

VOLUME 9 . JANEIRO A DEZEMBRO DE 2018

Publicação do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural

Incaper

em revista

Tendências e novas tecnologias na agropecuária



Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

Novos caminhos
no horizonte **tecnológico**
apresentados pelo **Incaper**,
facilitaram a **produção**
e a **produtividade**
agropecuária, proporcionando
desenvolvimento
do **meio rural**.

Publicação do Incaper

Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper
Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, Brasil
Caixa Postal 391, CEP 29052-010 / Tel.: 55 27 3636 9865

incaperemrevista@incaper.es.gov.br
www.incaper.es.gov.br

ISSN- 2179-5304

V. 9

Janeiro a dezembro de 2018

Editor: Incaper

Tiragem: 300 exemplares

Comitê Editorial do Periódico Incaper em Revista

Presidente

Liliam Maria Ventorim Ferrão

Membros

Agno Tadeu Silva
Bernardo Lima Bento de Mello
Inorbert de Melo Lima
José Aires Ventura
Luiz Carlos Prezotti
Mauricio José Fornazier
Vanessa Alves Justino Borges
Juliana Raymundi Esteves

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Governador do Estado do Espírito Santo

Paulo Hartung

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA - SEAG

Secretário de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca

Paulo Roberto Ferreira

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER

Diretora-Presidente

Nara Sthefania Tedesco Medrado Rocha

Diretor-Técnico

Gilson Tófano

Diretora Financeiro-Administrativa

Edna Francisca Totola

Equipe de Produção

Coordenação Editorial

Liliâm Maria Ventorim Ferrão

Revisão Textual

Rachel Vaccari de Lima (português)

Marcos Roberto da Costa (inglês)

Fotografia

Acervos do Incaper, arquivos dos autores

Capa

Aliana Pereira Simões

Projeto Gráfico e Editoração Eletrônica

Aliana Pereira Simões e Rogério Cruz Guimarães

Permitida a reprodução total ou parcial dos textos desde que citada a fonte.

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Incaper.

Permitida a reprodução total ou parcial dos textos desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

EDITORIAL.....	5
-----------------------	----------

ARTIGOS

Edição dirigida do genoma por CRISPR/Cas9: uma nova tecnologia para o melhoramento de plantas	6
Oeber de Freitas Quadros, José Aires Ventura, Antonio Alberto Ribeiro Fernandes, Patricia Machado Ribeiro Fernandes	

Tendências e realidades no manejo fitossanitário	16
Inorbert de Melo Lima; Cláudio Pagotto Rochi; Marlon Vagner Valentim Martins; Leonardo Araujo; Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto; Hércio Costa, José Aires Ventura	

Avanços na mecanização do cafeeiro conilon	31
Gustavo Soares de Souza, Samuel de Assis Silva, Julião Soares de Souza Lima, Abraão Carlos Verdin Filho, Maurício Blanco Infantini, César Abel Krohling	

Novas tecnologias para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas.....	42
Henrique de Sá Paye; Luiz Dimenstain; Roberto Lyra Villas Boas; Loren Chisté; Ailton Geraldo Dias ² ; Thais Regina de Souza	

Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira	51
Alberto Chambela Neto; Gustavo Haddad Souza Vieira; Ismail Ramalho Haddade; Thiago Lopes Rosado; Bernardo Lima Bento de Mello	

Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos....	66
Lucimary Soromenho Ferri; Wathaanderson de Souza Rocha; Manuel dos Santos Pires Braz Filho	

Tendências agroecológicas na produção agropecuária.....	79
João Batista Silva Araújo, Halloysio Mechelli de Siqueira, Eduardo Ferreira Sales, Jacimar Luis de Souza	

Avanços e inovações tecnológicas no monitoramento agrometeorológico: Sistema <i>Agroconnect</i> ...	90
Hugo Ely dos Anjos Ramos; Éverton Blainski; Thâbata Teixeira Brito de Medeiros; Bruce Francisco Pontes da Silva; Pedro Henrique Bonfim Pantoja; Ivaniel Fôro Maia	

ENTREVISTA

Educação a distância: Embrapa Gado de Leite oferece cursos via internet	97
---	-----------

DESTAQUES

'Marilândia ES8143' e Jardim Clonal Superadensado: tecnologias sustentáveis de café
conilon100

Ações para o desenvolvimento da bovinocultura são realizadas de norte a sul do Espírito
Santo102

PUBLICAÇÕES

Principais publicações editadas pelo Incaper em 2018.....105

EDITORIAL

Há 14 anos, em 2004, assumi a coordenação editorial de publicações do Incaper e há cinco anos, a Presidência do Comitê Editorial do periódico Incaper em Revista. Chegou a hora de me despedir. Muita coisa ocorreu e mudou nesse período. Muitas pessoas passaram por esses comitês e não poderia deixar de mencionar um pouco desta trajetória.

Quando o Incaper em Revista foi criado em 2010, o seu primeiro volume foi constituído por uma linha editorial técnica e jornalística com o propósito de relatar ao nosso público e à sociedade de modo geral os 10 anos de institucionalização do Incaper. Os volumes 2 e 3 apresentaram o Programa da Assistência Técnica e Extensão Rural, o 'Proater'. Nos volumes 4 e 5, apresentados em 2014, abordou-se a Pesquisa Agropecuária, cujo tema central foi "A trajetória do conhecimento científico no Espírito Santo.

Observamos que nossa instituição precisava trabalhar com uma publicação mais voltada para o atendimento de um nicho mais específico, que ocorresse em paralelo com a expansão dos programas de pós-graduação. Assim, a partir do quarto exemplar, promovemos realinhamento da nossa linha editorial para técnico científica, mudando o desenho gráfico e a forma de interação com os artigos.

É a partir da edição de 2016, nos volumes 6 e 7, que abordamos a crise hídrica, com tema central "Estratégias de convivência com a estiagem e gestão de recursos hídricos no Espírito Santo", que tivemos a grata surpresa do reconhecimento da Qualis/Capes. Com isso, nos sentimos mais comprometidos e entusiasmados em disponibilizar, em 2017, no volume 8, o exemplar com o tema "Produção de alimento seguro". Em 2018, elaboramos o Regimento Interno do comitê editorial

Incaper em Revista, que, com certeza, no próximo exemplar, teremos mais avanços na busca do INSS-e e possibilidade de solicitar o DOI.

Nesta edição, em seu nono volume, temos a satisfação de trazer como tema central "Tendências e novas tecnologias agropecuária", que será representado por oito artigos, redigidos por autores do Incaper e de instituições externas, voltados para as seguintes áreas: agroecologia, agrometeorologia, aquicultura, bovinocultura, biotecnologia, fertilidade de solo, manejo fitossanitário e mecanização do café. Apresentamos também uma entrevista com a pesquisadora, zootecnista e mestre Rosangela Zoccal, que relata o crescimento pelo interesse de um público diversificado à Educação a Distância (EaD).

Assim, é com prazer que passo o bastão de Coordenadora editorial do incaper e Presidente do Comitê Editorial do Incaper em Revista. Chegou a minha vez de trilhar novos caminhos, levando na bagagem a experiência e o aprendizado obtidos nesse trabalho e dessa respeitada instituição, o Incaper. Com certeza, nesses anos também tive a oportunidade de conhecer profissionais brilhantes, criativos e generosos, sempre dispostos a compartilhar seu trabalho e sua arte com a gente. Não poderia esquecer-me de deixar um grande abraço de agradecimento para eles.

Desejo que o Incaper em Revista tenha vida longa e atinja seus objetivos de levar as informações aos que nos acompanham há tempos, aos que acabaram de chegar e aos futuros leitores!

Boa leitura!

Liliâm Maria Ventorim Ferrão
Presidente do Conselho Editorial

Edição dirigida do genoma por CRISPR/Cas9: uma nova tecnologia para o melhoramento de plantas

Oeber de Freitas Quadros¹, José Aires Ventura², Antonio Alberto Ribeiro Fernandes³, Patricia Machado Ribeiro Fernandes⁴

Resumo - A edição genética de plantas pelos sistemas CRISPR e principalmente pelo CRISPR/Cas9 tem proporcionado uma nova revolução nos trabalhos de melhoramento genético garantindo a alteração do progresso da pesquisa biotecnológica. As grandes vantagens desta tecnologia são a capacidade para a alteração de regiões específicas do DNA, a customização do sistema e o baixo custo dos insumos necessários para edição, quando comparados com outras metodologias através da modulação de genes-alvo envolvidos no metabolismo da planta, imunidade e tolerância ao estresse para gerar culturas com as melhorias desejadas. O LBAA/UFES e o Incaper têm desenvolvido pesquisas de proteômica e transcriptômica do mamoeiro com foco nessas tecnologias. Os resultados já alcançados têm possibilitado estratégias de edição do mamoeiro por CRISPR/Cas9. Sobre os aspectos legais, o Departamento de Agricultura dos EUA se posicionou favorável à tecnologia, e alimentos editados por CRISPR/Cas9 já foram liberados para comercialização. No Brasil, a CTNBio vem discutindo a questão sobre as técnicas inovadoras de melhoramento de precisão, em que se enquadram estas novas tecnologias de edição genética.

Palavras-chaves: Agronegócio; Biotecnologia; DNA; CRISPR; Resistência; Melhoramento.

Genome editing by CRISPR/Cas9: a new technology for plant improving

Abstract - Genome editing known as CRISPR/Cas9 has provided a new emerging genetic revolution that assures the change in the progress of biotechnological research. The great advantages of this technology are the ability to change specific DNA regions, system customization and the low cost of the inputs required for editing, compared to other methodologies through modulation of target genes involved in plant metabolism, immunity and stress tolerance to generate crops with the desired improvements. LBAA/UFES and INCAPER have developed research on proteomics and transcriptomics of papaya. The results already achieved have enabled papaya editing strategies by CRISPR/Cas9. As to the legal aspects, the US Department of Agriculture has positioned itself in favor of this technology, and food edited by CRISPR/Cas9 has already been released for sale. In Brazil, CTNBio has been discussing the issue of the innovative precision improvement techniques, in which these new genetic editing technologies fit.

Keywords: Agribusiness. Biotechnology. DNA. CRISPR. Resistance. Plant breeding.

INTRODUÇÃO

O agronegócio tem sido um dos principais pilares da economia brasileira, contribuindo com o produto interno bruto (PIB) do País e onde a produção e o

consumo de frutas representam parte importante, estando associado à melhoria da saúde da população.

O ser humano sempre buscou melhorias na produção de alimentos. Por exemplo, a espiga de milho,

¹ Biólogo, Doutor em Biotecnologia, Pesquisador da LBAA/UFES, e-mail: oeberquadros@gmail.com

² Engenheiro. Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Pesquisador do Incaper

³ Físico, Doutor em Ciências dos Materiais, Professor Titular da UFES, Pesquisador do LBAA/UFES

⁴ Bióloga, Doutor em Bioquímica, Professora Titular da UFES, Pesquisadora do LBAA/UFES

vigorosa e cheia de grãos amarelos homogêneos que conhecemos hoje surgiu a partir de outra gramínea: o teosinto. Há muito tempo se percebeu que as melhores espigas deveriam ser usadas como matrizes para o replantio. Durante milênios, a domesticação do milho foi realizada pela seleção artificial. Uma recente análise do transcriptoma do milho e do teosinto revelou o resultado desta seleção: mais de 1.000 genes com expressão significativamente alterados, que podem ter contribuído para a evolução do milho (SWANSON-WAGNER et al., 2012).

Com a avanço científico, a identificação e manipulação dos genes de interesse deram um grande salto: transformação genética de plantas. Na década de 1980, surgiram os primeiros vegetais transgênicos, e em 1994, o primeiro alimento geneticamente modificado – o tomate *Flavr Savr*. O termo transgênico refere-se a um organismo que recebeu um gene de outro organismo doador, que pode ser de outra espécie do mesmo gênero ou até mesmo de um reino diferente.

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), (CTNBio, 2018), de 1998 até 04/05/2018, já aprovou 78 plantas geneticamente modificadas para comercialização, sendo: 16 de soja, 44 de milho, 15 de algodão, 1 de feijão, 1 de eucalipto e 1 de cana-de-açúcar. Atualmente, 96% da soja, 88% do milho e 78% do algodão aqui plantados são geneticamente modificados, principalmente resistentes a herbicidas e/ou a insetos (CIB, 2018).

Um relatório apresentado pela Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (NASEM, 2016) considera seguro o consumo dos alimentos transgênicos, pois já se passaram mais de 20 anos de sua utilização e não foram encontradas evidências que correlacionem um maior risco no consumo de transgênicos em comparação com plantações convencionais. Entretanto, ainda existem em diferentes segmentos da sociedade questionamentos críticos em relação aos alimentos transgênicos.

São várias as possibilidades de melhoramento genéticos de plantas. Os principais desafios

econômicos e agrônômicos enfrentados pelos agricultores são o controle de doenças e pragas, bem como o comportamento de tolerância das plantas em condições climáticas adversas. Quanto à tolerância ao estresse abiótico, os dois principais objetivos são obter tolerância aos herbicidas e ao estresse ambiental natural, tais como, calor, frio, salinidade e seca. Com o melhoramento vegetal, tanto pelas estratégias convencionais, quanto os mais recentes métodos moleculares e de engenharia genética, as pesquisas têm buscado aumentar a produtividade e produção agrícola.

Este trabalho objetiva realizar uma abordagem sobre a nova ferramenta para o melhoramento de plantas: a edição dirigida do genoma por CRISPR/Cas9.

NOVAS ALTERNATIVAS PARA MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS

Com o surgimento de novas metodologias de sequenciamento, mais rápidas e baratas, muitos vegetais tiveram seus genomas sequenciados e anotados em bancos de dados *on-line*, gerando metadados de informação. Paralelamente, novas abordagens biotecnológicas têm permitido uma revolução, capaz de transformar ciência básica em aplicada e personalizada.

Neste sentido, a “edição gênica dirigida” é uma abordagem moderna para a modificação do genoma, que tem emergido como uma alternativa aos métodos de melhoramento clássico e transformação genética para gerar novas cultivares e assegurar a produção de alimentos.

Estas novas Técnicas Inovadoras de Melhoramento de Precisão (TIMPs) permitiram que pesquisadores fizessem modificações precisas no DNA, em praticamente qualquer organismo que desejassem, sem a necessidade de fazer a introdução de genes de outras espécies. A edição genômica de plantas de interesse econômico tem avançando rapidamente.

Das estratégias de edição gênica, a que tem sido mais utilizada é aquela que provoca uma deleção do DNA em um local específico. Características

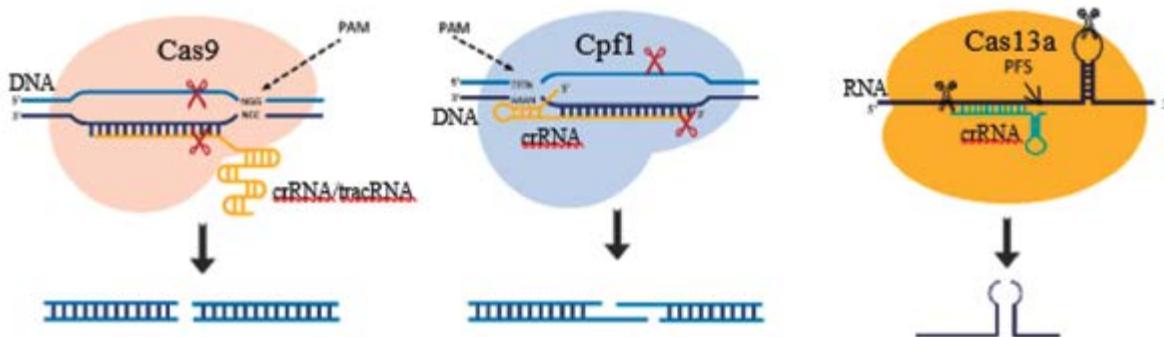


Figura 2. Diferenças nos sistemas CRISPR/Cas9, Cpf1 e Cas13a. Cada sistema possibilita diferentes estratégias de edição gênica.

Fonte: Adaptado de Zaidi; Mahfouz; Mansoor, 2017 e Abudayyeh, et al, 2016.

clivagem não é o DNA e sim o RNA. Outra diferença em Cas13a é a região PFS (sequência flanqueadora do protoespaçador), que é análoga à sequência PAM para Cas9 e consiste em um único par de bases A, U ou C. A existência de variantes raras implica que tipos e subtipos adicionais ainda precisam ser caracterizados (MAKAROVA et al., 2015).

O grande interesse suscitado pela tecnologia CRISPR/Cas9 é ser facilmente programável para reconhecer e clivar sítios específicos de um gene alvo e, portanto, passível de ser usada para edição de genomas.

No sistema CRISPR/Cas9 não há necessidade de cortar genes de animais ou bactérias e colocar dentro de plantas. Nesta tecnologia, para realizar mudanças de interesse, os códigos genéticos das plantas são reeditados em regiões específicas.

Em teoria, com esta técnica é possível modificar qualquer gene de interesse. Sendo assim, os cientistas podem utilizar o sistema CRISPR/Cas9 para modificar com precisão a sequência do genoma de qualquer organismo de forma mais rápida, mais barata, precisa e altamente eficiente na edição de genomas quando comparado com as nucleases TALEN e ZFN, e é menos controverso que as técnicas de produção de transgênicos convencionais (Tabela 1). Ainda é de longe muito mais preciso do que os cruzamentos mendelianos, reduzindo em anos ou mesmo décadas o tempo necessário para desenvolver novas variedades de culturas para os agricultores (ZHANG et al., 2017).

A tecnologia CRISPR já revolucionou as pesquisas em ciências da vida e tem provocado uma verdadeira corrida biotecnológica aplicada ao agronegócio. O Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) publicou que a tecnologia CRISPR/Cas9 foi a maior descoberta de biotecnologia do século (REGALADO, 2016).

Tabela 1. Comparação das propriedades das quatro principais ferramentas de edição do genoma.

Propriedades	ZFNs ¹ (2003)	TALENs ² (2010)	CRISPR/Cas ³ (2012)
Proteínas (n°)	2	2	1+1 RNA
Realização	Não muito fácil	Fácil	Muito fácil
Custo Produção (€)	5.000	1.000	10
Tempo necessário	Meses	Semanas	Dias

¹ZFNs: Zinc-finger nucleases; ²TALENs: Transcription Activator-Like Effector Nucleases; ³CRISPR/Cas: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats.

Fonte: Bertrand Dagallier-OECD (Comunicação Pessoal, 2018).

DA FICÇÃO À REALIDADE: ALIMENTOS JÁ EDITADOS POR CRISPR/CAS9

Muitos são os desafios relativos à aplicação de CRISPR/Cas9. Embora os genomas de muitas plantas tenham sido sequenciados, a função da grande

maioria dos genes permanece desconhecida. Em outras palavras, não alcançamos o completo nível de entendimento das funções dos principais genes de plantas. Entretanto, as análises de dados de sequenciamento de próxima geração (NGS) e os estudos de associação genômica ampla (GWAS) têm possibilitado prever a função de muitos genes. Pelo processo evolutivo e algumas centenas de anos, mudanças nos genes poderiam ocorrer por mutações naturais. Com a edição gênica orientada por CRISPR/Cas9, estas modificações genéticas não foram consideradas transgênicas.

A aplicação de CRISPR/Cas9 para a melhoria de alimentos foi relatada muito recentemente. A maioria das edições gênicas já realizadas usando CRISPR/Cas9 baseou-se na deleção direcionada do DNA, em que ocorreu apenas o desligamento de genes nativos, sem a necessidade de incluir novos genes de outras espécies:

- O tomateiro é infectado pelo fungo *Oidium neolycopersici*, agente causal da doença do oídio. O gene *SlMlo1* do tomateiro foi escolhido como alvo de deleção, porque este gene é o principal causador da vulnerabilidade ao patógeno. Como resultado, a planta editada com a deleção demonstrou resistência ao patógeno *Oidium neolycopersici* (NEKRASOV et al., 2017).

- A deleção dos genes *SlAGL6* do tomateiro produziu frutos partenocárpicos com grande interesse para indústria de processamento. Esta nova cultivar de tomateiro apresentou tolerância a altas temperaturas, e as plantas foram capazes de produzir frutos sob condições de estresse por calor (KLAP et al., 2017)

- Desenvolvimento de uma variedade de arroz que produz de 25% a 31% de grãos a mais, através da modificação de 13 genes associados na produção do fitormônio ácido abscísico. Simultaneamente, a mutação dos genes que codificam os receptores ABA de resistência à pirabactina 1-like 1 (*PYL1*), *PYL4* e *PYL6* ocasionaram o crescimento aprimorado e o aumento no rendimento de grãos no arroz (MIAO, 2018).

- Em outra pesquisa, uma alteração simultânea em

três genes de arroz (*GW2*, *GW5*, *TGW6*) que regulam negativamente o tamanho da semente resultou no aumento significativos do tamanho e peso da semente em até 30% (XU et al., 2016).

- O fator de iniciação da tradução eucariótica, *eIF4E*, e sua isoforma, *eIF4E(iso)*, desempenham papéis fundamentais pela célula para a tradução na síntese proteica. Entretanto, muitos vírus de RNA em plantas se utilizam dos fatores *eIF4E* e *eIF4E(iso)* para manter sua multiplicação durante a infecção. A inativação de um dos fatores não causa danos aparentes nas plantas. Em pepino, o fator de iniciação *eIF4E* foi inativado. Sem este fator disponível, os vírus testados não conseguiram mais causar doenças no pepino (CHANDRASEKARAN et al., 2016)

- A alteração do fator de iniciação *eIF4E(iso)* em mandioca permitiu um aumento da resistência à doença da mancha marrom da mandioca, provocado pelo *Ipomovirus* (GOMEZ et al., 2018).

- A bactéria *Xanthomonas citri* ssp. *citri* é o agente causador da doença cancro cítrico, extremamente devastadora nos pomares cítricos, tanto no Brasil como em outras regiões produtoras do mundo. A deleção de diferentes alelos do gene *CsLOB1* presentes em toranja possibilitou o desenvolvimento de frutos resistentes ao cancro cítrico (PENG et al., 2017).

- Cultivares de milho, soja e arroz resistentes aos herbicidas também foram obtidos através da edição dirigida do gene *ALS1*, responsável por uma enzima chave para a biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada e alvo principal para herbicidas importantes, incluindo clorosulfurão e bispiribaque sódico (SUN, et al., 2016)

- Em um ensaio de expressão transiente, a interrupção do gene *TcNPR3*, um supressor da resposta de defesa do cacau, possibilitou um aumento da resistência do tecido foliar à infecção do agente etiológico do cacau *Phytophthora tropicalis* (FISTER et al., 2018).

- Em arroz, a inativação dos genes *OsSWEET11* e *OsSWEET14* aumentou a resistência à *Xanthomonas oryzae* pv. *oryza* causadora da queima do arroz. Já a interrupção do gene *OsERF922*, maior resistência ao

fungo *Magnaporthe oryzae*, patógeno da brusone, a doença considerada como uma das mais importantes do arroz (KARKUTE et al., 2017)

- A família do gene da gliadina do trigo contém quatro peptídeos altamente estimulantes. A α -gliadina, juntamente com glutenina, formam o glúten. A α -gliadina é o principal grupo proteico associado ao desenvolvimento da doença celíaca. Recentemente foi apresentando um trigo com baixo teor α -gliadinas. Esta nova cultivar de trigo sem glúten poderia ser usada para produzir alimentos com baixo teor de glúten (SÁNCHEZ-LEÓN et al., 2018).

