)	8,43	3,91	14,38	6,04

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. AP= altura da planta (cm); NF= número de folhas; DC= diâmetro do coleto (mm); CR= comprimento da raiz (cm); CV= coeficiente de variação.

Paixão (2023) cita que as sementes para germinar precisam de um promotor da germinação, sendo que na ausência dele, a semente não germina. Os resultados sugerem que sementes da cv. Golden com dois anos de armazenadas não possuem vigor suficiente para a giberelina estimular a germinação e melhorar o crescimento das plântulas, mostrando ser ineficiente o uso deste fitormônio nestas sementes, ou mesmo que estas sementes não possuem mais este hormônio.

CONCLUSÃO

A giberelina não apresentou resultados positivos para o crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo dispensado o uso deste fitormônio nessas condições, para essa cultivar.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AROUCHA, E.M.M. **Influência do estádio de maturação, da época de colheita e repouso dos frutos e do osmocondicionamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.).** 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2004.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Informações sobre a produção e exportação de mamão no Espírito Santo**. 2024.

LOPES, H.M.; SOUZA, C.M**.** Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa: IFES, 2023. 230 p.

SOUZA, I.M.D. **Comportamento agronômico de mamoeiro 'Golden THB'sob aplicação de protetor solar**. 2025. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/items/93076720-a7bf-4816-bcd6-707ac4a7169c. Acesso em: 10 set. 2026.

GIBERELINA E CITOCININA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. CALIMOSA COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Samira Martins Ohnesorge[1]*, Maria Clara Rodrigues Sardenberg de Almeida[1], Isabellie Geremias Colli[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Guilhermy Kaio Goronci Guaitolini[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *samiraohnesorgeif2019@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se como uma das fruteiras tropicais de maior relevância socioeconômica no Brasil. A cultura desempenha um papel social estratégico por apresentar produção contínua ao longo do ano, gerando empregos, demandando mão de obra constante e exigindo a renovação periódica dos pomares. No sistema produtivo comercial, a propagação por via seminal (sementes) constitui o método predominantemente empregado para a formação de mudas (Al-Shara; Taha; Rashid, 2018). Nesse contexto, a obtenção de plântulas com elevado vigor inicial representa um pré-requisito indispensável para garantir o estabelecimento uniforme da lavoura e a expressão do máximo potencial genotípico das plantas.

Dentre os genótipos explorados comercialmente, sobressai-se a cultivar Calimosa, desenvolvida pela parceria entre a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e a Caliman Agrícola S.A. Trata-se do primeiro híbrido comercial brasileiro obtido do cruzamento entre genótipos dos grupos Formosa e Solo, produzindo frutos do tipo Formosa com polpa avermelhada e firme, de boa aceitação no mercado (Faria *et al*., 2009). Contudo, o planejamento da produção e o suprimento contínuo de mudas de qualidade enfrentam entraves fisiológicos associados ao material propagativo.

As sementes de mamoeiro apresentam naturalmente limitações germinativas caracterizadas por emergência lenta, desuniforme e ocorrência de dormência pós-colheita, associada à presença da sarcotesta e de inibidores endógenos (Tokuhisa *et al*., 2007, 2009; Paixão *et al*., 2023). Essa problemática é agravada durante o armazenamento prolongado, no qual o envelhecimento e a deterioração das sementes reduzem a viabilidade e o vigor do lote (Jesus *et al*., 2023).

Para superar esses bloqueios germinativos e mitigar os efeitos do envelhecimento seminal, o tratamento pré-germinativo com reguladores de crescimento vegetais tem se mostrado eficiente (José *et al*., 2019). A giberelina (GA_3) atua como promotor chave ao induzir a síntese de enzimas hidrolíticas (como a-amilase), que degradam o endosperma e mobilizam reservas para o alongamento do eixo embrionário (Taiz; *et al*., 2017; Paixão, 2023). De forma complementar, a citocinina atua em sinergismo com a giberelina na superação do bloqueio germinativo, neutralizando substâncias inibidoras e estimulando a divisão e a

diferenciação celular (Khan, 1971; Bewley, 1978; Crozier *et al*., 2001). A ação combinada desses fitormônios favorece a retomada do desenvolvimento embrionário e o acúmulo de biomassa na plântula.

Diante da necessidade de restabelecer o potencial fisiológico de lotes armazenados por longos períodos, torna-se relevante avaliar a resposta morfofisiológica dessa cultivar a bioestimulantes hormonais.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina misturado à citocinina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Calimosa, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

As sementes foram armazenadas por dois anos e após este tempo, submetidas aos tratamentos compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule, que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina apresentou efeito positivo na produção de massa das plântulas.

Na avaliação da massa verde e massa seca das folhas, os tratamentos com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si.

O mesmo pode ser observado para a avaliação da massa verde e seca do caule, onde tratamento GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ apresentou superioridade estatística em relação aos outros tratamentos.

Para a avaliação da massa verde e seca das raízes, o tratamento GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, mostrando a predominância do efeito da mistura giberelina e citocinina para a produção de massa verde e seca das plântulas.

Tabela 1 – Giberelina e Citocinina na produção de massa em plântulas de mamão cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Água pura	0,086 c	0,021 c	0,083 e	0,012 d	0,060 c	0,015 c
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$	0,790 d	0,015 d	0,095 d	0,010 e	0,087 b	0,017 b
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$	0,098 b	0,026 b	0,108 c	0,014 c	0,091 b	0,024 b
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$	0,093 b	0,022 c	0,133 b	0,017 b	0,058 c	0,019 b
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$	0,128 a	0,031 a	0,157 a	0,021 a	0,231 a	0,097 a
CV (%)	35,37	2,51	43,94	3,87	30,86	24,78

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$).

CONCLUSÃO

A giberelina misturada a citocinina apresentou resultados positivos para produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos, sendo a dosagem de GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ a que apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

AL-SHARA, A.; TAHA, A.; RASHID, M. apud DIAS, M. A. C. *et al*. Uso de indutores de resistência e os reflexos nos atributos fisiológicos em mudas de mamoeiro. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 9., 2024, Linhares. **Anais…** Linhares: Incaper, 2024. p. 239-243.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055-1066, 1997.

CROZIER, A.; KAMIYA, K.; BISHOP, G.E.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (ed.). **Biochemistry & Molecular of Plants. Rockville**: american society of plant physiologist**s**, 2001. p. 850-929.

FARIA, A.R.N.; NORONHA, A.C.S.; OLIVEIRA, A.A.R.; OLIVEIRA, A.M.G.; CARDOSO, C.E.L.; RITZINGER, C.H.S.P.; OLIVEIRA, E.J.; COELHO, E.F.; SANTOS FILHO, H.P.; CRUZ, J.L.; OLIVEIRA, J.R.P.; DANTAS, J.L.L.; SOUZA, L.D.; OLIVEIRA, M.A.; COELHO FILHO, M.A.; SANCHES, N.F.; MEISSNER FILHO, P.E.; MEDINA, V.M.; CORDEIRO, Z.J.M. **A cultura do mamão**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 112 p. (Coleção Plantar, 60).

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa**. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

JESUS, J.M.; SCHAFFER, M.L.; BARATELA, G.B.; CREMONINI, G.M.; PAIXÃO, M.V.S. Potencial de emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança e cv. Golden com a utilização de sementes com um ano. **Revista Foco**, v. 16, n. 2, p. e1217, p. 1-12, 2023.

KUHLCAMP, K.T.; DOUSSEAU-ARANTES, S.; SANTANA, E.N.; MORAIS, L.G. Uso de indutores de resistência e os reflexos nos atributos fisiológicos em mudas de mamoeiro. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 9., 2024, Linhares. **Anais**... Linhares: Incaper, Cedagro e Brapex, 2024. p. 239-243.

KHAN, A.A. Cytokinins: permissive agents in seed germination. **Science,** v. 171, n. 3973, p. 853-859, 1971.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3. ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; BORSOI NETO, A.C.; MOTA, L.A.; SINFRÔNIO, L.L.; GUIMARÃES, A.M.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança. Contemporânea – **Revista de Ética e Filosofia Política**, v. 3, n. 6, p. 6415-6424, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A**. Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

TOKUHISA, D.; SEDIYAMA, C.A.Z.; HILST, P.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 137-143, 2009.

GIBERELINA E CITOCININA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Antônio Resende Fernandes[1]*, Brenda Cavalcante Ferreira[1], Virginia Campos de Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Otávio Bullerjhann Sperandio[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *aresendefernandes@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os grandes produtores de mamão do mundo, sendo que os estados da Bahia e do Espírito Santo concentram a maior parte da produção brasileira.

Em sementes de mamão é comum observarmos dormência pós-colheita dificultando a propagação sexuada (Viggiano *et al*., 2000), e para diminuir essa dormência, utilizamos métodos para superar a dormência destas sementes, com destaque para o uso de reguladores de crescimento (Tokuhisa *et al.*, 2007).

O Brasil está entre os grandes produtores de mamão do mundo, sendo que os estados da Bahia e do Espírito Santo concentram a maior parte da produção brasileira.

Em sementes de mamão é comum observarmos dormência pós-colheita dificultando a propagação sexuada (Viggiano *et al*., 2000), e para diminuir essa dormência, utilizamos métodos para superar a dormência destas sementes, com destaque para o uso de reguladores de crescimento (Tokuhisa *et al*., 2007).

Substâncias inibidoras têm papel altamente relevante no processo de germinação das sementes. Gherardi e Valio (1976) e Manica (1982) afirmam que as substâncias inibidoras de crescimento podem estar presentes tanto na sarcotesta quanto na esclerotesta. Embora tais substâncias inibidoras não sejam totalmente identificadas pelos pesquisadores, atribui-se a elas a regulação da germinação.

A giberelina, tem efeitos na indução da germinação de sementes, promoção do alongamento do hipocótilo e do caule (Peng; Harberd, 2000; Richards *et al*., 2001). A ação da giberelina está relacionada à síntese de enzimas envolvidas no enfraquecimento dos tegumentos, como endo-β-mananase, sendo expansivas e de enzimas hidrolíticas de reserva nutritiva contida no endosperma, como α-amilase (Paixão, 2023). Esses eventos estão relacionados ao alongamento embrionário e à protrusão da radícula (Bewley; Black, 1994), permitindo a quebra do amido e consequente liberação de energia e posteriormente a retomada do crescimento do embrião, gerando em seguida a protusão da radícula (Ferreira *et al*., 2005).

Citocinina também pode ser utilizada no processo de quebra de dormência, pois esse fitormônio irá induzir a divisão celular e a produção de novos tecidos, além de atuar com sinergismo junto a giberelina equilibrando o crescimento e o desenvolvimento da plântula, além de promover o crescimento das raízes

(Crozier *et al*., 2001; Taiz; Zeiger, 2013).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina associada a citocinina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$, e água pura como testemunha, sendo as sementes imersas por uma hora.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65°C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina misturado com citocinina não teve efeito positivo de uma forma geral, na produção de massa verde e seca de plântulas.

Na avaliação da massa verde das folhas, o tratamento com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca das folhas, o mesmo foi observado com o tratamento com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + com Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Para massa verde do caule, o tratamento testemunha com água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, o mesmo podendo ser observado para massa seca do caule, com o tratamento testemunha com água pura superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na massa verde das raízes, o tratamento com GA_3 4.000 mg.L^{-1} + com Citocinina 40 mg.L^{-1} e o tratamento testemunha com água foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, o mesmo observado para massa seca das raízes, a giberelina nas doses 4.000 mg.L^{-1} + com Citocinina 40 mg.L^{-1} e o tratamento testemunha com água foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos sem diferença entre si (Tabela 1).

De acordo com os resultados apresentados, a giberelina + citocinina, de uma forma geral, não teve ação positiva para a produção de massa da parte aérea e das raízes das plântulas.

Tabela 1 - Giberelina e citocinina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_2O	0,052 c	0,004 c	0,144 a	0,016 a	0,141 a	0,049 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}+ Cit 10 mg.L^{-1}	0,062 a	0,009 a	0,122 b	0,011 b	0,019 e	0,002 d
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Cit 20 mg.L^{-1}	0,059 b	0,003 c	0,099 d	0,008 c	0,063 c	0,012 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1}+ Cit 30 mg.L^{-1}	0,044 d	0,007 b	0,101 c	0,008 c	0,086 b	0,008 c
GA_3 4.000 mg.L^{-1}+ Cit 40 mg.L^{-1}	0,038 e	0,004 c	0,109 c	0,008 c	0,137 a	0,049 a
CV (%)	11,38	12,32	11,47	11,19	12,44	11,67

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. MVF= massa verde das folhas (g.pl^{-1}); MVC= massa verde do caule (g.pl^{-1}); MVR= massa verde das raízes (g.pl^{-1}); MSF= massa seca das folhas (g.pl^{-1}); MSC= massa seca do caule (g.pl^{-1}); MSR= massa seca das raízes (g.pl^{-1}).

CONCLUSÃO

A giberelina associada com citocinina com sementes de dois anos armazenadas, imersas por uma hora, não apresentou resultados satisfatórios para a produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, onde a água pura apresentou de forma geral o melhor resultado.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

CROZIER, A.; KAMIYA, K.; BISHOP, G.E.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.E.; RUSSEL, L.J. (eds.). **Biochemistry & molecular bio-logy of plants**. New York, USA, 2001. p. 850-929.

FERREIRA, G.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, J.D.; DIAS, G.B.; DETONI, A.M.; TESSER, S.M.; ANTUNES, A.M. Efeito de arilo na germinação de sementes de *Passiflora alata* Curtis em diferentes substratos e submetidas a tratamentos com giberelina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 277-280. 2005.

GHERARDI, E.; VALIO, I.F.M. Ocurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 51, n. 1, p. 1-4, 1976.

MANICA, I. **Fruticultura Tropical 3**: mamão. São Paulo: Ceres, 1982.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.S.V. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PENG, J.; HARBERD, N.P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. **Current Opinion in Plant Biology**, n. 5, p. 376-381, 2000.

RICHARDS, D.E.; KING, K.E.; AIT-ALI, T.; HARBERD, N.P. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 52, p. 67-88, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 722 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

VIGGIANO, J.R.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D. Ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Sementes On line,** v. 1, n. 1, p. 6-10, 2000.

GIBERELINA E PULVERIZAÇÃO DE CITOCININA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Virginia Campos de Oliveira[1]*, Brenda Cavalcante Ferreira[1], Antônio Resende Fernandes[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Isaque Barbosa Francisco[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *virginiacamposdol@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro é classificado como pertencente à classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero *Carica*. Dentre as espécies que compõem este gênero, a *Carica papaya* L. é a única que apresenta relevância e reconhecimento comercial (Costa; Pacova, 2003).

O mamoeiro (*C. papaya*) é uma frutífera tropical de expressiva relevância socioeconômica para o Brasil, destacando-se o país entre os principais produtores e exportadores mundiais da fruta (Faostat, 2023).

Considerando a relevância da formação de mudas vigorosas e com crescimento inicial satisfatório, diversos estudos têm se dedicado ao aperfeiçoamento das práticas de manejo do mamoeiro durante a fase de viveiro. Nesse sentido, a aplicação de reguladores de crescimento, especialmente as citocininas, tem recebido atenção devido à sua participação na divisão e no alongamento celular, podendo contribuir para o desenvolvimento vegetativo e para o incremento da biomassa das plantas (Paixão, 2023).

A giberelina, por sua vez, destaca-se por atuar na superação da dormência das sementes, favorecendo o processo germinativo. Além disso, esse regulador vegetal estimula o alongamento celular e contribui para o desenvolvimento e a penetração das raízes no solo, aspectos fundamentais para o estabelecimento e o bom desempenho da cultura do mamoeiro (Ferreira; Andrade, 2020).

Apesar de ainda apresentar um menor número de estudos, a citocinina desempenha importante função na germinação e nas etapas iniciais do desenvolvimento vegetal. Sua atuação está relacionada à indução da divisão celular e a formação e diferenciação dos tecidos, favorecendo o crescimento tanto do sistema radicular quanto da parte aérea das plântulas (Pereira *et al*., 2018).

Diante disso, torna-se relevante avaliar os efeitos da aplicação de giberelina e da pulverização de citocinina sobre a produção de massa e o desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro (*C. papaya*) cv. Golden, provenientes de sementes armazenadas por dois anos, buscando verificar a influência desses reguladores vegetais no estabelecimento e crescimento das plântulas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, após pulverização com citocinina, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização da solução de citocinina, de sete em sete dias em metade das plântulas emergidas nas doses de 10 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$, 20 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$, 30 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$, 40 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina pulverizado com citocinina teve efeito positivo na produção de massa verde e seca de plântulas.

Na avaliação da massa verde das folhas, o tratamento com GA_3 3.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 30 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca das folhas, o mesmo foi observado com o tratamento com GA_3 3.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 30 mg.L^{-1} sendo superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Para massa verde do caule, o tratamento com GA_3 4.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 40 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, o mesmo podendo ser observado para massa seca do caule, com o tratamento com GA_3 4.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 40 mg.L^{-1} superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na massa verde das raízes, o tratamento com GA_3 2.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 20 mg.L^{-1} e o tratamento com giberelina na dose de 3.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 30 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, porém para massa seca das raízes, a giberelina nas doses de 2.000 mg.L^{-1}**,** 3.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 30 mg.L^{-1} e de 4.000 mg.L^{-1} pulverizada com Citocinina 40 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos sem diferença entre si.

De acordo com os resultados apresentados, a giberelina + citocinina teve ação positiva para a produção de massa da parte aérea e das raízes das plântulas.

Tabela 1- Giberelina na produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizada com citocinina, produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_2O pura	0,052 b	0,004 d	0,144 c	0,016 d	0,141 d	0,049 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1}+ Pulverizada Cit. 10 mg.L^{-1}	0,043 d	0,007 c	0,111 d	0,010 e	0,088 e	0,013 b
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Pulverizada Cit. 20 mg.L^{-1}	0,147 c	0,024 b	0,226 b	0,027 c	0,558 a	0,050 a
GA_3 3.000 mg.L^{-1}+ Pulverizada Cit. 30 mg.L^{-1}	0,263 a	0,029 a	0,228 b	0,038 b	0,547 a	0,048 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1}+ Pulverizada Cit. 40 mg.L^{-1}	0,152 b	0,025 b	0,282 a	0,097 a	0,401 c	0,050 a
CV (%)	12,11	8,31	11,52	13,23	14,11	14,12

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. MVF= massa verde das folhas (g.pl^{-1}); MVC= massa verde do caule (g.pl^{-1}); MVR= massa verde das raízes (g.pl^{-1}); MSF= massa seca das folhas (g.pl^{-1}); MSC= massa seca do caule (g.pl^{-1}); MSR= massa seca das raízes (g.pl^{-1}); CV= coeficiente de variação.

CONCLUSÃO

A giberelina pulverizada com citocinina apresentou resultados positivos para a produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que a GA_3 3.000 mg.L^{-1}+ Pulverizada Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentou os melhores resultados sugerindo que estas

sementes com dois anos respondem a este fitormônio quando pulverizada com citocinina.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

COSTA, A.F.S.; PACOVA, B.E.V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (eds.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 59-102.

FAOSTAT. **Papaya Production in Brazil:** Regional analysis and market dynamics**.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023.

FERREIRA, C.; ANDRADE, T. Efeitos da giberelina na germinação de sementes de mamão. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 35, n. 3, p. 213-220. 2020.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PEREIRA, L.; MONTEIRO, D.; NUNES, R. Ação das citocininas na germinação e crescimento de plântulas. **Plant Cell Reports**, v. 37, n. 7, p. 1025-1035. 2018.

CITOCININA PULVERIZADA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Giuliana dos Santos Sperandio[1]*, Jocimara de Oliveira Costa[1], Beatriz Auer Margon[1], Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *giuliana.sperandio@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie frutífera de importância econômica, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. A cultura apresenta crescimento relativamente rápido e elevada exigência quanto à qualidade das mudas utilizadas no estabelecimento dos pomares. Nesse sentido, a produção de mudas vigorosas e uniformes constitui uma etapa importante para o estabelecimento adequado das plantas, sendo influenciada pelas condições de germinação e pelo manejo realizado durante os estádios iniciais de desenvolvimento (Dantas; Oliveira, 2009).

A propagação do mamoeiro é realizada predominantemente por sementes, e a qualidade fisiológica dessas sementes está diretamente relacionada à obtenção de plântulas com bom desenvolvimento inicial. A utilização de reguladores vegetais pode ser uma alternativa para favorecer processos relacionados à germinação e ao crescimento das plantas. Entre esses reguladores, destaca-se o ácido giberélico (GA_3), uma giberelina que participa de processos como germinação, alongamento celular e crescimento dos tecidos vegetais, podendo influenciar características morfológicas de plântulas de mamoeiro (Lopes *et al*., 2009).

As giberelinas apresentam importante função na regulação do crescimento vegetal, principalmente por promoverem o alongamento e a expansão celular. No mamoeiro, a aplicação de ácido giberélico pode interferir positivamente em características relacionadas ao crescimento das plântulas, como altura, número de folhas e produção de biomassa, embora a resposta possa variar de acordo com a concentração utilizada e as condições de desenvolvimento das plantas (Meena; Jain, 2012).

As citocininas também exercem papel fundamental no crescimento e desenvolvimento vegetal, estando principalmente relacionadas à divisão celular, à formação de tecidos e à regulação do desenvolvimento da parte aérea. Além disso, esses reguladores podem influenciar a formação e expansão de folhas, contribuindo para o desenvolvimento da planta. A aplicação exógena de citocininas pode, portanto, modificar o padrão de crescimento das plantas, dependendo da concentração empregada, do estádio de desenvolvimento e da interação com outros hormônios vegetais (Taiz *et al*., 2017).

A ação conjunta entre giberelinas e citocininas é importante para o desenvolvimento vegetal, uma vez

que os fitormônios atuam de maneira integrada na regulação de processos fisiológicos e morfológicos. Enquanto as giberelinas estão fortemente relacionadas ao alongamento e à expansão celular, as citocininas apresentam papel relevante na divisão celular e no desenvolvimento da parte aérea. Dessa forma, o equilíbrio entre esses reguladores pode interferir no crescimento das plântulas e em características como altura, número de folhas, diâmetro do caule e desenvolvimento radicular (Weiss; Ori, 2007).

A aplicação de reguladores vegetais em diferentes etapas da produção de mudas pode ser uma estratégia para estimular o crescimento inicial e melhorar a qualidade das plantas. Entretanto, os efeitos dos reguladores dependem das doses utilizadas e da forma de aplicação, sendo necessária a avaliação das respostas das plantas para determinar combinações que proporcionem maior desenvolvimento. Em mamoeiro, estudos com ácido giberélico demonstram que diferentes concentrações podem produzir respostas distintas durante a germinação e o crescimento inicial, reforçando a necessidade de determinar doses adequadas para cada condição de produção (Furutani; Nagao, 1987).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização de citocinina em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, com sementes submetidas à giberelina misturado à citocinina no crescimento das plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}, GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização de uma solução de citocinina de sete em sete dias, em quatro aplicações, sendo a dosagem equivalente à dosagem de imersão, da seguinte forma: 10 mg.L^{-1} para as sementes imersas em solução contendo GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10

mg.L^{-1}, 20 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, 30 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} e 40 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número defolhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina misturado com citocinina com citocinina pulverizada apresentou efeito positivo no crescimento das plântulas.

Na avaliação do número de folhas, o tratamento GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da altura da plântula o tratamento GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} foi superior estaticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, o tratamento com GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Na avaliação do comprimento da raiz, os tratamentos apresentaram diferença estatística entre si com os tratamentos água pura.

Tabela 1 – Giberelina e Citocinina com pulverização de citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamento	NF	AP	DC	CR
Água pura	4,31 b	7,1 b	2,76 c	16,07 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	6,67 a	10,0 a	4,15 a	15,97 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	6,75 a	10,1 a	4,38 a	14,73 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	6,68 a	9,1 a	3,46 b	15,84 a
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	6,81 a	8,9 a	4,33 a	13,86 c
CV (%)	19,7	13,4	23,6	13,31

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

A giberelina e a citocinina participam de diferentes processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal e apresentam interação entre suas vias de ação. A resposta das plantas à aplicação desses reguladores depende do equilíbrio entre os hormônios, podendo influenciar processos como alongamento e diferenciação celular, crescimento da parte aérea e desenvolvimento das raízes (Weiss; Ori, 2007).

CONCLUSÃO

A citocinina pulverizada apresentou resultados positivos para crescimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, sendo que as sementes imersas na dosagem de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ e pulverizadas com Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, D.A. Produção e qualidade de mudas de mamoeiro. In: DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, D.A. **Mamão**: produção e aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

FURUTANI, S.C.; NAGAO, M.A. Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 1-2, p. 67-72, 1987.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, A.W.P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

MEENA, R.R.; JAIN, M.C. Effect of seed treatment with gibberellic acid on growth parameters of papaya seedlings (*Carica papaya* L.). **Progressive Horticulture**, v. 44, n. 2, p. 248-250, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WEISS, D.; ORI, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 1240-1246, 2007.

CITOCININA PULVERIZADA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA MEXICANO R2M

Victoria Huver Moschen[1]*, Yasmin Teixeira Braggio de Souza[1], Letícia Vitória de Oliveira Cunha[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Otávio Bullerjhann Sperandio[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *victoriahmoschen@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é propagado predominantemente por sementes, e a obtenção de plântulas vigorosas e uniformes constitui uma etapa essencial para a formação de mudas de qualidade. Entretanto, a germinação das sementes pode ser limitada por mecanismos de dormência e pela presença de estruturas e substâncias associadas à semente. Em estudo clássico, Gherardi e Valio (1976) identificaram, nos arilos de sementes de mamão, substâncias com atividade semelhante à de giberelinas e citocininas, além de compostos inibidores, evidenciando que a germinação dessa espécie é regulada por um equilíbrio fisiológico complexo. Posteriormente, Tokuhisa *et al.* (2007) demonstraram que tratamentos com ácido giberélico (GA_3) podem contribuir para a superação da dormência em sementes de mamão do grupo Formosa, reforçando a importância dos reguladores vegetais na fase inicial da propagação.

As giberelinas constituem um grupo de hormônios vegetais relacionado à germinação, ao alongamento celular e ao crescimento de caules e folhas. Durante a germinação, esses reguladores participam da ativação de processos metabólicos que favorecem a mobilização das reservas necessárias ao crescimento do embrião, enquanto, após a emergência, podem estimular o alongamento dos tecidos vegetais (Taiz *et al.*, 2017). Em mamoeiro, a resposta ao GA_3 tem sido estudada em diferentes materiais genéticos. Favarato *et al.* (2023), trabalhando com a cultivar Formosa Mel, verificaram efeito positivo da giberelina sobre a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas. Resultados favoráveis também foram relatados para as cultivares Golden e Aliança, embora as respostas tenham variado de acordo com a cultivar e a concentração utilizada (Savacini *et al.*, 2023; Paixão *et al.*, 2023).

As citocininas, por sua vez, estão associadas principalmente à divisão celular, à diferenciação de tecidos, à formação e manutenção da parte aérea e à regulação de diferentes etapas do desenvolvimento vegetal. Sua ação ocorre em interação com outros hormônios, e a resposta fisiológica depende da concentração, do tecido, do estádio de desenvolvimento e do balanço hormonal existente na planta (Taiz *et al.*, 2017). A presença de substâncias semelhantes a citocininas em estruturas da semente de mamão, observada por Gherardi e Valio (1976), indica que esse grupo hormonal também participa da regulação fisiológica da espécie, justificando

estudos com aplicação exógena durante a emergência e o crescimento inicial.

Nos últimos anos, experimentos realizados com mamoeiro têm buscado avaliar de maneira conjunta os efeitos da giberelina e da citocinina. Lopes *et al.* (2025) estudaram esses reguladores na emergência de plântulas das cultivares Aliança, Formosa e Taiwan provenientes de sementes armazenadas por dois anos, demonstrando que a resposta ao tratamento varia entre os materiais genéticos. Em sementes da cultivar THB armazenadas por um ano, Deorce *et al.* (2025) verificaram efeito positivo do ácido giberélico sobre a emergência, o desenvolvimento e a produção de massa das plântulas. Esse resultado mostra que a giberelina e citocinina podem atuar em diferentes etapas do estabelecimento das plântulas. Enquanto a giberelina apresenta papel relevante na superação de limitações à germinação e no alongamento dos tecidos, a citocinina está diretamente relacionada à divisão e à diferenciação celular. A interação entre esses reguladores torna-se, portanto, um aspecto importante a ser considerado na produção de mudas, uma vez que respostas favoráveis observadas em determinada cultivar não podem ser automaticamente extrapoladas para outros genótipos (Lopes *et al.*, 2025; Deorce *et al.*, 2025; Carlini *et al.*, 2025).

Estudos específicos com o mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2M são importantes para determinar a resposta desse material aos reguladores vegetais. Assim, torna-se relevante avaliar o efeito da giberelina e da citocinina na emergência e no desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2M, buscando identificar possíveis respostas sobre o estabelecimento e o crescimento das plantas durante a fase de formação das mudas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização de citocinina no crescimento das plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2M, com sementes submetidas à giberelina misturado à citocinina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa Mexicano R2M, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}, GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização de uma solução de citocinina de sete em sete dias, em quatro aplicações, sendo a dosagem equivalente à dosagem de imersão, da seguinte forma: 10 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, 20 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, 30 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} e 40 mg.L^{-1} par a as sementes imersas em solução contendo GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a citocinina pulverizada apresentou efeito positivo no crescimento das plântulas.

Na avaliação do número de folhas, todos os tratamentos com citocinina pulverizada, sempre melhorou o crescimento, superior estatisticamente aos tratamentos não pulverizados, sendo que a dosagem GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 10 mg.L^{-1} apresentou superioridade estatística sobre os outros tratamentos.

Na avaliação da altura da planta, o mesmo pode ser observado, com os tratamentos pulverizados sempre melhor que os não pulverizados, porém os tratamentos pulverizados não apresentaram diferença estatística entre si.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, também observamos que os tratamentos pulverizados são superiores aos não pulverizados, sendo os tratamentos com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si (Tabela 1).

Para comprimento da raiz, a pulverização só não foi efetiva no tratamento com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, sendo que os outros tratamentos com citocinina obtiveram resultados positivos estatisticamente.

A dosagem GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 40 mg.L^{-1} apresentou superioridade estatística sobre os outros tratamentos.

O tratamento com GA_3 + Citocinina com pulverização nas plantas com citocinina sempre apresentaram maior crescimento das plântulas, e o tratamento com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} pulverizado com Citocinina 10 mg.L^{-1} apresentou o melhor resultado.

Tabela 1 - Giberelina e Citocinina sem pulverização e com pulverização de citocinina no crescimento de plântulas de mamão cv. Formosa Mexicano R2M

Tratamento	NF	AP	DC	CR
Água pura	3,5 c	5,6 c	2,27 d	13,20 d
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	5,1 b	6,9 b	3,87 b	13,57 c
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 10 mg.L^{-1}	6,3 a	8,6 a	4,13 a	13,92 c
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	3,4 c	5,8 c	2,75 c	13,62 c
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 20 mg.L^{-1}	5,1 b	7,9 a	4,27 a	14,70 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	3,2 c	6,4 b	2,90 c	13,90 c
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 30 mg.L^{-1}	5,3 b	8,3 a	4,22 a	14,85 b
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	4,5 c	5,7 c	2,87 c	14,65 b
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} pulverizada com citocinina 40 mg.L^{-1}	5,1 b	8,1 a	3,69 b	15,50 a
CV (%)	28,91	17,84	23,90	14,21

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

CONCLUSÃO

O tratamento com GA_3 + Citocinina com pulverização nas plantas com citocinina atuou positivamente no crescimento das plântulas, sendo que o tratamento com GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} pulverizado com Citocinina 10 mg.L^{-1} apresentou o melhor resultado.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CARLINI, T.C.; KUHN, A.A.H.; SPINASSÉ, T.G.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina e citocinina na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 com sementes de um ano de armazenamento.

Revista Delos, v. 18, n. 65, e4315, 2025.

DEORCE, G.G.O.; CORREIA, P.H.; ÂNGELO, T.P.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R.; FARIA JÚNIOR, H.P. Giberelina e citocinina na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. THB com sementes de um ano de armazenamento. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, e4301, 2025.

FAVARATO, E.C.; CORREIA, P.H.; MARTINS, V.S.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mel. **Revista Foco**, v. 16, n. 2, e1214, p. 1-15, 2023.

GHERARDI, E.; VALIO, I.F.M. Occurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. **Journal of Horticultural Science**, v. 51, n. 1, p. 1-14, 1976.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, A.S.; DEORCE, G.G.O.; CORREIA, P.H.; GRIPPA, I.; PAIXÃO, M.V.S. Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança, Formosa e Taiwan com sementes armazenadas por dois anos. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, e4298, 2025.

PAIXÃO, M.V.S.; BORSOI NETO, A.C.; MOTA, L.A.; SINFRÔNIO, L.L.; GUIMARÃES, A.M.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 6, p. 6415-6424, 2023.

SAVACINI, T.S.; OLIVEIRA, V.C.; BORSOI NETO, A.C.; SANTOS, V.E.; PAIXÃO, M.V.S. Giberelina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Golden com sementes de diferentes idades. **Revista Foco**, v. 16, n. 2, e1215, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

CITOCININA PULVERIZADA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

José Carlos Souza Vieira[1]*, Brenda Cavalcante Ferreira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Isaque Barbosa Francisco[1], Virginia Campos de Oliveira[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *josesouzavieira18@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras tropicais de maior expressão econômica e social no Brasil, sendo cultivado tanto para o consumo *in natura* quanto para o abastecimento da agroindústria. A propagação da cultura é realizada preferencialmente por sementes, método vantajoso pela rapidez, pelo baixo custo e pela facilidade de execução, mas fortemente dependente da qualidade fisiológica do lote utilizado, sendo que o armazenamento prolongado de sementes pode reduzir seu vigor e viabilidade devido ao processo natural de deterioração, o que compromete a uniformidade, a emergência e o acúmulo de biomassa das plântulas na fase de viveiro (Taiz *et al*., 2017).

Durante o armazenamento, as sementes estão sujeitas a processos naturais de deterioração que se intensificam com o passar do tempo, comprometendo a germinação e o vigor das plântulas formadas. Sementes mantidas em armazenamento por períodos prolongados, como no caso de dois anos, tendem a apresentar redução na velocidade de emergência, no crescimento inicial e na uniformidade das mudas produzidas, o que pode limitar a formação de lotes homogêneos e de qualidade para o produtor (Paixão, 2023).