- No cogumelo comestível *Agaricus bisporus*, genes que codificam a polifenol oxidase são responsáveis por uma enzima envolvida no processo de escurecimento. As deleções dirigidas inativando estes genes reduziram a atividade da enzima, resultando em cogumelos com maior o tempo de validade nas prateleiras. Este foi o primeiro organismo editado por CRISPR sem a necessidade de regulamentação do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), órgão responsável pela autorização de produção de alimentos geneticamente modificados (WALTZ, 2016). Com um passe livre do governo americano, alimentos editados por CRISPR chegam ao mercado em tempo recorde.

- A DuPont Pioneer obteve aprovação comercial nos EUA para produzir milho que produz 100% de amilopectina, de maior valor agregado para indústrias de produção de papel. Este milho foi editado desligando a via da produção de amilose (WALTZ, 2018). Ressalta-se que, naturalmente, o milho produz dois tipos de amidos: amilopectina (75%) e amilose (25%), sendo que este milho foi editado, desligando-se a via da produção de amilose.

- No Brasil, estão em desenvolvimento estudos de edição gênica em soja, algodão, milho e cana-de-açúcar, visando à obtenção de cultivares resistentes a pragas e doenças e ainda tolerantes a estresses ambientais.

PESQUISAS COM MAMÃO NO ESPÍRITO SANTO

Entre as frutas da pauta de exportação brasileira, o mamão (*Carica papaya* L.) ocupa a sexta posição com cerca de 5,4% do total de frutas exportadas e 2,4% do que o país produz de mamão. O Brasil é o segundo maior produtor de mamão depois da Índia, com mais de 1,6 milhões de toneladas, produzidas em mais de 32 mil ha, concentrando-se essa produção nos estados do Espírito Santo, Bahia e Rio Grande do Norte (VENTURA et al., 2017).

No entanto, um dos principais fatores limitantes da produção é a suscetibilidade do mamoeiro às viroses, principalmente o mosaico (PRSV-P) e a meleira (PMeV e PMeV-2).

O Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio da Universidade Federal do Espírito Santo (LBAA/UFES), em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – (Incaper), tem desenvolvido metodologias para a detecção e o diagnóstico da meleira do mamoeiro, doença associada à infecção dupla pelos vírus PMeV e PMeV2 (ANTUNES et al., 2016). Nos trabalhos em andamento, os pesquisadores têm estudado como esse vírus interagem com a planta para desencadear os sintomas da doença durante o seu desenvolvimento, principalmente a exsudação do látex, principal sintoma da meleira e usado no manejo dos pomares através do *roguing*. Os mecanismos naturais do mamoeiro em resposta ao estresse gerado pela infecção têm resultado em uma ampla obtenção de dados de proteômica e transcriptômica (SOARES et al., 2016; MADROÑERO et al., 2018). Tais informações têm contribuído para o planejamento da interação planta x patógeno e da edição gênica pelo sistema CRISPR/Cas9, visando obter mamoeiros resistentes à doença.

Tais estratégias poderão ser aplicadas em quaisquer outras demandas em que a edição gênica pode ser aplicada. Neste sentido, o LBAA/UFES produz e mantém cultura de tecidos e células de mamoeiro, além de mudas em casa em vegetação (Figura 3).

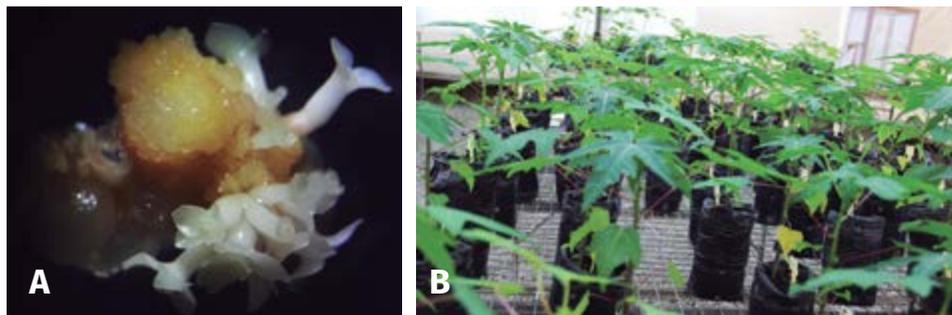


Figura 3. Culturas de tecidos de mamoeiro evidenciando a formação de *calus* (A); Mudas de mamoeiro em casa de vegetação (B).

ASPECTOS LEGAIS

Em âmbito internacional, a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) e o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança (PCB) estabelecem parâmetros para nortear as atividades que envolvem OGM e derivados.

Em 28 de março de 2018, a Secretaria de Agricultura dos EUA, Sonny Perdue, anunciou que o USDA não regulamentaria novas variedades de plantas desenvolvidas com novas tecnologias, como a edição do genoma, que produz plantas indistinguíveis daquelas desenvolvidas por métodos tradicionais de reprodução. Por outro lado, uma planta que inclui um gene ou genes de outro organismo, como bactérias, é considerada um OGM. Essa é outra razão pela qual muitos pesquisadores e empresas preferem usar o CRISPR na agricultura sempre que possível.

Para usar CRISPR/Cas9 em plantas, a abordagem padrão é inserir o gene “Cas9” e a sequência referente ao RNA guia, que juntos codificam as “máquinas de edição” CRISPR no DNA da célula da planta. Quando o gene Cas9 estiver ativo, ele localizará e reescreverá a seção relevante do genoma da planta, criando a nova característica. Posteriormente, através de cruzamentos clássicos é possível a obtenção de plantas editadas sem o gene da Cas9.

Uma questão a ser discutida entre todos os *players* do agronegócio, incluindo neste time os legisladores, a academia, o setor empresarial, os formadores de opinião e principalmente os consumidores, é se a edição genética deve ser comparada para todos os

fins com a modificação genética. Esta, no entanto, não é uma questão semântica como muitos querem colocar, mas tem sido levantada em debates nacionais e internacionais para tratar legalmente este tema.

A segunda economia do mundo, a República Popular da China, com um produto interno bruto de aproximadamente de 14 trilhões de dólares, também aderiu ao conceito do “*GMO-friendly polices*” que em português poderia ser traduzido como: Uma política amigável para os organismos geneticamente modificados.

A terceira economia do mundo, a comunidade europeia, com um produto interno bruto de aproximadamente de 17 trilhões de dólares (pós-BREXIT), vem discutindo se adere ao movimento de afrouxar os regulamentos. De acordo com a corte Europeia, esta adesão poderia colocar as empresas europeias de biotecnologia de volta ao jogo.

Nesse sentido, no Brasil, a Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105, de 24.3.2005) e o Decreto 5.591, de 22.11.2005, regulamentam o estabelecimento de normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de OGM e derivados (BORGES, 2018).

A avaliação de risco é atribuída à CTNBio, ficando a decisão política relativa à liberação comercial a cargo do Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS),

e a gestão de risco e a comunicação de risco são compartilhadas por todos os órgãos e instituições envolvidas no processo (BORGES, 2018).

As novas ferramentas biotecnológicas envolvendo microRNAs (miRNAs) e o CRISPR não promovem a construção de transgênicos no sentido tradicionalmente conhecido, já que são utilizados para expressar ou silenciar a expressão de um gene de interesse já existente na planta, visando introduzir as características desejadas de forma mais precisa (SABLOK et al., 2011). Considerando o potencial que as novas ferramentas biotecnológicas podem trazer, há necessidade de novas estratégias e um adequado planejamento integrado para permitir a sua regulamentação com base científica (BORGES, 2018; FLAVELL, 2017).

Foi apresentado que a utilização do CRISPR/Cas9 pode ocasionar grandes deleções de 1kb, e o mecanismo de reparo celular cria arranjos complexos, levando ao embaralhamento de genes (KOSICKI; TOMBERG; BRADLEY, 2018). Esta pesquisa foi realizada com células-tronco embrionárias de camundongos, células hematopoiéticas de camundongos e uma linhagem de células cancerígenas humanas. Estes resultados levam a um debate sobre a importância da investigação e o aprimoramento da tecnologia CRISPR, da modulação e adequação da enzima Cas9 e RNAs guias e ainda na diversidade de outras nucleases Cas. Uma técnica chamada edição por base, por exemplo, usa um sistema CRISPR modificado para trocar um nucleotídeo do DNA por outro sem cortar o DNA. Outra alternativa é usar Cas9 inativado fusionado a outras enzimas, tornando o direcionamento do RNA guia e o corte no DNA ainda mais específico (KOSICKI; TOMBERG; BRADLEY, 2018).

Neste contexto, os trabalhos realizados com a edição gênica por CRISPR/Cas9 em plantas causam menor impacto em questões éticas, pois se em uma planta for verificadas alterações genéticas graves, esta será simplesmente descartada. Torna-se importante também a realização de testes de alergenicidade e toxicidade, no sentido de garantir o alimento seguro.

No Brasil, a CTNBio vem discutindo a questão e em sua Resolução Normativa Nº 16, de 15 de janeiro

de 2018, estabelece os requisitos técnicos sobre as técnicas inovadoras de melhoramento de precisão, em que se enquadram estas novas tecnologias de edição genética, tais como: nucleases do tipo dedo de zinco (ZFNs), Nucleases com efetores do tipo ativador transcricional (TALENs) e, claro, CRISPR, entre outras. Esta normativa torna claro o conceito de que estas técnicas diferem fundamentalmente da transgenia clássica. A fundamentação para a norma baseou-se nas leis Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005 e a Lei nº 11.105, de 2005, que define moléculas de DNA/RNA recombinante, engenharia genética e organismo geneticamente modificado (OGM) nos incisos III, IV e V de seu art. 3º, respectivamente do marco legal brasileiro. Em junho de 2018, a CTNBio, entendeu que a levedura “Excellomol 4.0”, editada por CRISPR/Cas9, pela empresa GlobalYeast, não se enquadra na categoria de OGM, nos termos da Legislação Brasileira de Biossegurança e Resolução Normativa Nº 16. Este foi o primeiro caso no Brasil favorável à liberação comercial de um micro-organismo utilizando as TIMPs.

Desta forma, o Brasil deve, com urgência, discutir e implementar mudanças nas diretrizes e legislação do marco legal de Ciência, Tecnologia e Inovação, assim como a Lei de Propriedade Industrial (nº 9.279/96) e a Lei da Proteção de Cultivares (nº 9.456/97) para se tornar competitivo neste mercado.

Isto posto, as economias relevantes estão atentas à disrupção tecnológica que as técnicas inovadoras de melhoramento de precisão irão promover, criando um novo mercado e desestabilizando aqueles que antes o dominavam, podendo até causar, em curto prazo, a mudança de classificação das nações em relação aos seus produtos internos brutos. É o que chamamos da 2ª revolução verde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os EUA saíram na frente se posicionando sobre o melhoramento genético de alimentos usando a tecnologia CRISPR. Muitos pesquisadores no Brasil têm corrido contra o tempo para também serem

protagonistas nesta revolução. É urgente a alteração na legislação brasileira para que sejamos inseridos de forma competitiva neste novo mercado. A CTNBio vem discutindo a questão sobre as técnicas inovadoras de melhoramento de precisão, em que se enquadram estas novas tecnologias de edição genética.

No entanto, os resultados dos trabalhos realizados com a edição gênica por CRISPR/Cas9 e seus impactos em questões éticas relacionados ao embaralhamento de genes devem ser cuidadosamente avaliados no sentido de garantir segurança para as pessoas, animais e meio ambiente e disponibilizar no mercado um alimento seguro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro recebido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ABUDAYYEH, O. O et al. C2c2 is a single-component programmable RNA-guided RNA-targeting CRISPR effector. **Science**. v. 353, n. 6299, p. aaf5573, 2016.. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.aaf5573>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- ANTUNES, T. F. S. et al. The dsRNA Virus Papaya Meleira Virus and an ssRNA Virus Are Associated with Papaya Sticky Disease. **PLoS One**, v. 11, mai. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- BORGES, B.J.P. **Regulamentação de Biossegurança de Organismos Geneticamente Modificados**: uma abordagem a partir da dinâmica da ciência. 2018. 75f. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 2018.
- CHANDRASEKARAN, J. et al. Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology. **Mol Plant Pathol**. v.17, n.7, p.1140-53. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/mpp.12375>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- CHEN KLAP, E. Y. et al. Tomato facultative parthenocarp results from SLAGAMOUS-LIKE 6 loss of function. **Plant Biotechnology Journal**, v. 15, n. 5, p. 634, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/pbi.12662>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- CIB. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **20 anos de transgênicos no Brasil**. fev. 2018. Disponível em: <<https://cib.org.br/20-anos-de-transgenicos-no-brasil/>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- CTNBio. Comissão Técnica Nacional De Biossegurança Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Tabela de Plantas - Uso Comercial**: Plantas Geneticamente modificadas aprovadas para Comercialização. mai., 2018. Disponível em: <http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/SqhWdohU4BvU/view/1684467#/liberacao-comercial/consultar-processo> Acesso em: 13 jul. 2018.
- FERNANDES, P.M.B. **Biotecnologia branca para um mundo verde**. Curitiba: Editora CRV, 2018. 118p.
- FLAVELL, R. B. Innovations continuously enhance crop breeding and demand new strategic planning. **Global Food Security**, v. 12, p.15-21, 2017.
- FISTER, A., S.et al. Transient Expression of CRISPR/Cas9 Machinery Targeting TcNPR3 Enhances Defense Response in Theobroma cacao. **Front. Plant Sci.**, Mar., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00268>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- GOMEZ, M. A.et al. Simultaneous CRISPR/Cas9-mediated editing of cassava eIF4E isoforms nCBP-1 and nCBP-2 reduces cassava brown streak disease symptom severity and incidence. **bioRxiv**. p. 209874, jun., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1101/209874>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- KARKUTE, S. G.et al. CRISPR/Cas9 Mediated Genome Engineering for Improvement of Horticultural Crops. **Frontiers in Plant Science**. 8, 1635. sep., 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.3389/fpls.2017.01635>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- KLAP, C., et al. Tomato facultative parthenocarp results from SLAGAMOUS-LIKE 6 loss of function. **Plant Biotechnol Journal**, v.15, n.5, p.634-647, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/pbi.12662>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- KOSICKI, M.; TOMBERG, K.; BRADLEY, A. Repair of double-strand breaks induced by CRISPR-Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. **Nature Biotechnology**, v. p.1-7, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nbt.4192>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- MADROÑERO, J.et al. Transcriptome analysis provides insights into the delayed sticky disease symptoms in Carica papaya. **Plant Cell Rep.**, v. 1, jul., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00299-018-2281-x>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- MAKAROVA, K. S.et al. An updated evolutionary classification of CRISPR-Cas systems. **Nature Reviews Microbiology** v. 13, n. 11, p. 722, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nrmicro3569>> Acesso em: 13 jul. 2018.
- MIAO, C.et al. Mutations in a subfamily of abscisic acid receptor genes promote rice growth and productivity. **PNAS**. 201804774, May 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1804774115>> Acesso em: 13 jul. 2018.

NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. Washington, DC: **The National Academies Press**. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.17226/23395>> Acesso em: 13 jul. 2018.

NEKRASOV, V. et al. Rapid generation of a transgene-free powdery mildew resistant tomato by genome deletion. **Scientific Reports**. v. 7, n. 1, p. 482, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-017-00578-x>> Acesso em: 13 jul. 2018.

PENG, A. et al. Engineering canker-resistant plants through CRISPR/Cas9-targeted editing of the susceptibility gene CsLOB1 promoter in citrus. **Plant Biotechnology Journal**, v. 15, n. 12, p. 1509-1519, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.1111/pbi.12733>> Acesso em: 13 jul. 2018.

REGALADO A. Who Owns the Biggest Biotech Discovery of the Century? **MIT Technology Review**. Dec., 2014. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/532796/who-owns-the-biggest-biotech-discovery-of-the-century/>> Acesso em: 13 jul. 2018.

SABLOK, G. et al. Artificial microRNAs (amiRNAs) engineering—On how microRNA-based silencing methods have affected current plant silencing research. **Biochem Biophys Res Commun**, v. 406, n. 3, 315–319, 2011.

SÁNCHEZ-LEÓN, S. et al. Low-gluten, nontransgenic wheat engineered with CRISPR/Cas9. **Plant biotechnology journal**, v. 16, n. 4, p. 902-910, 2018. Disponível em: <<http://doi.org/10.1111/pbi.12837>> Acesso em: 13 jul. 2018.

SANTAMARÍA. et al **Situación actual de la industria papayera**. Mérida: CONACYT/CICY, 2017, p.23-33.
SOARES, E. A et al. Label-free quantitative proteomic analysis of pre-flowering PMeV-infected Carica papaya L. **Journal of Proteomics**, v. 1, jan., 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.06.025>> Acesso em: jun 2018

SUN, Y. et al. Engineering herbicide-resistant rice plants through CRISPR/Cas9-mediated homologous recombination of acetolactate synthase. **Molecular Plant**, v. 9, n. 4, p. 628-631, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.molp.2016.01.001>> Acesso em: 13 jul. 2018.

SWANSON-WAGNER, R. et al. Reshaping of the maize transcriptome by domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 29, p. 11878-11883, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1201961109>> Acesso em: 13 jul. 2018.

VENTURA, J.A. et al. **Situación actual de la industria papayera**. Mérida: CONACYT/CICY, 2017, p.23-33.

WALTZ, E. Gene-edited CRISPR mushroom escapes US regulation. **Nature**. 532, 293. Apr., 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature.2016.19754>> Acesso em: 13 jul. 2018.

WALTZ, E. With a free pass, CRISPR-edited plants reach market in record time. **Nature Biotechnology**. Jan., 2018 Disponível em:

<<https://doi.org/10.1038/nbt0118-6b>> Acesso em: 13 jul. 2018.
XU, R, et al. Rapid improvement of grain weight via highly efficient CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing in rice. **Journal of genetics and genomics**, v. 43, n. 8, p. 529-532, 2016., Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jgg.2016.07.003>> Acesso em: 13 jul. 2018.

ZAIDI, S. S; MAHFOUZ, M. M.; MANSOOR, S. CRISPR-Cpf1: a new tool for plant genome editing. **Trends in plant science**, v. 22, n. 7, p. 550-553, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.05.001>> Acesso em: 13 jul. 2018.

ZHANG, H. et al. Genome Editing—Principles and Applications for Functional Genomics Research and Crop Improvement. **Critical Reviews in Plant Sciences**. v.36, n.4, p.291-309. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1402989>> Acesso em: 13 jul. 2018.

Tendências e realidades no manejo fitossanitário

Inorbert de Melo Lima¹; Cláudio Pagotto Rochi²; Marlon Vagner Valentim Martins³; Leonardo Araujo⁴; Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto⁴; Hércio Costa⁵, José Aires Ventura⁶

Resumo - A busca de novas ferramentas ou práticas de manejo fitossanitário que nos permitir obter alimentos seguros tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente tornou-se uma questão importante para a pesquisa científica e para o consumidor. Embora os biopesticidas sejam uma realidade em franca conquista de mercado, essa ferramenta a médio prazo não irá substituir inteiramente as quantidades de princípios ativos sintéticos produzidos, mas podem contribuir significativamente para minimizar a seleção de organismos resistentes ou problemas de contaminação ambiental. A nanotecnologia, apesar de insipiente no meio agrícola, se mostra como uma importante ferramenta no manejo de pragas a médio longo prazo, seja preservando princípios ativos importantes, seja aumentando a eficiência desses princípios. Entretanto, todos os esforços para integrar essas novas tendências no manejo de fungos, inseto, plantas daninhas e nematoides nas práticas de manejo integrado atuais necessitarão de mudanças conceitual e legislativa. Algumas culturas ou organismos alvos já possuem práticas de manejo mais adequadas à realidade brasileira, seja ela de clima tropical, seja temperado.

Palavras-chaves: Biopesticidas; Nanotecnologia; Manejo integrado.

New Tools for Phytosanitary Management: Challenges and Future Trends

Abstract - The search for new tools or pest management practices that allow us to get safe food for human health and to ensure the conservation of the environment has become an important issue for scientific research and for the consumer. Although biopesticides are a reality in great expansion, this tool in the medium term will not entirely replace the quantities of synthetic active ingredients produced, but may help minimize the selection of resistant organisms or problems of environmental contamination. Nanotechnology, although incipient in the agricultural environment, is an important tool in pest management in the medium term, either preserving important active principles or increasing the efficiency of these principles. Nonetheless, all efforts to integrate these new trends in fungus, insect, weed and nematode management into current integrated management practices will require conceptual and legislative changes. Some crops or target organisms already have management practices that are more appropriate to the Brazilian reality, either in tropical or temperate climate.

Keywords: Biopesticides. Nanotechnology. Integrated Management.

INTRODUÇÃO

Espera-se que a população mundial atinja algo próximo a 9,1 bilhões em 2050. Esse crescimento na população humana exigirá um aumento na

produção de alimentos de até 70% sobre os níveis atuais (UNITED NATIONS, 2017). Com esse cenário, as diferentes cadeias agroprodutivas são constantemente desafiadas a atender à crescente

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper, inorbert@incaper.es.gov.br;

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fisiologia Vegetal, Professor UFV, Campus Florestal, Florestal MG

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador Embrapa Agroindústria Tropical

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador Epagri

⁵ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper

⁶ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper

demanda global por alimentos, enquanto reduz os impactos negativos nas práticas agrícolas.

Concomitante a esses desafios, um grande número de insetos-praga, patógenos e plantas daninhas, genericamente denominadas pragas, são cada vez mais responsáveis, direta ou indiretamente, por perdas quantitativas e qualitativas na produção agrícola em todo o mundo. Esses fatores de estresse bióticos limitadores de rendimento têm que ser adequadamente manejados, a fim de reduzir o seu impacto negativo na produção de alimentos, ração, fibra, além dos consumidores, trabalhadores rurais e ao meio ambiente.

Esse manejo passa pelo uso eficiente dos conhecimentos atuais e pela adoção de tecnologias mais eficientes e específicas. Este artigo irá demonstrar que o manejo, na maioria dos casos, pode ser realizado por uma combinação de ferramentas mecânicas, biológicas e/ou químicas e outras tecnologias em programas de controle integrado. Essas ferramentas devem, sobretudo, ser adaptadas as diferentes culturas e regiões (tropical, subtropical, áridas e etc).

A disponibilização de novas tecnologias está consideravelmente auxiliando a eficiência e eficácia das ferramentas atuais e ao mesmo tempo trazendo luz a novas possibilidades e tendências de uso do solo e moléculas.

DIAGNÓSTICO FITOSSANITÁRIO

Qualquer gestão e implementação de estratégias de manejo de fitopatógenos necessita, em algum momento, de uma prévia análise laboratorial. As análises laboratoriais na fitossanidade são ferramentas essenciais para a detecção e diagnósticos de patógenos, considerando que o diagnóstico de patógenos de plantas pode ser ainda mais difícil quando presentes em sementes, solos e materiais vegetais infectados e assintomáticos. Portanto, para segurança alimentar, faz-se necessário laboratórios fitossanitários com protocolos integrados de diagnósticos que utilizem métodos modernos e oficiais.

Para alguns grupos de patógenos, como vírus de plantas, quase como consenso, recomenda-se a detecção por métodos moleculares, mas para fungos, bactérias e nematoides muitas vezes essas técnicas não são utilizadas como rotina na maioria dos laboratórios. Detecção rápida e precisa de patógeno fúngicos até o nível de espécie ou mesmo patógenos resistentes a certas moléculas químicas é essencial para a adoção e execução de estratégias apropriadas de manejo e controle da doença. Essa mesma lógica se aplica a nematoide, por exemplo do gênero *Meloidogyne*, quando se procura fazer manejo cultural ou uso de cultivares resistente ou tolerantes.

Os métodos convencionais disponíveis para detecção e identificação dos fungos fitopatogênicos consomem tempo e nem sempre são muito específicos: dependem principalmente de sintomas, isolamento e cultivo seguido por observações morfológicas e testes bioquímicos (PEARSON et al., 1987; TAN et al., 2008). Um diagnóstico rápido do agente causal da doença pode evitar perdas na produção e conseqüentemente econômica.

Indiscutivelmente as técnicas de detecção de fitopatógenos apresentaram grandes avanços nos últimos anos e estão altamente sensíveis, específicas e rápidas, principalmente para a detecção de alguns patógenos fúngicos. Por exemplo, a PCR pode detectar a concentração de 10 pg de DNA do fungo (LIN et al., 2009).

Algumas das importantes técnicas avançadas de detecção de doenças fúngicas e diagnósticas disponíveis são a reação em cadeia da polimerase (PCR), PCR em tempo real (real-time PCR), Nested PCR, transcriptase reversa (RT-PCR) e Loop-mediated isothermal amplification (LAMP). Outras técnicas moleculares de diagnose incluem MCH PCR, PCR-RFLP, in situ PCR, PCR DGGE, multiplex PCR, microarranjo de DNA e etc. (MARTIN; RYGIEWICZ, 2005; TOJU et al., 2012).

Como observa-se, níveis elevados de sensibilidade, especificidade e simplicidade fizeram o ensaio baseado em PCR como a técnica de escolha para aplicação de rotina e em larga escala na detecção,

diferenciação e quantificação de patógenos fúngicos em estágios iniciais de infecção. Apesar dos procedimentos de identificação que envolvem ferramentas moleculares terem reduzido o tempo de diagnose, evitando cultivo de cultura, ainda assim todo o processo de análise molecular de genes-alvo permanece demorado e de valor considerado.

Outro ponto que deve ser destacado ao proceder análise de diagnóstico molecular é a escolha do *primer*. Geralmente os laboratórios prestadores de serviços fitopatológico seguem um padrão internacional para escolha de um determinado *primer*, que devem ser únicos para a sequência-alvo a ser amplificada e devem cumprir certos critérios, tais como comprimento do *primer*, conteúdo GC, temperatura de fusão e anelamento, estabilidade na extremidade 5' e especificidade na extremidade 3' (DIEFFENBACH et al., 1993).

Desenvolvimentos tecnológicos recentes no setor agrícola levaram a uma demanda por uma nova era de métodos automatizados, sensíveis e não destrutivos de detecção de doenças de plantas. As mais recentes tecnologias que detêm a chave para detecção de doenças fúngicas e o desenvolvimento de sensores são baseadas em espectroscopia e imagiologia (GRAEFF; LINK; CLAUPEIN, 2006; COSTA et al., 2007; SUMMY; LITTLE, 2008; BÜRLING; HUNSCHE; NOGA, 2011; CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2007), metabolito e perfil volátil (IBRAHIM, 2011; LAKSHMI; CHOWDAPPA; MAHMOOD, 2014).

Técnicas de espectroscopia e imagem fornecem uma plataforma, juntamente com outras técnicas, que podem ser usadas para o desenvolvimento de métodos não destrutivos. A espectroscopia é o estudo da interação entre matéria e eletromagnética. O foco atual está em tornar tais tecnologias em ferramentas práticas para um monitoramento de doenças em tempo real, em grande escala e em condições de campo. Cita-se ainda que outras tecnologias nessa linha incluem “nariz eletrônico” (CONCINA et al., 2009; EIFLER et al., 2011) e o sistema PLEX-ID, que utiliza ampla amplificação por PCR acoplada à espectrometria de massas com ionização

por *electrospray* (ESI-MS) para a detecção direta de patógenos sem a necessidade de esperar pelo crescimento em cultura (SIMNER et al., 2013). etc.

BIOPESTICIDAS: FERRAMENTA ESSENCIAL NO CONTROLE FITOSSANITÁRIO

A maioria dos pesticidas agrícolas químicos possuem modo de ação de sítio específico e, considerando o grande custo de investimento para desenvolver um pesticida químico, as empresas desenvolvem um conjunto de estratégias de manejo para retardar a seleção de indivíduos resistentes a nova molécula. Isso inclui misturas de tanque, rotação com outras moléculas químicas ou inserção de forma significativa de biopesticidas nos sistemas de manejos.

O termo biopesticidas foi mencionado e discutido nos últimos cinco a seis décadas. Foi geralmente usado com referência a princípios bioativos de origem vegetal com potencial uso como agentes de controle de pragas. Esses agentes foram considerados relativamente seguros e compatíveis ambientalmente. Durante as últimas três décadas, o termo biopesticidas tem evoluído com a inclusão mais ampla de agentes bioativos produzidos por vírus, bactérias, fungos, plantas e etc. Alguns especialistas incluem bactérias e fungos antagonistas para o controle de doenças de plantas. É uma tendência geral para tornar o termo biopesticidas inclusivo, abrangendo todos os produtos naturais de plantas e entidades vivas.

A maioria dos biopesticidas tem modos complexos de ação – micro-organismos vivos que infectam e matam fungos, insetos e nematoides ou serem compostos por extratos vegetais que contêm misturas de múltiplas classes de compostos químicos, proporcionando maior durabilidade e efetividade do produto comercial. Este modo complexo de ação também pode retardar o desenvolvimento de resistência a pesticidas químicos (ASOLKAR et al., 2013).

Ponto favorável à adoção dessa tecnologia reside no fato de os biopesticidas possuírem maior

eficácia e facilidade na aplicação, serem mais econômicos e terem maior prazo de validade do que os biopesticidas de décadas atrás (GLARE et al., 2012). Com essas qualidades, os biopesticidas deixaram de ser produtos para nichos, e em 2013, a agência Lux Research estimou que essa categoria de pesticidas iria faturar 4,5 bilhões de dólares em 2023. No entanto, o mercado de biológicos agrícolas foi avaliado em US \$ 6,75 bilhões em 2017 e deverá crescer a uma taxa de 13,8% e alcançar US \$ 14,65 bilhões até 2023 (BUSINESS WIRE, 2018).

Além da aceitação dos consumidores e produtores, outro ponto favorável está ligado aos custos de desenvolvimento de um produto comercial. Um novo pesticida sintético geralmente requer US\$ 250 milhões e nove anos do desenvolvimento para a aprovação regulatória. Por outro lado, um biopesticida precisa de menos de US\$ 10 milhões e quatro anos para o mesmo processo. Como um processo de desenvolvimento mais barato e mais rápido, a pesquisa e desenvolvimento de biopesticidas é mais atraente para *startups* e pequenas empresas com orçamentos de pesquisa limitados, que depois repassam a tecnologia às multinacionais.

Pesquisas demonstram que os biopesticidas atuais têm uma eficiência no controle tão quanto ou melhor do que pesticidas químicos convencionais (BRAVERMAN, 2013; MARRONE, 2014; OLSON, 2013) e quando utilizado em mistura de tanque, pode aumentar a produtividade e qualidade das colheitas (SU et al., 2012).

Produtos para o manejo de pragas de base biológica podem afetar a fisiologia e morfologia da planta de maneira que podem melhorar o rendimento das culturas e aumentar a eficácia através da ação sinérgica com pesticidas químicos convencionais (BERENBAUM; ZANGERL, 1996; SCOTT et al., 2003). Além disso, existem poucos relatos de casos em que as pragas desenvolveram resistência aos produtos de manejo biológico de pragas (GILL; COWLES; PIETRANTONIO, 1992).

Em essência, os biopesticidas são uma solução inovadora e segura para proteção e manejo de

cultivos. O mercado global de biopesticidas está se expandindo rapidamente em resposta a uma demanda por produtos mais ecologicamente corretos. E existem biopesticidas no mercado para o manejo de uma vasta gama de importantes pragas e doenças agrícolas.

AGRONANOTECNOLOGIA: FERRAMENTA PARA O FUTURO

A nanotecnologia representa uma nova fronteira na agricultura moderna. É um campo interdisciplinar que se refere à engenharia e reestruturação de sistemas funcionais na escala nanométrica (10^{-9} m) e tem, além das áreas da medicina, alimentos, farmacologia, uma potencialidade para mudanças drásticas na agricultura o que conseqüentemente implicará em mudanças econômicas, ecológicas e social (ISSA et al., 2013; PRASAD, 2017).

A nanotecnologia avançou rapidamente nos últimos 10 anos e numerosos nanomateriais, com uma variedade de aplicações potenciais, foram desenvolvidos, bem como novos produtos nanoengenhadados com propriedades pesticidas, que têm se mostrado promissores como ferramentas para agricultura orgânica e agricultura de baixo impacto ou alternativas produção (OECD, 2013; KAH; HOFMANN, 2014).

Versões projetadas de pesticidas agrícolas convencionais, reguladores de crescimento e agentes de tratamento de sementes estão entre os primeiros nano-químicos que poderiam ser usados na agricultura (OECD, 2013). O uso de nanopartículas tornará os pesticidas agrícolas mais eficazes. A redução das partículas à nanoescala acarreta no aumento da área superficial e mudanças fundamentais nas propriedades físico-químicas dos nanopesticidas (SEKHON, 2014; KHAN; RIZVI, 2014). Em comparação com partículas maiores da mesma substância química, as nanopartículas são mais reativas, mais biologicamente ativas e têm uma ação mais catalítica (MUKHOPADHYAY, 2014; NAVYA; DAIMA, 2016; SOPEÑA et al., 2005).

A descoberta de nanoinseticidas traz novas alternativas para expandir o espectro de aplicações de pós inorgânicos, por exemplo, o óxido de alumínio nanoengenhado, como alumina nanoestruturada, que demonstrou ter propriedades inseticidas, baixa toxicidade não-alvo, não-reatividade, baixo custo e probabilidades reduzidas de gerar resistência em insetos (BUTELER et al., 2015; STADLER et al., 2017). Já as nanopartículas de prata apresentam múltiplos modos de ação inibitória contra micro-organismos com relativa segurança para o controle de vários patógenos de plantas, em comparação com fungicidas sintéticos (KIM et al., 2012) e possibilita melhores estratégias de tratamento com foco no controle e na produtividade (CURSINO et al., 2009). Muitas pesquisas têm utilizado nanopartículas de prata como antifúngicos para controle de *Fusarium oxysporum*, *Curvularia lunata*, *Rhizopus arrhizus*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* (SAVITHRAMMA et al., 2011).

As extraordinárias propriedades antimicrobianas e fotocatalíticas do TiO_2 são úteis no controle e supressão das doenças das plantas (CUI et al., 2009; SERVIN et al., 2015). Por exemplo, foi observada na presença de TiO_2 uma redução na infecção de 91% e 69% de *Psilocybe cubensis* e *Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*, respectivamente, em pepino (CUI et al., 2009). A aplicação foliar de nanopartículas baseadas em metal e carbono inibiu significativamente o crescimento de hifas de *Botrytis cinerea* em pétalas de rosa (HAO et al., 2017). Anteriormente, FENG et al. (2016) relataram que nanopartículas de Au revestidas com N-heterocíclico exibiram fortes propriedades antibacterianas contra bactérias gram-positivas, incluindo cepas resistentes a múltiplos fármacos.

A aplicação foliar de agroquímicos é comum na agricultura. Além da supressão de doenças, certos nano-materiais podem fornecer nutrientes essenciais às plantas como fertilizantes em nanoescala para aumentar o crescimento das plantas. Elmer e White (2016) relataram que a aplicação de nanopartículas de óxido metálico

(CuO, MnO e ZnO) via spray foliar reduziu em aproximadamente 30% a doença em tomates em comparação com o tratamento isolado de fungos; adicionalmente, os rendimentos dos tomates tratados com nanopartículas foram 30% maiores do que os controles não alterados. Esse efeito sinérgico é observado em outras culturas: a atividade fotossintética do pepino foi aumentada em 30% devido a nanopartículas de TiO_2 . A solução de nanopartículas de TiO_2 também apresentou impacto positivo na germinação de sementes de espinafre (ZHENG et al., 2005).

Além das propriedades terapêuticas no controle de patógenos, as nanopartículas de TiO_2 apresentaram efeitos no vigor das plantas. Por exemplo, o rutilo e a anatase (formas minerais de TiO_2) aumentaram a formação de clorofila na planta de espinafre em 28 e 19%, respectivamente (ZHENG et al., 2005; LINGLAN et al., 2008). Além disso, o rutilo de TiO_2 melhorou o crescimento de espinafre em 63-76%, enquanto o anatase TiO_2 aumentou a massa seca e fresca de espinafre em 69,8 e 58,2% respectivamente.

Apesar dos potenciais benefícios da nanotecnologia na agricultura até agora, sua aplicabilidade está incipiente e não alcançou a realidade de campo. Como observado, a agronotecnologia tem um grande potencial para lidar com os desafios globais de produção/segurança de alimentos, sustentabilidade e até mudança climática. No entanto, observa-se que existe muita insegurança sobre o destino, o transporte, a biodisponibilidade e a toxicidade das nanopartículas. Esta insegurança está embasada no restrito conhecimento acumulado sobre os fatores de avaliação de risco, ou seja, a toxicidade das nanopartículas em relação aos componentes do agroecossistema (planta, solo, comportamento da microbiologia do solo após sua liberação da nanopartícula no ambiente). Junta-se a essa insegurança a necessidade da readequação da legislação para a adoção das nanotecnologias no setor agrícola.

TENDÊNCIA NO MANEJO DE FITONEMATOIDES

Apesar de imperceptíveis aos olhos do produtor, os nematoides são considerados um dos principais problemas para o bom desempenho da atividade agrícola mundial, ocasionando prejuízos da ordem de R\$ 35 bilhões/ano no Brasil (SBN, 2016).

O desenvolvimento de formas de controles dos nematoides parasitas de plantas sempre foi um desafio e é o que vem, quando comparado aos demais agentes etiológicos, apresentando mudanças significativas nas ferramentas utilizadas ou na aplicabilidade, haja vista a mudança radical nas ferramentas de manejo adotadas, ou seja, químico para o biológico.

O controle químico teve início no século passado e se manteve como a principal ferramenta até anos recentes. Mas sempre foi considerado pouco eficiente, pois a maioria dos fitonematoides passam seu ciclo de vida confinados a dois ambientes extremamente complexos, solo e interior das raízes das plantas e, portanto, a entrega de um composto químico e sua efetiva ação nesses ambientes e imediata absorção pelo nematoide é difícil (FERRAZ et al., 2010). Além do mais, a superfície externa dos nematoides é um alvo bioquímico pobre e é impermeável a muitas moléculas orgânicas, e a absorção de um composto tóxico por via oral é quase impossível, uma vez que a maioria das espécies de nematoides fitoparasitas ingerem material apenas quando se alimentam de raízes de plantas.

Para maior eficácia, os nematicidas químicos eram compostos por substâncias tóxicas de amplo espectro, possuindo alta volatilidade ou outras propriedades que facilitavam a migração no perfil do solo. Essas características traziam consigo alto risco à saúde e ao ambiente, o que conseqüentemente resultou no banimento generalizado de várias moléculas agronomicamente importantes em vários países do mundo. Inicialmente foram os fumigantes (ex.: dicloropropano + dicloropropeno, etileno dibrometo e brometo de metila) e, nas décadas mais recentes, os nematicidas do grupo químico dos

organofosforado e carbamato enfrentam restrições severas e proibição (CHITWOOD, 2002). No Brasil, os nematicidas registrados, com certas restrições, para uso possuem basicamente dois ingredientes ativos: cadusafós (Organofosforado) ou abamectina (Avermectina) (MAPA, 2018).

Ao contrário dos nematicidas fumigantes, o modo de ação dos nematicidas organofosforado e dos carbamato são razoavelmente conhecidos. É aceito que esses compostos atuem principalmente pela inibição da acetilcolinesterase nas sinapses colinérgicas no sistema nervoso dos nematoides (EVANS, 1973; NELMES et al., 1973; LE PATOUREL; WRIGHT, 1974), que é o mesmo modo de ação como nos vertebrados e artrópodes (CORBETT, 1974). Essa ação não mata os nematoides, pois eles não dependem de movimentos respiratórios para troca gasosa e muitas espécies são capazes de resistir a longos períodos de inanição ou condições desfavoráveis (EVANS; PERRY, 1976); eventualmente, entretanto, os nematoides afetados no solo consomem suas reservas energéticas, e perdem sua infectividade e morrem (HAGUE, 1979).

Pode-se afirmar que estamos na era da substituição das ferramentas e formas de manejo dos nematoides, pois a cada ano a cadeia produtiva se depara com o cenário de restrição de uso e/ou retirada do mercado de produtos compostos por moléculas químicas, como, por exemplo, a retirada, em 2017, do carbofurano e, por outro lado, a inserção massiva de produtos à base de organismos vivos para o controle de nematoides (Tabela 1).

Devido à diversidade de agentes de controle e diferentes modo de ação sobre os nematoides, essa é tendência do manejo integrado dos nematoides, ou seja, uso de bionematicidas. Os fungos e as bactérias (principalmente do gênero *Bacillus*) (Tabela 1) selecionados para controle biológico de nematoides são caracterizados por diferentes modos de ação: antibiose, predação, indução de tolerância da planta hospedeira, produção de enzimas e toxinas, colonização sistêmica da rizosfera da planta hospedeira, competição por nutrientes e sítios de colonização e liberação de

Tabela 1. Produtos comerciais e agentes de controle biológico (ACB) registrado no Brasil para controle de nematoide

Marca comercial	ACB	Grupo*	Formulação	Registro	Concentração.
Nemat	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	F	WP	5713	7,5x10 ⁹ UFC/g
Rizotec	<i>Pochonia chlamydospora</i>	F	WP	5816	280 g/kg
Clariva PN	<i>Pasteuria nishizawae</i>	F	WS	16917	156 g/L
Rizos	<i>B. subtilis linhagem</i> QST 713	B	SC	15116	1,5%
Onix	<i>B. methylotrophicus</i>	B	SC	13018	1.5 10 ⁹ UFC/L
Quartzo	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	B	WS	317	1x10 ¹¹ UFC/g
Presence	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>	B	WS	1817	1x10 ¹¹ UFC/g
Nemacontrol	<i>B. amyloliquefaciens</i>	B	SC	12016	30g/L
Oleaje	<i>B.firmus</i>	B	SC	2317	247.3 g/L
Andril	<i>B. firmus</i>	B	SC	2417	247.3 g/L
Votivo	<i>B. firmus cepa</i> : I-1582	B	SC	22816	247.3 g/L
Oleaje Prime	<i>B.firmus cepa</i> I-1582	B	SC	32817	240 g/L
Andril Prime	<i>B.firmus</i>	B	SC	32917	240 g/L
Votivo Prime	<i>B.firmus cepa</i> I-1582	B	SC	32717	240 g/L

*Grupo Fungo (F) e Bactéria (B)

enzimas hidrolíticas que atuam na degradação da parede celular dos nematoides e dos ovos (CAWOY et al., 2011).

Esses modos de ação aliados às novas formulações com maior tempo de armazenamento e facilidade de aplicação e compatibilidade com outros pesticidas vêm possibilitando ao produtor a adoção do controle biológico e tornando essa opção de controle uma prática viável, eficiente tanto quanto o químico e até melhor, uma vez que tem um período de ação maior e é mais sustentável à biologia do solo. Além disso, o uso de bionematicidas pode ser, em certas culturas ou particularidade do terreno, a única opção de manejo, por exemplo em cafeeiro arábica cultivado nas montanhas capixaba, onde, devido à declividade e ausência de equipamento específicos, o uso de nematicida químico registrado é impossibilitado.

A sustentabilidade do solo é proporcionada pela preservação, manipulação do ambiente e introdução massal de diferentes antagonistas. É por isso que, dentre os agentes de controle biológico empregados no manejo de nematoides, as rizobactérias *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* merecem uma atenção

especial, uma vez que essas espécies possuem, além da ação nematicida, grande afinidade com exsudados radiculares de diferentes espécies vegetais; não são dependentes de uma fase saprofítica, possuem estrutura de resistência (endósporo) para sobrevivência em período de estresse e, portanto, também podem ser empregadas na entressafra (CAWOY et al., 2011).

Salienta-se que a utilização de organismos antagonistas ou bionematicidas deve ser combinada com outros métodos de controle (rotação de cultura, uso de planta armadilhas, variedades resistentes e extratos vegetais), dentro do contexto do manejo integrado de nematoides. Assim será possível afetar mais de um estágio do ciclo de vida do nematoide alvo.

Sendo assim, o controle biológico de nematoide na agricultura brasileira se destaca como uma alternativa de controle eficiente: viável e com menor custo; de fácil aplicação, podendo aproveitar inclusive o sistema de irrigação para distribuição homogênea ou localizada do produto na área, tornando a aplicação mais eficaz; não causa danos ao meio ambiente e

à saúde humana; não deixa resíduo na colheita e, principalmente, não permite o surgimento de formas resistentes de nematoides.

PLANTAS DANINHAS E AS NOVAS TENDÊNCIA NO MANEJO

Igualmente importante aos manejos de pragas, doenças e nematoides para assegurar a produtividade das culturas agrícolas é o manejo de plantas daninhas. Essas plantas são assim denominadas por infestarem naturalmente os ambientes agrícolas e comprometerem direta ou indiretamente a produtividade das culturas, a qualidade dos produtos colhidos, ou ainda a realização de práticas como adubação e colheita, dentre outras (SILVA et al., 2007). Os maiores prejuízos decorrem da competição que elas exercem sobre as plantas cultivadas por recursos essenciais ao crescimento, como água, luz e nutrientes.

Em virtude desses aspectos negativos, faz-se necessário o manejo adequado das plantas daninhas. Logo, há um custo associado que é somado aos demais custos de produção das culturas. É importante ressaltar que em muitas ocasiões, sobretudo nas áreas em que a mecanização está presente, o custo com o controle de plantas daninhas é relativamente baixo se comparado a outros custos operacionais, mas a sua não realização pode impactar fortemente a produtividade, reduzindo o lucro do produtor (RONCHI; SILVA, 2018). Por isso, o manejo de plantas daninhas deve ser muito bem planejado.

Analisando-se, de forma geral, a conjuntura atual do manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas percebe-se que muitos foram os avanços obtidos nos sistemas de manejo nas últimas décadas. Nesse sentido, algumas tendências nas práticas de manejo têm surgido e se consolidado, e outras ainda são incipientes, mas promissoras. Todavia, igualmente elevados são os novos desafios que essa ciência (a Ciência das Plantas Daninhas) enfrenta na atualidade.

Numa agricultura moderna, conservacionista, que visa à produção sustentável de alimentos, a adoção de práticas integradas de manejo é a chave para

a redução da competição das plantas daninhas, do custo de controle, dos riscos de contaminação da cultura e do ambiente, e dos casos de plantas daninhas resistentes, enquanto potencializa os efeitos benéficos das espécies sobre a conservação do solo e produção ao longo dos anos (BAJWA, 2014). Dessa forma, o manejo integrado de plantas daninhas nos sistemas agrícolas, que considera as características ecológicas das plantas daninhas e que integra de forma inteligente as práticas culturais, preventivas, mecânicas, químicas e biológicas para coletivamente minimizar a competição das plantas daninhas, passou a substituir a simplificação antes adotada, o controle *per se*.