O uso de fitorreguladores é apontado como alternativa para atenuar os efeitos negativos do armazenamento prolongado sobre o desempenho das sementes. As citocininas atuam estimulando a divisão celular e retardando processos de senescência, podendo contribuir para a superação de fatores inibidores da germinação e para um crescimento inicial mais vigoroso das plântulas (Paixão, 2023). A pulverização exógena desse fitorregulador surge, assim, como técnica de manejo de baixo custo e fácil adoção, capaz de auxiliar na recuperação do potencial fisiológico de sementes com viabilidade reduzida pelo tempo de armazenamento.

Para melhorar o crescimento inicial, a aplicação de reguladores vegetais de forma externa tem sido muito utilizada na pesquisa agronômica moderna. O fitormônio mais estudado é a citocinina, que desempenha papel fundamental na regulação da divisão celular, na diferenciação de tecidos, na expansão de cotilédones e na mobilização de nutrientes para a parte aérea (Taiz *et al*., 2017; Daneluzzi, 2025). A aplicação externa em pulverização das folhas com citocinina, atua na quebra de dormência, estimulando a brotação lateral e favorece a síntese proteica e o acúmulo de biomassa verde e seca (Schmülling, 2004).

As citocininas, constituem um grupo importante de fitormônios, que também apresentam efeito

bloqueador de algum inibidor da germinação, ajudando no desenvolvimento da radícula e parte aérea (Kudo; Kinoshita-Tsujimura; Kimura, 2010).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da citocinina pulverizada no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução citocinina nas doses de Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização das soluções de citocinina citadas, de sete em sete dias.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com citocinina pulverizada na dosagem de 20 $mg.L^{-1}$ e 40 $mg.L^{-1}$ teve efeito positivo no crescimento de plântulas.

Na avaliação do número de folhas, Citocinina 20 mg.L^{-1} e citocinina 40 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Nas avaliações da altura das plântulas e comprimento da raiz, a dose de citocinina 20 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do diâmetro do coleto, os tratamentos com citocinina 20 mg.L^{-1} e não pulverizado, apresentaram o melhor resultado, superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Segundo Paixão (2023) para que ocorra a germinação, as sementes necessitam de condições fisiológicas favoráveis, envolvendo a atuação de promotores da germinação e a redução ou bloqueio de fatores inibidores. A citocinina, podendo contribuir para esse processo ao interferir nos mecanismos de ação de substâncias inibidoras, reduzindo seus efeitos e, consequentemente, favorecendo o aumento da germinação das sementes.

Tabela 1 - Crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizada com citocinina produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	NF	AP	DC	CR
H_2O pura	4,0 b	7,0 b	2,56 a	13,8 c
Citocinina 10 mg.L^{-1} Pulverizada	4,0 b	6,4 c	1,70 c	15,2 b
Citocinina 20 mg.L^{-1} Pulverizada	4,6 a	7,3 a	2,54 a	15,9 a
Citocinina 30 mg.L^{-1} Pulverizada	3,2 c	6,8 b	1,72 c	14,1 c
Citocinina 40 mg.L^{-1} Pulverizada	4,5 a	7,0 b	1,88 b	12,2 d
CV (%)	18,41	8,98	24,08	10,01

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. AP= altura da planta (cm); NF= número de folhas; DC= diâmetro do coleto (mm); CR= comprimento da raiz (cm); CV= coeficiente de variação.

CONCLUSÃO

A citocinina pulverizada apresentou resultados positivos para o crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de Citocinina 20 mg.L^{-1} pulverizada apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

DANELUZZI, G. **Citocininas:** descoberta, funções nas plantas e aplicações na agricultura. Agroadvance, 2025.

Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-citocinina/. Acesso em: ago. 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

KUDO, T.; KINOSHITA-TSUJIMURA, K.; KIMURA, M. Cytokinin signaling in Arabidopsis: a contribution of histidine phosphotransfer proteins to the cytokinin receptor pathway. **Plant Cell Physiology**, v. 51, 2010.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

SCHMÜLLING, T. Cytokinin biosynthesis and-signal transduction. **Annual Plant Reviews**, v. 14, p. 138-155, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A**. Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

CITOCININA PULVERIZADA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA COM DIFERENTES SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Luis Fernando Buldrine Boina[1]*, Mariana Barbosa Coelho[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Livia da Conceição Dias[1], Karen Gomes Fernandes[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *luisboina17@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera de grande importância para a agricultura, apresentando elevada relevância econômica e ampla adaptação às condições tropicais. A produção de mudas de qualidade constitui uma etapa fundamental para o estabelecimento de pomares produtivos, uma vez que o desenvolvimento adequado das plântulas está diretamente relacionado ao seu desempenho após o transplantio. Dessa forma, a utilização de técnicas que favoreçam o crescimento inicial das plantas pode contribuir para a obtenção de mudas mais vigorosas e com melhor capacidade de estabelecimento (Dias *et al*., 2023).

Os reguladores vegetais desempenham papel fundamental na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre eles, as citocininas estão relacionadas principalmente à divisão e expansão celular, à formação e desenvolvimento da parte aérea e à atividade dos tecidos meristemáticos. A aplicação exógena de citocinina pode interferir nos processos fisiológicos da planta, alterando características relacionadas ao crescimento, especialmente em tecidos jovens e em desenvolvimento (Schaller; Street; Kieber, 2014).

Além dos reguladores vegetais, as substâncias húmicas vêm sendo estudadas como importantes bioestimulantes do crescimento vegetal. Essas substâncias são componentes da matéria orgânica e podem atuar tanto de maneira indireta, favorecendo a disponibilidade e absorção de nutrientes, quanto diretamente sobre processos fisiológicos e metabólicos das plantas. Seus efeitos podem estar relacionados à atividade das membranas celulares, ao metabolismo, à fotossíntese e às vias de sinalização semelhantes às dos hormônios vegetais (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

No mamoeiro, a utilização de substâncias húmicas apresenta potencial para favorecer o desenvolvimento das mudas. Estudos com plântulas de *C. papaya* demonstraram que a aplicação de ácido húmico pode promover alterações positivas no crescimento, nas trocas gasosas e em características fisiológicas, evidenciando o potencial dessas substâncias como ferramentas para melhorar o desenvolvimento inicial da cultura (Dias *et al*., 2023).

A associação entre a aplicação de citocinina e diferentes fontes de substâncias húmicas pode apresentar

efeitos relevantes sobre o crescimento das plântulas, considerando que ambos podem atuar sobre processos relacionados ao desenvolvimento vegetal. Entretanto, a resposta das plantas pode variar conforme a fonte e a concentração da substância utilizada, bem como as condições de cultivo e o material genético empregado. Assim, a avaliação de diferentes substâncias húmicas associadas à aplicação de citocinina pode contribuir para identificar alternativas capazes de favorecer a formação de mudas de mamoeiro com características vegetativas superiores (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de pulverização de citocinina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança em diferentes substâncias húmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12" S / 40°35'28" W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas a seguir: nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização de uma solução de citocinina de sete em sete dias, na dosagem de 30 $mg.L^{-1}$.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número defolhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que as plântulas pulverizadas com citocinina tiveram

maior crescimento em algumas substâncias húmicas com bom crescimento de parte aérea e raízes das plântulas.

Na avaliação do número de folhas, o tratamento H_20 com citocinina foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da altura da plântula H_20 com citocinina, foi estatisticamente superior aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, o tratamento com Turfa com citocinina apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Para avaliação do comprimento da raiz, os tratamentos apresentaram diferença estatística entre si com os tratamentos Turfa com citocinina.

Tabela 1 - Citocinina no crescimento de plântulas de mamão cv. Aliança com diferentes substâncias húmicas

Tratamentos	NF	AP	DC	CR
H_20 com citocinina	5,05 a	6,210 a	1,445 b	12,765 b
Turfa com citocinina	4,95 a	6,190 a	1,540 a	13,190 a
Turfa com citocinina	4,40 b	6,185 a	1,550 a	10,150 d
Solo Húmico com citocinina	3,25 c	5,945 b	1,470 b	11,380 c
Ácido Húmico com citocinina	4,35 b	5,785 d	1,325 c	11,390 c
CV (%)	18,45	12,36	31,11	17,52

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

As substâncias húmicas também apresentam potencial para favorecer o desenvolvimento inicial do mamoeiro, podendo atuar sobre características relacionadas ao crescimento e à fisiologia das plantas. A aplicação de ácido húmico em mudas de mamoeiro pode promover respostas positivas no desenvolvimento vegetal, influenciando processos fisiológicos e contribuindo para maior vigor das plantas. Esses efeitos estão associados à capacidade das substâncias húmicas de estimular o crescimento radicular e a absorção de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das mudas (Dias *et al*., 2023).

CONCLUSÃO

A pulverização com citocinina nas plântulas de mamoeiro cv. Aliança, apresentou os melhores resultados para o produto Nutra, com maior crescimento de parte aérea e raiz.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE; J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F.; SOUSA NETO, O.N.; NASCIMENTO, A.K.S.; MEDEIROS, J.F.; GOMES, E.C. Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 352-358, 2023.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules**, v. 26, n. 8, p. 2256, 2021.

SCHALLER, G.E.; STREET, I.H.; KIEBER, J.J. Cytokinin and the cell cycle. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 21, p. 7-15, 2014.

GIBERELINA NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN PULVERIZADA COM CITOCININA PRODUZIDAS A PARTIR DE SEMENTES COM DOIS ANOS ARMAZENADAS

Otávio Bullerjhann Sperandio[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Brenda Cavalcante Ferreira[1], José Carlos Souza Vieira[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *otaviobsperandio1@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se como uma das frutíferas de maior relevância econômica e social nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (FAO, 2021). O Brasil figura como um dos principais produtores mundiais da cultura, na qual os cultivares do grupo Formosa sobressaem-se pela elevada produtividade e expressiva aceitação comercial em razão do tamanho dos frutos e sabor (Sengupta *et al*., 2021).

Contudo, a propagação sexuada do mamoeiro apresenta limitações agronômicas marcantes, representadas pela emergência e germinação lentas e desuniformes (Tokuhisa *et al*., 2007). Essa limitação fisiológica decorre da dormência nas sementes de *C. papaya*, cuja expressão envolve a presença da sarcotesta com compostos inibidores e restrições mecânicas impostas pelo tegumento (Aroucha *et al*., 2005).

Além das barreiras físicas e químicas externas, a dormência fisiológica é regulada pelo balanço hormonal entre substâncias inibidoras e promotoras do crescimento (Bewley *et al*., 2013). Como estratégia para superar esse entrave e garantir mudas de alto vigor em viveiro, o tratamento pré-germinativo com reguladores vegetais tem sido amplamente utilizado (Lopes *et al*., 2008).

Dentre esses reguladores, o ácido giberélico GA_3 atua diretamente na indução da síntese de enzimas hidrolíticas que degradam as reservas do endosperma, disponibilizando energia para o desenvolvimento do embrião (Taiz *et al*., 2017). A eficácia do GA_3 na melhoria do percentual de germinação e na velocidade de emergência em sementes de mamoeiro do grupo Formosa é amplamente documentada (Chacko; Singh, 1966; Lopes *et al*., 2009).

Paixão (2023), cita a ação das giberelinas na promoção da germinação, e sementes que germinam mais rápido produzem plântulas com maior probabilidade de crescimento após se estabelecerem no campo de produção, com atuação na quebra de dormência de sementes, com enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe o seu crescimento, na produção de enzimas (á-amilase e outras enzimas hidrolíticas), na mobilização de reservas energéticas do endosperma e na ativação do crescimento vegetativo do embrião.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizadas com citocinina, a partir de sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução giberelina nas doses GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha.

Durante trinta dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização da solução de citocinina, de sete em sete dias em metade das plântulas emergidas nas doses de 10 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$, 20 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$, 30 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$, 40 $mg.L^{-1}$ para o tratamento com GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: Altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR,) determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com giberelina e a pulverização com citocinina teve efeito positivo no crescimento de plântulas.

Na avaliação do número de folhas, observa-se diferença estatística entre os tratamentos, com o tratamento com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 20 $mg.L^{-1}$ apresentando superioridade estatística

para os outros tratamentos.

Na altura das plântulas, a dose de giberelina GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 20 $mg.L^{-1}$ e GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 30 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si (Tabela 1).

Para diâmetro do coleto, o tratamento com GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Pulverizada Cit 20 $mg.L^{-1}$ apresentou superioridade estatística para os outros tratamentos.

No comprimento da raiz, os tratamentos a dose de giberelina de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Pulverizada Cit 10 $mg.L^{-1}$ e o tratamento GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 20 $mg.L^{-1}$ foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, sem diferença estatística entre si (Tabela 1).

Tabela 1- Giberelina no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizada com citocinina, produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	NF	AP	DC	CR
Água Pura	3,4 d	6,5 c	1,76 d	13,2 b
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$+ Citocinina Pulverizada 10 $mg.L^{-1}$	4,5 b	7,4 b	2,88 c	13,9 a
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 20 $mg.L^{-1}$	5,8 a	7,8 a	3,26 a	13,9 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$+ Citocinina Pulverizada 30 $mg.L^{-1}$	3,8 c	7,9 a	3,02 b	13,4 b
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$+ Citocinina Pulverizada 40 $mg.L^{-1}$	3,4 d	6,5 c	1,76 d	13,2 b
CV (%)	9,23	6,81	10,48	5,14

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. AP= altura da planta (cm); NF= número de folhas; DC= diâmetro do coleto (mm); CR= comprimento da raiz (cm); CV= coeficiente de variação.

Os resultados sugerem que sementes da cv. Golden com dois anos de armazenadas, quando tratadas com giberelina e pulverizadas com citocinina, possuem vigor suficiente para que a giberelina e a citocinina possam melhorar e crescimento das plântulas, mostrando ser eficiente o uso destes fitormônios nestas sementes.

CONCLUSÃO

A giberelina e a citocinina pulverizada, apresentaram resultados positivos para o crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que o uso deste fitormônio na dosagem GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina Pulverizada 20 $mg.L^{-1}$ apresentou o melhor resultado.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AROUCHA, E.M.M.; SILVA, R.F.; OLIVEIRA, J.G.; VIANA, A.P.; Gonzaga, M.P. Época de colheita do mamão 'Golden' e qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 104-111, 2005.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds:** physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

CHACKO, E.K.; SINGH, R.N. The effect of gibberellic acid on the germination of papaya seeds. **Tropical Agriculture**, v. 43, n. 4, p. 341-346, 1966.

FAO. Food and Agriculture Organization **- FAOSTAT database**. Rome: FAO, 2021.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

LOPES, H.M.; SOUZA, C.M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3. ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

SENGUPTA, A., GUPTA, S., SHARDA, A., HEMANT S; ARVIND I. Effect of low frequency electrical current on the biophysical and molecular properties of cancer cells. **International Journal of Cancer and Clinical Research,** v. 8, p. 145. 2021

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

CITOCININA PULVERIZADA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Izally Bastos Grippa[1]*, Jocimara de Oliveira Costa[1], Beatriz Auer Margon[1], Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *izallygrippa2004@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) possui expressiva relevância socioeconômica no cenário agrícola nacional e internacional, destacando-se tanto pelo consumo *in natura* quanto pela geração de empregos e renda no meio rural (Serrano; Cattaneo, 2010). O sucesso produtivo de um pomar de mamão está diretamente atrelado à qualidade das mudas utilizadas no estabelecimento da lavoura, sendo o vigor inicial e a arquitetura das plântulas fatores determinantes para a posterior resistência a estresses bióticos e abióticos (Silva *et al.*, 2011). Nesse contexto, o uso de cultivares específicas, a exemplo da BS 2000, exige o aprimoramento contínuo de técnicas de viveiro que otimizem o desenvolvimento vegetativo e a conversão de fotoassimilados em biomassa (Carlini *et al*., 2026).

Para acelerar e padronizar o crescimento inicial, a adoção de reguladores vegetais exógenos tem ganhado destaque na pesquisa agronômica contemporânea. Dentre as fitormônios mais estudados, as citocininas desempenham papéis fundamentais na regulação da divisão celular, na diferenciação de tecidos, na expansão de cotilédones e na mobilização de nutrientes para a parte aérea (Taiz *et al.*, 2017; Daneluzzi, 2025). A aplicação exógena de citocininas por meio de pulverização foliar atua diretamente na quebra de dormência, estimula a brotação lateral e favorece a síntese proteica e o acúmulo de biomassa verde e seca (Schmülling, 2004).

Apesar do potencial fisiológico dos reguladores de crescimento, a resposta das plântulas de mamoeiro a doses e formas de aplicação de fitormônios ainda requer investigações pormenorizadas, visto que desbalanços hormonais podem inibir o crescimento radicular ou desacelerar o desenvolvimento apical (Coll *et al*., 2001). Assim, o entendimento do comportamento morfofisiológico da cultivar BS 2000 submetida à citocinina pulverizada preenche lacunas importantes no manejo de viveiros.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização de citocinina em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, com sementes submetidas à giberelina misturado à citocinina na produção de massa verde e seca nas plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização de uma solução de citocinina de sete em sete dias, em quatro aplicações, sendo a dosagem equivalente à dosagem de imersão, da seguinte forma: 10 $mg.L^{-1}$ para as sementes imersas em solução contendo GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, 20 $mg.L^{-1}$ para as sementes imersas em solução contendo GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, 30 $mg.L^{-1}$ para as sementes imersas em solução contendo GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$ e 40 $mg.L^{-1}$ para as sementes imersas em solução contendo GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina misturado com citocinina apresentou efeito positivo quando pulverizada com citocinina na produção de massa verde e seca nas plântulas.

Na avaliação da massa verde das folhas, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos (Tabela 1). Na massa seca das folhas, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} e GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos a massa seca do caule, observamos que o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa verde do caule, temos o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} e o tratamento GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} apresentando superioridade estatística sobre os demais tratamentos.

Na avaliação da massa verde e da massa seca das raízes, o tratamento GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Giberelina e Citocinina com pulverização de citocinina na produção de massa em plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Água pura	0,175 c	0,040 d	0,266 d	0,073 c	0,597 d	0,130 c
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	0,594 a	0,139 a	1,036 a	0,141 a	1,504 a	0,221 a
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	0,590 a	0,124 b	1,020 a	0,101 b	1,404 b	0,195 b
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	0,339 b	0,084 c	0,654 c	0,074 c	0,793 c	0,091 d
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	0,605 a	0,141 a	0,837 b	0,093 b	0,985 c	0,120 c
CV (%)	36,96	32,45	39,52	39,12	40,55	41,02

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; MVF = massa verde das folhas (g.pl^{-1}); MSF = massa seca das folhas (g.pl^{-1}); MVC = massa verde do caule (g.pl^{-1}); MSC = massa seca do caule (g.pl^{-1}); MVR = massa verde da raiz (g.pl^{-1}); MSR = massa seca da raiz (g.pl^{-1}).

Além da atuação isolada das citocininas, estudos recentes apontam que a eficiência no desenvolvimento inicial de plântulas pode ser potencializada pela interação com outros fitormônios, como as giberelinas (Taiz *et al*., 2017). Enquanto as giberelinas atuam primariamente estimulando o alongamento celular e a mobilização de reservas cotiledonares (Paixão, 2023), as citocininas promovem a divisão celular e a expansão foliar, criando uma sinergia que maximiza a conversão de fotoassimilados em biomassa (Camili *et al.*, 2013).

A compreensão da resposta do mamoeiro cv. BS 2000 a essas moléculas reguladoras, abre perspectivas

para a otimização de protocolos em viveiros comerciais (Carlini *et al.,* 2026), mostrando que a pulverização de mudas de mamoeiro pulverizadas com citocinina pode ser um avanço na produção de mudas desta cultura.

CONCLUSÃO

A citocinina pulverizada apresentou resultados positivos para produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, sendo que as sementes imersas na dosagem de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ e pulverizadas com Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ apresentaram os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

CAMILI, E.C.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Giberelina, citocinina e auxina na qualidade química de bagas de uva 'Superior Seedless'. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1761-1770, 2013.

CARLINI, T.C.; KUHN, A.A.H.; SPINASSÉ, T.G.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R. Giberelina e citocinina na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000 com sementes de um ano de armazenamento. **Revista Delos**, v.18, n.65, p.4315. 2025.

COLL, J.B.; RODRIGUES, G.N.; GARCIA, B.S.; TAMÉS, R.S. Citoqininas. In: COLL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCIA, B.S.E.; TAMES, R.S. (eds.). **Fisiología vegetal**. Ediciones Pirámide, Madrid, España, p. 342-355, 2001.

DANELUZZI, G. **Citocininas:** descoberta, funções nas plantas e aplicações na agricultura. Agroadvance, 2025. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-citocinina/. Acesso em: agosto de 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

SCHMÜLLING, T. Cytokinin biosynthesis and-signal transduction. **Annual Plant Reviews**, v. 14, p. 138-155, 2004.

SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F.**O cultivo do mamoeiro**. Incaper, 2010.

SILVA, F.C.; ALVES, F.Q.G.; ALVES, F.G.; RESENDE, J.C.F.; CUNHA, L.M.V. Qualidade de mudas de mamoeiro em diferentes recipientes e substratos. **Cadernos de Agroecologia.** v. 6, n. 2, p.1-5, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

CITOCININA PULVERIZADA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA COM DIFERENTES SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Isaque Barbosa Francisco[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Mariana Barbosa Coelho[1], Livia da Conceição Dias[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *isaquebars06@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro é classificado na classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero *Carica*. Entre as espécies pertencentes ao gênero *Carica*, a *Carica papaya* L. é a única que possui importância e reconhecimento no âmbito comercial (Costa; Pacova, 2003).

O mamão, denominado cientificamente *Carica papaya* L., é uma espécie vegetal originária da América Tropical. Seu provável centro de origem está associado à Bacia do Alto Amazonas, localizada na região noroeste da América do Sul, abrangendo as áreas da encosta oriental dos Andes, ou à região Mesoamericana, locais que se destacam pela elevada diversidade genética da espécie (Dantas *et al.*, 2013; Chaves-Pesqueira; Nuñes-Farfán, 2017).

Devido à sua ampla adaptação às condições climáticas brasileiras, o mamão é cultivado em praticamente todos os estados do país. Entretanto, os principais polos de produção estão concentrados nos estados do Espírito Santo e da Bahia, que, juntos, representam aproximadamente 70% da produção nacional. Além desses estados, destacam-se também o Ceará, o Rio Grande do Norte, Minas Gerais e a Paraíba. (Martins; Costa, 2003; Galeano *et al.*, 2022; 2024).

Diante da importância da obtenção de plântulas vigorosas e com adequado desenvolvimento inicial, diferentes pesquisas têm buscado aprimorar as técnicas de manejo do mamoeiro em condições de viveiro. Nesse contexto, o uso de reguladores vegetais, como as citocininas, tem despertado interesse por sua atuação nos processos de divisão e expansão celular, podendo favorecer o crescimento e o acúmulo de biomassa das plantas (Paixão, 2023). Além disso, a utilização de substâncias húmicas tem sido estudada como alternativa para potencializar o desenvolvimento das plântulas, uma vez que esses compostos podem contribuir para o crescimento radicular e para o melhor aproveitamento de nutrientes. Assim, torna-se relevante avaliar a aplicação de citocinina via pulverização associada a diferentes substâncias húmicas, visando verificar seus efeitos sobre a produção de massa e o desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de pulverização de solução de citocinina na

produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança com diferentes substâncias húmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas a seguir: nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização de uma solução de citocinina de sete em sete dias, na dosagem de 30 $mg.L^{-1}$.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que as substâncias húmicas não apresentaram muita eficiência na produção de massa da parte aérea das plântulas, com melhor efeito na produção de massa verde

e seca de raízes. Entretanto, a aplicação de citocinina associada às diferentes substâncias húmicas apresentou efeitos distintos sobre a produção de massa das plântulas de mamoeiro cv. Aliança. Nutra + citocinina destacou-se na produção de massa das raízes, enquanto Turfa + citocinina apresentou bons resultados para a massa do caule.

Para a massa das folhas, H_2O, Nutra e Turfa apresentaram os maiores valores. A massa seca das folhas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Na avaliação da massa verde e seca do caule, os tratamentos com H_20 com citocinina, Nutra com citocinina e Turfa com citocinina apresentaram resultados superiores estatisticamente aos outros tratamentos e sem diferença estatística entre si (Tabela 1).

Nutra + citocinina mostrou-se como o tratamento mais promissor para o desenvolvimento das plântulas, principalmente do sistema radicular.

Tabela 1 – Citocinina na produção de massa em plântulas de mamão cv. Aliança com diferentes substâncias húmicas

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H20 com citocinina	0,552 a	0,045 a	1,002 a	0,482 a	0,162 b	0,045 b
Nutra com citocinina	0,550 a	0,045 a	1,002 a	0,480 a	0,183 a	0,053 a
Turfa com citocinina	0,550 a	0,044 a	1,022 a	0,490 a	0,140 c	0,046 b
Solo Húmico com citocinina	0,370 c	0,042 a	0,895 b	0,451 c	0,141 c	0,048 b
Ac. Húmico com citocinina	0,440 b	0,043 a	0,885 b	0,460 b	0,159 b	0,052 a
CV (%)	24,91	7,10	30,26	5,31	32,47	8,38

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$);

Segundo Paixão *et al* (2023) para que ocorra a germinação, as sementes necessitam de condições fisiológicas favoráveis, que envolvem a atuação de substâncias promotoras e a redução ou superação dos efeitos de fatores inibidores. Nesse contexto, as citocininas desempenham papel fundamental na promoção da germinação, podendo atuar de forma direta ou indireta sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos nesse processo. Esse hormônio pode interferir na ação de substâncias inibidoras, reduzindo seus efeitos e favorecendo a retomada do metabolismo e do crescimento do embrião. Dessa forma, sua atuação contribui para a superação de mecanismos de dormência e, consequentemente, para o aumento da germinação das sementes.

Neste trabalho, podemos sugerir que o uso das substâncias húmicas associadas com citocinina ajudou a melhorar a viabilidade da semente, resultando assim em maior quantidade de massa das plântulas.

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação na produção de massa verde e seca da parte aérea e da

raiz, sendo que para produção de massa das plântulas os melhores resultados para cv. Aliança foi com a substância húmica nutra, com plântulas pulverizadas com citocinina.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: a review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, p. 155, 2017.

COSTA, A.F.S.; PACOVA, B.E.V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (eds.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 59-102.

DANTAS, J.L.L.; JUNGHANS, D.T.; LIMA, J.F. **Mamão:** o produtor pergunta, a Embrapa responde (eds.). 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

GALEANO, E.A.V.; PADOVAN, M.P.; FIGUEIREDO, M.R.P.; TAKEMOTO, A.C.K.; MAIOLI, H.R.O. **Desempenho da produção agropecuária no Espírito Santo de 2010 a 2022.** Vitória, ES: Incaper, 2024. 148 p. (Documentos, 311).

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (eds.). **A cultura do mamoeiro:** tecnologia de produção**.** Vitória, ES: Incaper, 2003. 497 p.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

CITOCININA PULVERIZADA NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. GOLDEN COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Leticia Lima Sinfronio[1]*, Virginia Campos de Oliveira[1], Brenda Cavalcante Ferreira[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Guilherme Sperandio Tauffner[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *leticiasinfrinio1@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) possui expressiva relevância socioeconômica na fruticultura brasileira, destacando-se pela exigência do mercado por mudas de elevado padrão de qualidade morfofisiológica. No entanto, o armazenamento prolongado de sementes reduz seu vigor e viabilidade devido ao processo natural de deterioração, o que compromete a uniformidade, a emergência e o acúmulo de biomassa das plântulas na fase de viveiro.

Para mitigar esses efeitos adversos e restaurar o potencial vegetativo, o uso de reguladores vegetais tem se mostrado uma alternativa promissora (Paixão, 2023). A citocinina atua diretamente na divisão e expansão celular, diferenciação de tecidos e no direcionamento do fluxo de fotoassimilados, estimulando a síntese de clorofila e o crescimento vegetativo (Taiz *et al*., 2017; Paixão, 2023). Diante disso, a aplicação foliar via pulverização exógena surge como uma estratégia eficiente para otimizar o ganho de biomassa em plântulas provenientes de sementes envelhecidas.

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização de diferentes concentrações de citocinina na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden obtidas a partir de sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Golden retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram armazenadas por dois anos e após este período foram submetidas aos tratamentos

e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram preparados em solução citocinina nas doses de: Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha.

Durante 30 dias após a emergência de todas as plantas foi feito a pulverização das soluções de citocinina citadas, de sete em sete dias em metade das plântulas emergidas.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule (MVC), que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior para pesar a massa seca (MSC).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com citocinina pulverizada teve efeito positivo na produção de massa verde e seca de plântulas.

Tabela 1- Produção de massa em plântulas de mamoeiro cv. Golden pulverizada com citocinina, produzidas a partir de sementes com dois anos armazenadas

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_2O pura	0,052 b	0,004 c	0,144 b	0,016 a	0,141 b	0,049 a
Citocinina 10 $mg.L^{-1}$ Pulverizada	0,039 c	0,003 c	0,099 c	0,004 c	0,105 c	0,008 c
Citocinina 20 $mg.L^{-1}$ Pulverizada	0,095 a	0,014 a	0,188 a	0,018 a	0,300 a	0,023 b
Citocinina 30 $mg.L^{-1}$ Pulverizada	0,028 d	0,003 c	0,101 c	0,008 b	0,097 d	0,011 c
Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ Pulverizada	0,051 b	0,008 b	0,143 b	0,015 a	0,038 e	0,013 c
CV (%)	12,88	7,35	1,51	13,17	4,63	4,07

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. MVF= massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC= massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MVR= massa verde das raízes ($g.pl^{-1}$); MSF= massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MSC= massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MSR= massa seca das raízes ($g.pl^{-1}$); CV= coeficiente de variação.

Na avaliação da massa verde das folhas, a pulverização com Citocinina 20 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca das folhas, o mesmo foi observado, sendo a dose de Citocinina 20 mg.L^{-1} pulverizada superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Para massa verde do caule, a pulverização com Citocinina 20 mg.L^{-1} foi também superior estatisticamente aos outros tratamentos, e na massa seca do caule a pulverização com Citocinina 20 mg.L^{-1} e a testemunha com água pura foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na massa verde das raízes, a pulverização com Citocinina 20 mg.L^{-1} foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, porém na massa seca das raízes, a testemunha com água foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Paixão *et al* (2023), cita que a giberelina e a citocinina, podem contribuir para aumentar o crescimento de plântulas com produção de massa verde e seca, ao interferir nos mecanismos de multiplicação celular.

CONCLUSÃO

A citocinina pulverizada apresentou resultados positivos para a produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Golden, com sementes armazenadas por dois anos, sendo que entre as dosagens testadas, a dose de Citocinina 20 mg.L^{-1} pulverizada apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa**. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

GIBERELINA E CITOCININA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. BS 2000

Beatriz Auer Margon[1]*, Samily Maria Vivaldi Fracalossi[1], Jocimara de Oliveira Costa[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Breno José Thomas[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *beatrizmargon47@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical de elevada importância econômica e social para o Brasil, sendo cultivado principalmente em regiões que apresentam condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Entre os estados brasileiros, o Espírito Santo se destaca na produção e comercialização da fruta, contribuindo de forma significativa para o abastecimento do mercado interno e para as exportações brasileiras (Incaper, 2022).

A propagação do mamoeiro é realizada predominantemente por sementes, método amplamente empregado devido à sua praticidade, baixo custo e facilidade de obtenção do material propagativo. Entretanto, as sementes de mamão podem apresentar germinação lenta e desuniforme, característica que dificulta a obtenção de mudas uniformes e pode comprometer o estabelecimento inicial da cultura (Tokuhisa *et al.*, 2007). Dessa forma, tratamentos capazes de favorecer a germinação e a emergência das plântulas apresentam importância para a produção de mudas de qualidade.

Entre as alternativas utilizadas para estimular esses processos encontra-se a aplicação de reguladores vegetais. As giberelinas desempenham importante função na germinação das sementes, atuando na superação da dormência, no crescimento embrionário e na mobilização das reservas armazenadas. Durante a germinação, esses fitormônios favorecem a produção de enzimas hidrolíticas e a disponibilização de substâncias necessárias ao desenvolvimento do embrião, contribuindo para a protrusão da radícula e o estabelecimento inicial da plântula (Taiz *et al*., 2017; Paixão, 2023).

O ácido giberélico (GA_3) destaca-se entre as giberelinas utilizadas na propagação vegetal por sua atuação no estímulo à germinação e no alongamento e divisão celular. A aplicação desse regulador pode favorecer a emergência de sementes de mamoeiro, porém a resposta está relacionada à concentração utilizada e às características fisiológicas das sementes e da cultivar (Chacko; Singh, 1966; Coutinho; Feitosa; Santos, 2023).

As citocininas constituem outro grupo de reguladores vegetais com participação em importantes processos fisiológicos. Esses fitormônios estão relacionados principalmente à divisão celular, diferenciação

dos tecidos e desenvolvimento vegetativo, podendo também participar da germinação e da superação da dormência das sementes (Vieira; Monteiro, 2002; Taiz *et al*., 2017). Assim, a utilização conjunta de giberelina e citocinina pode proporcionar respostas diferentes da aplicação isolada dos reguladores, em razão das distintas funções desempenhadas por esses compostos durante a germinação e o crescimento e desenvolvimento inicial das plantas.

Estudos realizados com sementes de mamoeiro demonstram respostas distintas à aplicação de reguladores vegetais de acordo com a cultivar, a concentração empregada e as condições fisiológicas das sementes, evidenciando a necessidade de determinar tratamentos adequados para cada material vegetal (Deorce *et al*., 2025). Nesse sentido, avaliar diferentes combinações de GA_3 e citocinina pode contribuir para a identificação de concentrações capazes de aumentar e uniformizar a emergência, favorecendo a produção de mudas de mamoeiro.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina misturado à citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. BS 2000, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e 4quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina com citocinina apresentou efeito positivo na emergência das plântulas.

Na avaliação da emergência, os tratamentos GA_3 2.000 mg L^{-1} + citocinina 20 mg L^{-1}, GA_3 3.000 mg L^{-1} + citocinina 30 mg L^{-1} e GA_3 4.000 mg L^{-1} + citocinina 40 mg L^{-1} apresentaram os maiores valores, com 86%, 85% e 89% de emergência, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si e sendo superiores aos demais tratamentos.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência, o tratamento GA_3 4.000 mg L^{-1} + citocinina 40 mg L^{-1} apresentou o maior valor (1,964), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Quando avaliamos o tempo médio de emergência, o tratamento GA_3 2.000 mg L^{-1} + citocinina 20 mg L^{-1} apresentou o maior tempo médio (13,966), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si, com menor tempo de emergência, configurando como melhores tratamentos.