Por exemplo, em culturas perenes, o manejo de plantas daninhas tem sido otimizado de forma a potencializar os efeitos benéficos da vegetação nas entrelinhas de cultivo (proteção do solo contra o impacto da chuva e do aquecimento excessivo, reciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica, manutenção da umidade), desde que a linha de plantio seja devidamente mantida livre de competição. Manejo em linhas alternadas contribuem para preservação de inimigos naturais e tem sido requerida nos processos diversos de certificação ambiental. Espécies de plantas de cobertura têm sido introduzidas com sucesso nas entrelinhas de cultivo, com destaque para as leguminosas, mas principalmente para aquelas do gênero atualmente chamado de *Urochloa* (antes *Brachiaria*). No século passado, era difícil conciliar a ideia de semear braquiária nas entrelinhas da cultura. Atualmente, com a evolução do manejo, pode-se dizer que a introdução e manejo rigoroso dessas gramíneas nas lavouras não é uma tendência é uma realidade (RONCHI; SILVA, 2018).

O controle biológico de plantas daninhas, particularmente o uso de bioherbicidas, diferentemente dos avanços significativos obtidos no manejo biológico de pragas e nematoides, ainda não é uma realidade no Brasil, apesar de existirem pesquisas mostrando o potencial de vários organismos (plantas, animais, fungos, bactérias e

insetos) para a fabricação de bioherbicidas (GALON et al., 2016). Seu uso é restrito a algumas situações. Vale a pena registrar que o uso de plantas com características alelopáticas, sejam aquelas para uso em rotação de culturas, sejam em consórcio, tem ganhado maior importância como ferramenta de manejo integrado de plantas daninhas. Com os aleloquímicos liberados no ambiente por essas plantas, seja durante seu ciclo de vida, seja após manejadas, tem-se conseguido reduzir o banco de propágulos (sementes e estruturas vegetativas) do solo, minimizando a competição das plantas daninhas com as culturas cultivadas. Um exemplo de sucesso é o manejo eficiente de plantas daninhas de propagação vegetativa, como a tiririca (*Cyperus rotundus*), que tem sido obtido em programas de manejo integrado que levam em consideração o uso de plantas de cobertura de alto potencial alelopático. Essa característica, associada ao não revolvimento do solo, à adição de palhada e ao uso de herbicidas de ação sistêmica compõem uma excelente estratégia de manejo integrado.

Reduções no custo de controle, menor intoxicação do ambiente e das culturas e maior eficácia de controle e minimização da competição com as culturas têm sido conseguidas pelos grandes avanços na pesquisa sobre o comportamento de herbicidas no solo. A compreensão das interações da molécula com o solo, em cada talhão, tem permitido ajustes nas doses aplicadas, ou seja, aplicações em taxas variadas em vez de aplicações com doses médias. Apesar de incipientes, há uma tendência no desenvolvimento dessa linha para otimização do controle químico de plantas daninhas.

Por falar em controle químico de plantas daninhas, esse sim passa por um momento de transformação e de desafios. O foco na busca de soluções para o manejo químico de plantas daninhas nas culturas agrícolas, sobretudo naquelas de maior importância econômica no mercado mundial, parece ter sido alterado nas duas últimas décadas para o desenvolvimento (pela transgenia) de plantas resistentes a um pequeno grupo de herbicidas em vez de buscar identificar

novas moléculas, novos grupos químicos ou novos mecanismos de ação de herbicidas. A transgenia está focada em poucos herbicidas, como glyphosate, glufosinato de amônia e dicamba. Neste século, poucas moléculas herbicidas foram descobertas e nenhum novo mecanismo de ação de herbicida foi lançado no mercado; pelo contrário, herbicidas tiveram seu uso restrito ou banido.

Ao passo que esse caminho (o da transgenia) levou no curto prazo à simplificação do manejo de plantas daninhas nas culturas, igualmente potencializou outro grande problema já existente na agricultura: o surgimento (ou seleção) de novos biótipos de plantas daninhas resistentes, como Buva (*Conyza* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*) e caruru (*Amaranthus palmeri*). Obviamente, sabe-se que o herbicida não causa resistência, apenas seleciona aqueles biótipos resistentes. De qualquer forma, a resistência decorrente do uso inadequado dos herbicidas e da sua aplicação repetidas vezes na mesma área ao longo de um ano agrícola indica claramente que nenhuma prática de manejo deve ser adota isoladamente, reforçando a ideia consagrada, em nível mundial, do manejo integrado de plantas daninhas.

O uso de tecnologias modernas promete avanços consideráveis no manejo de plantas daninhas. Atualmente, drones e equipamentos que aplicam em baixo volume, sensores a laser acoplados nas barras para pulverização, aplicações somente nas plantas daninhas remanescentes num talhão (eliminando a aplicação em área total), e aplicativos que contribuem com os técnicos para identificação de plantas daninhas e recomendações precisas de herbicidas e doses merecem destaque na agricultura moderna, pois representam uma tendência para redução dos custos de produção e aumento de produtividade agrícola.

Inegavelmente, as projeções dos organismos internacionais apontam para um crescimento da população mundial nas próximas décadas e conseqüentemente para uma demanda na oferta de alimentos. Mesmo considerando que a adoção das tecnologias empregadas na agricultura nas últimas

décadas, dentre elas o controle químico de plantas daninhas e o manejo fitossanitário nas culturas, os fertilizantes minerais, os cultivares melhorados etc. permitiram um incremento significativo da produção pelo aumento da produtividade e não da área cultivada. A oferta de alimentos para atender ao incremento da população requererá a inserção de aproximadamente 200 milhões de hectares de área cultivada (USDA, 2018), isso demandará uma evolução ainda maior na eficiência dos métodos de controle de plantas daninhas para explorar racionalmente essas novas áreas. Logo, muitos outros avanços certamente ocorrerão nessa área do conhecimento para assegurar a produção sustentável de alimentos em nível mundial.

PRÁTICAS E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE CLIMA TROPICAL

O Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de frutas para abastecimento do mercado interno e para a exportação. De Norte a Sul do país, a fruticultura se mostra com uma alternativa agrícola na produção de frutas tropicais e temperadas de excelente qualidade. De toda sorte, as tecnologias geradas para a produção de frutas têm almejado não só a produtividade dos pomares, mas uma produção que visa a responsabilidades sociais, econômicas e ambientais (JESCHKE, 2016; LEADBEATER, 2015).

Na fruticultura tropical, três pontos merecem destaque: o primeiro deles é as tecnologias de aplicação dos fungicidas, que é uma componente chave na eficiência do controle. Por exemplo, a pulverização eletrostática tem proporcionado excelente efeito na deposição da calda de pulverização no dossel das plantas (SASAKI et al., 2015; 2013). Nas pulverizações deve-se considerar a penetração da calda no interior da copa da planta para atingir os dois lados da folha, uma vez que nessa região o desenvolvimento de doenças pode ocorrer com maior intensidade.

O segundo ponto é a exploração das características sobre os fungicidas é o seu efeito fisiológico sobre a planta frutíferas tropicais. De acordo com Lima

et al. (2012), as estrobilurinas, azoxistrobina e piraclostrobina promoveram o crescimento das mudas de bananeira em altura e em diâmetro do pseudocaule, além de maior acúmulo de matéria seca da parte aérea. Ainda segundo estes autores, a piraclostrobina também promoveu incremento na área foliar, na atividade do nitrato redutase *in vivo* e no teor de clorofila e de nitrogênio foliar total. Em mudas de videira, Marek (2016) verificou ganhos significativos no desenvolvimento vegetativo com aplicação de fungicidas do grupo das estrobilurina e boscalidas. MACEDO et al., (2017) também relataram influência de fungicidas do grupo das estrobilurinas no incremento de atributos fisiológico de melão rendilhado, inclusive em massa e maior teor de sólidos solúveis totais.

O terceiro ponto é a extensão de uso dos pesticidas agrícolas, que deve ser destacada. A Instrução Normativa Conjunta nº1 de 23/02/2010, considerada como *Minor Crops*, oficialmente conhecida como Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI), revogada pela Instrução Normativa Conjunta nº1 de 16/06/2014, que permite que os mesmos princípios ativos sejam permitidos para o uso em culturas que sejam relacionadas (MAPA, 2015). Dentro do sistema de produção de frutíferas esta questão deve ser considerada quando na escolha de um princípio ativo não registrado para o patossistema.

TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE CLIMA TEMPERADOS

Apesar das ferramentas modernas, atualmente a pulverização de fungicidas tradicionais ainda se constitui na principal medida de controle das doenças das fruteiras de clima temperado (ARAUJO et al., 2016). Muitos fruticultores utilizam, de forma constante, os fungicidas sítio-específico (são ativos contra um único ponto da via metabólica de um patógeno ou contra uma única enzima ou proteína necessária para o fungo) para tentar se proteger contra epidemias, devido à sistematicidade e ao efeito curativo destes produtos (ARAUJO et al., 2016). No entanto, estas constantes

aplicações de fungicidas sítio-específico no Brasil ao longo dos anos têm levado a perdas de eficiência no controle de doenças das fruteiras de clima temperado, devido à seleção de populações resistentes de fitopatógenos para alguns grupos químicos (BONETI et al., 2006; ARAUJO et al., 2016). Os benzimidazóis e as estrobilurinas não são mais usados para o controle da sarna da macieira, devido à resistência de *Venturia inaequalis* a estes grupos químicos, enquanto os fungicidas inibidores de biossíntese de ergosterol (IBEs) e dodine apresentam baixo nível de controle (BRANCO et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018). Pesquisas recentes demonstram a perda de eficiência de fungicidas dos grupos benzimidazóis, ditiocarbamato e estrobilurinas para algumas populações de *Colletotrichum* spp., que causam a Mancha Foliar de *Glomerella* (ARAUJO; PINTO, 2017; LIMA et al., 2018). Diante deste cenário de possível falha dos fungicidas para o controle das doenças das fruteiras de clima temperado, aliado à crescente demanda da sociedade por alimentos mais seguros, faz-se necessário a busca por novas alternativas de manejo.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – (Epagri), em parceria com instituições públicas e privadas, mantém 34 estações meteorológicas que transmitem dados climáticos (molhamento foliar e temperatura) em tempo real, a partir dos quais são submetidos a equações matemáticas que consideram a biologia dos patógenos, indicando os períodos de maior risco de infecção dos fungos. Desta forma, o fruticultor consegue verificar, em tempo real, via internet ou rede móvel (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/FitoMaca> ou <http://ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/>) se ocorrerão períodos chuvosos favoráveis à infecção fúngica variando de grau leve, moderado e severo, e a data provável para o aparecimento dos sintomas (ARAUJO et al., 2016; ARAUJO; PINTO, 2018).

Para complementar as informações do sistema agroalerta, a Epagri também emite avisos fitossanitários, sendo alertas escritos enviados aos produtores e responsáveis técnicos. Nestes avisos, são adicionadas informações sobre a necessidade

de novos tratamentos fitossanitários nos pomares em casos de lavagem dos fungicidas devido à ocorrência de altas precipitações, número de ascósporos liberados em cada período chuvoso de patógenos como *V. inaequalis* e *Neonectria ditissima*, estágio fenológico das plantas e outras informações relacionadas ao manejo das doenças. Atualmente estima-se que este sistema de avisos e alertas tem proporcionado uma redução de 10 a 20% do número de aplicações de agroquímicos nos pomares do Estado de Santa Catarina (ARAUJO et al., 2016; ARAUJO; PINTO, 2018).

Outras ferramentas que se enquadram no Sistema de Produção Integrada e vêm sendo empregadas em fruteiras de clima temperado são o controle biológico, os bioestimulantes e os indutores de resistência (ARAUJO et al., 2016). Produtos à base de *Bacillus* sp. vêm sendo constantemente utilizados no período de floração e pré-colheita para reduzir os níveis de podridões de frutos no período de pós-colheita (VALDEBENITO-SANHUEZA et al., 2016). *Bacillus* sp. podem atuar de diferentes maneiras sobre fitopatógenos, tais como: antibiose, competição por nichos e nutrientes e ativação do sistema de defesa das plantas (VALDEBENITO-SANHUEZA et al., 2016).

Em fruteiras de clima temperado tem sido frequente a utilização de aminoácidos para proteção das gemas e frutos contra os efeitos adversos das geadas, bem como para melhorar a eficiência de fungicidas sítio-específicos no controle de doenças (BRANCO et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018). Em fruteiras de clima temperado, os fosfitos são os produtos mais utilizados como indutores de resistência para o controle de diferentes doenças, devido à facilidade de mistura com fungicidas e bom custo benefício (STADNIK et al., 2009; ARAUJO et al., 2010; 2016; FELIPINI et al., 2016). Embora, atualmente na legislação brasileira os fosfitos (H_3PO_3) sejam registrados como fertilizantes foliares, sabe-se que o P na forma de fosfito não é metabolizado pelas plantas como nutriente (STADNIK et al., 2009; ARAUJO et al., 2010).

Algumas tendências já utilizadas em outros países deverão entrar na fruticultura em clima temperado

nos próximos anos, como o uso de variedades de videira PIWI (Pilz widerstandsfähige) resistentes a míldio e oídio para a produção de vinhos finos de altitude na região de São Joaquim-SC (BONIN et al., 2017); redução do volume de calda utilizado nas pulverizações, modernização dos equipamentos e bicos (ARAUJO; PINTO, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os setores agrícolas mundiais enfrentam muitos obstáculos e muitos produtores, por razões financeiras, ainda contam com o uso de pesticidas convencionais para proteger suas lavouras. Contudo, devido aos seus efeitos negativos ou de mal-uso, o emprego de certos princípios ativos convencionais ou tradicionais estão estritamente regulados ou limitados. Nesse sentido, o uso de alternativas como biopesticidas ou nanotecnologia pode proporcionar benefícios e três argumentos importantes apoiam o uso dessas novas tecnologias: segurança ambiental, baixo ou nenhuma toxicidade para vertebrados e prevenção do desenvolvimento de resistência. No entanto, apesar desses ativos, vários fatores limitantes estão associados à adoção dessas novas ferramentas e impedem seu uso mais amplo ou restringem suas aplicações. No caso dos biopesticidas é o restrito grupo de organismos utilizados como ACB ou grupo de pragas que são infectados por esses organismos. No caso da nanotecnologia é o desconhecimento das consequências do uso a longo prazo.

Para os agricultores, a boa relação entre custo-benefício de uma nova ferramenta que garanta a produção é apenas parte da equação. O rendimento do produtor é também determinado pela qualidade e rendimento da colheita. Portanto, a adoção da nova tecnologia não pode ser restritiva à comercialização do produto produzido.

REFERÊNCIAS

ADLER, T. et al. Nanostructured alumina: Biotic properties and mechanism of action of a novel insecticide powder. **Bulletin of Insectology**, v. 70, n. 1, p. 17-25, 2017.

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 5. ed. San Diego CA. Academic San Diego CA. Academic Press. 2005. AGROFIT. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 26 jun 18.

ARAUJO, L. et al. Doenças da macieira e da pereira. **Informe Agropecuário**. v. 37, p. 61-74, 2016.

ARAUJO, L.; PINTO, F. A. M. F. Agroalertas - Sistema informatizado de avisos para controle de doenças da macieira em SC. **Jornal da Fruta**. Lages, v. 328, p. 20-20, 2018.

ARAUJO, L.; PINTO, F. A. M. F. Possíveis explicações para o difícil manejo da mancha da Gala (mancha foliar de *Glomerella*) nos últimos anos. **Jornal da Fruta**. Lages, v. 322, p. 4-4, 2017.

ARAUJO, L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; STADNIK, M.J. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infecção da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**, v.35, p. 54-59, 2010.

ASOLKAR, R. et al. Discovery and development of natural products for pest management. In: **Pest management with natural products**. In: BECK, J. J., COATS, J. R., DUKE, S. O., KOIVUNEN, M. E.(Eds.). ACS Symposium Series 1141; American Chemical Society: Washington, DC, 2013; Chapter 3, p 17-30

BAJWA, A. A. Sustainable weed management in conservation agriculture. **Crop Protection**, v. 65, p. 105-113, 2014.

BERENBAUM, M. R.; ZANGERL, A. R. Phytochemical diversity. In: **Phytochemical diversity and redundancy in ecological interactions**. Springer, Boston, MA, 1996. p. 1-24.

BONETI, J.I.S.; KATSURAYAMA, Y.; BLEICHER, J. Doenças da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, cap.16, p.527-608.

BONIN, Bruno et al. Intensity of Anthracnose in resistant varieties (PIWI) in the high altitude regions of southern Brazil. In: **BIO Web of Conferences**. EDP Sciences, 2017. p. 01017.

BRANCO, M. S.C.; ARAUJO, L.; PINTO, F. A. M. F. Análise comparativa dos fungicidas difenoconazol e pirimetanil para o controle da sarna da macieira. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 13. 2018, São Joaquim. **Resumos...** Florianópolis: Epagri, 2018. p. 92

BRAVERMAN, M. **Why Use Biopesticides in an IPM Program**. Disponível em: < http://www.ipmcenters.org/ipmsymposiumv/sessions/51_Braverman.pdf. > Acesso em: jun 2018.

BÜRLING, K. et al. UV-induced fluorescence spectra and lifetime determination for detection of leaf rust (*Puccinia triticina*) in susceptible and resistant wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. **Functional Plant Biology**, v. 38, n. 4, p. 337-345, 2011.

BUSINESS WIRE, **Top Trends in the Agricultural Biologicals Market Industry Biopesticides (Biofungicides, Bioinsecticides, Bionematicides), Biostimulants, Biofertilizers, Agricultural**

Inoculants, and Biological Seed Treatment - Global Forecast to 2023. 2018. Disponível em: < <https://www.businesswire.com/news/home/20180411005934/en/Top-Trends-Agricultural-Biologicals-Market-2018-2023-Biopesticides>> Acesso em: jun 2018.

BUTELER, M. et al. Development of nanoalumina dust as insecticide against *Sitophilus oryzae* and *Rhizopertha dominica*. **International journal of pest management**, v. 61, n. 1, p. 80-89, 2015.

CAWOY, H. et al. Bacillus-based biological control of plant diseases. In: **Pesticides in the modern world-pesticides use and management**. InTech, Rijeka, pp 273-3022011.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual review of phytopathology**, v. 40, n. 1, p. 221-249, 2002.

CONCINA I. et al. Early detection of microbial contamination in processed tomato by electronic nose. **Food Control** 20:837-880. 2009

COSTA G. et al. Innovative application of on destructive techniques for fruit quality and disease diagnosis. **Acta Horticulturae** 753(1):275-282, 2007.

CROUCH S, HOLLER FA, SKOOG DA Principles of instrumental analysis. **Thomson Brooks/ Cole**, Belmont. 2007.

CUI, H. et al. Application of anatasa TiO₂ sol derived from peroxotitanic acid in crop diseases control and growth regulation. **NSTI-Nanotech**. 286-289, 2009.

CURSINO, L. et al. Twitching motility and biofilm formation are associated with tonB1 in *Xylella fastidiosa*. **FEMS Microbiology Letters**, 299, 193-199, 2009.

EIFLER, J. et al. Differential detection of potentially hazardous *Fusarium* species in wheat grains by an electronic nose. **PLoS one**, v. 6, n. 6, p. e 21026, 2011.

ELMER, W. H.; WHITE, J.C. The use of metallic oxide nanoparticles to enhance growth of tomatoes and eggplants in disease infested soil or soilless medium. **Environmental Science: Nano**, v. 3, n. 5, p. 1072-1079, 2016.

EVANS, A.A.F. & PERRY, R.N. Survival strategies in ematodes. In: Croll, N.A. (Ed.) **The Organisation of Nematodes**, New York & London, Academic Press: 383-424. . 1976.

EVANS, A.A.F.; THOMASON, I.J.. Ethylene dibromide toxicity to adults, larvae and moulting stages of *Aphelenchus avenue*. **Nematologica**, 17: 1971

FELIPINI, R.B. et al. Apple scab control and activation of plant defence responses using potassium phosphite and chitosan. **European Journal Plant Pathology**, v.145, p. 929-939, 2016.

FENG, Y. et al. N-Heterocyclic molecule-capped gold nanoparticles as effective antibiotics against multi-drug resistant bacteria, **Nanoscale**, 8(27), 13223-13227, 2016.

FERRAZ, S. et al. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2010. 306p.

GALON, L. et al. Biological weed management – A short review. **Revista Brasileira de Herbicida**, v. 15, n. 1, p. 116-125, 2016.

GILL, S. S.; COWLES, E. A.; PIETRANTONIO, P. V. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. **Annual review of entomology**, v. 37, n. 1, p. 615-634, 1992.

GLARE, T. et al. Have biopesticides come of age? **Trends Biotechnol**, v.30, p. 250-258, 2012

GRAEFF, S.; LINK, J.; CLAUPEIN, W. Identification of powdery mildew (*Erysiphe graminis* sp. tritici) and take-all disease (*Gaeumannomyces graminis* sp. tritici) in wheat (*Triticum aestivum* L.) by means of leaf reflectance measurements. **Central European Journal of Biology**, v. 1, n. 2, p. 275-288, 2006.

HAGUE, N. G. M. A technique to assess the efficacy of nonvolatile nematicides against the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. **Annals of Applied Biology**, v. 93, n. 2, p. 205-211, 1979.

HAO, Y. et al. Potential applications and antifungal activities of engineered nanomaterials against gray mold disease agent *Botrytis cinerea* on rose petals. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1332, 2017.

HEWITT, G. New modes of action of fungicides. **Pesticides Outlook** v.11, p.28-32. 2000.

IBRAHIM A.D. et al. Volatile metabolites profiling to discriminate diseases of tomato fruits inoculated with three toxigenic fungal pathogens. **Res Biotechnol** 2:14-22, 2011.

ISSA, B. et al. Magnetic nanoparticles: Surface effects and properties related to biomedicine applications. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 14:11 p.21266-21305, 2013.

JESCHKE, P. Progresso f modern agricultural chemistry and future prospects. **Pest Management Science**, v.72, p.433-455. 2016.

KAH, M; HOFMANN, T. Nanopesticide research: Current trends and future priorities. **Environment International**, v.63, p. 224-235. 2014

KHAN, M. R, RIZVI, T. F. Nanotechnology: Scope and application in plant disease management. **Plant Pathology Journal**, v.13, p. 214-231, 2014

KIM, S. W. et al. Antifungal Effects of Silver Nanoparticles (AgNPs) against Various Plant Pathogenic Fungi. **Mycobiology**, v. 40(1), p. 53-58, 2012

LAKSHMI M.J, CHOWDAPPA P, MAHMOOD R. Secondary metabolite profiling of plant pathogenic *Alternaria* species by matrix assisted laser desorption ionization-time of flight (MALDITOF) mass spectrometry. **Indian Phytopathol** 67:374-382, 2014.

LEADBEATER, A. Recents developments and challenges in chemical disease control. **Plant Protection Science**, v.15, n.4, p.163-169. 2015.