A giberelina possui atuação no aumento da germinação, como promotora da germinação, fazendo com que as plântulas produzem raízes e folhas mais rápido. Esse requisito produz plantas mais competitivas por alcançarem mais rápido o tempo para serem levadas para o campo.

Tabela 1 – Giberelina e citocinina na emergência em plântulas de mamão cv. BS 2000

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	67 c	1,285 b	9,165 b
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	75 b	0,945 c	9,310 b
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	86 a	1,163 b	13,966 a
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	85 a	1,167 b	9,348 b
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	89 a	1,964 a	9,288 b
CV (%)	7,73	9,54	15,57

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= emergência das plântulas (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

A giberelina atua como promotora da germinação, favorecendo a mobilização das reservas da semente e o crescimento do embrião, enquanto a citocinina está relacionada principalmente à divisão celular e ao desenvolvimento dos tecidos vegetais. Dessa forma, a atuação desses reguladores está associada a diferentes processos envolvidos na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas (Taiz *et al*., 2017; Paixão, 2023).

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para emergência e velocidade de emergência de plântulas de mamoeiro cv. BS 2000, sendo que a dosagem de GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$ apresentou os melhores resultados, com maior emergência, maior velocidade e menor tempo.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CHACKO, E.K.; SINGH, R.N. The effect of gibberellic acid on the germination of papaya seeds and subsequent seedling growth. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 43, p. 341-346, 1966.

COUTINHO, M.E.D.; FEITOSA, É.O.; SANTOS, A.S. Giberelina na germinação de sementes de mamão cv. Golden**.** **Revista Foco**, v. 16, n. 3, e1295, 2023.

DEORCE, G.G.O.; AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FREITAS, D.A.F. Giberelina e citocinina na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. THB com sementes de um ano de armazenamento. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, e4301, 2025.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.S.V. **Propagação de plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para a superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. **Introdução à fisiologia vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 79-104.

GIBERELINA E CITOCININA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. CALIMOSA COM SEMENTES ARMAZENADAS POR DOIS ANOS

Isabel dos Santos Pereira[1]*, Moises Célio Meira Martins[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Lhais Karla Alves Constantino[1], Maria Clara Rodrigues Sardenberg de Almeida[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *isabeldosantospereira2005@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se entre as principais frutíferas tropicais de importância econômica, apresentando elevada relevância para a agricultura devido à ampla aceitação de seus frutos e ao seu potencial produtivo (Dantas; Morales, 2000). Nesse contexto, o estabelecimento eficiente da cultura constitui uma etapa fundamental para a obtenção de lavouras uniformes e produtivas, sendo a propagação por sementes uma das principais estratégias utilizadas na produção de mudas de mamoeiro (Ferreira, 2008).

A qualidade fisiológica das sementes exerce influência direta sobre a germinação e a emergência das plântulas. Entretanto, o armazenamento prolongado pode ocasionar redução do vigor e da capacidade germinativa, comprometendo a rapidez e a uniformidade do estabelecimento inicial das plantas (Marcos Filho, 2015). Dessa forma, a utilização de técnicas que possam favorecer a emergência de sementes armazenadas por longos períodos apresenta importância para a produção de mudas de mamoeiro (Cardoso *et al*., 2009; Martins *et al*., 2005).

Entre as estratégias utilizadas para estimular a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas está a aplicação de reguladores vegetais. Entre as classes hormonais conhecidas, as giberelinas – especialmente o ácido giberélico (GA_3) - atua principalmente na promoção da germinação, no crescimento embrionário e no alongamento celular, enquanto as citocininas estão relacionadas à divisão e à diferenciação celular (Taiz *et al*., 2017). A aplicação dessas substâncias pode favorecer a emergência das plântulas, embora suas respostas sejam influenciadas pela concentração utilizada, pelas condições fisiológicas das sementes e pelo material genético. Nesse contexto, a avaliação da ação de giberelina e citocinina sobre sementes de mamoeiro cv. Calimosa armazenadas por dois anos é relevante para compreender alternativas capazes de melhorar seu desempenho durante a emergência (Lima *et al*., 2007; Santos *et al*., 2014).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da giberelina e da citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito

Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Calimosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram armazenadas em geladeira (10 °C) por dois anos. Após este período foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina nas doses de 1.000 $mg.L^{-1}$, 2.000 $mg.L^{-1}$, 3.000 $mg.L^{-1}$, 4.000 $mg.L^{-1}$ e solução com mistura de giberelina e citocinina nas dosagens de GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + citocinina 10 $mg.L^{-1}$, GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + citocinina 20 $mg.L^{-1}$, GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + citocinina 30 $mg.L^{-1}$, GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + citocinina 40 $mg.L^{-1}$ e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da emergência, o tratamento 4.000 $mg.L^{-1}$ de GA_3 com mais 40 $mg.L^{-1}$ citocinina, apresentou maior porcentagem de emergência de plântulas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1).

Na avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE) o tratamento 1.000 $mg.L^{-1}$ GA_3, foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o tempo médio de emergência, o tratamento 4.000 $mg.L^{-1}$ de GA_3 com mais 40 $mg.L^{-1}$ citocinina, apresentou médias significativamente superiores às observadas nos demais tratamentos.

A giberelina atua principalmente no aumento da germinação, fazendo com que as plântulas produzam raízes e folhas mais rápido. Esse requisito produz plantas mais competitivas por alcançarem mais rápido o tempo para serem levadas para o campo. Neste caso, as sementes com dois anos já perderam o poder germinativo, não por falta de um promotor, mas pelo envelhecimento do embrião e perda do poder germinativo.

Tabela 1 – Emergência em plântulas de mamão cv. calimosa com sementes de dois anos armazenada

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura	5 bc	0,262 b	9,250 d
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$	8 b	0,312 a	7,750 e
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$	5 bc	0,266 b	8,975 d
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$	9 b	0,207 b	14,166 c
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$	14 a	0,202 b	10,137 d
GA_3 1.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 10 $mg.L^{-1}$	4 c	0,042 d	10,501 d
GA_3 2.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 20 $mg.L^{-1}$	7 b	0,079 c	16,125 a
GA_3 3.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 30 $mg.L^{-1}$	7 b	0,078 c	9,625 d
GA_3 4.000 $mg.L^{-1}$ + Citocinina 40 $mg.L^{-1}$	15 a	0,295 a	6,625 f
CV (%)	36,27	33,59	36,25

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= emergência das plântulas (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

Paixão *et al. (*2023), cita que toda semente precisa de um promotor para germinar e na presença de um inibidor, precisa de um bloqueador deste inibidor. A giberelina atua como promotor da germinação e a citocinina como bloqueador dos inibidores. Considerando os resultados da pesquisa, podemos citar que a giberelina e a citocinina tiveram atuação que elevaram a emergência das plantas a valores significativos, por envelhecimento da semente.

CONCLUSÃO

A giberelina e a citocinina não apresentaram resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Calimosa com sementes armazenadas por dois anos, podemos sugerir que estas sementes com dois anos já entraram em deterioração.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: produção, tecnologia e análise. 5ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 690 p.

CARDOSO, E.A. *et al*. Qualidade fisiológica de sementes de mamão em função do tempo de armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 550-555, 2009.

DANTAS, J.L.L.; MORALES, C.F.G. **A cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000.

FERREIRA, G. **Propagação de fruteiras tropicais. Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 285-286, 2008.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

LIMA, L.B.; FERREIRA, G.; SILVA, C.L. Emergência de plântulas de mamoeiro submetidas a tratamentos pré-germinativos com reguladores vegetais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1380-1386, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2ª ed. Londrina: ABRATES, 2015.

PAIXÃO, M.V.S. **Propagação de Plantas**. 3ª ed. Santa Teresa : IFES, 2023. 230 p.

PAIXÃO, M.V.S.; GROBÉRIO, R.; HOFFAY, A.C.; CORREA, A.; CREMONINI, G. Ácido Giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotrópica**, v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

SANTOS, P.C.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L.C.; FREITAS, P.L.O.; SOUZA, F.H.A. Uso de ácido giberélico (GA_3) na emergência e no vigor de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 640-648, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

GIBERELINA E CITOCININA NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA MEXICANO R2N

Letícia Vitória de Oliveira Cunha[1]*, Yasmin Teixeira Braggio de Souza[1], Victoria Huver Moschen[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Otávio Sperandio[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *leticiavc2007@gmail.com

INTRODUÇÃO

As características o mamoeiro (*Carica papaya* L.), grupo Formosa, associada a frutos de maior tamanho e polpa avermelhada, conferem relevância agronômica a esses materiais, enquanto a avaliação de características morfoagronômicas são utilizadas para identificação e utilização de genótipos de interesse (Nobre *et al.*, 2021).

Além das características da planta e do fruto, o mamão possui grande importância econômica e alimentar no Brasil (em especial nos estados da Bahia e Espírito Santo), devido à sua produtividade, ao ciclo relativamente curto e às características nutricionais e sensoriais de seus frutos. No Brasil, a cultura é representada pelos grupos Solo e Formosa, sendo este último constituído por materiais de frutos maiores e de elevada importância comercial (Oliveira; Meissner Filho, 2021). Além disso, o mamoeiro apresenta propagação predominantemente por sementes nos sistemas comerciais, o que torna a qualidade fisiológica e a velocidade de estabelecimento das plântulas fatores importantes para a produção de mudas uniformes e vigorosas (Tokuhisa *et al.*, 2007).

O estabelecimento inicial das plântulas merece atenção, pois a germinação e a emergência das sementes de mamão podem ocorrer de maneira lenta e irregular, estando relacionadas à presença da sarcotesta e à ocorrência de dormência pós-colheita (Tokuhisa *et al.*, 2007), sendo que o uso de reguladores vegetais pode contribuir para melhorar a emergência e o estabelecimento inicial do mamoeiro. Entre eles, na cultura do mamão destaca-se a giberelina e a citocinina, reguladores essenciais para um bom desenvolvimento e crescimento do fruto.

A giberelina, especialmente o ácido giberélico (GA_3), está relacionada à ativação de processos fisiológicos que favorecem a germinação, incluindo a mobilização de reservas e o enfraquecimento de estruturas que dificultam a protrusão da raiz primária (Bewley; Black, *et al.,*1994). Em sementes de mamão, diversos estudos demonstram efeitos positivos do GA_3 sobre a velocidade e/ou porcentagem de germinação e emergência, embora a resposta dependa da concentração, do genótipo e das condições de tratamento (Tokuhisa *et al.*, 2007; Furutani; Nagao, 1987).

A citocinina, tem sua presença marcada no campo de regulação da divisão e da diferenciação celular,

podendo atuar em conjunto com outros fitormônios durante o desenvolvimento vegetal. Em sistemas de propagação de mamoeiro, citocininas como a 6-benzilaminopurina (BAP) têm sido utilizadas para estimular a formação e o desenvolvimento de brotações, evidenciando a importância desse grupo de reguladores no crescimento da espécie. A interação entre giberelinas e citocininas, portanto, pode modificar respostas relacionadas ao estabelecimento e ao crescimento inicial das plantas, tornando relevante avaliar diferentes concentrações desses reguladores, como reagem entre si e seus efeitos.

A giberelina e citocinina podem atuar em diferentes etapas do estabelecimento das plântulas. Enquanto a giberelina apresenta papel relevante na superação de limitações à germinação e no alongamento dos tecidos, a citocinina está diretamente relacionada à divisão e à diferenciação celular. A interação entre esses reguladores torna-se, portanto, um aspecto importante a ser considerado na produção de mudas, uma vez que respostas favoráveis observadas em determinada cultivar não podem ser automaticamente extrapoladas para outros genótipos (Lopes *et al.*, 2025; Deorce *et al.*, 2025; Carlini *et al.*, 2025).

O trabalho foi realizado com o objetivo avaliar o efeito da aplicação conjunta de giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa Mexicano R2N, retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por solução de giberelina misturado à citocinina nas doses de GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}, GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}, GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}, GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (E %), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos

tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que a giberelina apresentou efeito positivo na emergência das plântulas.

Na avaliação da emergência, os tratamentos com GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} e GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} apresentaram os melhores resultados, superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência, os tratamentos com GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentaram maior velocidade de germinação, superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o tempo médio de emergência, o mesmo pode ser observado, sendo os tratamentos com GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Giberelina e citocinina na emergência em plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N

Tratamento	E (%)	IVE	TME
Água pura	43 d	0,552 d	20,749 a
GA_3 1.000 mg.L^{-1} + Citocinina 10 mg.L^{-1}	66 b	1,704 c	10,047 b
GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1}	62 c	2,091 a	8,525 c
GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}	70 a	2,052 a	8,834 c
GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1}	70 a	2,055 b	10,092 b
CV (%)	20,31	19,65	17,39

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. E= emergência das plântulas (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

Os tratamentos com GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} e GA_3 4.000 mg.L^{-1} + Citocinina 40 mg.L^{-1} apresentaram maior porcentagem emergência, e os tratamentos com GA_3 2.000 mg.L^{-1} + Citocinina 20 mg.L^{-1} e GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentaram maior velocidade de emergência em menor tempo, sendo a dosagem que apresentou os melhores resultados foi GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1}.

CONCLUSÃO

A giberelina apresentou resultados positivos para emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa Mexicano R2N, sendo que a dosagem de GA_3 3.000 mg.L^{-1} + Citocinina 30 mg.L^{-1} apresentou o melhor resultado, com maior porcentagem emergência, maior velocidade e um menor tempo.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021, 426 p.

FURUTANI, S.C.; NAGAO, M. A. Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 1-2, p. 67-72, 1987.

LOPES, A.S.; DEORCE, G.G.O.; CORREIA, P.H.; GRIPPA, I.; PAIXÃO, M.V.S. Giberelina e citocinina na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança, Formosa e Taiwan com sementes armazenadas por dois anos. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, e4298, 2025.

NOBRE, V.F.; SILVA, S.O.; SILVA, M.S. Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia,** v. 38, n. 1, e26771, 2021.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão**. Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

PSEUDOCAULE DE BANANEIRA COMO SUBSTRATO NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA

Kamilly Rodrigues Mianezi[1]*, Lhais Karla Alves Constantino[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Camila Marinho Oliveira[1], Luiz Felipe da Silva[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *rkmilanezi@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira de importância econômica para regiões tropicais e subtropicais, sendo cultivado no Brasil sob diferentes condições edafoclimáticas. A cultura possui relevância na produção de frutas e na geração de renda, tornando necessário o desenvolvimento de práticas que favoreçam a produção de mudas de qualidade (Mendonça *et al*., 2002). Entre os grupos comerciais cultivados no país, destaca-se o Formosa, amplamente utilizado na formação de pomares comerciais.

A propagação do mamoeiro é realizada principalmente por sementes, e a qualidade do material propagativo, associada às condições de germinação, influencia diretamente o estabelecimento das plantas. As sementes podem apresentar germinação lenta e irregular, característica relacionada, entre outros fatores, à presença da sarcotesta, camada externa de natureza mucilaginosa que recobre as sementes e pode interferir no processo germinativo. Tokuhisa *et al*. (2007), ao avaliarem tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão, verificaram que aquelas que mantiveram esse revestimento apresentaram menor velocidade e porcentagem de germinação em comparação às sementes submetidas à sua remoção. Assim, a retirada dessa camada pode favorecer a germinação e contribuir para maior uniformidade no estabelecimento inicial das plântulas.

Além das características das sementes, o substrato utilizado na produção de mudas exerce importante influência sobre a emergência e o desenvolvimento inicial das plantas. De acordo com Vale *et al*. (2004), esse material deve apresentar propriedades físicas adequadas, especialmente quanto à disponibilidade de água, aeração e estrutura, proporcionando condições favoráveis ao crescimento do sistema radicular. Dessa forma, a seleção e a proporção dos componentes empregados na formulação do substrato constituem fatores relevantes para a formação de mudas de qualidade.

O uso de materiais alternativos pode possibilitar o aproveitamento de resíduos agrícolas e reduzir a dependência de substratos comerciais. Estrela (2015) avaliou substratos contendo fibra do pseudocaule da bananeira na produção de mudas de mamoeiro e verificou que esse material pode influenciar características físicas do substrato e variáveis relacionadas à emergência e ao crescimento das mudas. O pseudocaule, resíduo

vegetal disponível após a colheita dos cachos, pode ser processado por trituração e decomposição, apresentando potencial para utilização como componente de substratos.

A proporção entre os materiais utilizados na composição da mistura pode modificar suas propriedades e, consequentemente, influenciar a emergência e o desenvolvimento das plântulas. Nesse sentido, a avaliação de diferentes proporções de materiais orgânicos, como a fibra do pseudocaule da bananeira, é relevante para identificar combinações que proporcionem condições adequadas à formação de mudas de mamoeiro.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de um substrato construído com pseudocaule de bananeira na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 280 mL, com substrato preparado que formou os tratamentos, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram: T1= Terra; T2= Terra + 10% de esterco de boi curtido + 10% de pseudocaule de bananeira decomposto; T3= Terra + 10% de esterco de boi curtido + 20% de pseudocaule de bananeira decomposto; T4= Terra + 10% de esterco de boi curtido + 30% de pseudocaule de bananeira decomposto; T5= Terra + 10% de esterco de boi curtido + 40% de pseudocaule de bananeira decomposto.

O pseudocaule da bananeira foi triturado, misturado com esterco de curral e colocado para decompor por quatro meses nas concentrações citadas. Após este tempo foi preparado os tratamentos e colocado nos tubetes para o experimento.

Após início da germinação da primeira semente e durante 30 dias foram avaliados a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da porcentagem de emergência (E%), o tratamento T3, constituído por terra + 10% de

esterco bovino curtido + 20% de pseudocaule de bananeira decomposto, apresentou o maior valor, com 84%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento T5 apresentou o segundo maior resultado, com 75%, enquanto os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram valores de 65%, 62% e 67%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Germinação, Índice de Velocidade de Germinação e Tempo Médio de Germinação em sementes de mamão cv. Formosa em função de substratos com pseudocaule de bananeira

Tratamento	G	IVG	TMG
T1	65 c	10,24 b	22,55 b
T2	62 c	10,54 b	27,23 a
T3	84 a	11,93 a	21,99 c
T4	67 c	10,75 b	27,13 a
T5	75 b	9,06 c	27,96 a
CV (%)	15,06	12,69	12,66

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; G= germinação das sementes (%); IVG= índice de velocidade de germinação; TMG= Tempo médio de germinação. CV= coeficiente de variação.

O maior percentual de emergência observado no T3 indica que, nas condições deste experimento, a utilização de 20% de pseudocaule de bananeira decomposto, associada a 10% de esterco bovino curtido, proporcionou condições mais favoráveis à emergência das plântulas de mamoeiro cv. Formosa. Entretanto, o aumento da proporção de pseudocaule para 40%, no tratamento T5, não resultou em aumento da emergência, que foi de 75%.

A utilização de materiais provenientes da bananeira como componentes de substratos também apresenta resultados favoráveis na produção de mudas de mamoeiro. Estrela (2015) avaliou substratos contendo fibra do pseudocaule da bananeira e verificou que diferentes composições de substratos influenciaram a emergência e o desenvolvimento de mudas de mamoeiro. No referido estudo, a fibra do pseudocaule foi utilizada em diferentes proporções na composição dos substratos, demonstrando o potencial desse material como componente de misturas destinadas à produção de mudas.

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), o tratamento T3 também apresentou o maior valor, de 11,93, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram valores de 10,24, 10,54 e 10,75, respectivamente, enquanto o T5 apresentou o menor IVG, com 9,06.

O resultado obtido para o T3 demonstra que o maior percentual de emergência foi acompanhado pela maior velocidade de germinação entre os tratamentos avaliados. Por outro lado, a utilização de 40% de pseudocaule de bananeira decomposto, no T5, não proporcionou aumento do IVG, apresentando o menor valor entre os tratamentos. Esse resultado indica que o aumento da proporção do pseudocaule não promoveu, de forma contínua, melhoria na velocidade de germinação das sementes.

Como as características químicas e físicas dos substratos não foram determinadas neste experimento, não é possível atribuir a redução observada no IVG do T5 a fatores específicos, como salinidade, relação carbono/nitrogênio, disponibilidade de nutrientes ou excesso de retenção de água. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados considerando-se apenas as diferenças observadas entre as proporções dos componentes avaliados.

Quanto ao tempo médio de germinação (TMG), os valores observados variaram entre os tratamentos, sendo de 22,55 dias no T1, 27,23 dias no T2, 21,99 dias no T3, 27,13 dias no T4 e 27,96 dias no T5. O tratamento T3 apresentou o menor valor numérico de TMG, indicando que, nesse tratamento, as sementes apresentaram menor tempo médio para a germinação.

Os tratamentos T2, T4 e T5 apresentaram valores de TMG superiores aos observados em T1 e T3, indicando maior tempo médio para a germinação. Entre esses tratamentos, o T5 apresentou o maior valor, com 27,96 dias. Assim, o aumento da proporção de pseudocaule de bananeira decomposto para 40% não proporcionou redução no tempo médio de germinação (Tabela 1).

Os resultados obtidos para as três variáveis avaliadas demonstram que o T3 apresentou o melhor desempenho geral entre os tratamentos. Além de apresentar a maior porcentagem de emergência (84%), esse tratamento apresentou o maior IVG (11,93) e o menor valor numérico de TMG (21,99 dias). Esse comportamento indica que a composição formada por terra + 10% de esterco bovino curtido + 20% de pseudocaule de bananeira decomposto foi a mais favorável à emergência das plântulas de mamoeiro cv. Formosa nas condições em que o experimento foi realizado.

Estrela (2015), ao avaliar substratos contendo fibra do pseudocaule da bananeira na produção de mudas de mamoeiro, também observou que a composição dos substratos interfere nas características relacionadas à emergência e ao desenvolvimento inicial das mudas. O autor avaliou diferentes proporções de terra vegetal, vermicomposto e fibra do pseudocaule da bananeira, encontrando diferenças entre as composições avaliadas.

Os resultados deste experimento indicam que a utilização do pseudocaule de bananeira decomposto pode ser considerada uma alternativa para composição de substratos destinados à produção de mudas de mamoeiro, sendo que, entre as proporções avaliadas, o tratamento com 20% de pseudocaule apresentou o melhor desempenho para as variáveis analisadas.

CONCLUSÃO

A adição de pseudocaule de bananeira decomposto ao substrato influenciou positivamente a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa nas condições avaliadas.

O tratamento constituído por terra + 10% de esterco bovino curtido + 20% de pseudocaule de bananeira decomposto, apresentou os melhores resultados para as variáveis avaliadas, com maior porcentagem de emergência, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação para plântulas de mamoeiro cv. Formosa.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ESTRELA, F.A. **Propriedades físicas de substratos contendo fibra de bananeira e produção de mudas de mamoeiro**. 2015. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER)**. Vitória, ES: Incaper, 2011.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO NETO, S.E.; PIO, R.; GONTIJO, T.C.A.; JUNQUEIRA, K.P. Substratos e quebra de dormência na formação do porta-enxerto de gravioleira cv. RBR. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 286, p. 657-668, 2002.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

VALE, L.S.; COSTA, J.V.T.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C.J.; LIMA, R.L.S. Efeito de diferentes misturas de substrato e tamanho de recipientes na produção de mudas mamoeiro. In: **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa : UFV, 2004. 385 p.

HÚMUS NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Vitório Augusto Menegardo[1]*, Rayna Duda Rocha[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Amanda Sarmento Lopes[1], Hélio Pena de Faria Júnior[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *vitoriomenegardo03@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), pertencente à família Caricaceae e originário da América Central e do México, é uma frutífera amplamente cultivada em regiões de clima tropical e subtropical. A cultura apresenta importância econômica e social, com possibilidade de produção durante todo o ano e geração de oportunidades de trabalho e renda no meio rural (Grobério *et al*., 2024). Entre os principais países produtores estão Índia, Brasil, México e Indonésia, destacando-se a Índia como maior produtora mundial (Koul *et al*., 2022).

O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de mamão, com produção estimada em 1.149.300 toneladas na safra de 2024, em uma área colhida de 27.681 ha. As regiões Sudeste e Nordeste concentram grande parte da produção nacional, destacando-se o Espírito Santo como principal estado produtor, com 398.093 toneladas em uma área colhida de 6.731 ha (IBGE, 2026). No país, predominam cultivares dos grupos Solo e Formosa, que apresentam frutos com peso médio de aproximadamente 650 e 1.300 g, respectivamente (Embrapa, 2009).

A produção de mudas é uma etapa importante para o estabelecimento da cultura, sendo a qualidade do substrato um dos fatores que influenciam o desenvolvimento inicial das plantas. Nesse contexto, o uso de materiais orgânicos, como o húmus, pode contribuir para a formação de um ambiente favorável ao crescimento das plântulas. Diferentes fontes de húmus podem apresentar características distintas e, consequentemente, influenciar o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

O húmus apresenta potencial para utilização na composição de substratos destinados à produção de mudas, podendo contribuir para condições favoráveis ao desenvolvimento inicial das plantas. Estudos com mamoeiro demonstram a viabilidade do uso de substratos à base de húmus de minhoca, com resultados positivos no crescimento das mudas (Silva *et al*., 2012).

Dessa forma, a avaliação de diferentes fontes de húmus na composição de substratos pode contribuir para identificar materiais mais adequados à produção de mudas de mamoeiro.

O trabalho foi realizado com o objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de húmus no crescimento de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.), cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial misturado com húmus, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

O húmus foi preparado a partir de esterco bovino, esterco caprino, esterco equino, com utilização da minhoca california. Quatro meses após, estes já decompostos, foram misturados ao substrato comercial na proporção de 3:1 e colocados nos tubetes para realização da pesquisa.

Os tratamentos foram compostos pelos substratos: húmus de bovino, húmus de caprino, húmus de equino, húmus de bovino + caprino (1:1), húmus de bovino + equino (1:1).

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, o húmus de caprino proporcionou o melhor desempenho no crescimento das plântulas de mamoeiro, destacando-se entre os tratamentos avaliados.

Para o número de folhas, as plântulas submetidas ao húmus de caprino apresentaram média de 7,95 folhas, superior estatisticamente dos demais tratamentos.

Em relação à altura de planta, o húmus de caprino também apresentou o maior valor, com 7,54 cm, evidenciando maior crescimento da parte aérea e superioridade estatística para os outros tratamentos.

O mesmo comportamento foi observado para o diâmetro do coleto, que atingiu 1,71 cm no tratamento com húmus de caprino, sendo superior aos demais tratamentos. Para o comprimento da raiz, as plântulas

submetidas ao húmus de caprino apresentaram média de 15,49 cm, também diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, tendo o húmus de caprino proporcionado maior desenvolvimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular das plântulas de mamoeiro cv. Aliança (Tabela 1).

Os resultados obtidos demonstram que o húmus de caprino proporcionou maior crescimento das plântulas de mamoeiro, apresentando os maiores valores para número de folhas, altura, diâmetro do coleto e comprimento de raiz.

Esse comportamento pode estar relacionado às características químicas e físicas do material orgânico utilizado, que podem favorecer a disponibilidade de nutrientes e proporcionar condições mais adequadas ao desenvolvimento radicular e da parte aérea. Resultados semelhantes foram observados por Araújo *et al*. (2010), que verificaram maior crescimento de mudas de mamoeiro em substrato contendo esterco caprino, com superioridade para características como altura, diâmetro do caule, número de folhas e produção de matéria seca.

Os autores associam esse efeito à contribuição da matéria orgânica para a melhoria das características físicas, químicas e microbiológicas do substrato. Dessa forma, o melhor desempenho observado no presente estudo para o húmus de caprino reforça o potencial desse material como componente de substratos para a produção de mudas de mamoeiro.

Tabela 1 – Crescimento de plântulas de mamão cv. Aliança em diferentes tipos de húmus

Tratamento	NF	AP	DC	CR
Húmus de bovino	7,15 b	6,23 b	1,15 c	12,61 c
Húmus de caprino	7,95 a	7,54 a	1,71 a	15,49 a
Húmus de equino	5,45 e	5,43 c	1,09 c	7,84 d
Húmus de boi + caprino	6,65 c	6,41 b	1,23 b	13,61 b
Húmus de boi + equino	6,15 d	6,32 b	1,24 b	13,46 b
CV (%)	10,16	19,308	21,026	18,57

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

CONCLUSÃO

O tratamento com Húmus de caprino misturado ao substrato comercial, obteve os melhores resultados para mamoeiro cv. Aliança, com maior crescimento de plântulas.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do mamão**. Coleção plantar. 3. ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2009. 119p.

GROBÉRIO, R.B.C.; BONELÁ, É.S.; MORAIS, G.S.; TOGNERE, J.; CARRAFA, M.P.; FELTZ, D.G.; SCHMILDT, E.R.; GONTIJO, A.B.P.L. Marcadores moleculares no melhoramento genético do mamoeiro: uma revisão da literatura. **Revista Delos**, v. 17, n.1, e2023, 2024

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de mamão**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br>. Acesso em: 30 ago, 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J.O. *Carica papaya* L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, n. 9, e683. 2022.

SILVA, F.M.; MOTTA, I.A.; PADOVAN, M.P.; CARNEIRO, L.F.; NASCIMENTO, J.S.; COLOMBO, L.R. Avaliação de substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada para produção de mudas de mamoeiro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 7, n. 2, 2012.

HÚMUS NA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Francisco Hollunder de Almeida[1]*, Amanda Sarmento Lopes[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Clarisse dos Santos Claudio[1], Hélio Pena de Faria Júnior[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *franciscohollunder@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta de grande apreço pela população brasileira, constituindo-se como uma fonte de renda para agricultores de diversas regiões do estado do Espírito Santo. A produção ainda é crescente e a busca pela maior produtividade se constitui em fator preponderante para maiores produções e melhoria na renda dos produtores. É uma das fruteiras mais importantes produzidas em áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo. A produção brasileira superou, em 2024, 1.424.650 toneladas de frutos, sendo as regiões nordeste e sudeste, as maiores produtoras (IBGE, 2018).

O comércio de mudas aparece como uma atividade agrícola em amplo crescimento, fazendo com que a produção de mudas de qualidade proporcione crescimento social com melhor desenvolvimento das famílias agrícolas. A produção de mudas que se apresentam fora do padrão e sem reservas nutricionais possuem pequena chance de resistir às condições adversas de campo com declínio na produção (Carneiro, 1995).

Uma das alternativas propostas para reduzir o custo de produção de mudas, sem comprometer sua qualidade é o uso de substratos alternativos advindos de componentes orgânicos, principalmente para a produção de mudas de frutíferas, que trazem como vantagens a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial das mudas, promovendo, com isso, respostas favoráveis no crescimento das mesmas (Sá *et al*., 2013).

Uma agricultura sustentável e menos dependentes de insumos agrícolas é uma opção importante na busca por adoção de medidas que visem a mitigação dos impactos nocivos, promovidos pela agricultura convencional. Além disso, a elevação dos custos para a aquisição de fertilizantes minerais tem levado à procura por alternativas menos onerosas com intuito de redução dessas despesas (Brandão *et al.*, 2007). A maioria das técnicas apresenta como foco a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo com a utilização de condicionadores, aditivos, fertilizantes, dentre outros.

Para formação de mudas de mamoeiro, misturas são utilizadas, como: solo e esterco de curral na proporção de 3:1 (Soares, 1998); ou solo, areia e esterco de curral curtido na proporção de 3:1:1, ou ainda na proporção de 2:1:1 (Trindade; Oliveira, 1999). Outros substratos frequentemente utilizados para outras culturas e que promovem um alto rendimento também podem ser usados para propagação do mamoeiro, como é o caso

do húmus Plantimax®, casca de arroz carbonizada, esterco de galinha, palha de café e carvão vegetal (Fagundes *et al*., 2000; Maia; Innecco, 2000; Silva *et al.*, 2001), pois em algumas regiões do país estes substratos são mais facilmente encontrados.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o húmus produzido com diferentes estercos na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial misturado com húmus, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

O húmus foi preparado a partir de esterco bovino, esterco caprino, esterco equino. Quatro meses após a mistura, estes já decompostos, foram misturados ao substrato comercial na proporção de 3:1 e colocados nos tubetes para realização da pesquisa.

Os tratamentos foram compostos pelos substratos: húmus de bovino, húmus de caprino, húmus de equino, húmus de bovino + caprino, húmus de bovino + equino.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que o tratamento com húmus de caprino obteve os

melhores resultados para a maioria das variáveis avaliadas.

Na avaliação da massa verde das folhas, o tratamento com húmus de caprino foi superior estatisticamente aos demais tratamentos, apresentando média de 0,359 g.planta^{-1}, seguido pelo húmus de bovino + caprino, com 0,283 g.planta^{-1}.

Na avaliação da massa seca das folhas, o tratamento com húmus de caprino também foi superior estatisticamente aos demais tratamentos, com média de 0,331 g.planta^{-1}.

Na massa verde do caule e na massa seca do caule, o tratamento com húmus de caprino apresentou os maiores valores, com médias de 0,239 e 0,051 g.planta^{-1}, respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Quando avaliada a massa verde da raiz, o tratamento com húmus de caprino foi superior estatisticamente aos demais, apresentando média de 0,302 g planta^{-1}, seguido pelo tratamento com húmus de bovino + caprino, com 0,270 g.planta^{-1}.

Na massa seca da raiz, os tratamentos com húmus de caprino e húmus de equino apresentaram os maiores valores, com médias de 0,061 e 0,060 g.planta^{-1}, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, mas sendo superiores aos demais tratamentos.

Tabela 1 – Produção de massa em plântulas de mamão cv. Aliança em diferentes húmus produzidos com esterco misturado a resíduo verde

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Húmus de Bovino	0,148 d	0,291 b	0,101 d	0,025 c	0,056 d	0,018 c
Húmus de Caprino	0,359 a	0,331 a	0,239 a	0,051 a	0,302 a	0,061 a
Húmus de Equino	0,230 c	0,238 c	0,169 b	0,037 b	0,169 c	0,060 a
Húmus de Boi + Caprino	0,283 b	0,304 b	0,177 b	0,040 b	0,270 b	0,053 b
Húmus de Boi + Equino	0,222 c	0,301 b	0,150 c	0,025 c	0,179 c	0,054 b
CV (%)	19,81	23,31	33,91	14,69	37,44	19,33

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; MVF = massa verde das folhas (g.pl^{-1}); MSF = massa seca das folhas (g.pl^{-1}); MVC = massa verde do caule (g.pl^{-1}); MSC = massa seca do caule (g.pl^{-1}); MVR = massa verde da raiz (g.pl^{-1}); MSR = massa seca da raiz (g.pl^{-1}).

O melhor desempenho do húmus de caprino pode estar relacionado à sua capacidade de fornecer nutrientes gradualmente e de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do substrato. A utilização de húmus na produção de mudas favorece a disponibilidade de nutrientes, a retenção de água e o desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando melhores condições para o crescimento inicial do mamoeiro, conforme relatado por Sá *et al.* (2013).

CONCLUSÃO

O tratamento com Húmus de caprino obteve os melhores resultados para mamoeiro cv. Aliança, com maior crescimento de plântulas.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BRANDÃO, Z.N.; LIMA, R.L.S.; AZEVEDO, D.M.P.; FREIRE, E.C. Adubação potássica do algodão por meio de cinza de madeira. Anais do Congresso Brasileiro do Algodão, 6. Uberlândia, 2007. p. 1-7.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5 D/2018>.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural - PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011.

SÁ, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MELO, A.S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental,** v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SOARES, N. B. Mamão *Carica papaya* L. In: FAHL, J.I *et al*. (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômica**. Campinas-SP: IAC, 1998. p. 137-138 (Boletim, 200).

TRINDADE, A.V.; OLIVEIRA, J.R.P. Propagação e formação do pomar. In: **Mamão produção**: aspectos técnicos. Frutas do Brasil. Brasília: Embrapa, v. 3, p. 77, 2000.

RESÍDUO VERDE MISTURADO AO HÚMUS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Amanda Sarmento Lopes[1]*, Rayna Duda Rocha[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Clarisse dos Santos Claudio[1], Hélio Pena de Faria Júnior[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *amandasarmento52@gmail.com

INTRODUÇÃO

A produção de mudas constitui uma etapa fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento das culturas agrícolas, sendo o substrato um dos principais fatores responsáveis por proporcionar condições adequadas de umidade, aeração, sustentação e disponibilidade de nutrientes às plantas. A escolha dos materiais que compõem o substrato é essencial para a obtenção de mudas de qualidade, podendo também contribuir para a redução dos custos de produção.

O esterco bovino e outros materiais orgânicos são frequentemente utilizados como componentes de substratos alternativos, por apresentarem disponibilidade e potencial para melhorar as características físicas e químicas do meio de cultivo (Filgueira, 2003; Diniz *et al.,* 2006; Gonçalves *et al.,* 2016).

O aproveitamento de resíduos orgânicos na composição de substratos apresenta como uma alternativa sustentável para a produção de mudas, possibilitando a reutilização de materiais e a redução do descarte de resíduos no ambiente. Entre esses materiais, o resíduo verde pode apresentar potencial para utilização como componente de substratos, especialmente quando associado a fontes de matéria orgânica estabilizada, como os húmus.

Estudos com mudas de mamoeiro demonstram que a utilização de diferentes fontes orgânicas na composição dos substratos pode influenciar a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas, evidenciando a importância da escolha e da proporção dos materiais utilizados (Ponte *et al.*, 2023; Ângelo *et al.,* 2025).

Utilização de resíduos verde associado aos húmus pode constituir uma alternativa para a produção de mudas de mamoeiro, aliando o aproveitamento de resíduos orgânicos à possibilidade de obtenção de um substrato adequado ao estabelecimento inicial das plantas.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes húmus produzidos com esterco misturado a material folhoso na emergência de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa

Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial misturado com húmus produzido com adição de resíduo verde, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os húmus foram preparados a partir da mistura de esterco bovino, esterco caprino, esterco equino e da mistura destes estercos, sempre adicionados à mistura, resíduo verde composto de folhas de verduras adquiridas na horta do IFES Campus Santa Teresa (alface, repolho e couve), picadas e misturadas aos estercos com minhocas californianas. Quatro meses após a mistura, estes já decompostos, foram misturados ao substrato comercial na proporção de 3:1 e colocados nos tubetes para realização da pesquisa.

Os tratamentos foram compostos pelos substratos: Húmus de bovino + verde, Húmus de caprino + verde, Húmus de equino + verde, Húmus de bovino + caprino + verde, Húmus de bovino + equino + verde.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com Húmus de bovino + caprino + verde obteve os melhores resultados.

Na avaliação da emergência, foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos Húmus de bovino + caprino + verde e Húmus de equino + verde.

Na avaliação do IVE, foi superior estatisticamente aos outros tratamentos de Húmus de bovino + verde, Húmus de equino + verde e Húmus de bovino + caprino + verde. E na TMG, apresentaram o menor tempo para germinação, com superioridade estatística para os outros tratamentos de Húmus de bovino + equino + verde.

Os substratos contendo esterco caprino e o esterco bovino proporcionaram boas condições de crescimento às mudas de mamão, apresentando-se como as melhores opções ao cultivo da frutífera (Alves *et al.,* 2020).

Tabela 1 – Emergência em plântulas de mamão cv. Aliança em diferentes substratos a base de humus misturados de diferentes animais com mistura de material verde

Tratamento	E	IVE	TME
Húmus de bovino + verde	75 b	0,572 a	11,319 d
Húmus de caprino + verde	71 b	0,350 c	12,188 c
Húmus de equino + verde	86 a	0,562 a	13,339 b
Húmus de bovino + caprino + verde	89 a	0,563 a	12,109 c
Húmus de bovino + equino + verde	62 c	0,450 b	17,286 a
CV (%)	26,33	44,69	40,04

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. E= emergência (%); IVE= índice de velocidade de emergência; TME= tempo médio de emergência.

CONCLUSÃO

O tratamento com Húmus de bovino + caprino + verde, obteve os melhores resultados para mamoeiro cv. Aliança, com maior porcentagem de emergência, maior velocidade e em menor tempo.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural **(**PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

ÂNGELO, T.P. Emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança com utilização de substratos orgânicos. **Revista Delos**, v. 18, n. 65, p. 1-12, 2025

PONTE, D.C.; FAUSTINO, C.S.; BECALLI, I.S.; PAIXÃO, M.V.S.; FERNANDES, A.R. Emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança em substratos a base de misturas de resíduos de origem animal. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 2, e1212, 2023. DOI: https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n2-228

SANTOS, V.E; BORSOI, A.C; MOTA, L. A; OLIVEIRA, E.M; PAIXÃO, M.V.S. Substratos minerais na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 2, e1216, 2023. DOI: https://doi.org/10.54751/revistafoco**.v1**6n2-232.

COSTA, E.; SANTOS, L.C.R.; VIEIRA, L.C.R**.** Produção de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos, ambientes de cultivo e recipientes**. Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 528-537, 2009.

MESQUITA, E; CHAVES, L; FREITAS, B.V.; SILVA, G.A.; SOUSA, M.V.R.; ANDRADE, R.A. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 7, p. 58-65, 2012.

SILVA, F.M.; MOTTA. I.; PADOVAN, M.; CARNEIRO, L.; NASCIMENTO, J.; COLOMBO, L.S. Avaliação de substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada para produção de mudas de mamoeiro. In:

Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, 4., 2012, Glória de Dourados. **Anais** *[...]*. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

ALVES, M.M.; VENTUROSO, L.R.; VENTUROSO, L.A.C.; CIPRIANI, L.P.; BRAÚNA, H.N.; FRULAN, L.B. Produção de mudas de mamoeiro em função de diferentes substratos e recipientes / Production of seedlings of papaya from different types of substrates and containers. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, *[S. l.]*, v. 3, n. 3, p. 2761-2774, 2020.

RESÍDUO VERDE MISTURADO AO HÚMUS NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Gabriel Evangivaldo Rocha de Freitas Valle[1]*, Amanda Sarmento Lopes[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Rayna Duda Rocha[1], Hélio Pena de Faria Júnior[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *ogabrielrochavalle@gmail.com

INTRODUÇÃO

A formação de mudas é uma etapa importante para o estabelecimento da cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.), sendo a escolha do substrato diretamente relacionada ao crescimento e à qualidade das plantas produzidas.

Materiais orgânicos têm sido estudados como alternativas aos substratos convencionais, principalmente por apresentarem potencial para fornecer condições adequadas ao desenvolvimento das raízes e à produção de biomassa. Em mamoeiro, misturas contendo materiais orgânicos e vermicomposto têm demonstrado viabilidade para a produção de mudas (Gutiérrez-Campos; Rodríguez-Carrillo, 2026).

Como alternativas para reduzir o custo de produção de mudas, o uso de substratos alternativos produzidos a partir de componentes orgânicos, podem trazer vantagens na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial das mudas, promovendo respostas favoráveis no crescimento das plantas (Sá *et al*., 2013).

Entre esses materiais, os resíduos vegetais apresentam potencial para utilização na composição de substratos, permitindo o reaproveitamento e reduzindo a dependência de materiais comerciais. Entretanto, sua eficiência está relacionada às características físicas e químicas do material e à proporção empregada na mistura, uma vez que fatores como porosidade, retenção de água, pH e disponibilidade de nutrientes interferem no crescimento das plântulas (Poudel *et al*., 2023).

Estudos com resíduos verdes também demonstram que sua combinação com materiais orgânicos estabilizados pode melhorar as propriedades do meio de cultivo e favorecer o desenvolvimento vegetal (Xiao; Bai; Zhang, 2024).

O húmus constitui uma alternativa para complementar substratos orgânicos, devido à presença de matéria orgânica estabilizada e nutrientes disponíveis às plantas. Trabalhos recentes mostram que materiais provenientes da vermicompostagem podem favorecer características como crescimento radicular, altura, diâmetro do caule e produção de biomassa, embora a resposta dependa da quantidade utilizada e da composição da mistura (Manzoor *et al*., 2024; Li *et al*., 2026).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes húmus produzidos com esterco misturado à material folhoso no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial misturado com humus produzido com adição de resíduo verde, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

O húmus foi preparado a partir da mistura de esterco bovino, esterco caprino, esterco equino e da mistura destes estercos, sempre adicionados à mistura, resíduo verde composto de folhas de verduras adquiridas na horta do IFES Campus Santa Teresa (alface, repolho e couve), picadas e misturadas aos estercos com minhocas californiana. Quatro meses após a mistura, estes já decompostos, foram misturados ao substrato comercial na proporção de 3:1 e colocados nos tubetes para realização da pesquisa.

Os tratamentos foram compostos pelos substratos: Húmus de bovino + verde, Húmus de caprino + verde, Húmus de equino + verde, Húmus de bovino + caprino + verde, Húmus de bovino + equino + verde.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: número defolhas (NF), contado todas as folhas da planta; altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes tipos de húmus misturados ao resíduo verde promoveram respostas distintas no crescimento das plântulas de mamoeiro cv. Aliança (Tabela 1). Para número de folhas (NF), o tratamento com

húmus caprino + verde apresentou a maior média, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Comportamento parecido foi observado para altura da plântula (AP), em que o mesmo tratamento apresentou a maior média, seguido pelos tratamentos com húmus bovino + caprino + verde e húmus equino + verde, que não diferiram entre si.

Para diâmetro do coleto (DC), os tratamentos com húmus bovino + caprino + verde e húmus caprino + verde constituíram o grupo estatisticamente superior. O menor valor foi observado no tratamento com húmus bovino + verde, evidenciando diferença entre as fontes de húmus utilizadas na composição do substrato.

No comprimento de raiz (CR), o tratamento com húmus bovino + caprino + verde apresentou a maior média sendo superior estatisticamente aos demais. O húmus caprino + verde apresentou a segunda maior média, enquanto o húmus bovino + verde apresentou o menor crescimento radicular.

Tabela 1 – Crescimento de plântulas de mamão cv. Aliança em diferentes húmus misturado com resíduo verde

Tratamento	NF	AP	DC	CR
Húmus Bovino + verde	6,15 d	6,11 d	1,23 d	11,78 d
Húmus Caprino + verde	8,40 a	7,89 a	1,99 a	13,43 b
Húmus Equino + verde	7,25 b	6,99 b	1,44 c	12,57 c
Húmus Bovino + Caprino + verde	7,35 b	7,56 b	2,04 a	14,41 a
Húmus Bovino + Equino + verde	6,55 c	7,07 c	1,67 b	12,75 c
CV (%)	20,15	12,30	27,06	19,62

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

As diferenças observadas entre os tratamentos podem estar relacionadas à composição dos materiais utilizados na vermicompostagem, uma vez que a origem dos resíduos orgânicos interfere nas propriedades químicas e biológicas do húmus e, consequentemente, na resposta das plantas. O vermicomposto pode favorecer o desenvolvimento vegetal pela disponibilização de nutrientes e melhoria das condições do meio de crescimento, embora sua eficiência dependa da matéria-prima e da proporção utilizada (Manzoor *et al*., 2024). Em análise abrangente sobre o uso de vermicomposto na horticultura, Li *et al*. (2026) observaram efeitos positivos sobre número de folhas, altura e diâmetro de plântulas, com respostas dependentes da concentração empregada. Em mamoeiro, Gutiérrez-Campos e Rodríguez-Carrillo (2026) também demonstraram a viabilidade de misturas contendo vermicomposto como substrato para produção de mudas, reforçando que a composição do meio de cultivo exerce influência direta sobre o crescimento inicial das plantas.

CONCLUSÃO

Os tratamentos com húmus caprino + verde e húmus bovino + caprino + verde proporcionaram os melhores resultados no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

GUTIÉRREZ-CAMPOS, J.M.; RODRÍGUEZ-CARRILLO, A.S. Impact of organic substrates and nutrition on papaya (*Carica papaya* L.) seedling growth. **Journal of Plant Nutrition**, v. 49, n. 3, p. 438–450, 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

LI, F.; REN, Y.; ZHANG, Y.; ZHANG, J.; WANG, X.-X. Exploring the potential of vermicompost in horticulture: a meta-analysis of seedling growth and sustainable cultivation. **Scientia Horticulturae**, v. 357, 114658, 2026.

MANZOOR, A.; NAVEED, M.S.; ALI, R.M.A.; NASEER, M.A.; MAQSOOD UL-HUSSAN, M. SAQIB, M.; HUSSAIN, S.; FAROOQ, M. Vermicompost: A potential organic fertilizer for sustainable vegetable cultivation. **Scientia Horticulturae**, v. 336, 113443, 2024.

POUDEL, P.; DUENAS, A.E.K.; DI GIOIA, F. Organic waste compost and spent mushroom compost as potential growing média components for the sustainable production of microgreens. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1229157, 2023.

SÁ, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MELO, A.S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental,** v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

XIAO, W.; BAI, Y.; ZHANG, L. Feasibility of composted green waste amended by vermiculite and earthworm casts as the growth média for three common ornamental plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, p. 45341-45352, 2024.

RESÍDUO VERDE MISTURADO AO HÚMUS NA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Exebidio de Almeida Junior[1], Rayna Duda Rocha[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Amanda Sarmento Lopes[1], Hélio Pena de Faria Júnior[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *exebidiojr.st@gmail.com

INTRODUÇÃO

A planta de mamão (*Carica papaya* L.) pertence à Família Caricaceae, originária na América do Sul e no sul do México, e é cultivado praticamente em todos os estados do Brasil, mas são nas regiões Sudeste e Nordeste que se encontram instalados os principais polos de produção da fruta, sendo a Bahia e o Espírito Santo responsáveis por cerca de 70% da área e da produção de mamão no país (Incaper, 2022).

O comércio de mudas aparece como uma atividade agrícola em amplo crescimento, fazendo com que a produção de mudas de qualidade proporcione crescimento social com melhor desenvolvimento das famílias agrícolas. A produção de mudas que se apresentam fora do padrão e sem reservas nutricionais possuem pequena chance de resistir às condições adversas de campo com declínio na produção (Carneiro, 1995).

Uma das alternativas propostas para reduzir o custo de produção de mudas, sem comprometer sua qualidade é o uso de substratos alternativos advindos de componentes orgânicos, principalmente para a produção de mudas de frutíferas, que trazem como vantagens a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial das mudas, promovendo, com isso, respostas favoráveis no crescimento das mesmas (Sá *et al*., 2013).

Na busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formação de substratos tem sido frequentemente alvo de estudos que visam o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, a redução do custo de produção, além da mitigação dos impactos ambientais negativos gerados (Araujo *et al.*, 2017).

Uma das técnicas já renomadas para a melhoria da fertilidade e das características físicas do solo é a adubação verde. Dentre as vantagens da utilização dos adubos verdes encontram-se a proteção do solo contra os impactos das gotas de água das chuvas e, também, da incidência direta dos raios solares; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; diminuição da toxicidade do Al e Mn devido ao aumento de complexação; promoção do resgate e da reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo; fixação do N atmosférico pela associação simbiótica entre leguminosas e bactérias fixadoras de N;

inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz (Von Osterroht, 2002). O adubo verde pode ser utilizado associado ou não a outras técnicas de manejo visando o melhor aproveitamento dos nutrientes da sua biomassa.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes húmus produzidos com esterco misturado à material folhoso na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial misturado com húmus produzido com adição de resíduo verde, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

O húmus foi preparado a partir da mistura de esterco bovino, esterco caprino, esterco equino e da mistura destes estercos, sempre adicionados à mistura, resíduo verde composto de folhas de verduras adquiridas na horta do IFES Campus Santa Teresa (alface, repolho e couve), picadas e misturadas aos estercos com minhocas californianas. Quatro meses após a mistura, estes já decompostos, foram misturados ao substrato comercial na proporção de 3:1 e colocados nos tubetes para realização da pesquisa.

Os tratamentos foram compostos pelos substratos: húmus de bovino + verde, húmus de caprino + verde, húmus de equino + verde, húmus de bovino + caprino + verde, húmus de bovino + equino + verde.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com húmus de caprino + verde obteve os melhores resultados.

Tabela 1 – Produção de massa em plântulas de mamão cv. Aliança em diferentes húmus produzidos com esterco misturado a resíduo verde

Tratamento	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
Bovino + verde	0,148 d	0,291 b	0,101 d	0,025 c	0,056 d	0,018 c
Caprino + verde	0,359 a	0,331 a	0,239 a	0,051 a	0,302 a	0,061 a
Equino + verde	0,230 c	0,238 c	0,169 b	0,037 b	0,169 c	0,060 a
Boi + Caprino + verde	0,283 b	0,304 b	0,177 b	0,040 b	0,270 b	0,053 b
Boi + Equino + verde	0,222 c	0,301 b	0,150 c	0,025 c	0,179 c	0,054 b
CV (%)	43,89	24,39	40,92	15,79	67,54	11,54

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$).

Na avaliação da massa verde das folhas o tratamento com húmus caprino com resíduos verde foi superior estatisticamente aos outros tratamentos, sendo o mesmo observado para massa seca das folhas.

Na avaliação de massa verde do caule e na massa seca do caule, o tratamento com húmus de caprino + resíduo verde também apresentou os maiores valores, com médias de 0,239 e 0,051 $g.planta^{-1}$, respectivamente, apresentando-se superior estatisticamente dos demais tratamentos.

Quando avaliada a massa verde da raiz, o tratamento com húmus de caprino + verde foi superior aos demais, com média de 0,302 $g.planta^{-1}$, seguido pelo tratamento com húmus de bovino + caprino + verde, que apresentou 0,270 $g.planta^{-1}$.

Na massa seca da raiz, os tratamentos com húmus de caprino + verde e húmus de equino + verde apresentaram os maiores valores, com médias de 0,061 e 0,060 $g.planta^{-1}$, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, mas sendo superiores aos demais tratamentos.

O melhor desempenho proporcionado pelo húmus com resíduo verde, especialmente o húmus de caprino + verde, pode estar relacionado à maior disponibilidade gradual de nutrientes e à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do substrato. A utilização de materiais orgânicos e resíduos vegetais na composição de substratos favorece o desenvolvimento inicial das mudas e contribui para o reaproveitamento de nutrientes, conforme relatado por Sá *et al*. (2013) e Araujo *et al*. (2017).

CONCLUSÃO

O tratamento com húmus de caprino + verde, obteve os melhores resultados para mamoeiro cv. Aliança, com maior crescimento de plântulas.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, A.K.; ARAÚJO FILHO, J.A.; MARANHÃO, S.R. Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. **Essentia**, Sobral, v. 18, n. 1, p. 2-23, 2017.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, 1995.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011.

INCAPER. **Polos de fruticultura**: mamão. 2022. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/fruticultura. Acesso em: 26/08/2026.

SÁ, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MELO, A.S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental,** v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações**. Agroecologia Hoje**, v. 14, p. 9 -11, 2002.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Mariana Barbosa Coelho[1]*, Livia da Conceição Dias[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Giuliana dos Santos Sperandio[1], Nathalia Redling Gripa[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, IFES Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *marianabretas96@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se como uma das fruteiras tropicais mais importantes para o agronegócio brasileiro, gerando empregos e renda significativos tanto no mercado interno quanto na pauta de exportações, sendo que os estados da Bahia e do Espírito Santo lideram a produção nacional (Silva Júnior; Cunha, 2024). O estabelecimento de lavouras produtivas e uniformes está diretamente condicionado à qualidade fisiológica e sanitária das mudas utilizadas no plantio (Santos *et al*., 2020).

A fase de propagação no viveiro representa uma etapa crucial de todo o processo produtivo, demandando insumos e técnicas de manejo que otimizem a uniformidade e o vigor das plantas jovens comerciais, no entanto, sementes de mamão comumente apresentam desuniformidade e lentidão no processo germinativo, fatores frequentemente associados à presença de substâncias inibidoras na sarcotesta ou a mecanismos de dormência fisiológica. Nesse cenário, o uso de substâncias húmicas tem despertado grande interesse científico e tecnológico na agricultura moderna.

Adicionalmente, o uso de bioestimulantes biológicos e condicionadores orgânicos ricos em substâncias húmicas constitui uma excelente alternativa sustentável e eficiente na produção de mudas. As substâncias húmicas, constituídas por frações de ácidos húmicos, fúlvicos e humina, atuam diretamente sobre a fisiologia vegetal, estimulando a permeabilidade das membranas celulares, o que otimiza a absorção de água e nutrientes pelas raízes e catalisa processos metabólicos enzimáticos cruciais (Dousseau *et al*., 2022ab).

A aplicação de soluções comerciais ricas em frações húmicas em mudas de mamoeiro e em substratos orgânicos tem demonstrado capacidade de acelerar o desenvolvimento do sistema radicular e o acúmulo de biomassa seca, reduzindo o tempo de enviveiramento (Leão, 2023). Pesquisas anteriores confirmam que a fitoestimulação celular induzida por essas substâncias favorece respostas morfológicas consistentes, de forma análoga à aplicação de reguladores vegetais como giberelinas (Santos *et al*., 2023). Portanto, avaliações sistemáticas acerca de diferentes fontes e marcas de condicionadores orgânicos são de extrema valia técnica.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de substâncias húmicas na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S /40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares, ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas: Nutra, Ácido Húmico, Turfagel, Solo Humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis fisiológicas avaliadas demonstraram respostas satisfatórias em todos os tratamentos testados, evidenciando o potencial e a viabilidade dos bioestimulantes no cultivo do mamoeiro. A análise comparativa dos dados apresentados na Tabela 1 revela comportamentos distintos, nos quais todos os produtos promoveram benefícios nítidos ao desenvolvimento vegetativo inicial, com destaque para a otimização de parâmetros de vigor.

Na avaliação de Emergência das plântulas (%), todos os tratamentos avaliados proporcionaram excelentes taxas de estabelecimento, situando-se todas acima de 75%, o que constitui um patamar altamente seguro e produtivo para a implantação de viveiros comerciais de mamão. O tratamento com Ácido Húmico alcançou o resultado estatisticamente mais expressivo, atingindo 87,2% de emergência, superior estatisticamente aos outros tratamentos. Os tratamentos adicionais à base de Turfa Gel (79,2%), Solo Humics (79,4%) e Nutra (80,0%) também apresentaram comportamento satisfatório e estatisticamente equivalente entre si, superando de forma expressiva o desempenho da testemunha (H_2O), que mesmo sem o acréscimo de condicionadores registrou uma taxa favorável de 75,4% (Tabela 1).

Tabela 1 – Substâncias húmicas na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança

Tratamento	E	IVE	TME
H_2O	75,4 c	2,296 c	8,734 a
Turfa Gel	79,2 b	2,272 c	8,715 a
Nutra	80,0 b	2,474 b	8,444 b
Ácido Húmico	87,2 a	2,628 a	8,423 b
Solo Humics	79,4 b	2,286 c	8,734 a
CV (%)	12,37	11,61	4,86

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade; E= emergência das plântulas (%), IVE = índice de velocidade de emergência, TME = tempo médio de emergência.

Para o Índice de Velocidade de Emergência (IVE), em termos de velocidade de emergência, todas as soluções nutricionais e húmicas exerceram efeito benéfico na atividade metabólica das sementes. O tratamento com Ácido Húmico demonstrou a maior eficácia com um índice estatisticamente superior. O tratamento comercial Nutra também evidenciou um desempenho intermediário, posicionando-se de forma vantajosa e superando de forma estatística os tratamentos com Turfa Gel, Solo Humics e a testemunha, que mantiveram entre si valores homogêneos e estáveis (Tabela 1).

No Tempo Médio de Emergência (TME), os tratamentos com Ácido Húmico e Nutra apresentaram maior rapidez de resposta, configurando uma superioridade estatística e acelerando o processo germinativo de forma ideal (Tabela 1).

De forma complementar, os tratamentos compostos por Turfa Gel, Solo Humics e a testemunha H_2O demandaram um tempo de emergência ligeiramente maior. No entanto, todas as sementes sob esses tratamentos iniciaram a emergência após 10 dias, atestando a viabilidade geral e o progresso vigoroso de todas as plântulas avaliadas no estudo.

As substâncias húmicas representam a fração mais ativa e estável da matéria orgânica do solo, atuando como verdadeiros condicionadores fisiológicos e bioestimulantes biológicos. Neste estudo, se destacada a eficiência do Ácido Húmico na taxa de emergência (87,2%) e acelerar o processo reside em sua capacidade molecular de atuar diretamente na respiração celular e na permeabilidade de membranas das sementes (Paixão *et al*., 2023).

Esse processo fisiológico otimiza a embebição, ativando rotas enzimáticas cruciais (como a quebra de amido e lipídios de reserva) e facilitando a protrusão radicular em menos tempo. Este padrão positivo de fitoestimulação celular se assemelha e complementa os efeitos observados pela aplicação exógena de reguladores vegetais de crescimento, como as giberelinas, amplamente conhecidas por promover uniformidade e superar entraves fisiológicos na germinação de sementes de mamoeiro, conforme detalhado por (Coutinho *et al*., 2023).

Paralelamente, a incorporação de insumos orgânicos de alta qualidade e o balanceamento nutricional no substrato são primordiais para que a emergência ocorra de forma rápida, homogênea e sem toxicidades ao

sistema radicular sensível do mamoeiro, estabelecendo bases fisiológicas robustas no viveiro (Paixão *et al*., 2012).

Os tratamentos húmicos utilizados neste experimento viabilizaram a formação acelerada de mudas, garantindo que as plântulas alcancem o diâmetro de coleto e a altura foliar recomendados de forma otimizada. Esse sincronismo fisiológico permite reduzir o período de permanência das plântulas nos recipientes do viveiro, minimizando os custos operacionais e maximizando o aproveitamento da área física de produção de mudas, como enfatizado nos estudos de desenvolvimento de mudas de mamoeiro conduzidos por (Grobério *et al*., 2024).

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação, sendo que para emergência das plântulas os melhores resultados para cv. Aliança foi com o Ácido Húmico.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

COUTINHO, M.E.D.; LAUVERS, F.S.; CARRARA, J.A.M.; PAIXÃO, M.V.S.; MEIRELES, R.C. Giberelina na germinação de sementes de mamão cv. Golden. **Revista Foco**, v. 16, n. 3, e1295, 2023.

DOUSSEAU, S.; BRANDÃO, C.T.F.; BRANDÃO, T.M.S.; SIMON, C.A.; PEREIRA, L.D.B. Substâncias húmicas na qualidade de mudas do mamoeiro Tainung. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 8., 2022, Linhares. **Anais...** Vitória, ES: Incaper, 2022a. p. 444-448.

DOUSSEAU, S.; BRANDÃO, T.M.S.; SIMON, C.A.; OLIVEIRA NETO, E.B. Substâncias húmicas no desenvolvimento de mudas do mamoeiro Tainung. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 8., 2022, Linhares. **Anais...** Vitória, ES: Incaper, 2022b. p. 581-586.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

GROBÉRIO, R.B.C.; PAIXÃO, M.V.S.; DE OLIVEIRA, E.M.; FERNANDES, A.R.; MATIELLO, H.N.; MEIRELES, R.C. Desenvolvimento de mudas de mamão em diferentes tamanhos de recipientes após o período ideal de plantio**. Aracê**, v. 6, n. 3, p. 9086-9095, 2024.

LEÃO, C.S. **Crescimento de mudas de mamoeiro Sunrise Solo cv. Golden em substratos orgânicos com adição de turfa líquida**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, 2023.

PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATIELLO, H.N.; FERREGUETTI, G.A.; ALEXANDRE, R.S. Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro**. Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1105-1112, 2012.

SANTOS, N.; FREIRE, J.; SILVA, J.; BARRETO NETO, J.; DIAS, C.; NASCIMENTO, G. Qualidade de mudas de mamoeiro Formosa (*Carica papaya* L.) produzidas em substratos com rejeitos de mica na composição e fertilização

com urina de vaca. **Revista Principia**, v. 52, n. 1, p. 9-19, 2020.

SANTOS, V.E.; BORSOI NETO, A.C.; MOTA, L.A.; OLIVEIRA, E.M.; PAIXÃO, M.V.S. Substratos minerais na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança. **Revista Foco**, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2023.

SILVA JÚNIOR, S.L.; CUNHA, W.V. Avaliação de germinação de sementes de *Carica papaya* L. submetidas a diferentes tratamentos. **Revista Perquirere**, v. 21, n. 2, p. 31-36, 2024.

SUBSTÂNCIA HÚMICAS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA

Amanda Silva Alves[1]*, Matheus Levi Santos Andrade[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Breno José Thomas[1], Isabel dos Santos Pereira[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *amandaalvesacade@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira tropical de elevada relevância socioeconômica, destacando-se o Brasil entre os maiores produtores e exportadores mundiais da cultura. Dentre o germoplasma comercializado, a cultivar Formosa possui ampla aceitação no mercado devido ao sabor, à durabilidade de pós-colheita e ao alto valor comercial dos frutos. Para a consolidação do potencial produtivo dessa frutífera, o estabelecimento de estandes homogêneos e vigorosos em campo é determinante, o que torna a fase de formação e produção de mudas com alto padrão fisiológico um requisito indispensável para a cadeia produtiva (Dantas; Morales, 2000).

A etapa de emergência das plântulas é considerada uma das fases mais críticas no processo de propagação do mamoeiro, exercendo influência direta na uniformidade e no tempo de permanência das mudas no viveiro. Sementes da espécie frequentemente apresentam emergência lenta e desuniforme, o que é atribuído à interferência de impedimentos físicos e metabólicos impostos por invólucros como a sarcotesta e pela presença de inibidores germinativos nativos (Paixão *et al.*, 2020; Paixão *et al.*, 2023). Dessa forma, a aplicação de técnicas e tratamentos pré-germinativos voltados à superação de entraves fisiológicos e ao estímulo da taxa de emergência representa uma estratégia fundamental para otimizar os processos do setor viveirista.

Fisiologicamente, o sucesso do processo germinativo e da subsequente emergência é desencadeado pela hidratação inicial dos tecidos e pela rápida reativação do metabolismo embrionário. Essa embebição estimula a síntese enzimática e a quebra de reservas armazenadas no endosperma, fornecendo os substratos energéticos e metabólicos necessários para a elongação do eixo embrionário e a elevação do hipocótilo. Intervenções exógenas que potencializem a permeabilidade das membranas e a eficiência do transporte de substâncias no interior das sementes tendem a acelerar os eventos bioquímicos iniciais, resultando em menor tempo médio de emergência das plântulas (Qin; Leskovar, 2020).

A utilização de biostimulantes contendo substâncias húmicas sob a forma de biofertilizantes e condicionadores tem demonstrado alto potencial no aprimoramento do vigor e na resposta germinativa de frutíferas tropicais (Paixão *et al.*, 2012; Canellas *et al.*, 2015). Constituídas predominantemente por ácidos

húmicos e fúlvicos, essas substâncias atuam na modulação metabólica e na permeabilização das membranas celulares de forma semelhante à ação de fito-hormônios endógenos. O condicionamento das sementes em soluções húmicas favorece a dinâmica de absorção hídrica e a prontidão do embrião, culminando em maiores índices e velocidade de emergência das plântulas em ambiente protegido.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas a seguir: nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, podemos observar que na avaliação da emergência, os tratamentos Nutra, Turfagel e Solo Humics foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos. Na avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE), os tratamentos Nutra e Turfagel apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos. Quando avaliamos o tempo médio de emergência (TME), os tratamentos Ácido Húmico, Nutra e Turfagel apresentaram superioridade estatística em relação aos demais tratamentos, proporcionando a emergência das plântulas em menor tempo (Tabela 1).

A resposta positiva proporcionada pelos condicionadores orgânicos reforça o papel do tratamento pré-

germinativo na otimização do estande inicial da cultura (Paixão *et al.*, 2020). Esses resultados evidenciam que o acondicionamento adequado das sementes minimiza as perdas por desuniformidade e favorece a prontidão emergencial em viveiro, conforme detalhado nos índices comparativos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Substâncias húmicas na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Formosa

Tratamento	E	IVE	TME
H_2O	84,8 c	6,932 c	5,037 a
Turfa Gel	88,0 a	8,120 a	3,707 b
Nutra	88,8 a	8,322 a	3,603 b
Ácido Húmico	86,4 b	7,024 b	3,600 b
Solo Humics	88,0 a	6,929 c	5,022 a
CV	9,33	12,38	19,40

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. E= emergência das plântulas (%), IVE = índice de velocidade de emergência, TME = tempo médio de emergência.

A superioridade observada nos tratamentos Nutra e Turfagel para a emergência, velocidade e menor tempo médio de emergência pode ser atribuída à ação bioestimulante das substâncias húmicas. Essas substâncias aumentam a permeabilidade das membranas celulares da semente, favorecendo a absorção rápida de água e ativando precocemente o metabolismo embrionário e a mobilização de reservas (Paixão *et al.*, 2012; Canellas *et al.*, 2015; Paixão *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação, sendo que para emergência das plântulas os melhores resultados para cv. Formosa foram com os produtos Turfagel e Nutra.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae, v. 196, p. 15-27, 2015.