- LIMA N.V.; ARAUJO L.; PINTO F.A.M.F. Efeito preventivo e curativo de fungicidas sítio-específico para o controle da mancha foliar de *Glomerella*. In: 13º SENAFRUT - SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO. 13º, 2018, São Joaquim - SC. Florianópolis: Epagri, **Resumos...** v. 31, p. 200-200, 2018.
- LIMA, J.D.et al. Respostas fisiológicas em mudas de banananeira tratadas com estrobilurinas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.77-86, 2012.
- LINGLAN, M. et al. Rubisco activase mRNA expression in spinach: modulation by nanoanataase treatment. **Biological trace element research**, v. 122, n. 2, p. 168-178, 2008.
- MACEDO, A.C.et al. Estrobilurinas e boscalida na qualidade de frutos de melão rendilhado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.2, p.543-550. 2017.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta de 2014 Registro de agrotóxicos para Fitossanitário Insuficiente - CSFI MAPA - ANVISA - IBAMA Versão 1 – fevereiro de 2015 **Manual de procedimentos**. Instrução Normativa Conjunta 01, de 16 de junho, 2015.Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/manual-de-procedimentos-de-registro-de-agrotoxicos-para-culturas-com-suporte-fitossanitario-insuficiente-1.pdf/view> > Acesso em: 25 jun 2018
- MAREK, J. **Fungicidas de efeitos fisiológicos no controle do míldio e no desenvolvimento de mudas de videira**. 57 f. 2016. Dissertação (Mestrado Produção vegetal). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava. PR. 2016
- MARRONE, P. **Trends and new opportunities for ag biologicals**. 2014 . Disponível em: < <http://www.seedcentral.org/presentations/MarronePam.pdf>.> Acesso em: jun 2018.
- MARTIN K.J, RYGIWICZ P.T Fungal-specific PCR primers developed for analysis of the ITS region of environmental DNA extracts. **BMC Microbiol** 5:28, 2005.
- MARTINS, M.V.V.et al. Influência das épocas de floração e dos períodos de proteção fenológica à infecção do oídio no clone de cajueiro-anão BRS 189. **Revista Ceres**, v.64, n.6, p.574-581. 2017.
- MARTINS, M.V.V.et al. Incidência e controle químico da ferrugem da goiabeira em diferentes épocas de poda na região norte do Espírito Santo. **Revista Ceres**, v.59, n.2, p.178-184. 2012.
- MARTINS, M.V.V.et al. Chemical control of guava rust (*Puccinia psidii*) in the Northern Region of Rio de Janeiro State, Brazil. **Australasian Plant Pathology**, v.40, p.48-54. 2011
- MEDEIROS C.L.; ARAUJO L.; PINTO F.A.M.F. Avaliação de eficiência da fungicida difenoconazol para o controle da sarna da macieira. In: 13º SENAFRUT - SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO. 13º, 2018, São Joaquim - SC. Florianópolis: Epagri, **Resumos...**v. 31, p. 59-59, 2018.
- MUKHOPADHYAY, Siddhartha S. Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. **Nanotechnology, science and applications**, v. 7, p. 63, 2014.
- NAVYA, P. N.; DAIMA, H.K. Rational engineering of physicochemical properties of nanomaterials for biomedical applications with nanotoxicological perspectives. **Nano Convergence**. V.3, n.1,p 1-14, 2016
- NELMES, A.J. Behavioral responses of *Heterodera rostochiensis* larvae to aldicarb and its sulfoxide and sulfone. **Journal of. Nematology**. v. 2, p. 223-227, 1970.
- OECD, *Policy Instruments to Support Green Growth in Agriculture*, OECD Green Growth Studies, France: **OECD Publishing**, 2013
- OLSON, S. et al. Green Dreams or Growth Opportunities: Assessing the Market Potential for “Greener” Agricultural Technologies. **State of the Market Report**, December 26, 2013
- PRASAD, R.; BHATTACHARYYA, A; NGUYEN, Q.D. Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. **Frontiers in microbiology** v.8: p. 1014, 2017.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Sustainable Weed Control in Coffee. In: KORRES, N. E.; BURGOS, N. R.; DUKE, S. O. (Eds.). **Weed control: sustainability, hazards and risks in cropping systems worldwide**. Science Publishers (An Imprint of CRC Press/ Taylor & Francis Group), 2018. (in press).
- RUSSEL, P.E. A century of fungicide evolution. **Journal of Agricultural Science**, v.143, p.11-25. 2005.
- SASAKI, R.S.et al. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, v.43, n.9, p.1605-1609. 2013.
- SASAKI, R.S.et al. Adjuvante nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, v.45, n.2, p.1-7. 2015.
- SAVITHRAMMA, N. et al. Antimicrobial activity of silver nanoparticles synthesized by using medicinal plants. **International Journal of ChemTech Research**, v. 3, n. 3, p. 1394-1402, 2011.
- SCOTT, I. M. et al. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America**, v. 54, n. 4, p. 212-225, 2003.
- SEKHON, B. S. Nanotechnology in agri-food production: an overview. **Nanotechnology, science and applications**, v. 7, p. 31, 2014.
- SERVIN, A. et al. A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 17, n. 2, p. 92, 2015.

SILVA, A. A., SILVA, J. F. Eds. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG. Editora UFV. 2007. 367p.

SIMNER, P. J. et al. Broad-range direct detection and identification of fungi using the PLEX-ID PCR-electrospray ionization mass spectrometry (ESI-MS) system. **Journal of clinical microbiology**, p. JCM. 03282-12, 2013.

SOPEÑA, F. et al. Controlled release of the herbicide norflurazon into water from ethylcellulose formulations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, n. 9, p. 3540-3547, 2005.

STADNIK, M.J. **Manejo integrado de doenças da macieira**. Florianópolis: UFSC - CCA, p.229, 2009.

SUMMY, K. R.; LITTLE, C.R. Using color infrared imagery to detect sooty mold and fungal pathogens of glasshouse-propagated plants. **HortScience**, v. 43, n. 5, p. 1485-1491, 2008.

TOJU, H. et al. High-coverage ITS primers for the DNA-based identification of ascomycetes and basidiomycetes in environmental samples. **PloS one**, v. 7, n. 7, p. e40863, 2012.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.et al. et al. Doenças da macieira. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. et al. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo, SP: Ceres, p.485-497, 2016.

WRIGHT, DENIS J. Nematicides: mode of action and new approaches to chemical control. In: ZUCKERMAN, B. M.; ROHDE, R. A. (Eds) **Plant parasitic nematodes**, New York, Academic Press, v. 3, p. 421-449, 1981.

ZHAO, L. et al. Detection and Molecular Variability of Turnip mosaic virus (T u MV) in Shaanxi, C hina. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 7-8, p. 519-522, 2014.

ZHENG, L.et al. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. **Biological trace element research**, v. 104, n. 1, p. 83-91, 2005.

Avanços na mecanização do cafeeiro conilon

Gustavo Soares de Souza¹, Samuel de Assis Silva², Julião Soares de Souza Lima³, Abraão Carlos Verdin Filho⁴, Maurício Blanco Infantini⁵, César Abel Krohling⁶

Resumo - Um dos principais problemas enfrentados no cultivo de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) é a falta de mão de obra no campo. Parte significativa das lavouras no Estado do Espírito Santo está em áreas com topografia declivosa, o que dificulta o uso de máquinas agrícolas. A mecanização agrícola tem sido apontada como uma alternativa viável para garantir a viabilidade técnica e econômica do cultivo de café conilon em áreas aptas. Alguns estudos apontam o potencial de uso de novas tecnologias (agricultura de precisão) na melhoria do manejo da lavoura. O objetivo deste trabalho é apresentar novas tendências para o manejo mecanizado do cafeeiro conilon como alternativa para a melhoria de coeficientes técnicos e econômicos, tornando a atividade mais sustentável e competitiva.

Palavras-chave: Tratores agrícolas; Automotriz; Agricultura de precisão; *Coffea canephora*.

Advances in the mechanization of conilon coffee

Abstract - One of the main problems facing the cultivation of conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) is local manpower shortage. A significant part of coffee plantations in the State of Espírito Santo, Brazil, is located in steep areas, where agricultural machines are difficult to be used. Agricultural mechanization has been pointed out as a viable alternative that can ensure the technical and economic viability of conilon coffee cultivation. Some studies reveal that the potential of the use of new technologies (precision agriculture) can improve coffee crop management. The objective of this article is to present new trends for mechanized management of conilon coffee as an alternative to the improvement of technical and economic coefficients, making the activity more sustainable and competitive.

Keywords: Agricultural tractors. Mechanized harvesting. Precision agriculture. *Coffea canephora*.

INTRODUÇÃO

O café é uma das principais commodities agrícolas do mercado mundial, sendo o Brasil o maior produtor e exportador e o segundo maior consumidor. A cultura apresenta importante papel socioeconômico, com uma produção de 45 milhões de sacas e área estimada em 2,2 milhões de hectares, com destaque para Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná (CARVALHO et al., 2018).

Um dos principais problemas enfrentados pela cafeicultura brasileira é a falta de mão de obra no campo (SOUZA et al., 2017). Essa escassez nas regiões produtoras tem forçado os cafeicultores a buscar trabalhadores em regiões distantes, o que eleva o custo de produção e o risco da atividade (ALVES et al., 2017). Nas áreas de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) no Espírito Santo, a baixa oferta de mão de obra em algumas regiões tem

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc Engenharia Agrícola, Pesquisador do Incaper, gustavo.souza@incaper.es.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc Engenharia Agrícola, Prof.do Deptº de Engenharia Rural UFES / CCAE / DER. Alegre-ES.

³ Engenheiro Agrícola, D.Sc Ciência Florestal Prof.do Deptº de Engenharia Rural UFES / CCAE / DER. Alegre-ES.

⁴ Administrador Rural, M.Sc. Produção Vegetal, Pesquisador do Incaper. F.E. Marilândia, Marilândia ES

⁵ Engenheiro Mecânico, M.Sc Engenharia Mecânica, 3CNH Industrial. Sorocaba-SP.

⁶ Engenheiro Agrônomo, D.Sc.. Ecologia Vegetal, Pesquisador do Incaper

onerado os custos e limitado a exploração da cultura nos períodos de maior demanda, principalmente na época da colheita (SOUZA et al., 2017, 2018).

Com a falta de mão de obra, muitos cafeicultores precisam antecipar a colheita, recolhendo os frutos com menos de 80% de maturação (FERRÃO et al., 2012), garantindo que toda a área seja colhida. Contudo, a colheita de frutos verdes reduz o rendimento e prejudica a qualidade sensorial da bebida (SOUZA et al., 2017), desvalorizando o produto e gerando prejuízos ao cafeicultor.

Parte significativa das lavouras de café conilon no Estado do Espírito Santo está em área declivosa, principalmente nas regiões sul, central e noroeste. As lavouras cafeeiras em áreas declivosas dificultam a mecanização agrícola, com o uso de equipamentos tratorizados, fator importante para a redução dos custos nos tratamentos culturais e na colheita (MATIELLO et al., 2015). Assim, desenvolver alternativas para áreas declivosas é uma necessidade atual para a manutenção da cafeicultura de montanha, permitindo que essas áreas sejam trabalhadas com maior eficiência, o que resulta em cafés com preços competitivos nos mercados consumidores e contribui para a permanência do homem no campo.

A mecanização agrícola tem sido apontada como uma alternativa para garantir a viabilidade técnica e econômica do cultivo de café conilon (SOUZA et al., 2018). Ao se mecanizar, as etapas do processo produtivo são realizadas com maior capacidade operacional e menor custo de produção, minimizando as incertezas e a dependência da mão de obra (OLIVEIRA et al., 2007; SANTINATO et al., 2015). Além disso, um conjunto de tecnologias denominadas de agricultura de precisão (AP) apresenta potencial de uso e melhoria do manejo das lavouras, a partir do uso de grids amostrais, sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas precisas, entre outras.

O objetivo deste trabalho é apresentar novas tendências para o manejo mecanizado do cafeeiro conilon como alternativa para a melhoria de coeficientes técnicos e econômicos, tornando a atividade mais sustentável e competitiva.

SULCAMENTO MECANIZADO DO SOLO

O sulcamento do solo é uma das principais atividades envolvidas no preparo mecanizado do solo em plantios de café conilon. Essa atividade é muito comum em áreas planas no norte do Espírito Santo, devido ao baixo custo unitário (Tabela 1), sendo realizadas com sulcadores e/ou subsoladores tracionados por tratores agrícolas, em profundidades que variam de 30 a 100 cm. De acordo com estudo de campo, o sistema mecanizado reduziu em 83% o custo da abertura de cova em relação ao método manual. O sulcamento substitui a abertura de covas e visa criar condições físicas no solo para um desenvolvimento radicular vigoroso, permitindo que as plantas expressem ao máximo seu vigor produtivo. Contudo, o preparo do solo tem sido um desafio constante em lavouras de conilon em áreas íngremes com declividade superior a 30%. Dessa forma, as covas de plantio são abertas manualmente ou utilizando um perfurador de solo (“broca”), devido à limitação ao tráfego de tratores agrícolas, em nível, no terreno.

Em área com topografia declivosa, uma alternativa é o uso de escavadoras hidráulicas com rodado de esteira com um subsolador adaptado no braço hidráulico-mecânico (Figura 1). A máquina movimentase no sentido da declividade do terreno (subindo e descendo), e os sulcos são abertos em nível com comprimento médio de 10 m, com profundidade que varia de 60 a 80 cm e no espaçamento entrelinhas pré-definido (LANI et al., 2017).

O uso de escavadoras hidráulicas com rodado de esteira em áreas declivosas tem crescido sistematicamente devido ao aumento na capacidade operacional no coveamento, estabilidade de tráfego, qualidade do preparo e redução dos custos na implantação de lavouras (Tabela 1). De acordo com estudo realizado, o custo do sistema mecanizado é 57% menor em relação à abertura manual das covas para o transplante. Além disso, essa operação cria regiões preferenciais para a infiltração de água no solo, minimizando o processo erosivo e contribuindo para a conservação do solo (LANI et al., 2017).



Figura 1. Escavadora hidráulica com rodado de esteira e subsolador adaptado no braço hidráulico-mecânico abrindo os sulcos para o plantio de café conilon em terreno declivoso no noroeste do Espírito Santo.

Fonte: A.C. Verdin Filho.

Tabela 1. Dados operacionais do coveamento e sulcamento do solo em lavouras de café conilon determinados na safra 2013/14 no noroeste do Espírito Santo

Operação	Equipamento	Rendimento (cova dia ⁻¹)	Custo (R\$ h ⁻¹)	Custo Unitário (R\$ cova ⁻¹)
Manual	Enxada	150-200	-	0,60
Semimecanizada	Perfurador de solo	600-800	-	0,60
Mecanizada	Subsolador	6000-8000	100,00-120,00	0,10
Mecanizada	Escavadeira	4000-5000	120,00-140,00	0,26

Fonte: A.C. Verdin Filho (dados não publicados).

MICROTERRACEAMENTO DA LAVOURA

O uso de microterraceamento tem sido uma alternativa interessante para intensificar a mecanização do cafeeiro em áreas inclinadas e com isso reduzir os custos de produção (ALVES et al., 2017; MATIELLO, 2015). Essa técnica tem crescido no cultivo de café arábica, mas também apresenta potencial de uso nas áreas declivosas cultivadas com cafeeiros conilon. Recentemente a equipe da Fazenda Experimental de Marilândia/Incaper instalou uma unidade de observação de microterraceamento das entrelinhas dos cafeeiros conilon (Figura 2).

O microterraceamento consiste em fazer a movimentação de terra (corte e aterro) em curva de



Figura 2. Lavoura de café conilon microterraceada instalada em abril de 2018 na Fazenda Experimental de Marilândia / Incaper.

Fonte: A.C. Verdin Filho.

nível ou em contorno em áreas declivosas, criando uma estrada estreita e plana nas entrelinhas dos cafeeiros. Os microterraços podem ser construídos em lavouras já instaladas ou antes do transplântio (MATIELLO et al., 2015), em todas as entrelinhas ou a cada duas ou três linhas de plantas, de acordo com o interesse do proprietário e sua capacidade de investimento. Os principais métodos de construção de microterraços em cafezais são apresentados na Tabela 2, conforme Matiello (2015) e Matiello et al. (2015).

Os microterraços devem ser construídos com distância mínima de 0,5 m em relação às linhas de cultivo, evitando danos mecânicos ao sistema radicular das plantas e com largura variando de 1,3 a 1,5 m (MATIELLO et al., 2015), visando ao tráfego de máquinas. De acordo com Matiello (2015), em cafeeiros já instalados tem sido recomendado sua construção em lavouras com espaçamento entrelinhas de 2,5 m ou superior.

Os microterraços permitem a movimentação de microtratores, tratores de bitola estreita e outros veículos motores ajustados à largura do patamar. Os principais tratos culturais realizados serão pulverizações, adubações, controle de plantas daninhas e transporte da produção (MATIELLO, 2015), diminuindo significativamente a dependência de mão de obra e o custo de produção. Mesmo em áreas onde se desejar manter os tratos culturais de forma manual, os microterraços podem aumentar o rendimento do trabalho, devido à facilidade de movimentação dos trabalhadores dentro da lavoura.

Apesar do elevado investimento inicial, a utilização dos microterraços nas lavouras mostra-se viável, ao longo dos anos, na análise de indicadores econômicos (ALVES et al., 2017). A redução dos custos de produção no sistema mecanizado com microterraços aumenta a competitividade da cafeicultura de montanha, mesmo em períodos de preços baixos.

Do ponto de vista ambiental, os terraços reduzem o processo erosivo e conseqüentemente as perdas de solo, água e nutrientes e favorecem a infiltração de água no solo (BERTONI; e LOMBARDI NETO, 2005; VILLATORO-SÁNCHEZ et al., 2015). A cafeicultura é a atividade agrícola com maior percentual de áreas degradadas no Espírito Santo com 22% dos 118.706 ha cultivados (BARRETO; e SARTORI, 2012). Assim, o uso do microterraçamento poderia contribuir para minimizar esse processo de degradação do solo, aliando benefícios agrônômicos e ambientais ao cafeeiro conilon, tornando a atividade mais sustentável.

COLHEITA MECANIZADA

A colheita mecanizada do cafeeiro conilon tem sido considerada uma necessidade atual por muitos cafeicultores. Atualmente no Estado do Espírito Santo, sistemas semimecanizados que realizam a colheita do café conilon têm sido utilizados, com parte das atividades executadas pelas máquinas e parte de forma manual.

O método semimecanizado mais usado é o de recolhedoras com lona, descrito em Souza et al.

Tabela 2. Sistemas de construção de microterraços em lavouras cafeeiras

Máquinas e Operações	Capacidade operacional	Custo (R\$)
Tratores com lâmina traseira operando de marcha-à-ré	30 a 40 h ha ⁻¹	3.000,00 a 4.000,00
Miniescavadora com rodado de esteira e lâmina dianteira	35 a 40 h ha ⁻¹	3.500,00 a 5.000,00
Tratores com rodado de esteira e bitola estreita, com lâmina dianteira	15 a 20 h ha ⁻¹	2.000,00 a 2.700,00
Tração animal utilizando arado de aiveca e lâmina niveladora	4 dias ha ⁻¹	600,00

Fonte: Adaptado de Matiello (2015) e Matiello et al. (2015).

(2017). Nesse método, cobre-se o solo com lonas abaixo da copa das plantas nas entrelinhas, nos dois lados de cada linha de cultivo, de forma a receber os ramos plagiotrópicos (com os frutos aderidos) após a poda e também os frutos derrçados manualmente dos ramos novos (Figura 3). Os ramos plagiotrópicos são cortados quando apresentam 70% de seu comprimento com frutos (VERDIN FILHO et al., 2014).



Figura 3. Recolhedora de lona tracionada e acionada por trator na safra 2016/17 em Governador Lindenberg-ES.

Fonte: G.S. de Souza

As recolhedoras são tracionadas pela barra de tração do trator com mecanismos de trilha acionados pela TDP (540 rpm) e apresentam um dispositivo hidráulico (controle remoto) que puxa e enrola a lona, alimentando o sistema de trilha. Essas máquinas apresentam capacidade operacional de 1,0 a 2,8 ha dia⁻¹ e uma eficiência de colheita de 98% (SOUZA et al., 2017).

O sistema de recolhimento por lona utiliza de 9 a 18 pessoas nas atividades de poda, derrça, recolhimento, transporte e aberturas de lonas, deslocamento das máquinas e, dependendo da versão, ensacamento dos frutos. Assim, considerando uma média de 8 horas de trabalho por dia em uma lavoura com produtividade de 70 sacas (60kg) ha⁻¹ e uma média de colheita manual de 15 sacos (80 L) pessoa⁻¹ dia⁻¹, essas máquinas apresentam um potencial de redução de 64% da mão de obra. Essa eficiência aumenta com o aumento do tempo de recolhimento e o número de

trabalhadores envolvidos. Dessa forma, a atividade de recolhimento acaba sendo limitada, em alguns casos, pela necessidade de derrça, distribuição e abertura de lonas e movimentação do conjunto trator-recolhedora pelos mesmos funcionários que realizam o recolhimento, reduzindo a eficiência do conjunto mecanizado.

Outro sistema semimecanizado utiliza máquinas trilhadoras, que consiste no corte manual dos ramos ortotrópicos (planta completa), seguido do transporte manual para o sistema de trilha, que separa os frutos dos galhos, folhas e impurezas da colheita (Figura 4), descrito também em Souza et al. (2017). Esse sistema é mais utilizado na renovação de lavouras, após a quarta colheita, em lavouras manejadas com a poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014).



Figura 4. Trilhadora de café conilon tracionada e acionada por trator na safra 2013/14 em Pinheiros-ES.

Fonte: G.S. de Souza.

As máquinas trilhadoras apresentam capacidade operacional de 1,6 a 3,2 ha dia⁻¹, e eficiência de colheita de 98% (SOUZA et al., 2017). Esse sistema utiliza de 5 a 9 pessoas nas atividades de corte dos ramos ortotrópicos, transporte destas hastes e deslocamento das máquinas. Considerando as mesmas características de lavoura e serviços descritos anteriormente, essas máquinas apresentam um potencial de redução de 79% da mão de obra. Essa eficiência aumenta principalmente em função do número de trabalhadores envolvidos.

Os sistemas semimecanizados são alternativas para reduzir a dependência de mão de obra e garantir a colheita do cafeeiro conilon em regiões com menor disponibilidade de trabalhadores. Contudo, ainda dependem de uma quantidade mínima de trabalhadores realizando diversas atividades junto às máquinas.

Os sistemas mecanizados com colhedoras automotrizes estão sendo testados, desde 2014, no Estado para a colheita do cafeeiro conilon (SOUZA et al., 2017). As máquinas mais promissoras utilizam hastes vibradoras que realizam a derriça, limpeza e transporte dos frutos (Figura 5). Essas máquinas apresentam capacidade operacional de 2,4 a 3,84 ha dia⁻¹, com uma eficiência de derriça de 85-97% e perdas médias de 12% (SOUZA et al., 2017). Esse sistema utiliza apenas três operadores, sendo um na colhedora e dois nos transbordos.



Figura 5. Colhedora automotriz de varetas vibratórias testada em lavouras de café conilon na safra 2016/17 em Governador Lindenberg-ES.

Fonte: G.S. de Souza.

A colheita com máquinas derriçadoras automotrizes ainda está em fase de testes e apresentam potencial de melhoria dos indicadores técnicos em função do aprimoramento do manejo e da seleção de materiais genéticos mais adaptados (SOUZA et al., 2017; 2018). Considerando uma média de 8 horas de trabalho de uma colhedora em lavouras com produtividade média de 70 sacas ha⁻¹, a ausência de recolhimento de solo e uma média de colheita manual de 15 sacos pessoa⁻¹ dia⁻¹, essas máquinas apresentam um

potencial de redução de 94% da mão de obra. Em alguns casos pode ser viável o recolhimento do café do solo, como realizado no cafeeiro arábica, o que dependerá do preço do café, percentual de fruto no solo e custo do recolhimento.

Uma característica que influencia na eficiência de derriça é a força de desprendimento do fruto. Neste contexto, foi medida a força de desprendimento de quatro variedades de café conilon na safra 2016/17 na Fazenda Experimental Bananal do Norte / Incaper (Figura 6). A força de desprendimento dos frutos de café conilon variou de 2,45 a 6,01 N para Robusta Tropical, de 2,99 a 5,28 N para Jequitibá, de 3,02 a 5,28 N para Diamante e de 2,87 a 5,72 N para Centenária, nos diferentes estádios de maturação e períodos em estudo. Esses valores foram similares aos observados em café arábica (SILVA et al., 2010, 2016).

A força de desprendimento dos frutos de café conilon reduziu com o aumento do estágio de maturação, tanto para a variedade seminal, quanto para as variedades clonais. Maior diferença na força de desprendimento entre frutos verdes e cerejas ocorreu para a variedade Centenário (2,79 N), seguido pela Robusta Tropical (2,38 N), Jequitibá (2,29 N) e Diamante (1,85 N) nos períodos em estudo. Quanto maior essa diferença, maior será o potencial de sucesso da colheita seletiva (SILVA et al., 2010; SOUZA et al., 2017). Esses resultados indicam a possibilidade de mecanização da operação de colheita do cafeeiro conilon com o uso de máquinas derriçadoras.

AGRICULTURA DE PRECISÃO

A agricultura de precisão (AP) é uma vertente da tecnologia agrícola que, baseada na variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas, objetiva manejar de forma precisa e localizada as lavouras agrícolas. Distinguindo-se de métodos convencionais, em AP busca-se não somente a determinação dos valores para uma variável e ou atributo, mas também sua posição no espaço-tempo.

Devido ao seu caráter abrangente, a AP engloba um conjunto de ferramentas e métodos tecnológicos

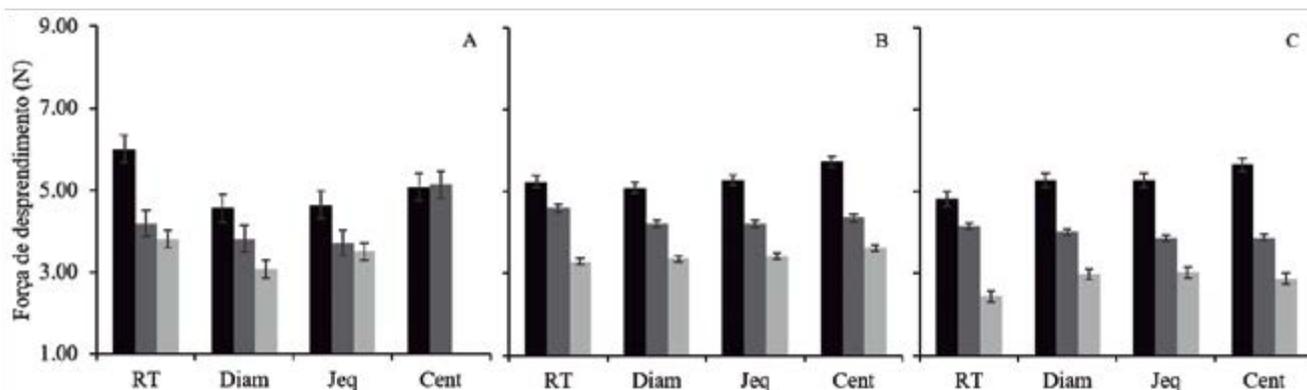


Figura 6. Força de desprendimento de frutos de café conilon das variedades Robusta Tropical (RT), Diamante (Diam), Jequitibá (Jeq) e Centenária (Cent) avaliados nos estádios de maturação verde (■), verde cana (■) e cereja (□), nos dias 4 de maio (A), 29 de maio (B) e 9 de junho de 2017 (C) na FEBN/Incaper. Barras representam o erro padrão da média.

Fonte: G.S. de Souza (dados não publicados).

para o gerenciamento dos campos de produção. Por se utilizar de diferentes plataformas de levantamento de dados (grids amostrais, sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas precisas etc.), os conceitos de AP podem ser utilizados em qualquer cultura agrícola e ou condição de cultivo, havendo apenas a necessidade da escolha adequada do método e das ferramentas mais efetivas.

Na cafeicultura, diversos estudos têm sido realizados para a adoção da AP, buscando desenvolver tecnologias que atendam às particularidades dos cultivos de café, bem como as diversidades de áreas e regiões onde essa cultura está inserida. Em regiões planas, onde as máquinas agrícolas são utilizadas em todas as etapas do processo produtivo, os avanços têm sido mais expressivos, haja vista a indissociabilidade, em alguns casos, da mecanização e a AP.

Em áreas onde a colheita é mecanizada, mapas de produtividade das culturas são gerados instantaneamente no campo de produção pelas colhedoras automotrizes, que dispõem de eletrônica embarcada. Estes mapas de produtividade são utilizados na etapa inicial de um ciclo de AP por permitirem a identificação de variações ao longo dos campos de produção, as quais podem estar associadas a aspectos agrônômicos importantes para os manejos.

Em áreas inclinadas (café de montanha), onde a topografia é um fator limitante à estabilidade lateral

das máquinas, a AP tem se baseado no mapeamento de atributos de solo e planta e no uso de sensores proximais e de contato. Recentemente, tem crescido o uso de sensoriamento remoto aéreo e orbital, possibilitando o mapeamento do comportamento das plantas através de métodos indiretos, não destrutivos e que fornecem respostas rápidas (em alguns casos em tempo real) para a tomada de decisão em manejos localizados.

Os atributos de solo (químicos e físicos) e planta (produtividade e estado nutricional) têm sido as variáveis mais utilizadas em AP para o gerenciamento das áreas agrícolas, em especial para a cafeicultura de montanha. Oliveira et al. (2008), em trabalho inédito no Brasil, mapearam a produtividade de cafeeiros conilon propagados por semente, relacionando os valores com mapas de atributos químicos e físicos do solo e do estado nutricional das plantas. Os autores propuseram métodos precisos para a recomendação de adubações a taxas variáveis e calcularam percentuais de erro (déficit e excesso) na aplicação de corretivos e fertilizantes (Figura 7) recomendados por métodos convencionais (adubação pela média).

Assim como liveira et al. (2008), diversos autores têm estudado e apresentado resultados confiáveis acerca do mapeamento de atributos em cafeicultura de montanha. Silva e Lima (2014) utilizaram o

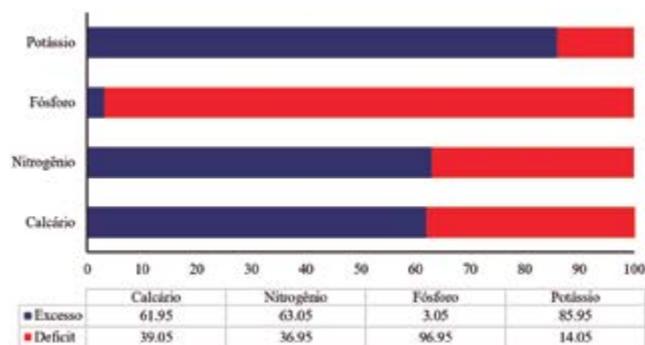


Figura 7. Diferença percentual (excesso e déficit) entre a recomendação pelo método convencional e a análise espacial do potássio, do fósforo, do nitrogênio e da necessidade de calcário para uma área de produção de café conilon.

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2008).

comportamento espacial do fósforo remanescente (P-rem) para recomendar adubações foliares fosfatadas para a cultura do café conilon. Lima et al. (2016) mapearam, durante três safras, a relação espacial entre a produtividade e o número de ramos ortotrópicos para o café conilon, apontando a necessidade de considerar a variabilidade espacial para a indicação de podas. Fonseca et al. (2018), utilizando lógica fuzzy, estudaram a variabilidade espacial e temporal da qualidade da bebida do café conilon em duas safras, concluindo que, dentro da mesma área, os frutos apresentam perfis sensoriais distintos com elevada estabilidade temporal.

O mapeamento de atributos de solo e planta aumenta de forma significativa a eficiência das práticas de manejo; entretanto, devido ao grande número de amostras a serem coletadas e analisadas, pode inviabilizar a adoção de AP em distintas áreas, haja vista o custo elevado associado a essa prática. Uma alternativa é a utilização de sensores que permitem estimativas precisas de alguns desses atributos com custos reduzidos e grande densidade amostral.

Em AP, diversos sensores têm permitido diferentes níveis de coleta e de detalhamento. Para atributos de solo, por exemplo, os sensores que determinam a condutividade elétrica aparente (CEa) (Figura 8) têm sido utilizados para auxiliar a recomendação de

manejos localizados. Por estimar a disponibilidade de sais em solução, esse tipo de sensor permite realizar inferências sobre a fertilidade dos solos.



Figura 8. Condutivímetro tratorizado (a - Veris) e portátil (b - LandMapper) utilizados para determinação da condutividade elétrica aparente do solo.

Fonte: Stara (a) e os autores (b).

A CEa é uma ferramenta precisa para explicar a variabilidade das propriedades físicas e químicas dos solos e da produtividade agrícola, pois interage com distintos componentes do solo (dotados de cargas elétricas), refletindo em diferentes níveis dos seus valores (LUND et al., 1998). A CEa apresenta elevada correlação com diferentes atributos do solo (Figura 9), em diversas áreas agrícolas e condições de cultivo.

Dada sua ampla aplicação, a CEa tem sido utilizada para a geração de zonas de manejo para recomendação de fertilizantes e corretivos em agricultura. As zonas de manejo podem ser entendidas como subáreas dentro de um campo de produção que apresentam semelhanças para atributos de solo e planta e que podem ser manejadas de forma “homogêna”.

Ao utilizar zonas de manejo, as amostragens (de solo, por exemplo) podem ser feitas dentro de cada classe, reduzindo o custo em AP, assegurando eficiência e precisão das práticas de manejo. O delineamento de zonas de manejo consiste inicialmente em: a) escolha das variáveis a serem utilizadas – deve-se optar pela produtividade e por aquelas que apresentam baixa variação espaço-temporal; b) amostragem em alta densidade e

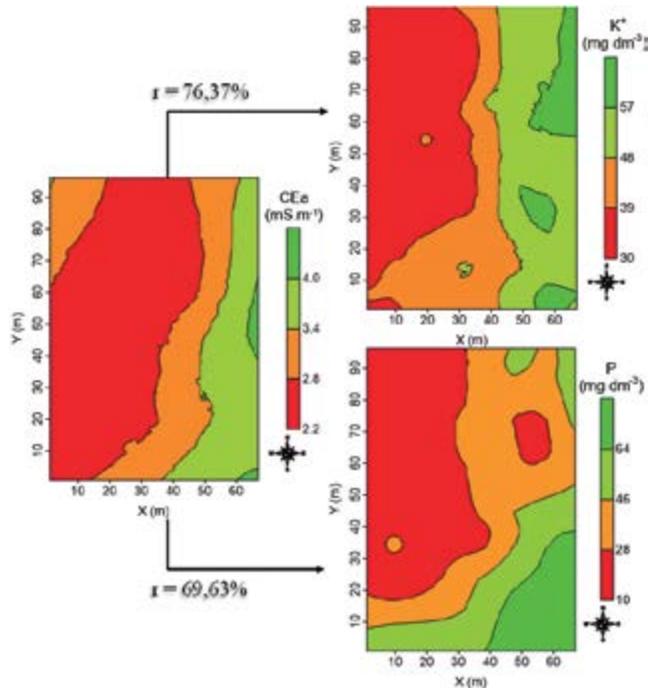


Figura 9. Mapas temáticos e relação espacial entre a condutividade elétrica aparente do solo (CEa) e os atributos químicos fósforo (P) e potássio (K⁺).

Fonte: S.A. Silva (dados não publicados).

determinação da variabilidade espacial de cada atributo; c) agrupamentos de dados através de modelos fuzzy; d) determinação do número ótimo de classes, e; d) validação das zonas de manejo.

A utilização de zonas de manejo é a forma mais prática de implementação direta de AP em áreas mecanizáveis e principalmente naquelas onde a mecanização é inviável. Em cafeicultura, a divisão de lavouras em talhões homogêneos já representa um avanço em práticas de manejo.

Além das ferramentas listadas acima, tem ganhado cada vez mais espaço em estudos e aplicações práticas em AP a utilização de sensores ópticos embarcado em veículo aéreo não tripulado (VANT). Em AP, os VANT têm uma ampla gama de aplicações, dependendo do tipo e sensibilidade dos sensores. Com sensores mais simples (RGB) é possível a identificação de falhas de cultivo, contagem de plantas, avaliações de estresses

sintomáticos em plantas. Sensores que capturam informações em um espectro eletromagnético mais amplo (infravermelho, por exemplo) permitem a identificação do vigor vegetativo das plantas, bem como distúrbios celulares que podem ser associados à ação de agentes bióticos e abióticos.

Após o levantamento de campo (voo e obtenção de imagens), é necessária a construção do mosaico ortorretificado, o qual será utilizado para extração das informações de interesse. Se realizada de forma correta, os produtos dos VANT podem oferecer poderosas informações para a gestão da cafeicultura. Na Figura 10 são apresentados alguns exemplos de produtos do processamento das imagens obtidas com sensores embarcados em VANT.

Além da identificação visual de falhas e distribuição das linhas de cultivo, é possível estabelecer a porcentagem de área coberta pelos cafeeiros (63%) e por outros eventos (37%, entrelinhas, outros cultivos, sombras etc.). Tão ou mais importante que as informações anteriores é a possibilidade de inferir sobre o estado vegetativo das plantas (através de índices de vegetação que relacionam diferentes bandas espectrais). Quanto mais próximo da unidade for o valor do índice, mais vigorosas são as plantas e, em uma análise direta, é de se esperar que estas tenham maior capacidade produtiva. É válido ressaltar que, devido ao porte arbustivo dos cafeeiros, essas análises devem ser consideradas (ainda) como auxiliares, haja vista que a visão exclusiva da copa (terço superior) pode não refletir de forma fidedigna todo o estado do dossel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cafeicultura do *Coffea canephora* capixaba e brasileira passa por transformações no sistema produtivo, com foco na intensificação da mecanização agrícola. Dessa forma, o uso de máquinas agrícolas é a solução para a baixa disponibilidade de mão de obra em algumas regiões, baixo rendimento operacional, insegurança da colheita e pode contribuir de forma significativa na redução do custo de produção e melhoria da qualidade dos grãos.

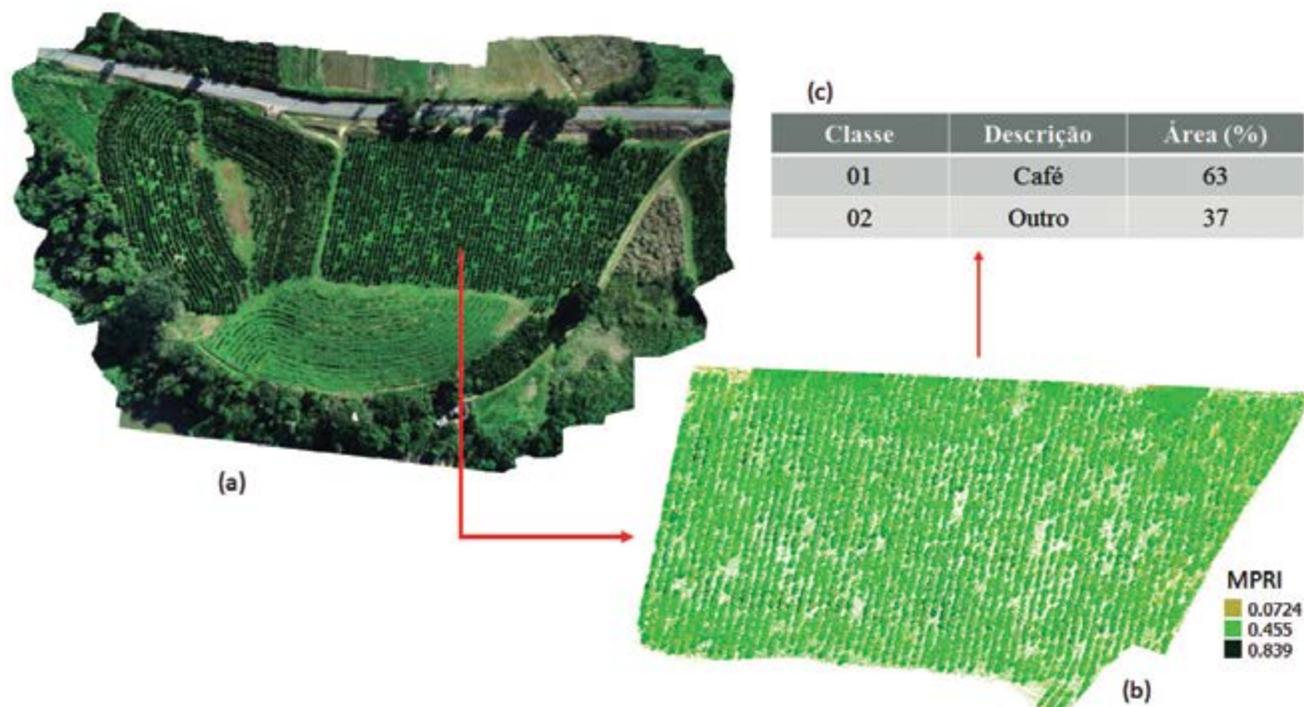


Figura 10. Mosaico ortorretificado de uma lavoura de cafeeiro conilon (a); Índice de refletância fotoquímica modificado (MPRI) para os cafeeiros após recorte, filtragem e classificação da imagem para extração dos objetos de interesse (b); Porcentagem de área de cada classe de ocorrência na imagem de interesse (c).

Fonte: S.A. Silva (dados não publicados).

Independentemente da ferramenta utilizada, a AP pode oferecer celeridade e maior precisão na tomada de decisão e redução das incertezas associadas ao cultivo de café. Além disso, é possível estabelecer mecanismos de automação para recomendação de práticas de manejo com base em parâmetros bem definidos.

A mecanização agrícola e a AP não serão capazes de substituir, na sua totalidade, as atividades manuais envolvidas na produção do café conilon, mesmo em áreas com topografia favorável, como no norte do Espírito Santo, em função dos interesses de parte dos cafeicultores, acesso às tecnologias, disponibilidade de recursos financeiros e aptidão agrícola.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café e a FAPES pelo financiamento dos projetos de pesquisa que contribuíram para esta publicação.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.L.; PEREIRA, F.A.C.; DALCHIAVON, F.C. Potencial econômico da utilização de micro-terraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. *Revista iPecege*, v. 3, n. 1, p. 24-38, 2017.
- BARRETO, P.; SARTORI, M. **Levantamento de áreas agrícolas Degradadas no Estado do Espírito Santo**. Vitória: CEDAGRO/SEAG-ES, 2012. 63p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.
- CARVALHO, C. DE; SANTOS, C.E. DOS; TREICHEL, M.; FILTER, C.S. **Anuário brasileiro do café 2018**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 96p.
- FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon: Técnicas de Produção com variedades melhoradas**. 4. ed. Vitória, ES: Incaper, 2012. 74p. (Incaper. Circular Técnica, 03-I).
- FONSECA, A. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A. Use of the Integrated diagnosis and recommendation system and sufficiency band for nutritional status of conilon coffee. *Journal of Experimental Agriculture International*, v. 23, n. 1, p.1-10, 2018.

- LANI, J.A. et al. Preparo, manejo e conservação do solo em lavouras de café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Eds.). **Café conilon**, 2. ed. Vitória-ES: Incaper, 2017. p. 303-325.
- LIMA, J. S. S. et al. Spatial and temporal variability of the productivity of *Coffea canephora*. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 400-407, 2014.
- LUND, E.D. et al. Applying soil electrical conductivity technology to precision agriculture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4rd, 1998. **Anais...** St. Paul, p. 1089-1100. 1998.
- MATIELLO, J.B. Micro-terraceamento em cafezais de montanha, com uso de tração animal. **Revista do Café**, n.94, 853, p.30-32, 2015.
- MATIELLO, J.B.et al. Modos de fazer micro-terraços em cafezais de montanha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 41., 2015. **Anais...** CBPC: Poços de Caldas, MG, 2015. p.338.
- OLIVEIRA, E.et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 827-831, 2007.
- OLIVEIRA, R.B.et al. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p.176-186. 2008.
- SANTINATO, F.et al. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, v. 10, n. 3, p. 402-411, 2015.
- SILVA, F.et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.2, p.468-474, 2010.
- SILVA, F.C. et al. Correlação da força de desprendimento dos frutos em cafeeiros sob diferentes condições nutricionais. **Coffee Science**, v.11, n.2, p.169-179, 2016.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; Spatial estimation of foliar phosphorus in different species of the genus *Coffea* based on soil properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1439-1447. 2014a.
- SOUZA, G.S.; LANI, J.A.; INFANTINI, M.B. Colheita possível. **Cultivar Máquinas**, v.16, n.184, p.30-32, 2018.
- SOUZA, G.S.et al. Colheita mecanizada do café conilon. In: FERRÃO, R.G; FONSECA, A.F.A; FERRÃO, M.A.; DE MUNER, L.H. (ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2017. p. 509-530.
- VERDIN FILHO, A.C.et al. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.489-494, 2014.
- VILLATORO-SÁNCHEZ, M. et al. Temporal dynamics of runoff and soil loss on a plot scale under a coffee plantation on steep soil (Ultisol), Costa Rica. **Journal of Hydrology**, v.523, n.4, p.409-426, 2015.

Novas tecnologias para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas

Henrique de Sá Paye¹; Luiz Dimenstain²; Roberto Lyra Villas Boas³; Loren Chisté⁴; Ailton Geraldo Dias⁵; Thais Regina de Souza⁶

Resumo - A utilização de novas tecnologias que permitam avaliar de forma dinâmica, rápida, eficiente e mais frequente a fertilidade do solo vêm ao encontro à demanda do campo, pois permite aos técnicos e produtores rurais uma interpretação mais precisa e exata da disponibilidade dos nutrientes e do estado nutricional das plantas. Dessa forma, é possível melhorar a eficiência das adubações, otimizar recursos e aumentar o lucro do produtor. Nesse sentido, foi apresentado um conjunto de informações relacionadas a três tecnologias disponíveis para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas, muito embora ainda não tiveram uma penetração adequada nos meios agrônômicos. Procurou-se, contudo, abordar, ainda que de forma incipiente, resultados recentes, conclusões de ordem prática e o potencial de uso de cada ferramenta em campo.

Palavras-chaves: Extrator de solução; Análise de seiva; Índice SPAD.