DANTAS, J.L.L.; MORALES, C.F.G. **A cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATTIELLO, H.N. Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 34, n. 4, p. 1105-1112, 2012.

PAIXÃO, M.V.S.; GROBÉRIO, R.B.C.; FERNANDES, A.R.; FARIA JÚNIOR, H.P.; MEIRELES, R.C.; SOUSA, G.B. Bovine manure and fertilizer in emergency and initial development of papaya seedlings. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 59048-59057, 2020.

PAIXÃO, M.V.S.; MEIRELES, R.C. Giberelina na germinação de sementes de mamão cv. Golden. Revista Foco, v. 16, n. 3, e1295, 2023.

QIN, K.; LESKOVAR, D.I. Humic substances improve vegetable seedling quality and post-transplant yield performance under stress conditions. Agriculture, v. 10, n. 7, p. 254, 2020.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUÇÃO DE RAÍZES EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA

Matheus Levi Santos Andrade[1]*, Amanda Silva Alves[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], João Victor Baptista Silveira[2], Diego Ismael Rocha[2]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES; [2]Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. *andradelevi123@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruteira de importância econômica, cultivada em regiões de climas tropical e subtropical. A produção de mudas, proporciona a condições adequadas para o desenvolvimento inicial das plantas é fundamental para garantir um bom estabelecimento após o transplantio. Nesse período, a formação de um sistema radicular bem desenvolvido é importante para a absorção de água e nutrientes e para o crescimento da planta. Entre os fatores que podem favorecer o bom desenvolvimento está o uso de substâncias húmicas, que apresenta potencial para estimular o crescimento vegetal e promover alterações no sistema radicular.

Estudos recentes apontam que essas substâncias podem influenciar características como comprimento, volume e formação das raízes laterais, embora a resposta possa variar de acordo com a espécie a fonte e a concentração utilizada (Qin; Leskovar, 2020; Tavares *et al*., 2021).

Em mamoeiro, resultados de estudos recentes também indicam efeitos positivos da aplicação de substâncias húmicas e ácidos húmicos para o desenvolvimento das mudas (Andrade *et al.*, 2022; Targino *et al.*, 2023).

A avaliação do sistema radicular permite identificar diferenças no desenvolvimento das plantas que sempre são observadas visualmente. Características como comprimentos, área, diâmetro, volume e número de radicelas fornece informações importantes sobre a formação e o desenvolvimento das raízes, podendo ser avaliadas por meio de sistemas de análises de imagens, como o WinRHIZO. Considerando a importância de um sistema radicular bem desenvolvido para a formação e o estabelecimento de mudas de mamoeiro e o potencial de substâncias húmicas no desenvolvimento vegetal.

As substâncias húmicas são amplamente reconhecidas por sua ação bioestimulante, promovendo alterações fisiológicas que favorecem o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Seus efeitos estão relacionados ao estímulo da atividade radicular, ao aumento da absorção de nutrientes e à modulação de processos metabólicos importantes para o desenvolvimento das plantas (Canellas *et al*., 2015).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de raízes em plântulas de mamoeiro cv. Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas a seguir: nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento (cm), área (cm^2), diâmetro médio (mm), volume (cm^3), número de radicelas, avaliados com utilização do aparelho WinRHIZO por análise de imagem.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que na avaliação do comprimento total e área marcada que o tratamento Solo Húmics foi superior estatisticamente aos outros tratamentos. Na avaliação do diâmetro médio, o tratamento turfa gel não teve diferença estatística aos outros tratamentos. Quando avaliamos o volume, o tratamento Solo Humics apresentou superioridade estatística aos outros tratamentos.

Ao avaliarmos o número de radicelas, observa-se que o tratamento Solo Humics apresentou superioridade estatística, com 99,2 radicelas, enquanto o Ácido Humico apresentou o menor resultado, com 46,8 radicelas (Tabela 1).

O maior desenvolvimento observado no tratamento de Solo Humics pode estar relacionado a ação das substâncias húmicas sobre a arquitetura das raízes, favorecendo o crescimento e ramificação (Canellas; Olivares, 2014). Resultados com diferentes fontes de ácidos húmicos também demonstram que a resposta radicular pode variar conforme as características do produto utilizado (Ding *et al*., 2026).

Tabela 1 – Substâncias húmicas na produção de raiz em plântulas de mamoeiro cv. Formosa

Tratamento	Comprimento total (cm)	Área (cm^2)	Diâmetro médio (mm)	Volume (cm^3)	Número de radicelas
H_2O	39,51 b	7,441 b	0,573 a	0,171 b	69,2 b
Nutra	39,84 b	7,598 b	0,576 a	0,165 b	66,4 b
Ácido Húmico	28,77 c	4,811 d	0,653 b	0,101 d	46,8 c
Turfa Gel	30,68 c	6,003 c	0,594 a	0,132 c	67,8 b
Solo Humics	53,59 a	9,603 a	0,574 a	0,198 a	99,2 a
CV (%)	45,24	46,18	21,73	40,97	41,08

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

De acordo com as Figuras 1-A, B, C, D e E, podemos observar o desenvolvimento do caule de acordo com os tratamentos utilizados. As Figuras 1-B e E apresentam o melhor desenvolvimento nas variáveis avaliadas na pesquisa.

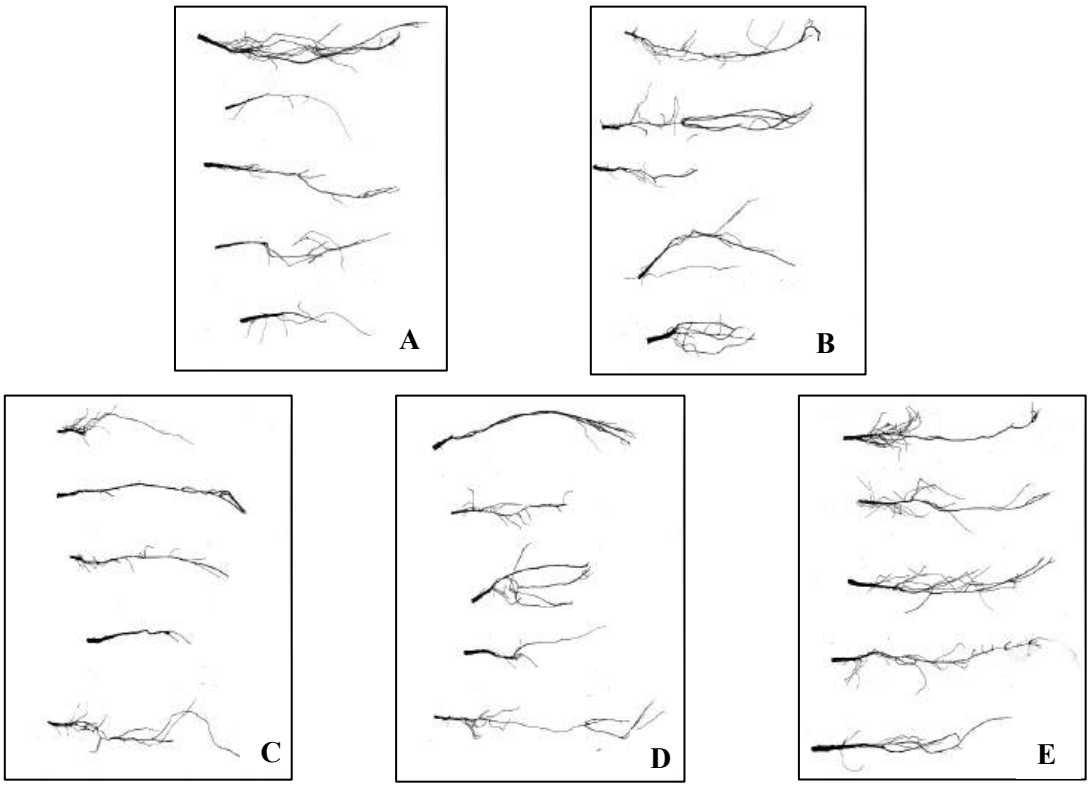


Figura 1 – Imagem A – Água; Imagem B - Nutra; Imagem C - Ácido húmico; Imagem D - Turfagel; Imagem E - Solo Humics.
Fonte: análise de imagem por WinRHIZO, Universidade Federal de Viçosa (2026).

Considerando as imagens apresentadas e o resultado da estatística, o Solo Humics apresentou maior número de radicelas, com maior comprimento, área e volume.

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação, sendo que para produção de raízes os melhores resultados foram obtidos com o produto Solo Humics.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e à Universidade Federal de Viçosa pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, H.A.F.; MACHADO, N.A.F.; OLIVEIRA, A.R.F.; SILVA, R.A.; SOUZA, A.C.; SANTOS, D.M. Effect of substrate of carnauba residue with humic substances on seedling production of papaya cultivar 'Golden'. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 53, n. 7, p. 902-912, 2022.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 3, 2014.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015.

DING, Z.; GUO, R.; TUHETI, A.; SHAO, H.; GE, C.; ZHANG, J. Root functional traits dominate maize seedling growth responses to different humic acids. **Frontiers in Plant Science**, v. 17, 1908981, 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

QIN, K.; LESKOVAR, D.I. Humic substances improve vegetable seedling quality and post-transplant yield performance under stress conditions. **Agriculture**, v. 10, n. 7, p. 254, 2020.

TAVARES, O.C.H.; SANTOS, L.A.; FILHO, D.F.SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Response surface modeling of humic acid stimulation of the rice (*Oryza sativa* L.) root system**. Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 8, p. 1046-1059, 2021.

TARGINO, V.A.; LOPES, A.S.; SOUSA, V.F.O. SILVA, F.H.L.; LACERDA, C.F.; GHEYI, H.R. Crescimento e fisiologia de mudas de mamoeiro 'Sunrise' em resposta à salinidade e ácido húmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 27, n. 5, p. 352-358, 2023.

SUBSTÂNCIA HÚMICAS NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Livia da Conceição Dias[1]*, Mariana Barbosa Coelho[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Karen Gomes Fernandes[1], Luiz Felipe da Silva[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *liviadias662@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) apresenta importância econômica para a fruticultura brasileira, sendo a produção de mudas uma etapa fundamental para o estabelecimento adequado da cultura. A qualidade das mudas está diretamente relacionada às condições de cultivo durante a fase inicial de desenvolvimento, sendo importante a utilização de materiais que favoreçam o crescimento equilibrado da parte aérea e do sistema radicular. Estudos realizados com a cultura demonstram que diferentes condições de substrato podem influenciar a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas de mamoeiro (Paixão *et al*., 2012; Paixão *et al*., 2025).

As substâncias húmicas constituem uma importante fração da matéria orgânica e podem apresentar efeitos sobre as características físicas, químicas e biológicas do ambiente de cultivo, contribuindo para o desenvolvimento das plantas. A utilização de fontes orgânicas na produção de mudas pode favorecer principalmente o desenvolvimento do sistema radicular, característica importante para a formação de plantas com maior capacidade de estabelecimento (Targino *et al*., 2023).

Paixão *et al*. (2012), avaliando diferentes frações orgânicas e minerais na produção de mudas de mamoeiro, demonstraram que a composição do material utilizado no cultivo influencia o desenvolvimento das plantas. Resultados mais recentes também reforçam a importância da escolha adequada dos materiais utilizados na produção de mudas de mamoeiro, uma vez que diferentes substratos podem proporcionar respostas distintas durante a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas (Paixão *et al*., 2025).

A utilização de substâncias húmicas pode constituir uma alternativa para favorecer o crescimento das mudas, especialmente do sistema radicular. Entretanto, a resposta das plantas pode variar de acordo com a fonte utilizada e com a característica avaliada, tornando importante avaliar diferentes fontes de substâncias húmicas sobre o crescimento de plântulas de mamoeiro, buscando identificar produtos que possam contribuir para a formação de mudas de melhor qualidade.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de substâncias húmicas no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Aliança retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas a seguir: nutra, ácido húmico, turfagel, solo húmicas e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número de folhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que as substâncias húmicas não apresentaram eficiência na produção de parte aérea das plântulas, com melhor efeito na produção de raízes.

Na avaliação do número de folhas, o tratamento água pura foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da altura da plântula o tratamento com água pura (H_2O pura) apresentou a maior altura de plântula, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, apenas o tratamento com nutra foi inferior estatisticamente aos outros tratamentos, sendo que os outros tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si.

Na avaliação do comprimento da raiz, os tratamentos com substâncias húmicas não apresentaram diferença estatística entre si sendo superiores estatisticamente à água pura, que apresentou o menor

comprimento de raiz.

Tabela 1 – Substâncias húmicas no crescimento de plântulas de mamão cv. Aliança

Tratamentos	NF	AP	DC	CR
H_20 pura	4,40 a	6,380 a	1,430 a	10,375 b
Nutra	3,60 b	5,775 c	1,110 b	11,350 a
Turfa	3,45 b	5,945 b	1,430 a	11,155 a
Solo Húmico	3,50 b	5,950 b	1,085 a	11,440 a
Ac. Húmico	3,35 b	5,615 d	1,095 a	11,540 a
CV (%)	17,43	11,56	30,09	19,01

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

Para o comprimento da raiz, observamos comportamento favorável nos tratamentos com substâncias húmicas, que apresentaram maior desenvolvimento radicular em comparação à testemunha. Entre os produtos avaliados, o ácido húmico proporcionou o maior crescimento das raízes, seguido pelo solo húmico, nutra e turfa. Esse resultado indica que a utilização de substâncias húmicas pode favorecer o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas de mamoeiro.

Esse efeito também foi observado por Targino *et al*. (2023), que verificaram influência do ácido húmico sobre o crescimento de mudas de mamoeiro 'Sunrise'. A maior resposta das raízes em relação às características da parte aérea demonstra que os produtos avaliados apresentaram maior efeito sobre o desenvolvimento radicular das plântulas de mamoeiro cv. Aliança nas condições deste experimento.

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação na produção de raiz, sendo que para produção de parte aérea das plântulas os melhores resultados para cv. Aliança foi com a água pura.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATTIELLO, H.N.; FERREGUETTI, G.A.; ALEXANDRE, R.S. Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 34, n. 4, p. 1105-1112, 2012

PAIXÃO, M.V.S.; ÂNGELO, T.P.; LOPES, A.S.; FERNANDES, A.R.; OLIVEIRA, E.M.; ROCHA, R.D**.** Substratos orgânicos na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan. **Revista Delos**, Curitiba, v. 18, n. 65, e4321, 2025.

TARGINO, V.A.; LOPES, A.S.; SOUSA, V.F.O.; HENSCHEL, J.M.; SILVA, J.H.B.; RODRIGUES, L.S.; MEDEIROS, W.J.F.; BATISTA, D.S.; DIAS, T.J. Crescimento e fisiologia de mudas de mamoeiro 'Sunrise' em resposta à salinidade e ácido húmico**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 352-358, 2023.

SUBSTÂNCIA HÚMICAS NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. THB

Gabrielly Gomes de Oliveira Deorce[1]*, Pedro Henrique Correia[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], José Carlos Souza Vieira[1], Kamilly Rodrigues Milanesi[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *deorcegabrielly22@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma das frutas mais apreciadas e consumidas no Brasil, com destaque para o estado do Espírito Santo, onde a cultura tem grande importância econômica e social (Martins; Costa 2003). A produção capixaba de mamão em 2022 foi de 426.616 toneladas, representando 38,5% da produção nacional (IBGE, 2023).

O fruto é rico em nutrientes como vitamina A, vitamina C e licopeno, além de possuir propriedades digestivas devido à presença da enzima papaína (Serrano; Cattaneo, 2010). Apesar do crescimento constante da produção nos últimos anos, um dos gargalos do cultivo ainda é a obtenção de mudas de alta qualidade e com custo acessível aos produtores.

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo do mamoeiro, pois dela depende o desempenho final das plantas no pomar (Trindade *et al.*, 2000). Mudas bem formadas, com alto vigor e sanidade, têm maior chance de sobrevivência no campo e garantem plantas mais produtivas e rentáveis. A qualidade das mudas é um fator importante para o estabelecimento inicial da cultura, sendo influenciada pelas características do substrato utilizado durante sua produção (Lima *et al.,* 2016).

As substâncias húmicas, derivadas da matéria orgânica decomposta, têm demonstrado efeitos bioestimulantes em diversas culturas, melhorando a germinação, o enraizamento e o crescimento inicial das plantas (Baldotto *et al*., 2011). Seus efeitos estão relacionados ao estímulo da atividade radicular, ao aumento da absorção de nutrientes e à modulação de processos metabólicos importantes para o desenvolvimento vegetal (Canellas *et al*., 2015).

Apesar do potencial das substâncias húmicas para a produção de mudas, ainda são escassos os estudos sobre sua aplicação na cultura do mamoeiro, especialmente nas condições do Espírito Santo. A maioria dos viveiristas ainda utiliza adubos minerais convencionais, que podem ser menos eficientes e mais onerosos a longo prazo (Paixão *et al*., 2012).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de substâncias húmicas no crescimento de plântulas de mamoeiro cv. THB.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. THB retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas na concentração de 5% diluídas em água conforme a seguir: nutra, Inovak, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP), determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros; número defolhas (NF), contado todas as folhas da planta; diâmetro do coleto (DC), medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital (mm); comprimento da raiz (CR), determinada a partir do coleto até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, podemos observar que as substâncias húmicas apresentaram eficiência na produção de parte aérea das plântulas, com melhor efeito na produção de raízes.

Na avaliação do número de folhas, os tratamentos Turfagel e Ácido Húmico foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da altura da plântula, o tratamento Inovak foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Quando avaliamos o diâmetro do coleto, os tratamentos Ácido Húmico e Turfagel apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos.

Na avaliação do comprimento da raiz, o tratamento Inovak foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Substâncias húmicas no crescimento de plântulas de mamão cv. THB

Tratamentos	NF	AP	DC	CR
H20	3,53 c	5,61 b	2,68 c	15,26 b
Inovak	3,93 b	6,44 a	3,28 b	17,04 a
Turfagel	6,00 a	3,00 c	3,86 a	13,08 c
Ac. Húmico	5,32 a	3,05 c	4,20 a	2,13 d
Solo Húmics	4,00 b	5,66 b	3,17 b	15,24 b
Nutra SW	4,06 b	5,55 b	2,59 c	14,84 b
CV (%)	23,12	21,08	33,27	24,50

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NF = número de folhas; AP = altura da plântula (cm); DC = diâmetro do coleto (cm); CR = comprimento de raiz (cm).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os efeitos positivos das substâncias húmicas no crescimento e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro relatados na literatura. Baldotto e Baldotto (2014) verificaram que a aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos em substrato favoreceu o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'.

O maior número de folhas observado nos tratamentos Turfagel e Ac. Húmico pode estar relacionado à capacidade das substâncias húmicas de estimular a divisão celular e a diferenciação de tecidos foliares (Canellas *et al*., 2015). Além disso, as substâncias húmicas podem aumentar a absorção de nutrientes pelas raízes, favorecendo a produção de fotoassimilados e o crescimento da parte aérea (Baldotto *et al*., 2011).

O tratamento Inovak se destacou na promoção do crescimento em altura das plântulas e no comprimento das raízes. Esse resultado pode ser atribuído à presença de ácidos fúlvicos nesse produto, que são conhecidos por estimular o alongamento celular e o desenvolvimento do sistema radicular (Canellas *et al*., 2015). Um sistema radicular mais extenso e ramificado aumenta a capacidade de absorção de água e nutrientes, favorecendo o crescimento da parte aérea (Baldotto; Baldotto, 2014).

O maior diâmetro do coleto observado nos tratamentos Ácido Húmico e Turfagel sugere que essas substâncias húmicas podem ter estimulado a expansão celular e o acúmulo de biomassa na região do colo das plântulas (Zandonadi *et al*., 2014). O diâmetro do coleto é um indicador de qualidade de mudas, estando relacionado à capacidade de sobrevivência e ao crescimento inicial no campo (Paixão *et al*., 2012).

Esses resultados evidenciam o potencial das substâncias húmicas como bioestimulantes na produção de mudas de mamoeiro, podendo contribuir para a obtenção de plântulas mais vigorosas e com melhor desempenho no campo. No entanto, é importante ressaltar que a eficiência das substâncias húmicas pode variar em função da origem do material, da dose aplicada e das condições de cultivo (Canellas *et al*., 2015), sendo necessários mais estudos para ajustar as recomendações de uso para a cultura do mamoeiro.

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação na produção de raiz, sendo que para altura da plântula e comprimento da raiz, o tratamento com Inovak apresentou o melhor resultado.

Para altura do número de folhas e diâmetro do coleto os tratamentos com Turfagel e Ácido húmico apresentaram os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

BALDOTTO, L.E.B.; BALDOTTO, M.A. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, supl., p. 856-881, 2014.

BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; BALDOTTO, L.E.B.; CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X. Desempenho inicial do abacaxizeiro e aproveitamento do fosfato natural aplicado com compostos orgânicos nas axilas foliares. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 58, n. 3, p. 393-401, 2011.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil. Acesso em: 17 jun. 2026.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

PAIXÃO, M.V.S. **Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro cv. THB.** 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012.

ROSE, M.T.; PATTI, A.F.; LITTLE, K.R.; BROWN, A.L.; JACKSON, W.R.; CAVAGNARO, T.R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 124, p. 37-89, 2014.

ZANDONADI, D.B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

SUBSTÂNCIA HÚMICAS NA PRODUÇÃO DE CAULE EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. FORMOSA

Breno José Thomas[1]*, Matheus Levi Santos Andrade[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], João Victor Baptista Silveira[2], Diego Ismael Rocha[2]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, IFES Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES; [2] Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. *brenothomas7@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera de expressiva importância econômica e social para o Brasil, especialmente nas regiões de clima tropical. Entre os materiais cultivados, destacam-se aqueles do grupo Formosa, caracterizados pela produção de frutos maiores e amplamente destinados aos mercados interno e externo. O estabelecimento de pomares produtivos depende da utilização de mudas vigorosas, com caule bem desenvolvido e capazes de suportar as condições de transplantio, sendo a qualidade do substrato e o manejo nutricional fatores determinantes nessa fase (Mendonça *et al*., 2006; Costa Júnior *et al*., 2017).

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo do mamoeiro, pois dela depende o desempenho final das plantas no pomar (Trindade *et al.*, 2000). Mudas bem formadas, com alto vigor e sanidade, têm maior chance de sobrevivência no campo e garantem plantas mais produtivas e rentáveis. A qualidade das mudas é um fator importante para o estabelecimento inicial da cultura, sendo influenciada pelas características do substrato utilizado durante sua produção (Lima *et al*., 2016).

As substâncias húmicas constituem uma alternativa para estimular o crescimento vegetal, pois podem favorecer a disponibilidade de nutrientes, o metabolismo das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea (Canellas *et al*., 2015). Entretanto, seus efeitos variam de acordo com a origem, a concentração e a forma de aplicação do produto, além da espécie e do estádio de desenvolvimento da planta.

As substâncias húmicas surgem como uma alternativa promissora para a produção de mudas de mamoeiro. Essas substâncias, derivadas da matéria orgânica decomposta, têm demonstrado efeitos bioestimulantes em diversas culturas, melhorando a germinação, o enraizamento e o crescimento inicial das plantas (Baldotto *et al.*, 2011). Os ácidos húmicos e fúlvicos, frações das substâncias húmicas, atuam sobre a fisiologia das plantas, estimulando a absorção de nutrientes, a fotossíntese e a síntese de enzimas e hormônios vegetais (Canellas *et al.*, 2015), além disso, as substâncias húmicas melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (Zandonadi *et al.*, 2014).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes produtos à base de substâncias húmicas sobre a produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Formosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Formosa retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas: nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento (cm), área (cm^2), diâmetro médio (mm), volume (cm^3), avaliados com utilização do aparelho WinRHIZO por análise de imagem.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo às pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que na avaliação do comprimento total e área ocupada, Nutra e Turfa Gel foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação do diâmetro médio, os tratamentos H_2O, Nutra, Turfa Gel e Solo Humics apresentaram superioridade estatística ao tratamento Ácido Húmico. Quando avaliamos o volume, os tratamentos Nutra, Turfa Gel e Solo Humics apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos (Tabela 1).

De acordo com as Figuras 1-A, B, C, D e E, podemos observar o desenvolvimento do caule de acordo com os tratamentos utilizados. As Figuras 1-B e D apresentam o melhor desenvolvimento nas variáveis avaliadas na pesquisa.

Tabela 1 – Substâncias húmicas na produção de caule em plântulas de mamoeiro cv. Formosa

Tratamento	Comprimento (cm)	Area (cm^2)	Diâmetro médio (mm)	Volume (cm^3)
H_2O	7,215 b	4,249 b	1,833 a	0,211 b
Nutra	7,680 a	4,538 a	1,854 a	0,232 a
Ácido Húmico	6,831 c	3,593 c	1,643 b	0,162 c
Turfa Gel	7,698 a	4,570 a	1,878 a	0,239 a
Solo Humics	7,207 b	4,276 b	1,880 a	0,230 a
CV (%)	13,74	27,08	14,88	41,55

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

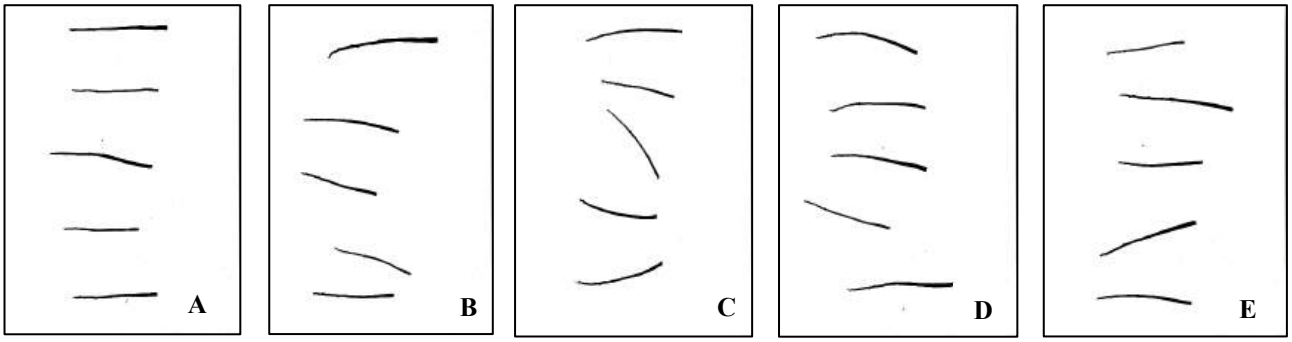


Figura 1 - Imagem A – Água; Imagem B – Nutra; Imagem C – Ácido Húmico; Imagem D – Turfa Gel; Imagem E – Solo Humics.
Fonte: análise de imagem por WinRHIZO, Universidade Federal de Viçosa (2026).

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação na produção de caule, sendo que os melhores resultados foram com os produtos Nutra e Turfa Gel.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; BALDOTTO, L.E.B.; CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X. Desempenho inicial

do abacaxizeiro e aproveitamento do fosfato natural aplicado com compostos orgânicos nas axilas foliares. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 393-401, 2011.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015.

COSTA JÚNIOR, E.S.; MATIAS, S.S.R.; MORAIS, D.B.; SOUSA, S.J.C.; ARAÚJO, A.S.F. Produção de mudas de *Carica papaya*, tipo Formosa, com resíduos de pau de buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 50-59, 2017.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

LIMA, J.F.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S.; DANTAS, J.L.L. Evaluation of different substrates on the production of papaya seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, e-848, 2016.

MENDONÇA, V.; ABREU, N.A.A.; SOUZA, H.A.; TEIXEIRA, G.A.; HAFLE, O.M.; RAMOS, J.D. Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de mamoeiro Formosa**. Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 457-462, 2006.

TRINDADE, A.V.; FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1389-1394, 2000.

ZANDONADI, D.B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. ALIANÇA

Karen Gomes Fernandes[1]*, Livia da Conceição Dias[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Mariana Barbosa Coelho[1], Luis Fernando Buldrine Boina[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *gfernandeskaren@gmail.com

INTRODUÇÃO

A formação de mudas é uma das etapas importantes para o estabelecimento da cultura do mamoeiro, uma vez que o manejo adotado nesse período interfere no crescimento inicial das plantas. Para a cv. Aliança, estudos recentes têm buscado alternativas capazes de favorecer o desenvolvimento das mudas e o acúmulo de biomassa durante essa fase (Ramos *et al.*, 2025).

Entre os produtos utilizados com essa finalidade estão as substâncias húmicas, que podem atuar como bioestimulantes e promover respostas relacionadas ao crescimento radicular e à absorção de nutrientes. Esses efeitos, entretanto, não são constantes e podem variar conforme a origem e a composição do material húmico, a concentração empregada e a forma de aplicação (Jindo *et al.*, 2020).

Em mamoeiro, Dias *et al.* (2020) observaram respostas no crescimento e em características fisiológicas de mudas submetidas à aplicação de substâncias húmicas sob diferentes níveis de salinidade. Targino *et al.* (2023) também verificaram efeito do ácido húmico sobre o crescimento de mudas de mamoeiro 'Sunrise' irrigadas com água salina. Como esses estudos envolveram cultivares, doses e condições de aplicação distintas, a resposta às substâncias húmicas não deve ser generalizada para outras condições de cultivo.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de substâncias húmicas na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. Aliança.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Santa Teresa, localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, município de Santa Teresa-ES, nas coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, a 155 m de altitude. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão, segundo a classificação de Köppen (Álvares *et al.*, 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

Foram utilizadas sementes de mamoeiro cv. Aliança, retiradas de frutos fisiologicamente maduros provenientes de plantas de um pomar localizado em Linhares-ES. Após a retirada da sarcotesta, as sementes foram colocadas para secar à sombra e, posteriormente, semeadas em tubetes de 150 mL contendo substrato comercial, utilizando-se uma semente por tubete.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento. Os tratamentos foram constituídos por nutra, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha, com as sementes imersas nos respectivos tratamentos durante 60 minutos.

Noventa dias após a emergência da primeira plântula, foram avaliadas as seguintes variáveis: massa verde das folhas (MVF), massa seca das folhas (MSF), massa verde do caule (MVC), massa seca do caule (MSC), massa verde das raízes (MVR) e massa seca das raízes (MSR). Para determinação da MVF, as folhas foram separadas do caule e pesadas em balança semi-analítica. Para obtenção da MSF, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h, sendo posteriormente pesadas.

Para determinação da MVR, as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e pesadas em balança semi-analítica. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72h, sendo posteriormente pesadas para determinação da MSR. Para obtenção da MVC, os caules, após a separação das folhas e raízes, foram pesados em balança analítica e acondicionados em sacos de papel. Posteriormente, foram mantidos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72h e pesados para determinação da MSC.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo aos pressupostos do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As substâncias húmicas promoveram respostas distintas entre a parte aérea e o sistema radicular das plântulas de mamoeiro cv. Aliança (Tabela 1). Para massa verde das folhas (MVF), a testemunha apresentou a maior média, enquanto Nutra, Turfa e Solo Húmico formaram um mesmo grupo estatístico e o ácido húmico apresentou a menor média. Para massa seca das folhas (MSF), a testemunha também foi superior aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Comportamento semelhante foi observado para massa verde do caule (MVC), em que a testemunha apresentou a maior média (0,977 g planta^{-1}); Nutra e ácido húmico não diferiram entre si, enquanto Turfa e Solo Húmico apresentaram médias inferiores e pertencentes a grupos estatísticos distintos. Para massa seca do caule (MSC), entretanto, o tratamento Nutra apresentou a maior média, superando estatisticamente os demais tratamentos.

No sistema radicular, a resposta foi mais uniforme. Nutra, Turfa, Solo Húmico e ácido húmico não

diferiram estatisticamente entre si e foram superiores à testemunha para massa verde das raízes (MVR) e massa seca das raízes (MSR).

A resposta mais consistente observada no sistema radicular é compatível com a ação das substâncias húmicas descrita na literatura. Esses compostos podem atuar sobre processos envolvidos no crescimento das raízes, incluindo o estímulo ao desenvolvimento de raízes laterais e alterações relacionadas à atividade da H^+-ATPase da membrana plasmática, criando condições favoráveis ao crescimento celular e à absorção de nutrientes (Jindo *et al.*, 2020). Nardi, Schiavon e Francioso (2021) também destacam que o sistema radicular constitui um importante sítio de resposta às substâncias húmicas e que a intensidade dessa resposta depende das características químicas e biológicas do material aplicado.

Tabela 1 - Substâncias húmicas na produção de massa em plântulas de mamão cv. Aliança

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_20	0,535 a	0,045 a	0,977 a	0,441 b	0,129 b	0,039 b
Nutra	0,385 b	0,033 b	0,870 b	0,465 a	0,138 a	0,049 a
Turfa	0,388 b	0,033 b	0,755 c	0,433 b	0,138 a	0,046 a
Solo Húmico	0,380 b	0,032 b	0,639 d	0,330 c	0,137 a	0,046 a
Ac. Húmico	0,330 c	0,032 b	0,845 b	0,444 b	0,139 a	0,047 a
CV (%)	34,94	5,00	40,16	4,38	30,45	7,58

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$).

O fato de o aumento da biomassa radicular não ter sido acompanhado por incremento generalizado da biomassa da parte aérea não representa, necessariamente, uma resposta contraditória. A ação das substâncias húmicas é dependente da origem e composição do material, da concentração utilizada, da forma de aplicação e das condições de cultivo, e seus efeitos podem ocorrer de maneira distinta entre raízes e parte aérea (Jindo *et al.*, 2020; Nardi, Schiavon e Francioso, 2021). Dessa forma, o estímulo observado para MVR e MSR não implica que o mesmo comportamento deva ocorrer, no mesmo período, para folhas e caule.

Em mamoeiro, a variabilidade da resposta às substâncias húmicas também tem sido relatada. Dias *et al.* (2020), trabalhando com mudas submetidas a diferentes níveis de salinidade e doses de substâncias húmicas, observaram alterações no crescimento e em características fisiológicas das plantas. Targino *et al.* (2023), em mudas de mamoeiro 'Sunrise', verificaram que a resposta ao ácido húmico variou conforme sua concentração, com reflexos em características de crescimento e fisiologia. Embora esses trabalhos tenham sido conduzidos em condições diferentes das adotadas neste experimento, eles reforçam que a resposta do mamoeiro às substâncias húmicas depende das condições em que são utilizadas.

A diferença observada entre os tratamentos na parte aérea também evidencia que os produtos não apresentaram comportamento uniforme. O Nutra, por exemplo, proporcionou a maior MSC, apesar de não

apresentar superioridade para MVF, MSF e MVC. Todos os produtos apresentaram comportamento semelhante para MVR e MSR. Como a composição química dos produtos não foi determinada neste estudo, não é possível relacionar essas diferenças a componentes específicos das formulações. Assim, nas condições em que o experimento foi conduzido, o efeito mais consistente das substâncias húmicas esteve associado ao aumento da biomassa radicular, enquanto a resposta da parte aérea variou conforme o produto e a variável analisada.

CONCLUSÃO

Os tratamentos com substâncias húmicas proporcionaram os melhores resultados para raízes em relação à testemunha, sendo que para a parte aérea, a testemunha apresentou melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

DIAS, T.J.; LEAL, M.P.S.; NASCIMENTO, E.S.; VERAS, M.L.M.; SILVA, T.I.; LOPES, A.S. Morphological and physiological changes in papaya seedlings irrigated with saline water and application of humic substances. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3290, 2020.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

JINDO, K.; OLIVARES, F.L.; MALCHER, D.J.P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; KEMPENAAR, C.; CANELLAS, L.P. From lab to field: role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 426, 2020.

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules**, v. 26, n. 8, 2256, 2021.

RAMOS, E.P.; AGUIAR, D.B.; BARBOSA, A.K.M.; OLIVEIRA, V.S.; ARANTES, L.O.; SCHMILDT, E.R.; FALQUETO, A.R.; FERNANDES, A.A.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Production of 'Aliança' papaya seedlings under different dosages and sources of *Lithothamnion* sp. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1630560, 2025.

TARGINO, V.A.; LOPES, A.S.; SOUSA, V.F.O.; HENSCHEL, J.M.; SILVA, J.H.B.; RODRIGUES, L.S.; MEDEIROS, W.J.F.; BATISTA, D.S.; DIAS, T.J. Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 352–358, 2023.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUÇÃO DE MASSA EM PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. THB

Pedro Henrique Correia[1]*, Gabrielly Gomes de Oliveira Deorce [1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], José Carlos Souza Vieira[1], Kamilly Rodrigues Milanesi[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *pedrocorreia03@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), originário das Américas (Central e do Sul), é uma planta cultivada em regiões tropicais e subtropicais, estando presente em praticamente todo o território nacional; na Região Nordeste encontra ótimas condições para o seu desenvolvimento (Schmildt *et al.*, 2005). A produção capixaba de mamão em 2022 foi de 426.616 toneladas, representando 38,5% da produção nacional (IBGE, 2023).

A propagação comercial do mamoeiro é feita na sua totalidade através das sementes, uma vez que este método tem se mostrado mais prático e eficiente para a obtenção das mudas (Ruggiero, 1980) e mais viável monetariamente, em função da vida útil econômica da cultura (Alvarenga, 1986).

A precocidade na produção de frutos do mamoeiro tem relação direta com o desenvolvimento inicial das mudas, sendo o padrão das mudas uma das características que interferem diretamente na produtividade do pomar (Trindade *et al*., 2000).

A nutrição adequada é fundamental para a produção de mudas de mamoeiro com alta qualidade, vigor e potencial produtivo. Nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio desempenham papéis chave no crescimento inicial das mudas, influenciando características como altura, diâmetro do caule, número de folhas e massa seca (Paixão *et al.*, 2012).

Em substituição à adubação química, o fornecimento dos nutrientes para as plantas é feito, principalmente, por meio de adubações com materiais de origem orgânica, sendo bastante variados os tipos, formas de preparo, quantidade e disponibilidade dos nutrientes e nem sempre são suficientes para suprir a demanda nutricional, o que torna necessária a complementação com adubações minerais (Penteado, 2003).

As substâncias húmicas surgem como uma alternativa promissora para a produção de mudas de mamoeiro. Essas substâncias, derivadas da matéria orgânica decomposta, têm demonstrado efeitos bioestimulantes em diversas culturas, melhorando a germinação, o enraizamento e o crescimento inicial das plantas (Baldotto *et al.*, 2011).

Adicionalmente ao uso do substrato, podem ser feitas adubações que ajudam a garantir adequado desenvolvimento das mudas, e que além disso, aceleram consideravelmente o crescimento, reduzindo os custos

de produção pelo menor tempo de permanência no viveiro (Nomura *et al*., 2012). Nesse sentido, destaca-se o emprego das substâncias húmicas no manejo das culturas (Nunes *et al*., 2015), que quando aplicadas diretamente no substrato, estas expressam melhores condições de fertilidade e a disponibilidade de nutrientes (Eyheraguibel *et al*., 2008).

As substâncias húmicas são amplamente reconhecidas por sua ação bioestimulante, promovendo alterações fisiológicas que favorecem o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Seus efeitos estão relacionados ao estímulo da atividade radicular, ao aumento da absorção de nutrientes e à modulação de processos metabólicos importantes para o desenvolvimento das plantas (Canellas *et al*., 2015).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de substâncias húmicas na produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. THB.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. THB retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. Após secagem das sementes, estas foram semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por substâncias húmicas na concentração de 5% diluídas em água conforme a seguir: nutra, Inovak, ácido húmico, turfagel, solo humics e água pura como testemunha com sementes imersas por 60 minutos. Noventa dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as variáveis: massa verde das folhas (MVF), as folhas foram separadas do caule e pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica; massa seca das folhas (MSF), folhas retiradas da parte aérea da planta, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h; massa verde da raiz (MVR), as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida pesadas em uma balança semi-analítica para avaliação e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72h, e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para avaliar massa seca da raiz (MSR). Massa verde do caule, que após serem separadas das folhas e raiz, estas foram pesadas em balança analítica e acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 72h, com pesagem posterior.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que as substâncias húmicas apresentaram eficiência na produção de massa em plântulas, com melhor efeito na produção de raízes.

Na avaliação de massa verde de folhas, massa verde de caule e massa verde de raiz, o tratamento Inovak foi superior estatisticamente aos outros tratamentos.

Na avaliação da massa seca de folhas, os tratamentos Inovak e Turfagel apresentaram valores com médias superiores estatisticamente aos demais tratamentos.

Quando avaliamos massa seca do caule e massa seca de raiz, os tratamentos com Inovak e Solo Humics apresentaram superioridade estatística aos outros tratamentos.

Tabela 1 – Substâncias húmicas na produção de massa em plântulas de mamão cv. THB

Tratamentos	MVF	MSF	MVC	MSC	MVR	MSR
H_2O	0,063 c	0,014 b	0,206 c	0,029 b	0,376 b	0,127 b
Inovak	0,095 a	0,024 a	0,265 a	0,048 a	0,514 a	0,156 a
Turfagel	0,076 b	0,022 a	0,062 e	0,024 c	0,125 d	0,055 c
Ácido Húmico	0,024 f	0,008 c	0,031 f	0,013 d	0,126 d	0,058 c
Solo Húmics	0,048 d	0,015 b	0,222 b	0,043 a	0,507 d	0,156 a
Nutra SW	0,038 e	0,012 b	0,185 d	0,031 b	0,286 c	0,134 b
CV (%)	33,23	30,27	39,48	34,34	31,23	38,77

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV= coeficiente de variação. MVF = massa verde das folhas ($g.pl^{-1}$); MSF = massa seca das folhas ($g.pl^{-1}$); MVC = massa verde do caule ($g.pl^{-1}$); MSC = massa seca do caule ($g.pl^{-1}$); MVR = massa verde da raiz ($g.pl^{-1}$); MSR = massa seca da raiz ($g.pl^{-1}$).

Além de promover melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, as substâncias húmicas podem atuar diretamente sobre os processos fisiológicos das plantas. Diversos estudos demonstram que esses compostos apresentam atividade bioestimulante semelhante à de fitormônios, especialmente auxinas, influenciando o crescimento e a arquitetura do sistema radicular (Nardi *et al*., 2002; Trevisan *et al*., 2010), mostrando a eficiência dessas substâncias.

A ação das substâncias húmicas sobre as raízes está associada ao estímulo da formação de raízes laterais e ao aumento da área explorada no solo, favorecendo a absorção de água e nutrientes (Trevisan *et al*., 2010).

CONCLUSÃO

Todos os produtos apresentaram boa atuação na produção de massa, sendo que o tratamento com Inovak apresentou o melhor resultado para produção de massa verde e seca em plântulas de mamoeiro cv. THB.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVARENGA, L.R. Propagação do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 134, p. 18-24, 1986.

BALDOTTO, M.A.; MUNIZ, R.C.; BALDOTTO, L.E.B.; DOBBSS, L.B. Root growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 504-511, 2011.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology, New York, v. 99, n. 10, p. 4202-4212, 2008.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER). Secretaria de Agricultura, 2011.

NARDI, S., PIZZEGHELLO, D., MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological Effects of Humic Substances on Higher Plants. Soil Biology and Biochemistry, Exeter, 34, 1527-1536, 2002. http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8

NOMURA, E.S.; DAMATTO JUNIOR, E.R.; FUZITANI, E.J.; SAES, L.A.; JENSEN, E. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira 'Grand Naine' com aplicação de biofertilizantes em duas estações do ano. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 59, n. 4, p. 518-529, 2012.

NUNES, J.C.; CAVALCANTE, L.F.; LIMA NETO, A.J.; SILVA, J.A.; SOUTO, G.L. Impact of humic substances and nitrogen fertilising on the fruit quality and yield of custard apple. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 37, n. 2, p. 211-218, 2015.

PAIXÃO, M.V.S. Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro cv. THB. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - **Universidade Federal do Espírito Santo**, São Mateus, 2012.

PENTEADO, S.R. **Introdução à agricultura orgânica** Viçosa: Gráfica Impress, 2003. 235 p.

RUGGIERO, C. Propagação do mamoeiro. In: Simpósio brasileiro sobre a cultura do mamoeiro, 1., 1980, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1980. p. 79-87.

SCHMILDT, E.R.; TEIXEIRA, S.L.; SCHMILDT, O. Estabelecimento e multiplicação *in vitro* do mamoeiro 'Sunrise

Solo Line 72/12' e 'Tainung 01'. In: MARTINS, D.S. (ed.). **Papaya Brasil**: mercado e inovações tecnológicas para o mamão. Vitória, ES: Incaper, 2005. p. 221-224.

TREVISAN, S.; PIZZEGHELLO, D.; RUPERTI, B.; FRANCIOSO, O.; SASSI, A.; PALME, K.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. **Plant Biology**, v. 12, n. 4, p. 604-614, 2010.

TRINDADE, A.V.; FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 35, n. 7, 2000.

TRATAMENTOS TÉRMICOS DA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE MAMOEIRO CV. TAIWAN

Artur Schulz Nepomuceno[1]*, Mateus Rechel Comper[1], Marcus Vinicius Sandoval Paixão[1], Antônio Resende Fernandes[1], Frederico Cesar Ribeiro Marques[1]

[1]Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. Santa Teresa, ES. *nepomucenoartur658@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) destaca-se como uma das mais importantes atividades frutícolas no cenário agrícola nacional, possuindo expressiva importância econômica e social no Brasil, que figura entre os maiores produtores globais. O estado do Espírito Santo, em particular, possui forte tradição e representatividade na produção e exportação do fruto, o que demanda o aperfeiçoamento constante das técnicas de cultivo, a começar pela qualidade do material propagativo (Martins *et al*., 2003).

A propagação comercial da espécie é realizada prioritariamente por via seminal. No entanto, o processo de produção de mudas em viveiro esbarra em um obstáculo frequente: as sementes de mamão apresentam, de forma recorrente, emergência lenta, desuniforme e taxas de emergência variáveis (Viggiano *et al*., 2000). Esses fenômenos estão associados a mecanismos complexos de dormência, desencadeados tanto por fatores fisiológicos quanto pela presença de inibidores químicos naturalmente localizados na sarcotesta (envoltório mucilaginoso) e no tegumento da semente (Tokuhisa *et al*., 2007). Essa desuniformidade acarreta a formação de lotes de mudas heterogêneos, encarecendo o manejo, dificultando a padronização e prolongando o tempo de permanência no viveiro.

Para mitigar esse problema e otimizar a produção, torna-se essencial a busca por métodos pré-germinativos que promovam uma emergência rápida, vigorosa e uniforme. Como a temperatura é um dos principais fatores abióticos reguladores da germinação, a submissão das sementes a tratamentos térmicos englobando a estratificação fria e os choques de temperatura desponta como uma alternativa prática e de baixo custo (Tokuhisa *et al*., 2007). Tais técnicas atuam diretamente na superação da dormência, auxiliando no reequilíbrio hormonal interno e acelerando as rotas metabólicas essenciais para a retomada do crescimento do embrião.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes tratamentos térmicos na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de propagação de plantas do Instituto Federal do Espírito

Santo (IFES-Campus Santa Teresa), localizado na mesorregião Central Espírito-Santense, cidade de Santa Teresa-ES, coordenadas geográficas 19°56'12"S / 40°35'28"W, com altitude de 155 m. O clima da região caracteriza-se como Cwa, mesotérmico, com estação seca no inverno e forte pluviosidade no verão (classificação de Köppen) (Álvares *et al*., 2013), com precipitação anual média de 1.404,2 mm e temperatura média anual de 19,9 °C, com máxima de 32,8 °C e mínima de 10,6 °C (Incaper, 2011).

O experimento foi realizado com sementes de mamão cv. Taiwan retiradas de frutos fisiologicamente maduros, provenientes de plantas de pomar em Linhares-ES, retiradas a sarcotesta e colocadas para secar a sombra. As sementes foram submetidas aos tratamentos e semeadas em tubetes de 150 mL, com substrato comercial, colocando uma semente por tubete, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

Os tratamentos foram compostos por sementes imersas em água com gelo por uma hora (0°C), sementes colocadas na geladeira (10 °C) por 24 horas, sementes colocadas no congelador (-10 °C) por 6 horas, sementes imersas em água fervente (100 °C) por uma hora e sementes colocadas em água pura como testemunha.

Trinta dias após a emergência da primeira plântula foram avaliadas as seguintes variáveis: emergência das plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, atendendo as pressuposições do modelo pelo teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que o tratamento com água fervente (100 °C) matou o embrião e não tivemos emergência de plântulas.

Na avaliação da emergência, os tratamentos no congelador (-10 °C) e em geladeira (10 °C) foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos. Na avaliação do IVE, os tratamentos com gelo (0 °C) e em geladeira (10 °C) foram superiores estatisticamente aos outros tratamentos, e na TME, os mesmos tratamentos com gelo (0 °C) e em geladeira (10 °C) apresentaram o menor tempo para emergência, com superioridade estatística para os outros tratamentos (Tabela 1).

A resposta positiva da semente de mamoeiro às temperaturas mais baixas (geladeira a 10 °C e gelo a 0 °C) para o aumento da velocidade de emergência (IVE) e redução do tempo médio (TME) pode estar associada ao processo de estratificação fria (Tokuhisa *et al*., 2007). Esse processo atua na superação da dormência, auxiliando na degradação de substâncias restritivas ao crescimento (como o ácido abscísico) e ativando o balanço hormonal favorável à emergência, como a síntese de giberelinas (Viggiano *et al*., 2000). Temperaturas de congelamento (-10 °C), embora tenham mantido uma alta taxa de emergência final, retardaram a velocidade do processo fisiológico. Em contrapartida, o estresse térmico severo provocado pela

água fervente (100 °C) causou a desnaturação de proteínas vitais e danos irreversíveis aos tecidos embrionários, resultando na morte imediata das sementes, o que justifica a completa ausência de emergência nesse tratamento.

Tabela 1 – Emergência em plântulas de mamoeiro cv. Taiwan em diferentes tratamentos térmicos

Tratamento	E	IVE	TME
Água pura (25 °C)	70 d	4,803 b	5,005 b
Gelo (0 °C)	74 c	5,829 a	4,562 c
Geladeira (10 °C)	79 a	5,718 a	4,526 c
Congelador (-10 °C)	80 a	4,982 b	5,554 a
Água fervente (100 °C)	0	0	0
CV (%)	11,18	22,75	21,20

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E= Emergência das sementes (%); IVE= Índice de velocidade de emergência; TME= Tempo médio de emergência.

CONCLUSÃO

O tratamento em geladeira apresentou resultados positivos para a emergência de plântulas de mamoeiro cv. Taiwan, com maior velocidade e menor tempo de emergências.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE; J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa.** Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER), Secretaria de Agricultura, 2011.

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória: Incaper, 2003. 497 p.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

VIGGIANO, J.R.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D. Ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Sementes online**, v. 1, n. 1, p. 6-10, 2000.

SOCIOECONOMIA

CONJUNTURA DA CADEIA PRODUTIVA DO MAMÃO NO ESPÍRITO SANTO: PRODUÇÃO, INSERÇÃO NACIONAL E COMÉRCIO EXTERIOR

Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre[1]*, David dos Santos Martins[2], Edileuza Aparecida Vital Galeano[2]

[1]Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag). Vitória-ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Vitória-ES. *danieltom.vinagre@seag.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) possui relevância econômica e social para a fruticultura mundial, com produção concentrada em países de clima tropical e participação crescente em mercados de frusta *in natura*. Em 2024, a produção mundial alcançou aproximadamente 14,7 milhões de toneladas. A Índia respondeu por 36,1% desse total, enquanto o Brasil ocupou a quarta posição, com 1,149 milhão de toneladas e participação de 7,8%. No comércio internacional, o Brasil foi o segundo maior exportador mundial em volume, com 43,99 mil toneladas, equivalente a 11,2% das exportações globais, atrás apenas do México (FAO, 2026).

No território brasileiro, o Espírito Santo se destaca pela especialização produtiva e pela inserção externa da cadeia. Em 2024, o estado produziu 398,1 mil toneladas de mamão, correspondentes a 34,6% da produção nacional, superando a Bahia, com 311,7 mil toneladas e 27,1% da produção nacional. O Espírito Santo ocupa, portanto, a primeira posição como maior produtor e exportador brasileiro. A cadeia capixaba é fortemente concentrada no norte do estado, onde se encontram condições edafoclimáticas favoráveis e estruturas produtivas associadas à produção comercial e à exportação (IBGE, 2025; Galeano *et al*., 2022). Diante dessa relevância, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a conjuntura recente da cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo, situando o estado no contexto mundial e nacional e analisando produção, produtividade, concentração territorial, relação entre produção e exportação, participação do produto nas exportações do agronegócio capixaba e principais mercados de destino.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa quantitativa, documental e descritiva, baseada em dados secundários de fontes oficiais, abordagem adequada à sistematização e comparação de indicadores econômicos e produtivos (Gil, 2022). Para o contexto internacional, utilizaram-se dados de produção e exportação de mamão de 2024 da FAOSTAT, da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Para o Brasil e as unidades da Federação, foram utilizados dados da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE), com ênfase em

2024 e na série 2014-2024. As informações municipais foram complementadas com dados do IBGE e do Painel Agro/Incaper. A produção capixaba de 2025, ainda de caráter preliminar, foi obtida em levantamento do Incaper. Os dados de comércio exterior foram extraídos do Agrostat Brasil, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), considerando valor FOB (US$), peso líquido (kg), origem Espírito Santo e o grupo de produtos referente a mamões (Brasil, 2026).

Foram calculados: participação relativa na produção mundial e brasileira; produtividade (produção/área colhida); variação percentual entre períodos; participação dos municípios na produção estadual; razão entre volume exportado e volume produzido; participação do mamão no valor exportado pelo agronegócio capixaba; e participação dos países de destino no valor exportado. A série de produção e exportação compreendeu 2014 a 2025, sendo 2025 preliminar para produção. Os resultados foram analisados por estatística descritiva, sem inferência causal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A posição brasileira no mercado mundial combina elevada escala produtiva e presença relevante no comércio exterior. Embora o país tenha respondido por 7,8% da produção mundial em 2024, concentrou 11,2% do volume exportado globalmente, indicando inserção externa proporcionalmente superior à sua participação produtiva. No Brasil, o Espírito Santo liderou a produção estadual, com 398,1 mil toneladas, 34,6% do total nacional. A Bahia, segunda colocada, produziu 311,7 mil toneladas, apesar de possuir área colhida superior. O rendimento médio capixaba foi de 59,1 t ha^{-1}, contra 35,9 t ha^{-1} na Bahia, diferença de aproximadamente 64,9%, evidenciando maior eficiência física da produção capixaba em 2024 (IBGE, 2025).

Tabela 1 - Indicadores selecionados da conjuntura do mamão no Espírito Santo, Brasil e mundo

Indicador	Recorte	Resultado	Ano
Participação na produção mundial	Brasil	7,8%	2024
Participação na exportação mundial	Brasil	11,2%	2024
Produção	Espírito Santo	398.093 t	2024
Participação na produção brasileira	Espírito Santo	34,6%	2024
Rendimento médio	Espírito Santo	59,1 t ha^{-1}	2024
Produção preliminar	Espírito Santo	414.772 t	2025
Volume exportado	Espírito Santo	22.147 t	2025
Valor exportado	Espírito Santo	US$ 32,3 milhões	2025
Destinos alcançados	Espírito Santo	43 países	2025

Fonte: elaborado pelo autor a partir de FAOSTAT, PAM/IBGE, Incaper e Agrostat/Mapa (FAO, 2026; IBGE, 2025; Incaper, 2026; Brasil, 2026).

A série estadual mostra oscilação significativa ao longo do período. Após o mínimo de 251,4 mil

toneladas em 2016, a produção cresceu até 439,6 mil toneladas em 2021. Houve retração em 2022 e 2023, seguida de recuperação para 398,1 mil toneladas em 2024 e estimativa preliminar de 414,8 mil toneladas em 2025, crescimento de 4,2% em relação ao ano anterior. A produção de 2025 permanece apenas 5,6% abaixo do maior valor da série, observado em 2021. Em termos territoriais, Pinheiros (24,11%), Montanha (22,61%), Linhares (15,07%), São Mateus (8,16%) e Boa Esperança (7,54%) concentraram 77,5% da produção estadual de 2024. Os dois primeiros municípios, isoladamente, responderam por 46,7%, confirmando forte concentração da atividade no norte capixaba.

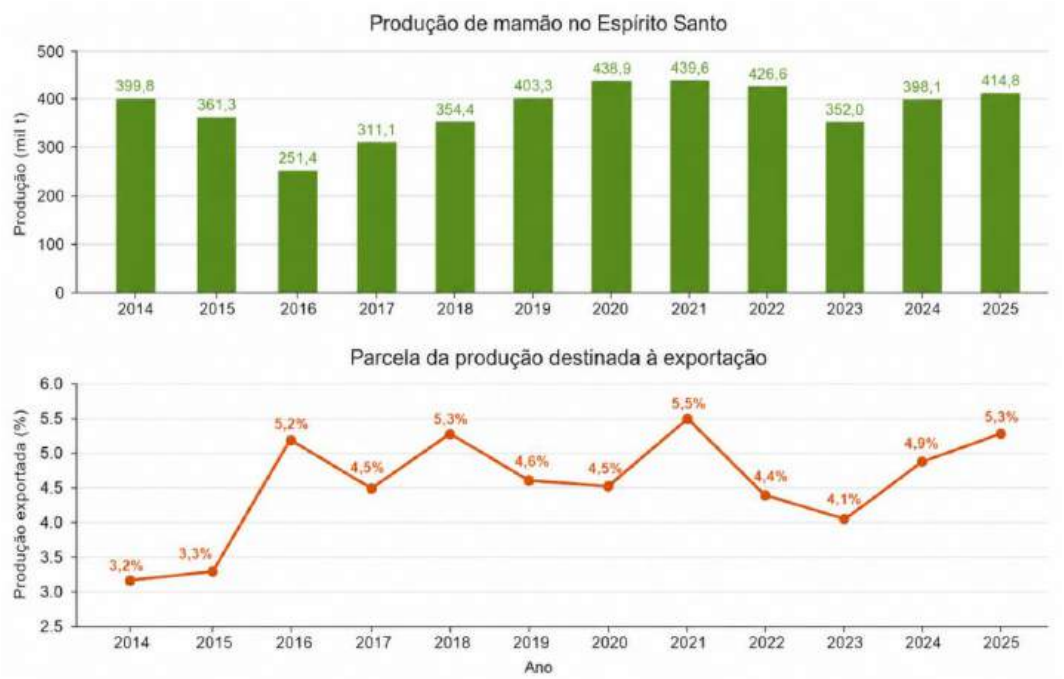


Figura 1 - Evolução da produção de mamão no Espírito Santo e parcela da produção destinada à exportação, 2014-2025.
Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE, Incaper e Agrostat/MAPA. Nota: produção de 2025 preliminar.

A comparação entre produção e exportação revela que o mercado doméstico absorve a maior parcela do mamão capixaba, mas a orientação exportadora permanece estruturalmente relevante. Entre 2014 e 2025, a parcela exportada variou de 3,2% a 5,5% da produção, com média de 4,6%. Em 2025, foram exportadas 22,15 mil toneladas, equivalente a 5,3% da produção preliminar, proporção próxima ao máximo histórico da série. Em valor, as exportações de mamão alcançaram aproximadamente US$ 32,3 milhões e posicionaram o produto como o sexto principal item da pauta do agronegócio capixaba, representando cerca de 1,0% dos US$ 3,21 bilhões exportados pelo setor em 2025 (Brasil, 2026).

A diversificação geográfica das vendas externas também constitui característica relevante. Em 2025, o mamão capixaba alcançou 43 países. Portugal foi o principal destino, com 24,63% do valor exportado, seguido por Países Baixos (13,19%) e Espanha (12,52%); conjuntamente, os três mercados concentraram

50,34% das receitas externas. O Reino Unido ocupou a quarta posição e os Estados Unidos a quinta. As vendas aos Estados Unidos somaram cerca de US$ 3,26 milhões e 2,75 mil toneladas, correspondendo a aproximadamente 10,1% do valor e 12,4% do volume exportado pelo Espírito Santo em 2025. Esse perfil mostra simultaneamente concentração relevante nos principais mercados europeus e presença em mercados diversificados, condição que reduz a dependência de um único destino, embora mantenha exposição a alterações de demanda, exigências fitossanitárias e condições comerciais internacionais (Brasil, 2026; Galeano *et al*., 2022).

CONCLUSÕES

O Espírito Santo mantém posição central na cadeia brasileira do mamão, combinando liderança produtiva, produtividade superior à dos demais grandes produtores e forte especialização territorial. A recuperação observada em 2024 e na estimativa preliminar de 2025 aproxima a produção dos maiores níveis da série histórica. Embora um pouco menos de 6% do volume produzido seja destinado ao exterior, a exportação possui relevância econômica e estratégica: o estado participa de forma expressiva das vendas brasileiras, alcança dezenas de países e mantém o mamão entre os principais produtos da pauta do agronegócio capixaba. Os resultados indicam que a competitividade futura da cadeia depende da preservação dos ganhos de produtividade, da capacidade de atender padrões fitossanitários e de qualidade e da continuidade da diversificação de mercados, especialmente diante da elevada concentração produtiva regional e das oscilações próprias do comércio internacional.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Agrostat Brasil**: sistema de estatísticas de comércio exterior do agronegócio. Brasília, DF: Mapa, 2026. Disponível em: https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm. Acesso em: 12 ago. 2026.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: crops and livestock products; trade: crops and livestock products. Rome: FAO, 2024. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/. Acesso em: 12 ago. 2026.

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARRO, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2022. 172 p. (Coleção Fruticultura Capixaba, v. 1).

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html. Acesso em: 12 ago. 2026.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Painel Agro:** dados da produção agropecuária do Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2026. Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYzVhOWZmOGItZWJjNi00MmUzLTg2ZGMtYzk0NDI2Y2UyMmFmIiwidCI6IjhiMjA4ZmViLTIyMTYtNDQ1Zi1iZmQxLTk1MjU4ZDlkMjExMSJ9&pageName=ReportSection. Acesso em: 12 ago. 2026.

ESTIMATIVA DO VALOR ADICIONADO DO MAMÃO NO ESPÍRITO SANTO – 2015 A 2023

Vinícius Toledo Manhães[1]*, Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre[2], Edna Morais Tresinari[1], Adriano do Carmo Santos[1], Paula Rúbia Simões Beiral[1]

[1]Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Vitória, ES; [2]Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag). Vitória, ES. *vinicius.manhaes@ijsn.es.gov.br

INTRODUÇÃO

A agropecuária ocupa posição relevante na estrutura econômica do Espírito Santo, apoiada em atividades de elevada importância para a geração de renda, emprego e inserção externa. Entre elas, destaca-se a produção de mamão, na qual o estado possui posição de destaque nacional, com áreas de cultivo altamente técnicas e produção direcionada tanto ao mercado interno quanto à exportação, inclusive para mercados exigentes como os Estados Unidos e a Europa. Apesar dessa relevância, a dimensão econômica da cultura é usualmente apresentada a partir de indicadores de produção e valor da produção, sendo menos frequentes estimativas que permitam identificar também o valor efetivamente adicionado pela atividade e o consumo intermediário associado ao processo produtivo.

Este estudo integra o projeto "Avaliação do Desempenho do PIB do Agronegócio Capixaba", estruturado a partir de recursos aportados pela Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) e operacionalizados pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), no âmbito do Inovagro. A execução técnica é realizada em parceria entre a Seag e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), com o objetivo de construir uma série do PIB do agronegócio do Espírito Santo a partir de bases e procedimentos compatíveis com o sistema de Contas Regionais e com as Matrizes Insumo-Produto do estado. Como um dos produtos analíticos desse projeto, o presente trabalho utiliza essa mesma estrutura metodológica e estatística para estimar a evolução econômica da produção de mamão entre 2015 e 2023.

A aplicação dessa metodologia a uma cultura específica, entretanto, requer um nível de desagregação superior ao disponível diretamente nas Matriz de Insumo-Produto do Espírito Santo (MIP-ES). Como o mamão não é individualizado na matriz, o presente trabalho combina o Valor Adicionado a preços de mercado da atividade 191 – Agricultura, componente do Agregado II do PIB do agronegócio, com informações anuais da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) para estimar o Valor Bruto da Produção (VBP), o Valor Adicionado (VA) e o Consumo Intermediário (CI) do núcleo produtivo do mamão no Espírito Santo entre 2015 e 2023. Para permitir a análise em termos reais, VBP, VA e CI são expressos a preços de mercado de

2015. Os resultados devem ser interpretados como uma desagregação da atividade agrícola no Agregado II, e não como uma estimativa do PIB integral da cadeia produtiva do mamão.

Nesse contexto, o VBP corresponde ao valor total da produção gerada pela atividade, enquanto o CI representa os bens e serviços utilizados no processo produtivo, como insumos, energia e outros gastos intermediários. O VA, por sua vez, é obtido pela diferença entre o VBP e o CI, representando a parcela de valor efetivamente criada pela atividade ao longo do processo de produção. Por essa razão, constitui a medida mais adequada para avaliar sua contribuição à atividade econômica, uma vez que elimina a dupla contagem dos insumos incorporados ao valor da produção e expressa diretamente a parcela que contribui para a formação do Produto Interno Bruto (PIB). A análise conjunta dos três indicadores permite, portanto, dimensionar tanto o valor da produção quanto a estrutura de custos intermediários e a geração líquida de valor associada à cultura do mamão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados do cálculo dos quatro Agregados do PIB do Agronegócio Capixaba para 2015 a 2023, as MIP-ES de 2015, 2018 e 2021 e os valores anuais da produção agrícola disponibilizados pela Produção Agrícola Municipal (PAM), Tabela 5457 do SIDRA/IBGE. Do projeto são obtidos o Valor Adicionado a preços de mercado da atividade 191 – Agricultura, no Agregado II, e o Coeficiente de Valor Adicionado da Agricultura (CVA = VA/VBP), utilizados como parâmetros para a estimação da série do mamão.

Em cada ano, a participação do mamão na produção agrícola estadual é calculada pela razão entre o valor da produção do mamão e o valor total da produção agrícola do Espírito Santo informados pela PAM. Essa participação anual é então aplicada ao Valor Adicionado a preços de mercado da atividade 191 – Agricultura, obtendo-se o VA estimado do mamão.

A partir do VA estimado, o VBP do mamão é obtido utilizando a estrutura produtiva da Agricultura em cada ano, representada pelo respectivo CVA. O Consumo Intermediário é calculado como a diferença entre VBP e VA. Dessa forma, a estimativa preserva a estrutura técnica anual da atividade agrícola à qual o mamão pertence.

$$s_t = \frac{VP_{mamão,t}}{VP_{agricultura,t}}$$

$$VA_{mamão,t} = s_t \times VA_{191,t}$$

$$VBP_{mamão,t} = \frac{VA_{mamão,t}}{CVA_{agricultura,t}}$$

$$CI_{mamão,t} = VBP_{mamão,t} - VA_{mamão,t}$$

Para obter medidas a preços constantes, utilizou-se como proxy o índice de preços da atividade 010090/10090 – "Cultivo de outros produtos da lavoura permanente", por ser a atividade que contém o mamão

na abertura adotada. Os índices anuais foram encadeados tomando 2015 como base igual a 1. O VBP, o VA e o CI reais de cada ano foram calculados pela divisão dos respectivos valores nominais pelo deflator acumulado correspondente. Essa opção mantém a deflação vinculada à mesma estrutura estatística IBGE/IJSN, embora o índice utilizado represente o conjunto da atividade e não um índice de preços específico do mamão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A participação do mamão no valor da produção agrícola estadual, calculada diretamente a partir da PAM/IBGE, apresenta variações relevantes ao longo da série. O indicador passa de 5,82% em 2015 para 7,56% em 2023, atingindo seu menor valor em 2018 (3,79%). Nos anos estruturais das MIP-ES, as participações observadas foram de 5,82% em 2015, 3,79% em 2018 e 4,27% em 2021 (Tabela 1). A disponibilidade dessa informação para todos os anos permite incorporar diretamente as mudanças na composição da produção agrícola estadual à estimação.

Tabela 1 – Participação do mamão no valor da produção agrícola e CVA da Agricultura nos anos estruturais

Ano estrutural	Participação do mamão (PAM/IBGE)	CVA Agricultura
2015	5,82%	69,55%
2018	3,79%	63,27%
2021	4,27%	63,34%

Fonte: elaborado pelos autores a partir da PAM/SIDRA 5457 (IBGE), das MIP-ES e do PIB do Agronegócio Capixaba.

A preços de 2015, a série estimada apresenta VBP do mamão de R$ 284,73 milhões em 2015, acompanhado por VA de R$ 198,03 milhões e CI de R$ 86,70 milhões. Em 2023, esses valores alcançam, respectivamente, R$ 517,12 milhões, R$ 359,90 milhões e R$ 157,22 milhões. No conjunto do período, isso corresponde a crescimento real de 81,62% do VBP, 81,74% do VA e 81,33% do CI, indicando expansão da dimensão econômica estimada do núcleo produtivo do mamão em relação ao início da série.