New technologies to assess soil fertility and plant nutrient status

Abstract - The use of new technologies that allow evaluation of soil fertility in a dynamic, fast, efficient and more frequent way meets agricultural demands, since it allows farm technicians and farmers to interpret more precisely and accurately the availability of nutrients, and the nutritional status of plants. Thereby, it is possible to improve fertilization efficiency, optimize resources, reduce costs and increase the profit of producers. Three technologies to assess soil fertility and the nutritional status of the plants have been presented although they still do not have adequate penetration in Agronomy. Thus, the survey attempted to achieve, even in an incipient way, recent research results, learning experience and the potential of use of each tool in the field.

Keywords: Solution analysis. Sap analysis. SPAD index.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as tecnologias utilizadas para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas fundamentam-se basicamente na extração química de nutrientes do solo e/ou de tecidos de plantas. No entanto, essas tecnologias trazem diagnósticos tardios, algumas vezes imprecisos e não

representam o estado nutricional atual das plantas. A agricultura irrigada vem buscando alternativas que se desvencilham de critérios de interpretação da tradicional agricultura de sequeiro que sempre impôs, pela inércia, o uso das tradicionais análises de solo e folha. Isso não quer dizer que a análise de solo e de tecido de plantas não sejam bons

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Solos e Nutrição Mineral de Plantas, Pesquisador do Incaper, henrique.paye@incaper.es.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agricultura, Consultor

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciências Energia Nuclear na Agricultura, Professor Titular da Unesp

⁴ Engenheira Agrônoma, Mestranda em Solos e Nutrição Mineral de Plantas

⁵ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Água para a Agricultura, Empresa Sementes Vitória LTDA

⁶ Engenheira Agrônoma, Pesquisadora da Yara Fertilizantes

indicadores, pelo contrário, continuam sendo a referência. Porém, os ajustes da adubação ao longo do crescimento das plantas podem e devem ser melhorados, uma vez que diferenças promovidas por fatores do ambiente, material genético e manejo da cultura alteram o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Portanto, a utilização de “ferramentas” de resposta rápida, que consideram a natureza dinâmica do solo, da solução do solo e do estado nutricional das plantas tornam-se imprescindíveis. Para isso, atualmente estão disponíveis diversas tecnologias que permitem o diagnóstico rápido da disponibilidade dos nutrientes e do estado nutricional das plantas, a partir da análise da solução do solo, da clorofila e da seiva das plantas. As medidas podem ser tomadas periodicamente por profissionais que dão assistência ou mesmo pelo produtor e permitem ajustes imediatos na adubação que vem sendo conduzida.

Apesar dos benefícios e vantagens observados em campo há carência de informações validadas, relacionadas ao uso isolado ou associado dessas tecnologias. Neste sentido, serão fornecidas uma série de premissas e conceitos sobre essas novas tecnologias que auxiliam avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas.

ANÁLISE DA SOLUÇÃO DO SOLO

A solução do solo pode ser definida como sendo a fase líquida do solo e seus solutos que se encontram dissolvidos em um dado momento, dentre eles os solutos minerais (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) e orgânicos (aminoácidos, ácidos húmicos, carboidratos, enzimas etc.). A análise da solução do solo tornou-se imprescindível para o manejo das adubações, após a forma tradicional de adubação em cultivo de sequeiro ser substituída pela aplicação de fertilizantes via água de irrigação, conhecida por fertirrigação. Essa forma de adubação, por extrema simplificação conceitual, tem sido realizada equivocadamente. A fertirrigação é uma tecnologia que permite alterações rápidas e precisas na quantidade de nutrientes aplicados e no posicionamento dos mesmos, conforme a profundidade do sistema

radicular. Logo, o monitoramento de íons em solução passa a ser ferramenta indispensável por possibilitar, de forma rápida, ajustes necessários na quantidade e no tipo de fertilizantes aplicados, evitando alterações indesejáveis das quantidades de sais e do potencial hidrogeniônico e da solução do solo.

AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO, DETERMINAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Diferentes métodos podem ser utilizados para a obtenção da solução do solo (Wolt, 1994). Entretanto, os tubos de sucção a vácuo, chamados de extratores de solução do solo (ESS), são os mais difundidos devido ao fácil manejo, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas e à quantificação de seus componentes. Com o auxílio dos extratores de solução do solo, pode-se conhecer os valores de pH, condutividade elétrica (CE) (Figura 1), assim como os teores de qualquer elemento presente na solução.



Figura 1. Extração da solução do solo, solução do solo extraída, medidor portátil de pH e condutividade elétrica.

Fonte: Chisté (2018)

A representatividade da solução do solo, obtida pelos extratores de solução, está intimamente relacionada ao local de instalação desses equipamentos (BLANCO, 2006). Se o local de instalação não for adequado, a concentração de nutrientes na solução coletada pode ser muito abaixo ou acima

da concentração média da solução que está sendo absorvida pelas raízes das plantas. Isso resultará em erros no manejo da adubação, comprometendo a produtividade e a qualidade da produção. Portanto, os extratores devem ser instalados em uma posição e profundidade que permitam obter uma amostra representativa da solução nutritiva do solo. Isto é, a solução coletada deverá apresentar o que as raízes estão de fato usufruindo da solução do solo. Assim, obtemos uma amostra fiel da solução que está sendo absorvida pelas raízes das plantas.

Outro método que se mostra altamente correlacionado ao anterior e vem sendo muito utilizado para fins de avaliação da fertilidade do solo é a análise do extrato de saturação (SOUZA et al., 2013). Sua obtenção é feita por meio da amostragem de solo para obtenção da pasta saturada. Para isso, é necessário coletar uma amostra representativa de solo e enviá-la a um laboratório especializado. O procedimento é simples e prevê saturar com água destilada a amostra de solo e mantê-la em contato com essa água por uma noite. Posteriormente, é feita uma filtração a vácuo, que retira a água livre, que vem a ser a solução do solo, ou seja, o próprio extrato de saturação. A desvantagem dessa técnica em relação à anterior deve-se ao fato de a solução obtida pelo método do extrato de saturação não representar fielmente as condições em campo, principalmente as condições de umidade e concentração iônica à qual as plantas estão diretamente submetidas. Nesse caso, as principais reações químicas envolvidas com a solubilidade dos compostos e seu envolvimento em reações de adsorção-dessorção, tais como precipitação, adsorção e oxirredução, podem ser sensivelmente alteradas, uma vez que são controladas pelas condições ambientais do meio. Cadahía (1989) comparou a concentração de nutrientes e valores de pH e CE no extrato de saturação obtida saturando diferentes solos com água destilada e com a solução nutritiva aplicada pela fertirrigação. Os resultados revelaram diferenças significativas entre as variáveis avaliadas e atribuiu essas diferenças às reações de hidrólise e de troca catiônica que ocorrem em solos

com atributos químicos, físicos e físico-químicos diferentes. O mesmo autor concluiu que a medida que aumentou o teor de matéria orgânica e de argila à interação solo-solução foi maior, dificultando obter teores de nutrientes, além de outros parâmetros físico-químicos próximos àqueles obtidos por métodos de extração direta da solução do solo. Portanto, não se obteve uma solução fiel a que está em equilíbrio em condições ambientais.

Tanto a solução do solo obtida por extratores de solução como a do extrato de saturação devem ser analisadas imediatamente após a extração, pois a luminosidade e a temperatura estimulam os micro-organismos presentes na solução, o que pode alterar a sua composição. Caso a análise não possa ser realizada rapidamente, no mesmo dia da coleta, recomenda-se mantê-la sob refrigeração, a 4°C, até o momento da análise. Para determinar na solução do solo a concentração (mg L^{-1}) dos principais nutrientes e os parâmetros físico-químicos (pH e CE), podem ser utilizados medidores portáteis de pH e da CE, kits rápidos, sejam esses de fita colorimétrica, de titulação, sejam de turbidez, analisadores de íons seletivo e técnicas mais avançadas, como a espectrofotometria de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), espectrometria de massas (ICP-MS) entre outras, realizadas por alguns laboratórios de análise de solo. As análises por técnicas espectrométricas estão disponíveis em laboratórios que realizam análises de solo e análises ambientais.

A frequência de coleta é variável e não há um tempo determinado para se medir os nutrientes disponíveis na solução do solo. Logicamente, quanto mais frequente forem essas medidas, mais rapidamente são identificáveis problemas como faltas ou excessos de nutrientes, lixiviações, pH e CE fora dos intervalos desejados. Na prática, o que se faz com certa frequência é acompanhar as variações dos valores de CE e pH, uma vez que a alteração desses parâmetros analíticos é reflexo da aplicação de fertilizantes, mudança na diluição da solução do solo, extração dos nutrientes pelas raízes

das culturas e perdas por lixiviação. Além disso, a medida da condutividade elétrica permite mensurar a concentração de sais dissolvidos na solução do solo, uniformidade de distribuição ao longo da área e distribuição de sais no perfil do solo. Por outro lado, o pH permite inferir sobre a solubilidade e o predomínio das formas iônicas dos nutrientes na solução e conseqüentemente a disponibilidade desses para as plantas. Muito embora a CE e o pH não diferenciem a composição de sais, informando, respectivamente, apenas a salinidade total e a acidez e/ou a alcalinidade da solução do solo, medir com certa frequência ajudará a decidir sobre doses e fontes de fertilizantes que deverão ser usadas nas fertirrigações para manter a salinidade total dentro da tolerância fisiológica de cada cultura e o melhor aproveitamento de nutrientes para conseguir a melhor resposta agrônômica.

Parâmetros desejados e interpretações dos valores obtidos na solução do solo são determinados de acordo com as tolerâncias dos cultivos à salinidade, em cada fase fenológica, e a composição nutricional dessa salinidade. Certamente, esta é a etapa mais difícil de ser executada, pois vários fatores estão inter-relacionados. A pesquisa científica frequentemente tem ajustado valores, entretanto estes níveis ainda não foram devidamente estabelecidos para as diferentes culturas e para cada fase fenológica, havendo apenas recomendações gerais da concentração dos principais nutrientes (Tabela 1). A interpretação agrônômica das concentrações dos vários nutrientes na solução do solo em duas coletas sucessivas com intervalo de amostragem, por exemplo, semanal, identificará um delta (Δ), que servirá para direcionar as decisões de manejo de fertirrigações para usufruir dos parâmetros, cujos valores sugeridos aqui estão sendo ajustados pela pesquisa de acordo com estudos de tolerâncias aos sais fertilizantes e desempenho em produtividades e qualidades dos cultivos ao longo das fases fenológicas.

Tabela 1. Faixas de concentração de nutrientes na solução do solo

Nutriente	Massa Atômica	Faixa de Concentração	
		mg/L	mmol/L
N – NO₃⁻	14,0	70-250	5,00-17,86
N-NH₄⁺	14,0	0-33	0,00-2,36
P	31,0	15-80	0,48-2,58
K	39,1	150-400	3,84-10,23
Ca	40,0	70-200	1,75-5,00
Mg	24,3	15-80	0,62-3,29
S	32,0	20-200	0,63-6,25
		mg/L	μmol/L
B	10,8	0,1-0,6	9,26-55,56
Cu	63,5	0,05-0,3	0,79-4,72
Fe	55,8	0,8-6,0	14,34-107,53
Mn	54,9	0,5-2,0	9,11-36,43
Mo	95,9	0,01-0,15	0,52-1,56
Zn	65,4	0,05-0,5	1,53-7,65
Cl	35,5	1,0-188,0	28,17-5.295,77

Fonte: Dimenstein (2017) Dias (2011).

ANÁLISE DA “SEIVA”

Uma das premissas mais antigas da análise foliar baseia-se na ideia de que o conteúdo de nutrientes acumulados na planta seria proporcional à sua disponibilidade no solo. Sabe-se, porém, que não é bem assim, pois diversos fatores afetam as relações entre os teores no solo e o conteúdo na planta (VAN RAIJ, 1981). Além disso, análise foliar representa o acúmulo de nutrientes, desde a formação da folha até sua coleta. Por outro lado, a análise da seiva tem sido considerada uma nova tecnologia para avaliar o estado nutricional das plantas no momento da amostragem. É uma técnica de diagnóstico bastante precisa e sensível às oscilações dos nutrientes nas plantas, tanto durante o ciclo de cultivo como em resposta a uma adubação, que é a base fundamental do programa de nutrição na fertirrigação.

A análise da seiva é realizada na Espanha para diversas culturas como tomate, pimentão, melão,

morango, trigo, milho, rosa, cravo, feijão, beterraba, cana-de-açúcar e citros (CADAHÍA; LUCENA, 2000). No Brasil, algumas pesquisas com tomate (BLANCO, 2004; OLIVEIRA, 2003; FONTES, 2002; GUIMARÃES, 1999), rúcula (PURQUERIO, 2005) e laranja (SOUZA et al., 2012) já foram realizadas utilizando esta técnica. Esses trabalhos apresentam altas correlações entre os teores observados na análise do tecido foliar, a concentração do nutriente na seiva da planta e a produtividade das culturas.

Purquerio (2005) avaliou o teor de nitrato na seiva e a produção da cultura rúcula fertirrigada, em ambiente protegido, sob diferentes doses de nitrogênio. O autor obteve altos valores de correlação entre o teor de nitrato na seiva com as doses de N aplicadas e com a produção (Figura 2 A e B).

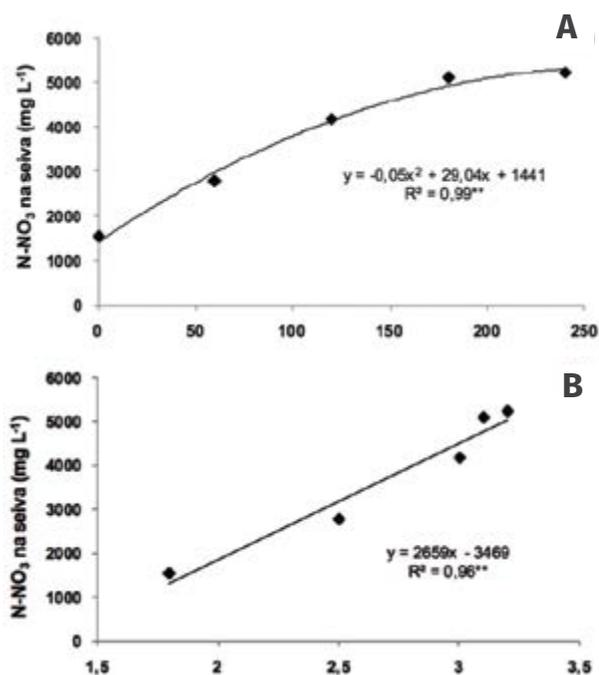


Figura 2. Relação entre o teor de nitrato na seiva com as doses de nitrogênio aplicadas (A) e com a produção da rúcula (B).

Fonte: Purquerio (2005).

Assim como qualquer método de diagnose nutricional, diversos fatores influenciam a concentração de nutrientes na seiva, como a

concentração de nutrientes na solução do solo (dose e parcelamento da adubação) a quantidade de água presente no solo (precipitação e, ou irrigação), os estádios de desenvolvimento da cultura a temperatura a hora do dia, as estações do ano e a idade das plantas. Souza (2010) observou o comportamento de N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) e K na seiva em função da precipitação ocorrida entre os meses de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008) e do parcelamento da adubação na fertirrigação para a laranja Hamlin (Figura 3).

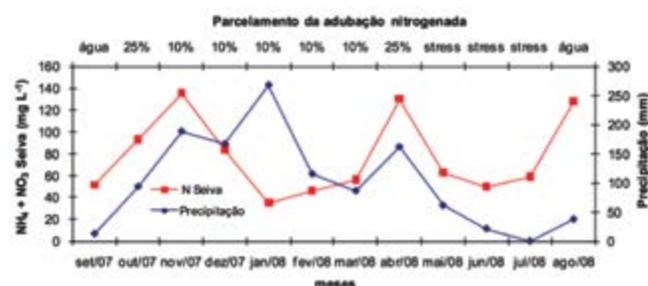


Figura 3. Comportamento de N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) na seiva, para a laranja Hamlin, na safra 2007/2008, de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação nitrogenada. Fonte de N: nitrato de amônio, stress: período em que as plantas não receberam água para promover indução floral e água: momento quando foi realizado apenas irrigação.

Fonte: Souza (2010).

Mesmo com as dificuldades que ainda existem na interpretação dos resultados, a análise da seiva demonstra ter maior sensibilidade, além de outras vantagens sobre a diagnose foliar. Cadahía e Lucena (2000) citam, dentre as principais vantagens da análise da seiva em relação à análise convencional de tecido foliar, a variação na concentração de nutrientes absorvidos durante o desenvolvimento da cultura; rápida resposta à adubação, com a possibilidade de realizar correções de doses e fontes; detectar a falta de um nutriente na planta antes do aparecimento dos sintomas visuais, expressando a mudança que está ocorrendo na solução do solo e/ou na seletividade da planta em função ou não de desbalanço de íons na solução do solo.

AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NA SEIVA

A amostra deve ser representativa e realizada com os mesmos critérios da análise foliar. O material que convencionalmente se determina “seiva” corresponde ao líquido extraído de uma parte específica das plantas, geralmente de tecidos condutores (CADAHÍA; LUCENA, 2000). Para isso, o órgão da planta amostrado, em geral, corresponde aos pecíolos e nervuras das folhas, muito embora também têm sido usados ramos de brotações novas (SOUZA, 2010) ou folhas inteiras sem o pecíolo. A quantidade de material amostrado depende da parte da planta a ser utilizada e também do método de extração. Em geral é suficiente uma quantidade de tecido condutor que proporcione aproximadamente 10 mL de seiva, que pode corresponder de 20 a 30 gramas de tecido para hortaliças e ornamentais, e de 40 a 100 gramas de tecido para plantas lenhosas. Já o número de folhas varia entre 40 a 60 folhas por área (CADAHÍA; LUCENA, 2000). A coleta deve ser feita entre 8h00m e 10h00m, evitando coletar após adubações, fertirrigações ou mesmo após chuvas. Após a coleta das amostras, o transporte do campo ao laboratório e o processamento deve ser realizado em menor tempo possível, pois a extração é feita com o material fresco.

A extração da seiva pode ser realizada por diversos métodos: a) extração com auxílio de prensas (FONTES et al., 2002; BLANCO, 2004), b) extração com éter etílico e posterior congelamento de amostras

(CADAHÍA; LUCENA, 2000), c) extração utilizando câmara de pressão, d) coleta de exsudatos (OLIVEIRA et al., 2003) e e) extração realizada com acetato de etila, 1-butanol, éter de petróleo ou xileno (MORENO; GARCÍA-MARTÍNEZ, 1980). Em todos os métodos de extração citados, os autores denominam seiva o material extraído (Figura 4).

A quantidade extraída geralmente é pequena e normalmente apresenta elevada concentração de nutrientes. Sendo assim, o material extraído poderá ser diluído e apenas, se necessário, filtrado. Pode-se determinar com facilidade os seguintes nutrientes: N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-orgânico, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Zn, Mo e B, além de aminoácidos e açúcares. A concentração dos nutrientes na seiva poderá ser realizada no campo, utilizando kits específicos para análise ou em laboratório, utilizando espectrômetros de plasma de argônio ou de emissão atômica, fotômetro de chama, colorímetro entre outros métodos. O nitrogênio mineral (NO_3^- e NH_4^+) pode ser determinado por destilação.

MEDIDA INDIRETA DA CLOROFILA

Os métodos de determinação da clorofila são métodos destrutivos e demorados. Porém, com o advento do medidor portátil SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development), desenvolvido pela Minolta Corporation LTD, Osaka/Japão (1989), que mede a intensidade da coloração verde das folhas (quantidade de luz absorvida pela clorofila), é possível obter valores indiretos do teor de clorofila

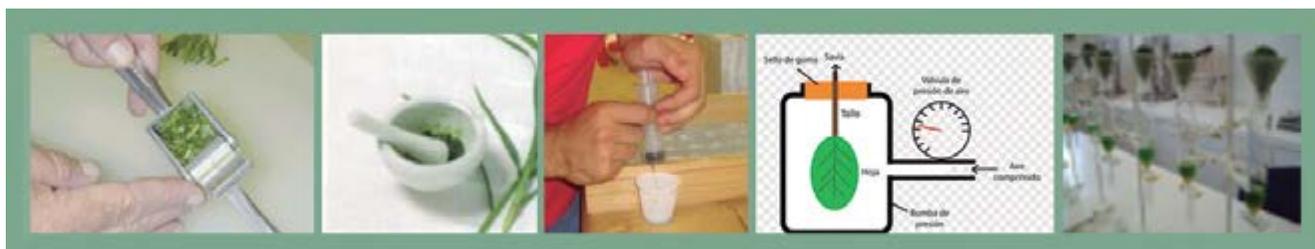


Figura 4. Extração de seiva, da esquerda para direita: espremedor de alho, cadinho (maceração), seringa, câmara de scholander, éter.

Fonte: Vilas Boas (2018)

presente nas folhas de modo não destrutivo, rápido e simples (Figura 5).



Figura 5. Medidor Portátil SPD-502

Fonte: SOUZA (2011).

O medidor SPAD-502, também denominado clorofilômetro, avalia dois pontos: um de alta absorvância, na região do vermelho (650 nm), onde há um pico da absorvância pela clorofila e outro na região do infravermelho (940 nm), onde ocorre a máxima transmitância, este para tirar o efeito da espessura da folha e o seu grau de hidratação. Com base nessas variáveis, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD, sendo esse altamente correlacionado à intensidade da cor verde da folha (teor de clorofila). O teor de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com a produtividade das culturas (SILVA et al., 2009). Souza et al. (2011) utilizaram o valor SPAD para avaliar o efeito de cinco doses de nitrogênio via fertirrigação em duas variedades de laranjas (Figura 6 A e B). Os valores de leitura SPAD, determinados pelo clorofilômetro e a análise foliar de nitrogênio, apresentaram alta correlação (R^2) com tratamentos aplicados (Figura 6 A e B). Quando foram correlacionadas às leituras do medidor de clorofila com a concentração de N foliar, ocorreu uma correlação positiva de R^2 0,92 e 0,94, respectivamente, para as variedades de copa Valência e Hamlin.

Uma das principais vantagens do medidor de clorofila é a baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N pelas plantas que é atribuída à forma com que esse nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato, e

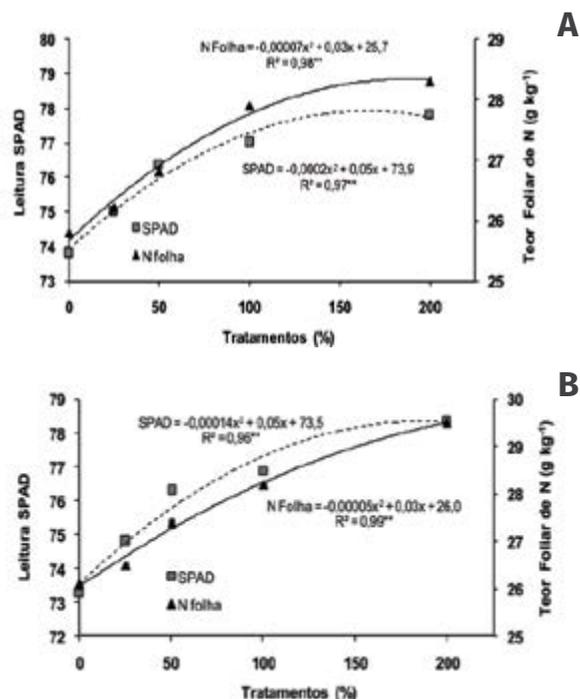


Figura 6. Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Valência (A) e Hamlin (B)

nesta forma o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995). Por apresentar essa baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N, a medição efetuada pelo medidor de clorofila tem sido considerada melhor indicadora do nível desse nutriente na planta do que o seu teor (BLACKMER; SCHEPERS, 1995).