A trajetória real apresenta oscilações expressivas. Após a retração de 2016, quando o VBP recua para R$ 228,23 milhões, observa-se relativa estabilidade em 2017 e aceleração em 2018 e 2019, ano em que o VBP alcança R$ 475,31 milhões. Em 2020 ocorre novo recuo, seguido de recuperação moderada em 2021. O maior nível da série é estimado para 2022, com VBP de R$ 704,82 milhões, VA de R$ 438,75 milhões e CI de R$ 266,07 milhões. Em 2023, os três componentes diminuem em termos reais: 26,63% no VBP, 17,97% no VA e 40,91% no CI frente ao ano anterior.

Tabela 2 - Estimativa de VBP, VA e CI do mamão no Espírito Santo, a preços de 2015, 2015-2023

Ano	VBP real (R$ mi, 2015)*	VA real (R$ mi, 2015)*	CI real (R$ mi, 2015)*	VA/VBP	Part. Mamão (PAM)	Deflator (2015=1)
2015	284,73	198,03	86,70	69,55%	5,82%	1,000
2016	228,23	171,58	56,65	75,18%	6,95%	1,249
2017	230,46	174,31	56,15	75,64%	4,23%	0,758
2018	356,08	225,30	130,78	63,27%	3,79%	0,521
2019	475,31	294,42	180,89	61,94%	6,50%	0,631
2020	331,12	223,10	108,02	67,38%	4,48%	0,778
2021	348,94	221,02	127,92	63,34%	4,27%	1,018
2022	704,82	438,75	266,07	62,25%	6,84%	1,144
2023	517,12	359,90	157,22	69,60%	7,56%	1,494

*Nota: VBP, VA e CI são expressos a preços de 2015 mediante o deflator implícito da atividade "Cultivo de outros produtos da lavoura permanente" (010090/10090), utilizado como proxy para o mamão.
Fonte: elaborado pelos autores a partir da PAM/SIDRA 5457 (IBGE), das MIP-ES e do PIB do Agronegócio Capixaba.

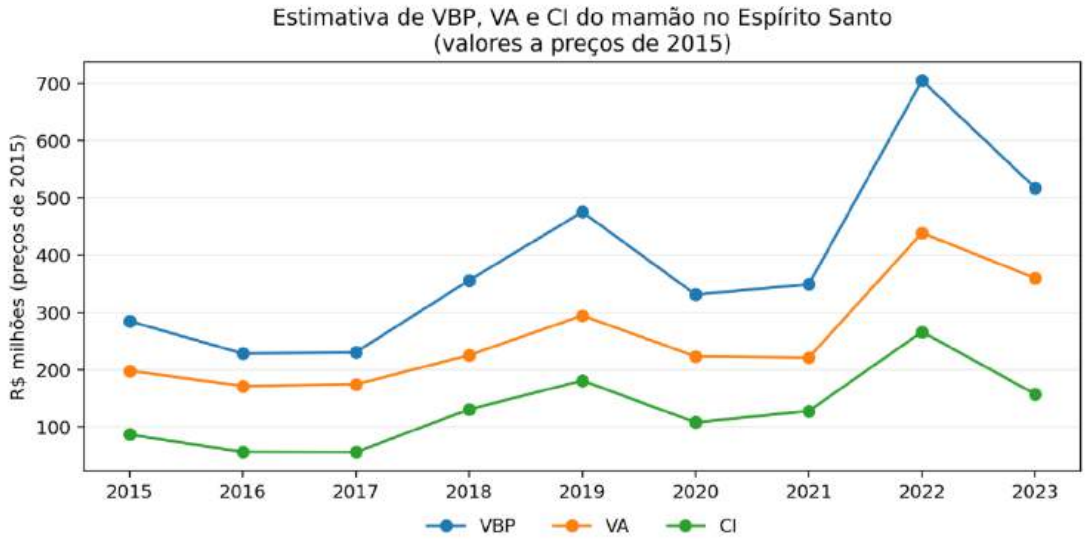


Figura 1 – Evolução real estimada do VBP, VA e CI do mamão, a preços de 2015, 2015–2023.
Fonte: elaborado pelos autores a partir da PAM/SIDRA 5457 (IBGE), das MIP-ES e do PIB do Agronegócio Capixaba.

Por fim, faz-se necessária a consideração sobre certas limitações metodológicas. A utilização da PAM permite incorporar diretamente a variação anual da participação do mamão no valor da produção agrícola estadual, mas pressupõe que essa participação constitui uma aproximação adequada para alocar ao mamão parcela correspondente do Valor Adicionado da atividade 191 – Agricultura. Além disso, o VBP e o CI são derivados a partir do CVA médio anual da Agricultura, e não de um coeficiente técnico específico da cultura, enquanto a leitura real utiliza como proxy o deflator de "Outros produtos da lavoura permanente". Essas hipóteses devem ser consideradas na interpretação dos resultados.

CONCLUSÃO

A integração dos valores anuais da PAM/IBGE com o Valor Adicionado da atividade 191 – Agricultura – calculado a partir da estrutura produtiva anual do Agregado II do projeto do PIB do Agronegócio Capixaba – permite construir uma série de VBP, VA e CI para o núcleo produtivo do mamão entre 2015 e 2023. Expressos a preços de 2015, os resultados indicam crescimento real acumulado de aproximadamente 81,6% nos três componentes entre o início e o fim do período, embora com oscilações relevantes ao longo da série.

O maior nível de atividade é estimado para 2022, seguido por retração em 2023, mais intensa no consumo intermediário do que no valor adicionado. A interpretação deve considerar que o procedimento utiliza a participação do mamão no valor da produção agrícola como critério de alocação do VA da atividade 191 – Agricultura, bem como o CVA médio da Agricultura e o deflator do grupo de outros produtos da lavoura permanente. Portanto, os resultados constituem uma estimativa do núcleo produtivo e não do PIB completo da cadeia do mamão.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pelo aporte de recurso e financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

DAVIS, J.H.; GOLDBERG, R.A. A concept of agribusiness. **American Journal of Agricultural Economics**, Boston, v. 39, n. 4, p. 1042-1056, 1957.

FJP – Fundação João Pinheiro. **Metodologia para o cálculo do PIB do agronegócio de Minas Gerais**: referência matriz insumo-produto 2019 e estimativa anual com base nas contas regionais. Belo Horizonte: FJP, 2023. (Estatística & Informações, n. 55).

GUILHOTO, J.J.M.; FURTUOSO, M.C.O.; BARROS, G.S.A.C. **O Agronegócio na economia brasileira 1994 a 199**9. Piracicaba, SP: Cepea/Esalq/USP, 2000. 139 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Tabela 5457 – Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. SIDRA.

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. **Tabela de Recursos e Usos e Matriz Insumo-Produto do Espírito Santo – 2015, 2018 e 2021**. Vitória: IJSN.

IJSN; SEAG. **PIB do Agronegócio Capixaba (2015 a 2023)**. Relatório técnico. Vitória, 2026.

NUNES, E.P.; CONTINI, E. **Complexo agroindustrial brasileiro: caracterização e dimensionamento**. Brasília, DF: Abag, 2001.

USP - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Metodologia – PIB do agronegócio brasileiro**: base e evolução. Piracicaba, SP: Cepea, 2017.

EXPORTAÇÕES DE MAMÃO CAPIXABA PARA OS ESTADOS UNIDOS NO CONTEXTO DAS TARIFAS ADICIONAIS DE 2025

Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre[1]*, Enio Bergoli[1], Michel Tesch[1]

[1]Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag), Vitória-ES.
*danieltom.vinagre@seag.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) ocupa posição relevante na fruticultura capixaba. Em 2024, o Espírito Santo produziu 398,1 mil toneladas em 6,7 mil hectares, com rendimento médio de 59,1 t ha^{-1}, respondendo por 34,6% da produção brasileira. O valor da produção alcançou R$ 803,8 milhões, equivalente a 3,02% do Valor Bruto da Produção Agropecuária estadual (IBGE, 2025).

No comércio exterior, o mamão gerou US$ 32,3 milhões em 2025, correspondentes a 0,91% das exportações do agronegócio capixaba. Para os Estados Unidos foram embarcadas 2,75 mil toneladas, no valor de US$ 3,26 milhões, o que manteve o país como mercado relevante para a fruta produzida no estado (Brasil, 2026). Em 2025, esse fluxo ocorreu sob mudanças na política comercial norte-americana: a tarifa recíproca geral de 10% entrou em vigor em abril e, posteriormente, a *Executive Order* 14323 estabeleceu tarifa adicional de 40% sobre produtos brasileiros a partir de 6 de agosto, cumulativa com outras tarifas quando aplicável (United States, 2025a; 2025b). Em novembro, o mamão fresco passou a integrar as exceções à tarifa específica do Brasil, com efeitos para entradas a partir de 13 de novembro (United States, 2025c).

Diante desse contexto, o objetivo foi analisar o desempenho mensal das exportações de mamão do Espírito Santo para os Estados Unidos em 2025, comparativamente a 2024, com ênfase nas alterações de valor, volume e valor unitário FOB observadas no período de incidência da tarifa adicional de 40%.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se pesquisa quantitativa, documental e descritiva, adequada à caracterização de variações observadas em séries de comércio exterior sem pretensão de estabelecer relação causal isolada (Gil, 2026). Foram utilizados dados mensais do Agrostat, sistema do Ministério da Agricultura e Pecuária, cuja base tem origem nos registros de comércio exterior e permite consultas por produto, unidade da Federação, país de destino, valor em dólares e peso líquido (Brasil, 2026). O recorte compreendeu as exportações do grupo "Mamões (papaia)", com origem no Espírito Santo e destino aos Estados Unidos, de janeiro a dezembro de 2024 e 2025.

Foram calculadas as variações interanuais mensais e acumuladas do valor FOB (US$) e do volume exportado (kg). O valor unitário médio foi obtido pela razão entre valor FOB e peso líquido (US$/kg). Para comparação temporal, os resultados foram agregados em três intervalos: janeiro-julho, anterior à vigência da tarifa adicional de 40%; agosto-novembro, intervalo que contém os meses de incidência parcial ou integral da medida; e dezembro, após a inclusão do mamão nas exceções. A delimitação jurídica das medidas foi baseada nas *Executive Orders* 14257, 14323 e 14361 (United States, 2025a; 2025b; 2025c). Como os dados são mensais e agosto e novembro contêm mudanças intramensais de regime, os resultados são interpretados como associação temporal, podendo refletir também sazonalidade, contratos, composição de qualidade, logística e condições de mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No acumulado de 2025 (janeiro a dezembro), as exportações capixabas de mamão aos Estados Unidos atingiram US$ 3,26 milhões e 2,7 mil toneladas, aumentos de 9,3% e 27,0%, respectivamente, frente a 2024. Entretanto, a trajetória ao longo do ano foi heterogênea. Entre janeiro e julho, o valor exportado cresceu 34,9% e o volume 38,9%, enquanto o valor unitário médio recuou apenas 2,9%. Já entre agosto e novembro, o valor embarcado foi 25,4% inferior ao mesmo período de 2024, apesar de o volume permanecer 9,0% superior; simultaneamente, o valor unitário médio caiu 31,5%, de US$ 1,34 para US$ 0,92 kg (Tabela 1).

Tabela 1 - Desempenho das exportações de mamão do Espírito Santo para os Estados Unidos, por período, 2025 em relação a 2024

Período	Valor 2025 (US$ mil)	Var. valor (%)	Volume 2025 (t)	Var. volume (%)	Valor unit. 2025 (US$ kg^{-1})	Var. valor unit. (%)
Jan - Jul	2.323,9	34,9	1.725,5	38,9	1,35	-2,9
Ago - Nov	733,1	-25,4	800,1	9,0	0,92	-31,5
Dez	203,7	-26,6	223,8	18,8	0,91	-38,2
Jan - Dez	3.260,7	9,3	2.749,5	27,0	1,19	-13,9

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados do Agrostat/Mapa (Brasil, 2026). Nota: agosto-novembro agrega meses que contêm vigência parcial ou integral da tarifa adicional de 40%; a medida vigorou para entradas a partir de 6 agosto e o mamão foi incluído nas exceções com efeito a partir de 13 novembro de 2025.

A mudança de padrão torna-se mais evidente na análise mensal (Figura 1). De janeiro a junho, o valor exportado em 2025 superou o de 2024 em todos os meses; em julho houve retração de 10,9%. Em agosto, mês de início da tarifa adicional, o valor ainda cresceu 16,0%, associado a expansão de 72,7% no volume, mas o valor unitário já foi 32,8% menor. Em setembro e outubro, o valor caiu 8,2% e 26,7%, respectivamente, enquanto os volumes permaneceram 43,9% e 2,4% superiores. Em novembro, observou-se a maior retração

do valor exportado (-54,6%), acompanhada de queda de 34,2% no volume.

Em dezembro, já após a retirada do mamão da tarifa específica de 40%, o volume foi 18,8% superior ao de dezembro de 2024, mas o valor exportado permaneceu 26,6% menor e o valor unitário médio recuou 38,2%. Esse comportamento sugere que o resultado anual positivo foi sustentado principalmente pelo desempenho anterior a agosto, enquanto o segundo semestre apresentou compressão expressiva do valor obtido por unidade exportada.

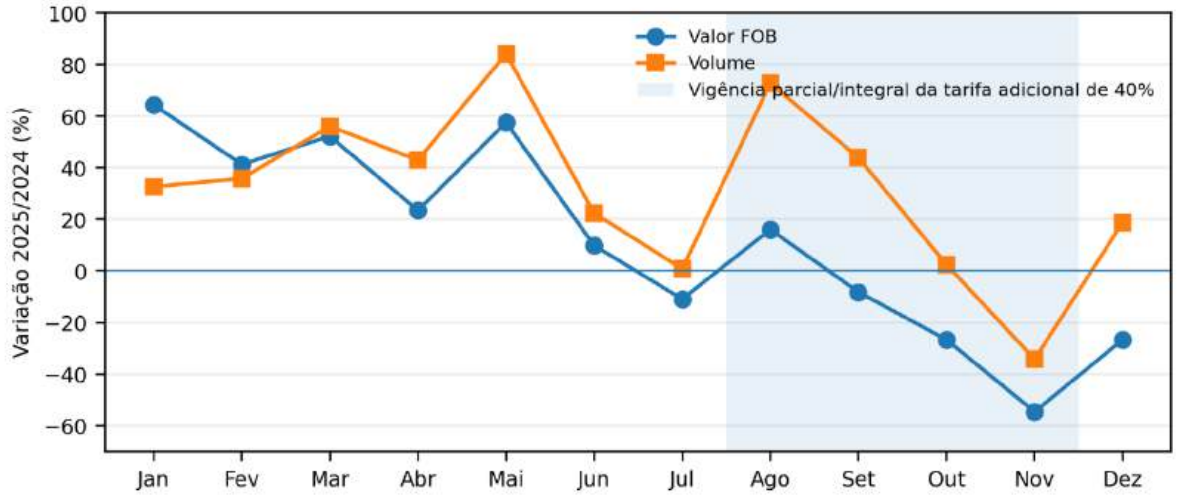


Figura 1 - Variação mensal do valor FOB e do volume das exportações capixabas de mamão para os Estados Unidos, 2025/2024. A faixa sombreada indica agosto a novembro, período que contém a vigência da tarifa adicional de 40%.
Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados do Agrostat/Mapa (Brasil, 2026).

Evidências internacionais mostram que tarifas podem elevar custos de importação e modificar preços e fluxos comerciais (Amiti; Redding; Weinstein, 2019), mas os dados FOB utilizados neste estudo não permitem identificar quanto da redução do valor unitário decorreu diretamente da tarifa, de renegociações comerciais ou de outros fatores de mercado. No conjunto de todos os produtos do agronegócio capixaba destinado aos Estados Unidos, o valor exportado em 2025 caiu 17,8%, com volume praticamente estável (+0,9%), reforçando que o choque comercial ocorreu em ambiente de desaceleração mais ampla das vendas ao mercado norte-americano (Brasil, 2026).

CONCLUSÕES

As exportações de mamão do Espírito Santo para os Estados Unidos cresceram em valor e volume no acumulado de 2025, porém esse resultado encobre uma inflexão temporal relevante. O crescimento concentrou-se em janeiro-julho; entre agosto e novembro, intervalo associado à vigência da tarifa adicional de 40%, houve queda de 25,4% no valor exportado, mesmo com volume 9,0% superior ao de 2024, e redução de

31,5% no valor unitário médio. Após a inclusão do mamão nas exceções, o volume voltou a superar o observado um ano antes, mas a recuperação do valor não foi imediata. Os achados indicam maior pressão sobre a receita por unidade exportada no segundo semestre e evidenciam a importância do monitoramento contínuo de barreiras comerciais e da diversificação de mercados. Por se tratar de análise descritiva mensal, os resultados não constituem estimativa causal do efeito tarifário.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag), pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

AMITI, M.; REDDING, S.J.; WEINSTEIN, D.E. The impact of the 2018 tariffs on prices and welfare. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 33, n. 4, p. 187-210, 2019. DOI: https://doi.org/10.1257/jep.33.4.187

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Agrostat Brasil**: estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro. Brasília, DF: MAPA, 2026. Disponível em: https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm. Acesso em: 12 ago. 2026.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2026.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613. Acesso em: 12 ago. 2026.

UNITED STATES. Executive Office Of The President. Executive Order 14257 of April 2, 2025: Regulating imports with a reciprocal tariff to rectify trade practices that contribute to large and persistent annual United States goods trade deficits. **Federal Register**, Washington, DC, v. 90, p. 15041, 7 Apr. 2025. Disponível em: https://www.federalregister.gov/d/2025-06063. Acesso em: 12 ago. 2026.

UNITED STATES. Executive Office of the President. Executive Order 14323 of July 30, 2025: Addressing Threats to the United States by the Government of Brazil. **Federal Register**, Washington, DC, v. 90, p. 37739, 5 Aug. 2025. Disponível em: https://www.federalregister.gov/d/2025-14896. Acesso em: 12 ago. 2026.

UNITED STATES. Executive Office of the President. Executive Order 14361 of November 20, 2025: Modifying the Scope of Tariffs on the Government of Brazil. **Federal Register**, Washington, DC, v. 90, p. 54468, 26 Nov. 2025. Disponível em: https://www.federalregister.gov/d/2025-21417. Acesso em: 12 ago. 2026.

OUTRAS

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS TENDÊNCIAS E REDES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA APLICADA À CULTURA DO MAMOEIRO

Eduarda Fagundes Demoner[1]*, Ana Lidia Claudio Coelho Barboza[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1], Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.
*eduardafagundesd49@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é amplamente cultivado em países de clima tropical e subtropical (Koul *et al*., 2022). Trata-se de um produto de grande importância econômica, que movimenta cerca de US$ 4,99 bilhões anualmente, com uma área colhida de aproximadamente 467 mil hectares mundialmente. O continente asiático destaca-se como principal produtor, responsável por 54,2% do volume de produção no mundo, seguido pelas Américas (34,2%) e o continente Africano (10,4%) (FAOSTAT 2024).

Um dos principais fatores limitantes para a produção e exportação do mamão é a alta incidência de doenças (Lima *et al.*, 2001), ocasionadas predominantemente por fungos e vírus, resultando em impactos econômicos estimados em mais de US$ 30 bilhões (Jones *et al*., 2019). Destaca-se a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., que afeta frutos maduros, provocando manchas escuras e apodrecimento, inviabilizando sua comercialização e consumo (Trindade, 2000). Outra doença importante é a meleira do mamoeiro (PSD – Papaya Sticky Disease), causada pelo complexo papaya meleira vírus/papaya meleira vírus 2 (PMeV/PMeV2), que induz a exsudação espontânea de látex nos frutos e lesões necróticas nas pontas das folhas jovens (Vieira *et al*., 2026).

Diante da necessidade de mitigar as limitações, o interesse por pesquisas nas áreas de melhoramento genético, fitossanidade e técnicas de produção e manejo tem crescido significativamente (Dantas *et al*., 2013). Nesse contexto, a biotecnologia aplicada a cultura do mamoeiro atua como uma ferramenta fundamental para garantir a estabilidade da produção (Ruggiero *et al*., 2011). Na última década, observou-se um avanço expressivo no agronegócio do mamão impulsionado pela adoção de ferramentas biotecnológicas, resultando no desenvolvimento de cultivares mais resistentes e de sistemas de produção mais eficientes (Gonsalves *et al*., 2004).

Com o consequente aumento no número de publicações, surge a necessidade de uma análise bibliométrica dessas pesquisas (Soares *et al*., 2016). Para isso, a bibliometria é utilizada como um método quantitativo eficaz para mensurar as contribuições do conhecimento científico através das publicações, explorando grandes volumes de dados e facilitando o mapeamento das principais tendências consolidadas.

(Aria; Cuccurullo, 2017). Logo, este estudo tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da pesquisa em biotecnologia aplicada ao mamoeiro no período de 2006 a 2026, utilizando a base de dados *Web of Science*, visando identificar tendências futuras e redes de colaboração.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados bibliográficos foram extraídos da base de dados *Web of Science* (WoS). Como critério de busca, foram utilizadas as palavras-chaves "*Carica papaya*" OR “papaya” no campo Título. Para restringir a área de interesse, o filtro de Categorias do *Web of Science* (WoS) utilizado foi "Biotecnologia e Microbiologia Aplicada" (*Biotechnology & Applied Microbiology*).

A busca, realizada em 06/08/2026, resultou na seleção de 251 artigos científicos publicados entre 2006 e 2026. Após a filtragem para incluir apenas documentos do tipo “artigo”, os dados foram exportados e processados no software *blibliometrix/Biblioshiny* (Aria; Cuccurullo, 2017) utilizando a linguagem de programação R. Para garantir a qualidade das análises, foi realizado a remoção dos documentos duplicados e a padronização dos metadados.

O pacote *blibliometrix* possibilita o mapeamento científico (*science mapping*), permitindo a visualização de redes com métricas bem definidas (Donthu *et al.*, 2021). As tendências de pesquisa foram identificadas por meio de análise de frequência de palavras-chave e nuvem de palavras. Para a avaliação de colaboração científica, foram geradas redes de coautoria entre países, visando mapear as conexões entre os grupos de pesquisa mais produtivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção Científica Anual

Houve uma flutuação do número de artigos publicados na base *WoS* entre 2006 e 2026 (Figura 1), com o máximo em 2011 (20 artigos) e o mínimo em 2020 (7 artigos), sendo registrados 15 artigos até 20 de agosto de 2026.

No contexto brasileiro, embora o aumento da demanda do mercado internacional no início dos anos 2000 tenha exigido a implementação de novas tecnologias agronômicas e fitossanitárias (Martins *et al*., 2003), a taxa de crescimento anual da produção científica, apresenta um percentual de pouco mais de 3%.

Esse baixo crescimento pode estar relacionado com o período de transição entre as décadas de 2006-2015 e 2016-2026. Entre 2006-2015, foram publicados 133 artigos (53% das publicações), esse número pode ser explicado devido a grandes avanços biotecnológicos do final dos anos 2000 (como o sequenciamento do genoma do mamoeiro cultivar “*SunUp*” em 2008) (Ming *et al*., 2008). Porém, entre 2016-2026 houve uma redução na produção científica, com 103 artigos publicados, alternando entre anos de alta e quedas, com destaque ao ano de 2020 (7 artigos), que pode ser um reflexo da pandemia do COVID-19, que paralisou

inúmeros setores, influenciando negativamente a taxa de crescimento do período avaliado.

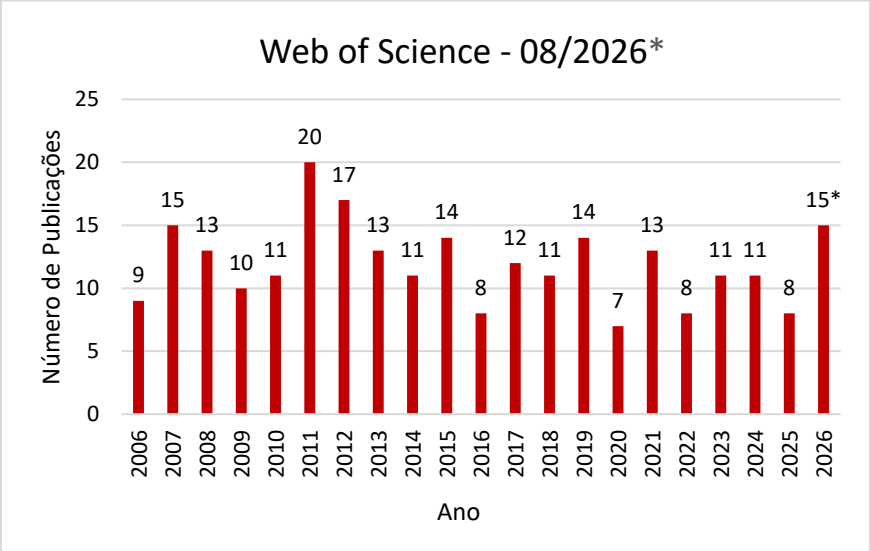


Figura 1 – Produção Científica Anual sobre mamão no *Web of Science* no período de 2006 a 2026. *Dados parciais até 08/2026.

Redes de Colaboração Científica

A Tabela 1 lista os dez países mais produtivos na pesquisa em biotecnologia do mamoeiro. A Índia lidera o ranking com 42 publicações (16,7% do total), a maioria das pesquisas sendo de publicações de um único país (SCP- *single country publication*) (37) e uma baixa colaborações multi-países (MCP -*multi-country collaborations*) (5). A China ocupa a segunda posição (38 artigos) destacando-se pelo maior número de colaborações multi-países (MCP: 11), evidenciando sua participação no cenário global. O Brasil apresenta alta produtividade científica (35 artigos), porém priorizando colaborações nacionais (SCP: 33; MCP: 2). Os EUA (28 artigos), mostram uma produção mais globalizada, com 9 colaborações multi-países, ficando logo atrás da China. Em seguida destacam-se México (26 artigos; SCP:22; MCP:4), Nigéria com 10 publicações e a maioria deles sendo SCP: 8, Japão (8 artigos, com publicações exclusivamente nacional) e Malásia (7 artigos) sendo este último notável pela proporção de colaboração multi-países (MPC: 3).

A análise da rede de colaboração científica (Figura 2) ilustra a cooperação científica global, no qual o volume dos círculos (nós) sinaliza o volume de produção de cada país, e as linhas indicam a intensidade da cooperação. Observa-se uma discrepância entre o volume de produção e integração na rede para alguns países. O Brasil, apesar da grande produtividade, apresenta conexões internacionais limitadas (linhas mais fracas). Esse resultado pode ser atribuído a forte autonomia da pesquisa agrícola nacional, liderada por instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), empresa pública criada em 1973 com o objetivo de gerar inovação e tecnologias adaptadas a realidade local (Gasques *et al*., 2012).

Tabela 1 - Os dez países mais produtivos na pesquisa aplicada à cultura do mamoeiro no período de 2006 a 2026

País	Artigos (nº)	Artigos (%)	SCP[1]	MCP[2]	MCP (%)
Índia	42	16,7	37	5	11,9
China	38	15,1	27	11	28,9
Brasil	35	13,9	33	2	5,7
USA	28	11,2	19	9	32,1
México	26	10,4	22	4	15,4
Nigéria	10	4,0	8	2	20,0
Japão	08	3,2	8	0	0,0
Malásia	07	2,8	4	3	42,9
Austrália	06	2,4	5	1	16,7
Singapura	04	1,6	2	2	50,0

[1]SCP: *single country publications;*[2]MCP: *multi-country publications*

Demonstrando uma tendência a priorizar colaborações internas, focando em grandes gargalos fitossanitários regionais, como o combate ao complexo PMeV/PMeV2 causador da meleira (Sá Antunes *et al.*, 2020). Por outro lado, instituições como o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), indicam que esse cenário pode estar mudando. O Incaper atua no desenvolvimento de soluções tecnológicas e sociais por meio de ações integradas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, com foco no desenvolvimento da agricultura do Espírito Santo, estado que se destaca como o maior produtor de mamão do Brasil (IBGE, 2024). Ambas as instituições atuam de forma conjunta e mantêm parcerias internacionais ativas voltadas a cultura do mamoeiro, incluindo pesquisas que utilizam importantes ferramentas biotecnológicas, como o CRISPR/Cas9, com o objetivo de aumentar a resistência das plantas as doenças (Favaratto *et al*., 2026). Isso sugere uma transformação da colaboração científica da área.

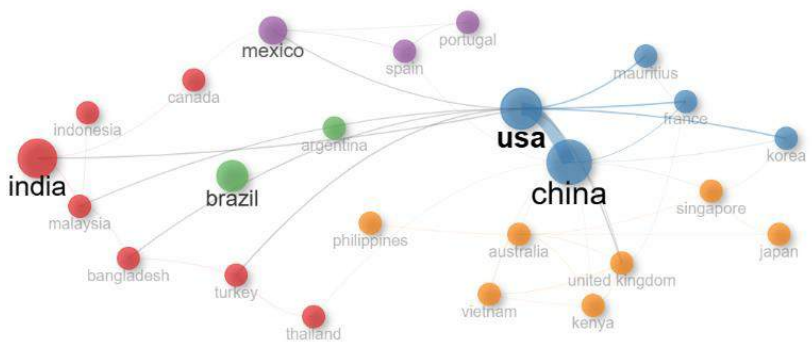


Figura 2 – Rede de colaboração científica para a cultura do mamoeiro na *Web of Science*.

Análise das Principais Tendências

A Tabela 2 e a Figura 3 mostram as dez palavras-chaves de autores com maior ocorrência, revelando temas chaves e tendências. Os termos "*Carica papaya*", "papaya" e "*Carica papaya* L", foram removidos da seleção por serem os temas centrais da área. A alta frequência de "*Papaya ringspot vírus*" (10) ressalta a relevância das pesquisas voltadas a resistência viral através da biotecnologia agrícola. Simultaneamente, a presença do termo "*Carica papaya* lipase" (6) indica um interesse na exploração biotecnológica e enzimática do mamoeiro para aplicações industriais.

Tabela 2 - Palavras-chave de autores com maior ocorrência para a cultura do mamoeiro na *Web of Science* entre 2006 a 2026

Palavras	Frequência
Papaya ringspot virus	10
Carica papaya lipase	06
Antracnose	05
Controle Biológico	05
Colletotrichum gloeosporioides	05
Melhoramento de Plantas	05
Resistencia	05
Determinação do Sexo	05
Embriogênese somática	05
Antioxidante	04



Figura 3 - Nuvem de palavras-chave mais frequentes em rede de colaboração científica para a cultura do mamoeiro na *Web of Science*, no período de 2006 a 2026.

Verifica-se também um nicho dedicado ao manejo de doenças causadas por fungos, representado pelos termos "Antracnose" (5), "Controle biológico" (5) "*Colletotrichum gloeosporioides*" (5). Os termos

"Melhoramento de plantas" (5) e "Resistencia" (5) indicam um foco estratégico contínuo da área, que historicamente associa a evolução da cultura do mamoeiro a evolução genética para proteção contra patógenos. A frequência dos termos "Determinação do sexo" (5) e "Embriogênese somática" (5), evidencia que a superação de gargalos propagativos e reprodutivos constituem um eixo central da pesquisa biotecnológica. Por fim, a palavra-chave "Antioxidante" (4) destaca uma vertente de pesquisa voltada para a exploração do potencial dos compostos bioativos presentes no mamão.

Apesar das palavras-chave destacadas na Tabela 2, é fundamental ressaltar a ausência de temas de grande relevância biotecnológica recentes na pesquisa com o mamoeiro, como exemplo "CRISPR/Cas9" e "Edição genica". A baixa ocorrência desses termos pode indicar que são considerados tópicos de nicho ou emergentes na área. Análises bibliométricas baseadas em frequência de palavras-chave, tendem a apresentar termos consolidados e estabelecidos a mais tempo na literatura, como "melhoramento de plantas", "resistência" e "controle biológico", enquanto temas recentes e altamente inovadores não são bem representados devido ao menor volume de publicações (Donthu *et al*., 2021). Diante disso, a ausência dessas palavras-chave podem ser um indicativo de uma lacuna na área, e consequentemente uma oportunidade para pesquisas futuras. Isso sugere que a integração de ferramentas moleculares avançadas ao melhoramento do mamoeiro representa uma tendência promissora, com potencial para mudar o cenário das pesquisas nas próximas décadas (Favaratto *et al*., 2025)

CONCLUSÕES

A análise bibliométrica permitiu mapear as tendências e redes de colaboração científica da pesquisa em biotecnologia aplicada ao mamoeiro no período de 2006 a 2026.

Foi observado que a fronteira tecnológica atual se destaca por ferramentas de biologia molecular, como o uso de RNAs de interferência (siRNA), embriogênese somática e estudos genéticos sobre a determinação sexual. Além disso, este trabalho evidenciou uma possível lacuna de pesquisa e uma tendência promissora, que é o uso de ferramentas moleculares avançadas, como CRISPR/Cas9 e edição genica. Ficou evidente que o futuro do melhoramento genético e da exploração do mamoeiro, dependerá da integração dessas novas ferramentas biotecnológicas com as técnicas já consolidadas (como o melhoramento genético convencional e o manejo integrado de doenças e pragas), bem como a formação de redes de colaboração mais robustas.

REFERÊNCIAS

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, E J.; PEREIRA, M.G.; CATTANEO, L.F. **Melhoramento genético do mamoeiro no Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.

DONTHU, N.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, D.; PANDEY, N.; LIM, W.M. How to conduct a bibliometric analysis: an

overview and guidelines. **Journal of Business Research**, [S. l.], v. 133, p. 285-296, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

FAOSTAT. **Crops Production**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2026. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize. Acesso em: 13 ago. 2026.

FAVARATTO, L.; SILVA, M.L.; BUSS, D.S.; QUADROS, O.F.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. Os marcos regulatórios que envolvem o mamão geneticamente modificado por CRISPR e seu impacto no comércio internacional. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.*l.*], 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.70478

GASQUES, J.G.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; NAVARRO, Z. (org.). **A agricultura brasileira**: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília, DF: Ipea, 2010. 298 p. Disponível em: http://www.infoteca.cnptiaembrapa.br/infoteca/handle/doc/904332

GONSALVES, C.; LEE, D.R.; GONSALVES, D. Transgenic virus-resistant papaya: The Hawaiian 'Rainbow' was rapidly adopted by farmers and is of major importance in Hawaii today. **APSnet Feature Articles**, 2004. DOI: https://doi.org/10.1094/APSnetFeature-2004-0804

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agropecuária**: mamão. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamao/br. Acesso em: 21 ago. 2026.

JONES, R.A.C.; NAIDU, R.A. Global dimensions of plant virus diseases: current status and future perspectives. **Annual Review of Virology**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 387-409, 2019. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-virology-092818-015606

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J.-O. *Carica papaya* L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 683, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/d14080683

LIMA, R.C.A.; LIMA, J.A.A.; SOUZA JÚNIOR, M.T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G.P. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 689-702, 2001. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000400001

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (ed.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. 497 p. Disponível em: http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/924

MING, R.; Hou, S.; Feng, Y.; Yu Q. *et al***.** The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). **Nature**, v. 452, p. 991-996, 2008. DOI: https://doi.org/10.1038/nature06856

NARESH, M.; PATIL, B.L. Distinct patterns of virus derived-siRNAs in response to Papaya ringspot virus infection in differentially responding genotypes of papaya (*Carica papaya* L.) and its wild relative. **3 Biotech**, [S. l.], v. 16, art. 52, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s13205-025-04672-0

NITSAWANG, S.; HATTI-KAUL, R.; KANASAWUD, P. Purification of papain from *Carica papaya* latex: aqueous two-phase extraction versus two-step salt precipitation. **Journal of Enzyme and Microbial Technology**, [S. l.], v. 39, n. 5, p. 1103-1107, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.02.013

RUGGIERO, C.; MARIN, S.L.D.; DURIGAN, J.F. Mamão: uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33 (spe1), p. 76-82, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500011

SÁ ANTUNES, T.F.; MAURASTONI, M.; MADROÑERO, L.J.; FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J.M.; VENTURA,

J.A.; ABREU, E.F.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. Battle of three: the curious case of papaya sticky disease. **Plant Disease**, v. 104, n. 11, 2020. DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-12-19-2622-FE

SOARES, P.B.; CARNEIRO, T.C.J.; CALMON, J.L.; CASTRO, L.O.C.O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 175-185, 2016. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100067

TRINDADE, A.V. Mamão: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: **Embrapa comunicação para transferência de tecnologia**, 2000.

VIEIRA, M.S.; MAGAÑA-ÁLVARE, A.A.; FERNANDES, P.M.B.; ZERBINI, F.M. *et al*. Papaya Sticky Disease management: biotechnological strategies as sustainable alternatives to roguing. **Plant Health Cases**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2026.0006

A AUSÊNCIA DE ESTUDOS SOBRE MICROPLÁSTICOS EM MAMÃO E SEUS REFLEXOS PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR

Ana Lidia Claudio Coelho Barboza[1]*, Eduarda Fagundes Demoner[1], Alexandre Martins Costa Santos, Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Maruípe. Vitória, ES. *ana.barboza@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

Os microplásticos (MPs) são partículas plásticas que se consolidaram como uma das classes de contaminantes emergentes em sistemas agrícolas e alimentares (Ng *et al*., 2018; Liu *et al*., 2021). Nesse contexto, algumas entidades consideram MPs como partículas plásticas com pelo menos uma dimensão menor que 5 mm. Outras, como a Food and Drug Administration (FDA), consideram partículas com pelo menos uma dimensão inferior a 5 mm até 1 μm como MPs, e a 1.000 nm até 1 nm como nanoplásticos (NPs), porém ainda não há um consenso universal quanto à classificação por tamanho (Ho; Bjorkland; Burgess, 2024). Essas partículas atingem culturas agrícolas por múltiplas vias — irrigação com água contaminada, uso de coberturas plásticas (mulching), deposição atmosférica, fertilizantes derivados de lodo de esgoto e contato com embalagens (De-La-Torre, 2020; Lazăr *et al*., 2024).

Estudos experimentais recentes já demonstraram a presença de MPs em frutos comercialmente relevantes, como maçãs, morangos, tomates e pepinos, associando essa contaminação a possíveis efeitos adversos à saúde humana (Li *et al*., 2021; Shorobi *et al*., 2023; Ceccanti *et al*., 2024). Paralelamente, estudos sobre a toxicidade de MPs em plantas terrestres têm revelado alterações metabólicas, citológicas e genéticas, com impactos sobre germinação, crescimento e produtividade (Shorobi *et al*., 2023; Liu *et al*., 2026), embora se trate de um campo de pesquisa ainda incipiente e marcado pela ausência de padronização metodológica (Kwon *et al*., 2020; Yu *et al*., 2022; Lăzar *et al*., 2024).

Nesse contexto de crescimento da pesquisa sobre MP em vegetais utilizados na nutrição humana, é necessário investigar a presença desses contaminantes em espécies de relevância agrícola. O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto nutritivo e popular amplamente consumido em países tropicais tanto *in natura* quanto processado em sucos e polpas (Embrapa, [s.d.]; Embrapa, 2009) e com alto valor de exportação (FAOSTAT, 2024). Por esse motivo, a espécie é objeto de intensa investigação biotecnológica visando ao aumento da produtividade, à melhoria da qualidade dos frutos e à obtenção de genótipos mais resistentes a patógenos e estresses ambientais (Dhekney *et al*., 2016).

Entre as fontes potenciais de MPs na cadeia produtiva do mamão estão métodos de propagação, plantio

e semeadura em saquinhos ou canteiros plásticos, cobertura plástica no solo, componentes de sistemas de irrigação por gotejamento, telas de sombreamento e demais estruturas empregadas no cultivo protegido, bem como as embalagens utilizadas no beneficiamento, transporte, armazenamento e comercialização dos frutos (Figura 1) (Embrapa, 2009; Mandal, 2025).

Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar se há produção científica sobre MPs em *C. papaya* e o que ela representa em comparação à produção sobre *C. papaya* em geral e sobre MPs em outros frutos, discutindo a influência de possíveis fatores metodológicos.

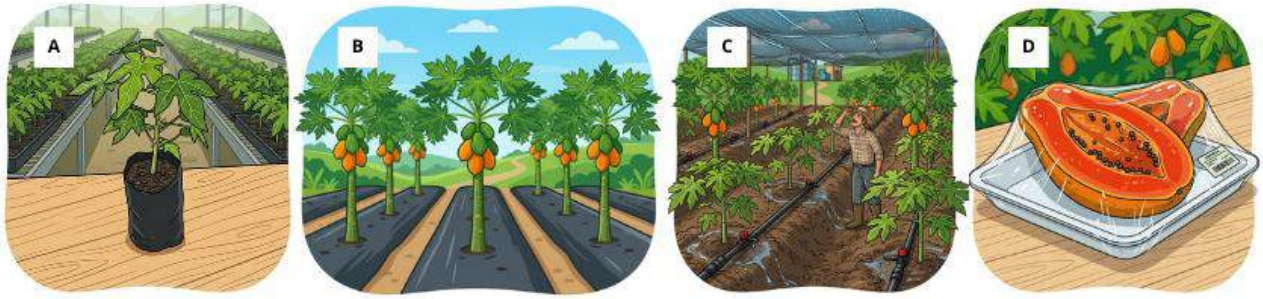


Figura 1 - Etapas da cadeia produtiva do mamão (*Carica papaya* L.) com potencial de ocorrência da contaminação por MPs: (A) propagação com produção de mudas em saquinhos plásticos; (B) utilização de filmes plásticos no cultivo; (C) irrigação por gotejamento associada ao uso de estruturas de sombreamento; e (D) acondicionamento dos frutos em embalagens plásticas. Esses materiais podem sofrer degradação, desgaste ou liberação de partículas durante o manejo, constituindo possíveis fontes de microplásticos ao longo da produção e da pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento da literatura foi realizado nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus, utilizando as chaves de busca: (papaya OR “Carica papaya”) para recuperar artigos sobre *C. papaya*; [(microplastic* OR nanoplastic*) and (papaya OR “Carica papaya”)] para artigos sobre MPs em *C. papaya*; e [(microplastic* OR nanoplastic*) and fruit*)] para MPs em espécies de frutos em geral. As buscas foram feitas nos campos título, resumo e palavras-chave, adicionando “TS=” na WoS e “TITLE-ABS-KEY” no Scopus aos argumentos das chaves. Foram considerados artigos de estudos experimentais até a realização da pesquisa (agosto de 2026), desconsiderando artigos de revisão e outros documentos para representar o desenvolvimento atual do campo de pesquisa com mais exatidão. Foram lidos os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos. As duplicatas foram removidas no RStudio com o pacote de análise bibliométrica Bibliometrix.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de publicações identificadas para cada tema nas duas bases consultadas está representado na Figura 2, assim como as que foram excluídas nos processos de triagem e remoção de duplicatas.

Foram obtidos 12.088 artigos relacionados a *C. papaya*. Esses estudos abordam diferentes dimensões da cultura, incluindo taxonomia, fisiologia, fitopatologia, melhoramento genético, entre outras. Em contraste, não foram encontrados artigos que investigassem MPs em *C. papaya*, seja na planta, no fruto, no solo cultivado, ou produtos derivados. Além disso, houve um total de 70 artigos sobre MPs em frutos, distribuídos entre apenas 18 espécies, das quais foram representadas as mais frequentes na Figura 3, evidenciando uma cobertura taxonômica ainda limitada frente à diversidade de frutas produzidas e consumidas globalmente. O tomate (*Solanum lycopersicum*) foi a matriz mais recorrente, mencionada em 14 estudos.

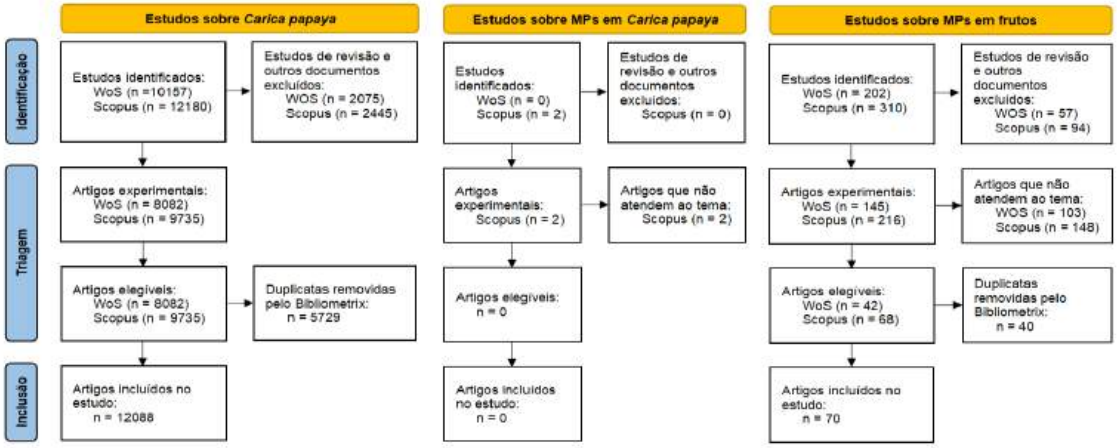


Figura 2 - Fluxograma de seleção dos estudos.
Fonte: Adaptado de Page *et al*. (2021).

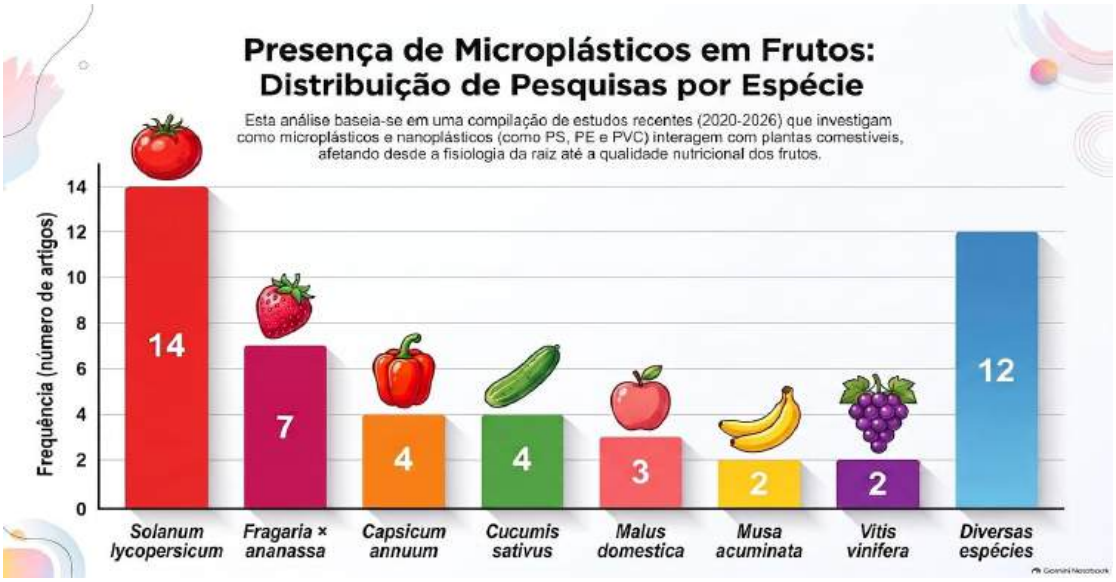


Figura 3 - Espécies mais frequentes nos estudos sobre MPs em frutos.

A ausência de estudos específicos sobre MPs em *C. papaya* evidencia uma lacuna importante. São necessários estudos que investiguem as fontes e vias de entrada de MPs na cultura do mamoeiro, sua eventual

absorção, translocação e acúmulo em tecidos vegetais e frutos, bem como seus impactos sobre germinação, crescimento, fisiologia, estresse, estado nutricional, produtividade e qualidade.

Também se destaca a necessidade de desenvolver, adaptar e validar métodos de extração, identificação e quantificação de MPs para diferentes matrizes alimentares, considerando que características como teor de água, açúcares, fibras, pectinas, pigmentos e lipídios podem interferir no preparo das amostras, na recuperação das partículas e na comparabilidade dos resultados (Kwon *et al*., 2020; Yu *et al.* 2022; Lăzar *et al*., 2024).

A padronização metodológica é condição essencial para que dados de ocorrência de MPs em frutos e exposição de consumidores se tornem estimativas consistentes. Atualmente, as revisões de estimativas de ingestão de MPs apontam grande variabilidade entre estudos que decorre das diferenças nas definições de MPs, nos limites de detecção, nas classes de tamanho avaliadas, nas técnicas de identificação e na forma de expressão dos resultados (Kwon *et al*., 2020; Yu *et al.,* 2022; Lăzar *et al*., 2024). Isso é necessário para qualificar o debate sobre segurança alimentar através das avaliações de risco, para a discussão de critérios técnicos de regulação de MPs em alimentos e para subsidiar políticas públicas.

Na cadeia produtiva do mamão, possíveis medidas preventivas incluem o manejo adequado de filmes de cobertura e embalagens, a avaliação da qualidade da água de irrigação, a manutenção de mangueiras, tubulações e telas plásticas, e a adoção de boas práticas no beneficiamento e na pós-colheita. Todavia, a definição de valores de referência ou de limites regulatórios requer dados analíticos confiáveis e comparáveis e evidências toxicológicas capazes de relacionar concentração, tamanho, forma e composição dos MPs aos riscos efetivos para a saúde humana.

CONCLUSÃO

Falta de estudos que investiguem MPs em *C. papaya* e literatura limitada sobre MPs em frutos indicam baixo desenvolvimento do campo de pesquisa.

Os estudos de MPs em *C. papaya* são necessários para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e de mitigação da contaminação na cultura do mamão.

Métodos de análise de MPs em frutos devem ser desenvolvidos e padronizados para subsidiar as discussões sobre segurança alimentar, avaliações de risco e futura regulação de microplásticos.

REFERÊNCIAS

CECCANTI, C.; DAVINI, A.; LO PICCOLO, E.; LAURIA, G.; ROSSI, V.; RUFFINI CASTIGLIONE, M.; SPANÒ, C.; BOTTEGA, S.; GUIDI, L.; LANDI, M. Polyethylene microplastics alter root functionality and affect strawberry plant physiology and fruit quality traits. **Journal of Hazardous Materials**, v. 470, p. 134164, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134164

DE-LA-TORRE, G.E. Microplastics: an emerging threat to food security and human health. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 5, p. 1601-1608, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-019-04138-1

DHEKNEY, S.A.; KANDEL, R.; BERGEY, D.R.; SITTHER, V.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; LITZ, R.E. Advances in papaya biotechnology. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 5, p. 133-142, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.01.004

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do mamão**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. (Coleção Plantar). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/256911/1/PLANTARMamuoed032009.pdf>.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 10 ago. 2026.

KWON, J.-H.; KIM, J.-W.; PHAM, T.D.; TARAFDAR, A.; HONG, S.; CHUN, S.-H.; LEE, S.-H.; KANG, Da, Y.; KIM, J.-Y.; KIM, S.-B.; JUNG, J. Microplastics in food: a review on analytical methods and challenges. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 18, p. 6710, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph17186710

HO, K.T.; BJORKLAND, R.; BURGESS, R.M. Comparing the definitions of microplastics based on size range: scientific and policy implications. **Marine Pollution Bulletin**, v. 207, p. 116907, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116907

LAZĂR, N.; CĂLMUC, M.; MILEA, Ș.-A.; GEORGESCU, P.-L.; ITICESCU, C. Micro and nano plastics in fruits and vegetables: A review. **Heliyon**, p. e28291-e28291, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28291

LI, Z.; LI, Q.; LI, R.; ZHOU, J.; WANG, G. The distribution and impact of polystyrene nanoplastics on cucumber plants. **Environmental science and pollution research international**, v. 28, n. 13, p. 16042-16053, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-020-11702-2

LIU, Q.; CHEN, Z.; CHEN, Y.; YANG, F.; YAO, W.; XIE, Y. Microplastics and nanoplastics: emerging contaminants in food. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 69, n. 36, p. 10450-10468, 2021. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c04199

LIU, J.; CHEN, L.; GAO, M.; ZHANG, C.; JU, S.; SUN, Y.; XU, Y.; WANG, X.; IRINA, V. Effects of Polyethylene Microplastics on seed germination, seedling growth, and physiological characteristics of maize. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 116, n. 5, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s00128-026-04252-9

NG, E.-L.; HUERTA LWANGA, E.; ELDRIDGE, S. M.; JOHNSTON, P.; HU, H.-W.; GEISSEN, V.; CHEN, D. An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. **Science of The Total Environment**, v. 627, p. 1377–1388, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.341

PAGE, M.J.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J.M.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J.M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M.M.; LI, T.; LODER, E.W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L.A.; STEWART, L.A.; THOMAS, J.; TRICCO, A.C.; WELCH, V.A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medical Journal**, v. 372, n. 71, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71

SHOROBI, F.M.; VYAVAHARE, G.D.; SEOK, Y.J.; PARK, J.H. Effect of polypropylene microplastics on seed germination and nutrient uptake of tomato and cherry tomato plants. **Chemosphere**, v. 329, p. 138679-138679, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138679

YU, C.; TAKHISTOV, P.; ALOCILJA, E.; DE CORCUERA, J. R.; FREY, M.W.; GOMES, C.L.; MAO, Y.J.; MCLAMORE, E.S.; LIN, M.; TSYUSKO, O.V.; TZENG, T.-R. J.; YOON, J.-Y.; ZHOU, A. Bioanalytical approaches for the detection, characterization, and risk assessment of micro/nanoplastics in agriculture and food systems. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 414, n. 16, p. 4591-4612, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s00216-022-04069-5

ÍNDICE DE AUTORES

Adilson Jovanino Teixera Júnior - 346

Adriana Silva Hemerly - 209

Adriano do Carmo Santos - 610

Alessandro Coutinho Ramos - 352, 357

Alex Souza Rodrigues - 58, **282**, 305, 316, 321, 369, 379

Alexandre Basílio Oliveira - **140**

Alexandre Martins Costa Santos - 628

Alexandre Pio Viana - 316, 321

Allan Benfica de Souza - **220**

Allana Hand Santiago - 258

Amanda Azevedo Bertolazi - 352, 357

Amanda Sarmento Lopes - 548, 552, **556**, 560, 564

Amanda Silva Alves - **573**

Ana Júlia Câmara Jevaux-Machado - 156, 398, 404, **409**

Ana Lidia Claudio Coelho Barboza - 620, **628**

Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti - 340

Ana Paula da Silva Costa - 118, **253**, 264

Ana Paula Valente - 249

Andressa Moratti Campista - 193, **199**

Angélica Padilha de Freitas - 287, **293**

Antonio Alberto Ribeiro Fernandes - 199, 213, 385, 620, 628

Antonio Carlos Zem - **150**

Antonio Ferreguetti Pascualetti - 98

Antonio Resende Fernandes - 415, 419, 475, **491**, 495, 602

Artur Schulz Nepomuceno - 445, **602**

Auriane dos Reis Pimentel - 299

Ayane Fernanda Ferreira Quadros - 364

Bárbara Côgo Venturim - 184

Beatriz Auer Margon - 423, 475, 479, 499, 520, **531**

Bliane Morozini Bacheti - 328, 334, 404, 409

Brenda Cavalcante Ferreira - **450**, **468**, 472, 483, 491, 495, 508, 516, 528

Breno José Thomas - 423, 531, 573, **589**

Brunno Renato Farias Verçoza - 394

Camila Marinho Oliveira - 432, 468, **483**, 543

Camilla Cristina Oliveira Evangelista - 328
Carla da Silva Dias - 156
Catiane dos Santos Braga - 58, 305, 369, 374, 379
Cícero Alvino Covre - 107
Clarisse dos Santos Claudio - 552, 556
Conceição Aparecida Fernades - 328, 334
Cristhiane Tatagiba Franco Brandão - 398, 404, 409
Dandarha Coutinho Pigatti - 184
Daniel Alexandre Neuwald - 118, 253, 264
Daniela Camporez - 184
Daniele Birck Moreira - 310
Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre - **606**, 610, **615**
David dos Santos Martins - **340**, 606
Diego Ismael Rocha - 455, 460, 577, 589
Diolina Moura Silva - 220, 226, 231, 237, 242
Ederson Santos - 150
Edileuza Aparecida Vital Galeano - 606
Edna Morais Tresinari - 610
Eduarda Fagundes Demoner - **620**, 628
Eduardo Royer Cunha - **310**
Eduardo Scopel Gabriel Rodrigues Duarte - 352, 357
Eileen Azevedo Santos - 276, 287, 293, 299, 310
Elaine Cruz de Jesus - **352**, 357
Emanuel Felipe Medeiros Abreu - 390
Enio Bergoli - 615
Exebidio de Almeida Junior - 445, **564**
Fabíola Lacerda de Souza Barros - **271**, **328**, **334**
Fernanda Abreu Santana Arêdes, **107**
Fernanda Fernandes de Lima - 328, 334
Fernando Gomes Hoste - 156, **398**, **404**, 409
Flavio Alves da Silva - 352, **357**
Francisco Hollunder de Almeida - **552**
Francisco Murilo Zerbini - 364
Frederico Cesar Ribeiro Marques - 419, 441, 472, 602
Gabriel Bridi Baratela - 436
Gabriel Evangivaldo Rocha de Freitas Valle - **560**

Gabriel Permanhane da Silva - 58
Gabrielly Gomes de Oliveira Deorce - **585**, 597
Geís Ferreira Neves - 184
Giovanni Ferreira Montovaneli - **390**
Gisele Cardoso de Amorim - 205, 390
Gislane Chaves de Oliveira Silvares - 220, 226, 231, 237, 242
Giuliana dos Santos Sperandio - **499**, 568
Guilherme Sperandio Tauffner - 528
Guilhermy Kaio Goronci Guaitolini - 464, 487
Gustavo Soares Andrade - **276**
Helaine Christine Cancela Ramos - **58**, 282, 305, 369, 374, 379
Hélio Pena de Faria Júnior - 548, 552, 556, 560, 564
Higor Neves de Oliveira - 436
Hugo Deleon Souza - 271
Isabel dos Santos Pereira - 415, **535**, 573
Isabela Salles Foryta - 118, 253, 264
Isabele Batista Campanhon Araujo - 249
Isabelle Faria Matos - 118, 253, **264**
Isabellie Geremias Colli - **464**, 487
Isaque Barbosa Francisco - 450, 472, 495, 508, **524**
Ivan do Amaral Figueiredo Neto - **385**
Ivina Maria Oliveira Barbosa Vieira - **231**
Izally Bastos Grippa - **520**
Janyne Soares Braga Pires - 156, 398, 409
Jhemily da Silva Elias Caetano - **237**, 242
João Henrique Leite Mendes - **205**
João Paulo de Souza Voltolini - 276, 287, 293, **299**, 310
João Pedro Moraes Almeida Campos - 271
João Victor Baptista Silveira - 455, 460, 577, 589
Jocimara de Oliveira Costa - 423, **475**, 479, 499, 520, 531
Jorge de Souza - **29**
José Aires Ventura - 184, 193, 205, 209, 340, 385, 390, 394
José Altino Machado Filho - 156
José Carlos Souza Vieira - 483, **508**, 516, 585, 597
José Leonardo Santos Jiménez - 173
José Manuel Chávez Bravo - 92

José Roberto Macedo Fontes - **33**
José Salazar Zanuncio Junior - 340
Juliana Saltires Santos - 58, 305, 369, 374, **379**
Julio Cesar Fiorio Vettorazzi - 58, 282, **305**, 316, 379
Jurandi Gonçalves de Oliveira - **118**, 253, 264
Jussara Moreira Coelho - 258
Kamilly Rodrigues Mianezi - 432, **543**, 585, 597
Karen de Oliveira Barbosa - 237, **242**
Karen Gomes Fernandes - 512, 581, **593**
Karen Pessoa da Silva - 209, 394
Larissa Vitória Nunes Pinheiro - 58, 374, 379
Laura Machado Carias - **213**
Laura Rocha Candido - **258**
Lavinia Santana Ladeira Gomes - 58, **369**
Letícia Cesconeto - 189
Leticia Lima Sinfrônio - 468, **528**
Letícia Vitória de Oliveira Cunha - 427, 503, **539**
Lhais Karla Alves Constantino - **419**, 432, 535, 543
Livia da Conceição Dias - 512, 524, 568, **581**, 593
Luana Pavan de Souza - 276, **287**, 293, 299, 310
Lucas Estevão Constantino Nunes - **394**
Lucas Ferreira de Souza - 58, 316, **321**
Lúcio de Oliveira Arantes - 156
Luis Diego Urena Solis - **98**
Luis Fernando Buldrine Boina - **512**, 593
Luis Henriqe Zatta de Lima - 346
Luiz Carlos Pimentel Almeida - 189
Luiz Felipe da Silva - 419, **432**, 464, 543, 581
Luiz Fernando Felix de Souza - 282
Maíra Fasciotti - 205
Marcella Silva Vieira - 213, **364**, 385
Marcelo Gomes da Silva - 118, 253, 264
Marcelo Oliveira Rodrigues - **177**
Márcia Regina Soares da Silva - 249
Marcos Bruno Rosa de Souza - 118, 253, 264
Marcus Vinicius Sandoval Paixão - 415, 419, 423, 427, 432, 436, 441, 445, 450, **455**, 460, 464, 468, 472,

475, 479, 483, 487, 491, 495, 499, 503, 508, 512, 516, 520, 524, 528, 531, 535, 539, 543, 548, 552, 556, 560, 564, 568, 573, 577, 581, 585, 589, 593, 597, 602

Maria Clara Rodrigues Sardenberg de Almeida - 464, 487, 535

Maria Cristina C. Gazotti - 264

Maria Ester Lenzi de Souza - 398, 404

Mariana Barbosa Coelho - 512, **568**, 581, 593, 524

Marisa Chagas Simões - **226**

Mark Paul Culik - 340

Marlon Luiz Guimarães Souza - 352, 357

Mateus Rechel Comper - **445**, 602

Matheus Levi Santos Andrade - 573, **577**, 589

Mayara Santana dos Santos - **209**

Messias Gonzaga Pereira - 107, 316, 321

Michel Tesch - 615

Mírian Piassi - **184**, 193

Moises Célio Meira Martins - **415**, 535

Moises Zucoloto - 258

Monique Moreira Moulin - 271

Nathalia Redling Gripa - **479**, 568

Nicole Cavalcante da Silva - **249**

Octávio Torezani - **189**

Otávio Bullerjhann Sperandio - 427, 491, 503, **516**

Otávio Sperandio - 539

Patricia Machado Bueno Fernandes - 193, 199, 205, 209, 213, 364, 385, 390, 394, 620, 628

Paula Rúbia Simões Beiral - 610

Paulo Roberto Coelho Lopes - **16**

Pedro Henrique Correia - 585, **597**

Rachel Klitzke Silva Barcelos - 369

Rafael Nunes Almeida - 271

Rafael Zucateli da Vitoria - **346**

Raul Castro Carriello Rosa - **173**

Rayla Nemis de Souza - 276, 293, 299

Rayna Duda Rocha - 548, 556, 560, 564

Rayssa Minguta Tavares - 58, 374

Renato Santa-Catarina - 58, 282, 305, **316**, 321

Resende Fernandes - 441

Robson Celestino Meireles - 436
Romário de Oliveira Silva Júnior - 220, 226, 231, 237, 242
Russolina Benedeta Zingali - 390
Sabrina Garcia Broetto - 220, 226, 231, 237, 242
Samara Valena Veloso - 253
Samily Maria Vivaldi Fracalossi - **423**, 475, 479, 499, 520, 531
Samira Martins Ohnesorge - **487**
Sandy Castro da Silva Baía Deulefeu - 118, 264
Santana Bastos - 107
Sara Dousseau-Arantes - **156**, 398, 404, 409
Sara Perim Garcia - **441**, 455, 460
Sarah Ola Moreira - 271, 328, 334
Sérgio Henriques Saraiva - 258
Sergio Lucio David Marin - **92**
Silas Pessini Rodrigues - **131**, 199, 205, 209, 390, 394
Simone Alves Fernandes - 156
Sylvia Makvereng Satdom - 58, 282, **374**
Thaline Martins Pimenta - 156
Thayanne da Costa Carlini - 415, **436**
Tiago Morales-Silva - 340
Valda Ravani - 33
Valentina Ramos de Oliveira - 450
Victoria Huver Moschen - 427, **503**, 539
Vinícius de Oliveira Goulart - 334
Vinicius de Souza Oliveira - 156
Vinícius Toledo Manhães - **610**
Virginia Campos de Oliveira - 450, 468, **472**, 483, 491, **495**, 508, 516, 524, 528
Vitório Augusto Menegardo - 445, **548**
Viviana Ramírez Ríos - 390
Wendell Costa Facco - 441, 455, **460**
Willian Krause - 276, 287, 293, 299, 310
Yasmin Teixeira Braggio de Souza - **427**, 503, 539
Yohonatan Alain Duque Aurazo - **193**, 199

INSTITUIÇÕES E EMPRESAS PARTICIPANTES DO PAPAYA BRASIL 2026

INSTITUIÇÕES PROMOTORAS E REALIZADORAS

- Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO)
- Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (BRAPEX)
- Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos (SEEA)
- Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) / Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG-ES)

INSTITUIÇÂO CORREALIZADORA

- Sociedade Brasileira de Fruticultura (SBF)

APOIO INSTITUCIONAL

- Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES)
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Espírito Santo (SENAR-ES) (Sistema FAES/SENAR-ES/Sindicatos Rurais)
- Federação das Indústrias do Espírito Santo (Findes); Serviço Social da Indústria (SESI-ES); Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-ES)
- Prefeitura Municipal de Linhares

APOIO TÉCNICO

- Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas)
- Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex)
- Sociedade Brasileira de Fruticultura (SBF)
- Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa)
- Universidade de Brasília (UnB)
- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
- Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
- Embrapa Agrobiologia
- Embrapa Semiárido
- Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper)
- Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF)
- Rubisco Genética em Papaya
- Carigen

- MF Papaya
- Fitoclin - Consultoria, Pesquisa, e Análises Fitopatológicas
- Nortes Consultores Associados Ltda.
- Biovirtus Soluções Biológicas Ambientais e Agrícola
- XRF Tecnologia Agrícola
- Red Starr
- Bello Fruit Importação e Exportação
- Grupo Lembrance
- Total Farms (UGBP - Produção e Exportação de Frutas e Doce Fruit - Produção e Exportação)

PATROCÍNIOS MASTER

- Banco do Nordeste do Brasil S.A
- Sistema de Crédito Cooperativo (Sicredi)
- Sistema de Cooperativas Financeiras do Brasil (Sicoob)
- Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea)
- Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo (Crea-ES)
- Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea (Mútua)
- Carigen
- East-West Seed
- Linhagro / Litho Plant
- MF Papaya / Viveiros Santa Fé
- Nuterres / Essencial
- Sakata / Semillas del Caribe
- Syngenta
- Valett Grow Agro

PATROCÍNIOS

- Sistema OCB - Organização das Cooperativas do Brasil (OCB)
- Vitagrícola

COLABORAÇÃO

- Carigen
- Defesa Agrícola
- Grupo Casa Bugre
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae)



Promoção e Realização

CEDAGRO centro de desenvolvimento do agronegócio
BRAPEX Brazilian Association of Papaya Exporters
SEEA Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos
Incaper Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
Governo do Estado do Espírito Santo – Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca

Correalização

SBF Sociedade Brasileira de Fruticultura

Patrocínio Master

CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea
valett grow agro
Linhagro agronegócios
mfpapaya
syngenta
SICOOB
EAST-WEST SEED
Sicredi
Viveiro Santa Fé
SAKATA
Semillas del Caribe One Step Ahead
ESSENCIAL BIOTECH AGRO SOLUTION
Banco do Nordeste

Patrocínio

Vitagrícola Essencial para seu resultado
SistemaOCB/ES somos coop

Colaboração

Carigen
SEBRAE
GRUPO CASA BUGRE
Defesa Agrícola

Apoio Institucional

FAPES
Governo do Estado do Espírito Santo – Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação Profissional
SENAR Espírito Santo
FAES SENAR SINDICATOS
FINDES | SESI | SENAI
Linhares Prefeitura

Apoio Técnico

UFES Universidade Federal do Espírito Santo
UnB
UENF
UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro
Embrapa
Incaper
IDAF Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo
FITOCLIN
BIOVIRTUS Soluções Biológicas, Ambientais e Agrícolas
LEMBRANCE
BRAPEX
SBF
ABRAFRUTAS
TOTAL FARMS
40 bello
mfpapaya
XRF Tecnologia Agrícola
rubisco
Carigen
NORTES Consultores e Associados Ltda

Apoio

FAPES
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação Profissional

Realização

CEDAGRO
centro de desenvolvimento do agronegócio

BRAPEX
BRAZILIAN ASSOCIATION OF PAPAYA EXPORTERS

Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca

Acesse gratuitamente a produção editorial do Incaper.

ISBN: 978-85-89274-56-2
CDL
9 788589 274562

DOI: 10.54682/livro.9788589274562