Outro grande benefício do medidor SPAD-502, de acordo com Piekielek et al. (1992), é a conveniência de uso, uma vez que uma área de produção pode ser amostrada em minutos obtendo resposta imediata. Por outro lado, o custo do aparelho pode ser um entrave para alguns produtores, mas não para empresas de consultoria, associações e cooperativas de produtores.

O medidor portátil SPAD-502 tem sido, para várias culturas, uma “ferramenta” auxiliar para avaliar a resposta das culturas à aplicação e ao manejo do nitrogênio (MADAKADZE et al., 1999). Essa tecnologia

tem se mostrado bastante efetiva na determinação do “status” de N em arroz (CARRERES et al., 2000), milho (ZOTARELLI et al., 2003), feijão comum (SILVEIRA et al., 2003), trigo (VIDAL et al., 1999), beterraba (CAMPAGNA et al., 2000), cevada (GIORDANI, 2000), batata (GIL et al., 2002), algodão (WU et al., 1998), sorgo (GIORDANI et al., 1998) e tomate (SANDOVAL-VILLA et al., 2000), além de algumas frutíferas, como citros (SOUZA et al., 2011) e noqueira-pecã (HARDIN et al., 2012) sendo de grande utilidade tanto para pesquisadores como para produtores.

AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NA SEIVA

As mesmas folhas coletadas para análise convencional de tecido foliar têm sido utilizadas na determinação da medida indireta da clorofila com o medidor SPAD-502 (MINOLTA, 1989). Entretanto, não há necessidade de retirar as folhas das plantas para essa determinação, muito embora isso possa ser feito. Vale ressaltar que nesse caso o prazo máximo para a medida indireta da clorofila é de 24 horas após a coleta.

Ainda não se sabe precisar a sensibilidade das leituras com o medidor SPAD-502 para as variações de posição na folha, horário de avaliação, bem como o efeito na leitura antes e após a irrigação. As leituras são geralmente feitas em apenas um lado da nervura, próximo ao centro e a 0,6 mm da margem da lâmina da folha (distância fiada pelo regulador de profundidade do aparelho).

A leitura do clorofilômetro é uma medida promissora, uma vez que se pode recomendar a aplicação de nitrogênio nas doses e épocas adequadas (BUSATO et al., 2010). Peterson et al. (1995) afirmam que o uso do medidor SPAD-502 utilizado como instrumento no manejo da adubação nitrogenada é especialmente apropriado, podendo o nitrogênio adicional ser aplicado via fertirrigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já existem muitos produtores realizando o manejo da adubação com base na solução do solo, análise

de seiva e clorofila, principalmente para cultivos sob fertirrigação. Sabe-se que essas tecnologias ainda dependem de uma calibração local baseada em observações de concentração de nutrientes *versus* produtividade. Além disso, é dever dos técnicos conhecer as limitações de cada uma dessas tecnologias. Todavia, essas tecnologias têm grande potencial e podem ser aplicadas como estratégia para aprimorar a tomada de decisões nas questões que envolvem a fertilidade do solo, a nutrição de plantas e o manejo das adubações.

REFERÊNCIAS

- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor crop nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, p.56-60, 1995.
- BLANCO, F. F. **Manual de construção e utilização de extratores de cápsula porosa para obtenção da solução do solo**. Teresina. Embrapa Meio-Norte, p. 36, 2006.
- BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**, Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.115, 2004.
- BUSATO, C. et al Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 14, p. 2148-2156, 2010.
- CADAHÍA, L.C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**, (3. ed.), Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 681, 2005.
- CADAHÍA, L.C.; LUCENA, J.J. Diagnóstico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**, 2.ed, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, cap. 5, p. 173-246, 2000.
- CAMPAGNA, G.; ZAVANELLA, M.; LANDI, D. La concimazione azotata parte dalla dotazione del terreno. **Informatore Agrario**, v. 56: n. 3, p. 35-40, 2000.
- CARRERES, R. et al. Effects of pre-flood nitrogen rate and mid-season nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agricultural Science**, v.134, n. 4, p. 379-390, 2000.
- DWYER, L.M. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Can. Journal Plant Science**, v. 75, p. 179-182, 1995.
- FONTES, P.C.R.; RONCHI, C.P. Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1421-1429, 2002.

- GIL, P.T. de et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira** v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GIORDANI, G.; BERNATI E.; BARTOLINI M. Metodi diagnostici per stabiliri lo stato nutrizionale del sorgo. **Informatore Agrario** v. 54, n. 21, p. 41-44, 1998.
- GUIMARÃES, T. G. et al. Giordani G. Lo stato nutrizionale delle colture di orzo. **Informatore Agrario** v.56, n. 7, p. 69-72, 2000.
- HARDIN, J. A. et al. In situ measurement of pecan leaf nitrogen concentration using a chlorophyll meter and vis-near infrared multispectral camera. **HortScience**, v. 47, n. 7, p. 955-960, 2012.
- MADAKADZE, I. C et al. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. **Journal of Plant Nutrition**. v. 22, n. 6, p. 1001-1010, 1999.
- MINOLTA CAMERA Co. Ltd. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. **Minolta Radiometric Instruments Div.**, Osaka, Japão, p. 22, 1989.
- MORENO, J.; GARCÍA-MATÍNEZ, J. L. Extraction of tracheal SAP from Citrus and analysis of its nitrogenous compounds. **Physiology Plant**, v. 50, p. 298-303, 1980.
- OLIVEIRA, M. N.; OLIVA. M. A.; MARTINEZ, C. A. Variação diurna e sazonal do pH e composição mineral da seiva do xilema em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 10-14, 2003.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for mayze. **Agronomy Journal**, v.84, p.59-65, 1992.
- PURQUEIRO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. p.119, 2005.
- SANDOVAL-VILLA, M.; GUERTAL E.A.; OOD C.W. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n.5, p. 649-661, 2000.
- SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 01, p. 17-22, 2009.
- SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.
- SOUZA, E.R. de et al. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 510-517, 2013.
- SOUZA, T. R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 121f. 2010 Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2010.
- SOUZA, T.R. et al. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.
- SOUZA, T. R. et al. Nutrientes na seiva de plantas cítricas cultivadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 482-492. 2012.
- VIDAL, I; LONGERI, L.; HETIER, J.M. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 55, n. 1, p.1-6, 1999.
- WOLT, J. **Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture**. New York: John Wiley, p. 345, 1994.
- WU, F.B.; WU L.H.; XU F.H. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v. 56 n. 3, p. 309-314, 1998.
- ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.

Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira

Alberto Chambela Neto¹; Gustavo Haddad Souza Vieira²; Ismail Ramalho Haddade³; Thiago Lopes Rosado⁴; Bernardo Lima Bento de Mello⁵

Resumo - As novas tendências do agronegócio do leite, tanto público quanto na iniciativa privada, são de profissionais multidisciplinares, que contribuam com os outros profissionais da equipe agropecuária na melhoria da qualidade e da produtividade animal. A área de atuação desse profissional é de ampla diversidade, e cabe a um explorar todas as potencialidades tecnológicas disponíveis. Dessa forma, a demanda pelo profissional capacitado para atuar nas propriedades leiteiras é realidade crescente no Espírito Santo, dadas as tendências do mercado internacional, melhoria da produtividade e qualidade dos produtos ofertados. A produção leiteira necessita de profissionalização no setor para que assim consiga expressão do potencial genético dos animais através de um processo nutricional adequado, manejos que proporcionem maior rentabilidade, produtividade e competitividade no mercado internacional. Portanto, a proposta deste artigo é de suprir essa lacuna do mercado de trabalho regional, pois ideologicamente somos sabedores que são poucos os profissionais sensibilizados a respeito da necessidade de produzir com eficiência e baixo impacto ambiental, ou seja, os recursos de aprendizagem a serem usados estão articulados de forma a construir um profissional não somente teórico/prático, mas também sensibilizado para as necessidades do mercado consumidor, da necessidade humana e qualidade no produto ofertado.

Palavras-chaves: Agronegócio; Mercado internacional; Produção leiteira; Competitividade.

Application of new technologies to dairy bovine farming

Abstract - The new trends in the dairy agribusiness, both at the public level and at the private one, are set by multidisciplinary professionals, who cooperate with other professionals from the agricultural sector in the improvement of animal quality and productivity. The area of activity of these professionals is widely diverse, and it is up to them to exploit all the technological potentialities available. Thus, the demand for trained professionals to work in dairy properties is a growing reality in the State of Espírito Santo, Brazil, given the trends in the international market, improvement of productivity and quality of the products offered. Milk production needs professionalization in the sector so that it can express the genetic potential of the animals through an adequate nutritional process, management that provides greater profitability, productivity and competitiveness in the international market. Therefore, the objective of this article is to fill this gap in the regional labor market because, ideologically, we know that few professionals are aware of the need to produce with efficiency and low environmental impact. That is, the learning resources that have to be mobilized in order to build a professional that is not only theoretical / practical, but also aware of the demands of the consumer market, human needs and quality of the product offered.

Keywords: Agribusiness. International market. Dairy production. Competitiveness.

¹ Médico Veterinário, Zootecnista, D.Sc. Ciência Animal, Professor Ifes, Campus Santa Teresa. chambela@ifes.edu.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Engenharia Agrícola, Professor Ifes, Campus Santa Teresa.

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Produção Animal, Professor Ifes, Campus Santa Teresa.

⁴ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Agricultura Tropical, professor Ifes, Campus Santa Teresa.

⁵ Zootecnista, D.Sc. Ciência Animal, Extensionista do Incaper.

INTRODUÇÃO

Quando a tecnologia entrou pelas porteiras das fazendas leiteiras, o balde começou a encher com maior facilidade. Esse salto produtivo tem sido crescente ao longo das décadas. Desde o ano 2000, a produção de leite no Brasil cresceu 104%, colocando o país como o quinto maior produtor mundial (ZOCCAL, 2017).

Contudo, a produção brasileira de leite, em 2016, foi de 33,62 bilhões de litros, representando uma retração de 2,9% em relação ao ano anterior. A Região Sul respondeu por 37,0% do total nacional, mantendo a liderança do ranking, posição que ocupa desde 2014 quando ultrapassou a Região Sudeste, que, na segunda posição, representou 34,3% da produção total (IBGE, 2016).

Desse total, a pecuária leiteira capixaba produz anualmente cerca de 500 mil toneladas de leite, com produção média de 4,1 litros.vaca⁻¹.dia⁻¹ e registra média de crescimento 1,97% ao ano (IBGE, 2016).

A verticalização da pecuária que permitiu esse crescimento médio pautou-se por décadas no aumento do rebanho com pouco ou nenhum aumento na produtividade dos mesmos.

No cenário competitivo atual, não há espaço para amadorismo. Assim, para a profissionalização do setor, entra em cena a necessidade de se explorar animais de genética superior, o uso de pastagens de qualidade e adaptadas ao nosso solo e clima, os manejos sanitário e reprodutivo específicos para a realidade de cada propriedade, a redução das condições de *stress* impostas aos animais, a realização de um manejo correto de irrigação que otimize o aproveitamento e uso da água e a adoção de medidas coerentes e estratégicas de gestão da propriedade leiteira.

Com o aval da ciência, o leque de possibilidades cresceu e hoje temos diversas alternativas para permitem o desenvolvimento da pecuária leiteira no Estado.

BIOTECNOLOGIA DA REPRODUÇÃO

O manejo reprodutivo tem grande influência na eficiência e rentabilidade no sistema de produção, sendo que os baixos índices produtivos são frequentemente associados à infertilidade prolongada durante o pós-parto.

Dentre as inovações tecnológicas pertinentes à área reprodutiva, destacam-se: a Inseminação Artificial (IA), Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) e Fertilização *in vitro* (FIV) (DOROTEU; OLIVEIRA; e PIVATO, 2015), além da transferência de embriões (TE).

A biotecnologia reprodutiva mais conhecida e utilizada nas propriedades leiteiras é a IA, e como tal, é a que causa maior impacto econômico na produção de bovinos, por possibilitar a utilização em massa de indivíduos melhoradores e por viabilizar o cruzamento industrial em regiões tropicais a fim de aproveitar os efeitos da heterose (GOTTSCHELL et al., 2008). Permite ainda o uso de sêmen de touros provados, evita a transmissão de doenças, padroniza o rebanho e facilita anotações e registros (SOUSA et al., 2012).

Contudo, a adoção da IA nas fazendas exige tempo e mão de obra treinada e motivada para a observação do ócio, uma vez que esta é a principal limitação ao uso da técnica (SOUSA et al., 2012).

No intuito de alcançar intervalos entre partos de 12 meses, a IATF ganhou cada vez mais espaço entre técnicos e produtores. Esse procedimento proporciona melhores taxas de serviço, além de tornar desnecessária a detecção de estros, sendo este o principal limitador da eficiência desejada na reprodução de bovinos.

A utilização da IATF apresenta como principal vantagem o melhoramento genético e a obtenção de animais com maiores valores zootécnicos. Além disso, Segundo Gottschall et al. (2008), a IATF é uma biotecnologia que visa aumentar a produtividade dos rebanhos de cria.

A partir de então, vários protocolos foram desenvolvidos para IATF, sendo que a decisão de qual deles utilizar é uma decisão técnica que deve considerar a avaliação dos animais.

Essa nova geração de ferramentas de manejo reprodutivo sofreu desenvolvimentos recentes de forma a eliminar a detecção de estro e aumentar a eficiência de manipulação animal, concentrando-se no controle do corpo lúteo (CL), em animais cíclicos, e da dinâmica folicular, resultando em protocolos econômicos e práticos para sincronizar a ovulação (LAMBET al., 2010). Contudo, um dos primeiros protocolos criados e atualmente o mais utilizado nos rebanhos leiteiro é o protocolo Ovsynch, que consiste em um método para sincronizar o momento da ovulação em bovinos utilizando GnRH e PGF2 α .

Diversos são os protocolos: Ovsynch; Ovsynch + progesterona; Co-Synch; Co-Synch + progesterona; Heatsynch; GPH; PG3G; Presynch-Ovsynch; Presynch-11; Presynch-14, entre outros (AZEVEDO; CANADA; SIMÕES, 2014). Entretanto, para se obter sucesso nos programas de IATF, alguns requisitos são necessários para a sua implantação. Dentre eles, destacam-se: controle sanitário eficiente, bom manejo nutricional e escore corporal favorável, meio ambiente favorável para o bem-estar animal, mão de obra especializada, avaliação geral e ginecológica periódica das fêmeas e principalmente o custo, uma vez que a taxa de sucesso destes protocolos, pode ser baixa em diversas situações.

Na FIV, os oócitos (células sexuais femininas) aspirados dos folículos ovarianos de uma vaca são fecundados, em laboratório, por espermatozoides de touros testados para a produção de embriões. Os embriões originados desse processo são transferidos para uma fêmea receptora, ou “barriga de aluguel”, que deve ser preferencialmente novilha ou vaca de primeira cria.

Por essa técnica, uma fêmea pode produzir, em média, 10 embriões, considerando-se a taxa de 50% de sucesso na fecundação. Isso permite a triagem dos animais de forma mais rápida que na IATF, técnica que gera apenas um embrião por inseminação, contudo com custo que pode chegar a R\$ 2.000,00 por prenhez confirmada. A FIV pode não ser acessível à maioria dos pecuaristas leiteiros capixabas, mas alguns laticínios e o Sebrae vêm contribuindo no

subsídio desta técnica, visando ao ganho genético da técnica em menor tempo.

A produção *in vivo* de embriões bovinos, também conhecida como Transferência de Embriões, consiste na estimulação hormonal dos ovários (superovulação ou indução de ovulações múltiplas) de uma vaca doadora para induzir o desenvolvimento e a maturação de vários folículos simultaneamente. O tratamento superovulatório (TSO) é iniciado entre 8 a 12 dias após o cio base ou usando implantes de progestágenos. De seis a oito dias após a monta natural ou a IA, os embriões são coletados através de uma lavagem uterina e transferidos (involados) para outras vacas receptoras, que deverão levar a gestação a termo.

Para a produção animal, os aspectos mais importantes da TE são: expansão genética rápida em núcleos de vacas pré-selecionadas, aumento da intensidade de seleção nas fêmeas transporte internacional de germoplasma sem risco de transmissão de doenças, pesquisas de interação genótipo-ambiente e de interação materno-fetal, conservação de raças em perigo de extinção pela criopreservação e comércio de embriões.

Para a TE ser bem-sucedida, alguns aspectos devem ser levados em consideração, tais como estado nutricional e fisiológico da doadora, qualidade dos hormônios e adequação de protocolos de TSO para os animais, assim como a qualidade do sêmen do reprodutor usado no acasalamento. Além disso, deve-se levar em conta que os resultados de TSO podem ser relativamente imprevisíveis, especialmente quando não se tem histórico das doadoras. Segundo a Callesen et al. (1995), cerca de um quarto dos animais escolhidos como doadoras não respondem à TSO, um quarto responde muito bem e metade responde de maneira intermediária.

Há ainda diversos aplicativos que têm sido utilizados pelos produtores capixabas, entre os que adquiriram grande destaque foi a “Roda da Reprodução” (Figura 1), lançado pela Embrapa Sudeste, pelo projeto Balde cheio. Informática Agropecuária e disponibilizado gratuitamente para *download*.



Figura 1. App - Roda da Reprodução

Esse aplicativo ajuda o processo de gestão do rebanho leiteiro, levando para o meio digital o quadro físico que costuma ser usado por pecuaristas. Ele permite acompanhar o ciclo de reprodução do rebanho, desde a cobertura ou inseminação até o parto. O app facilita o acompanhamento da situação de cada vaca, em um calendário circular anual. Algumas funcionalidades do aplicativo são agenda para cadastro dos animais e controle do ciclo de todos os estágios reprodutivos. É possível informar detalhes, como por exemplo aborto, parto e secagem das vacas. A deficiência está em não poder cadastrar mais de uma propriedade, impedindo assim o técnico de acompanhar todas as propriedades a que assiste.

MANEJO SANITÁRIO

A saúde do rebanho leiteiro impacta diretamente na produção e na produtividade das vacas, principalmente em animais com genética superior que são mais sensíveis.

O manejo sanitário de rebanhos é constituído por um conjunto de práticas tecnológicas, as quais requerem especial atenção dos produtores e dos técnicos que os orientam. Entre essas práticas destacam-se a prevenção e o controle de doenças (muitas delas zoonoses) e o controle de parasitoses.

Atualmente, os técnicos têm pautado o manejo sanitário em realizar, de forma correta, práticas já tradicionais e conhecidas, que por décadas foram negligenciadas e/ou aplicadas de formas equivocadas, aplicando ações preventivas, com auxílio de um médico veterinário competente, assistindo o rebanho, treinando e orientando os recursos humanos das fazendas sobre tais práticas, de forma que o manejo sanitário atual deva ser visto como investimento e não como custo.

O sucesso na pecuária leiteira exige a adoção de um calendário sanitário que contemple o controle das seguintes doenças e parasitoses:

Brucelose: vacinação única de todas as fêmeas entre 3 e 8 meses de idade.

- Febre aftosa: vacinação anual de todo o rebanho nos meses de maio e novembro.

- Carbúnculo sintomático: vacinação periódica de vacas no 8º mês de gestação, bezerras de 3 meses em diante e depois de 6 em 6 meses, até a idade adulta.

- Pneumoenterite: vacinação periódica de vacas no 8º mês de gestação e bezerras no 7º dia de vida.

- Raiva: deve acompanhar o calendário das vacinas de aftosa. Em regiões com o problema, de 12 em 12 meses, todos os animais do rebanho.

- Leptospirose: vacinar novilhas, vacas e touros de 6 em 6 meses.

- Vermifugação: Deve-se vermifugar todo rebanho jovem (a partir dos 3 meses de idade), sempre no início, meados e final da seca, além de meados da estação das águas. Os animais adultos só serão vermifugados em caso de necessidade.

- Controle de carrapatos: deve ocorrer de acordo com a infestação. É imprescindível que se obedeça a recomendação do médico veterinário e a bula dos produtos prescritos. É recomendável enviar uma amostra de carrapato para laboratório indicar melhor medicamento para seu controle.

- Controle de moscas: devem-se identificar as espécies infestantes e realizar a prevenção, que, na sua grande maioria, se trata da limpeza e higienização das instalações.

Essas práticas preventivas, quando adequadamente adotadas e gerenciadas, reduzem o custo com a intervenção medicamentosa dos animais e criam condições para ganhos na produtividade animal, porque propiciam bem-estar aos animais, índices mais elevados de reprodução no rebanho e de produção de leite de qualidade, isento de resíduos e contaminantes, garantindo a saúde dos consumidores (de) e dos produtos lácteos.

FORRAGEIRAS TROPICAIS

A atividade leiteira nacional e a capixaba não fogem a esta regra: é são baseadas em propriedades, passadas de geração em geração, e são geridas com cada vez mais dificuldades; encontram-se implantadas em grandes áreas em que o manejo dessas pastagens é quase zero, e a produtividade animal é muito aquém do necessário para proporcionar o lucro esperado.

Essa mudança de realidade passa geralmente pela adoção de tecnologias como correção do solo, adubação e irrigação das pastagens, diminuição e intensificação das áreas de pastagens e adubação estratégica no período das chuvas, adoção de manejo rotativo das pastagens, melhoramento genético do rebanho e, em algumas situações, a troca da espécie forrageira.

Embora essa mudança da espécie forrageira nem sempre seja uma alternativa economicamente viável, há de se considerar que ao se diminuir e intensificar as áreas de pastejo, a possibilidade de introdução de novas cultivares pode ser o diferencial necessário para se aumentar a produção leiteira.

Antes de apresentar algumas alternativas, deve-se salientar que toda e qualquer mudança de alguma espécie forrageira deve ser muito bem planejada devido ao alto custo quando comparada à recuperação desta mesma área.

Durante a década de 1990, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) lançou duas cultivares de *Panicum maximum* nomeadas como Tanzânia-1 e Mombaça, e em 2001, lançou o capim-massai, tendo tido essas forrageiras grandes aceitações no mercado (MARTUSCELLO, 2007). Mais

recentemente, a Embrapa lançou diversas cultivares dos gêneros *Panicum Brachiaria* e *Pennissetum*.

A BRS Zuri (*Panicum maximum*) é uma gramínea cespitosa, que deve ser manejada preferencialmente sob pastejo rotativo. Recomenda-se que o pasto seja manejado com altura de entrada de 70-75 cm e altura de saída de 30-35 cm. Apresenta tolerância moderada ao encharcamento do solo, semelhante ao Tanzânia-1, porém se desenvolve melhor em solos bem drenados, sendo uma opção para a diversificação de pastagens. Suas principais características são a elevada produção, o alto valor nutritivo, a resistência às cigarrinha-das-pastagens e o alto grau de resistência à mancha das folhas, causada pelo fungo *Bipolaris maydis* (BARRIOS et al., 2017).

A primeira cultivar híbrida lançada pela Embrapa é resultado do cruzamento entre a planta sexual S12 e o acesso apomítico T60 (BRA-007234). A cv. Tamani (*Panicum maximum*) foi selecionada com base no seu porte baixo, abundância de folhas e perfilhos, produtividade, vigor, valor nutritivo (elevados teores de proteína bruta e digestibilidade), resistência à cigarrinha-das-pastagens e facilidade e flexibilidade de manejo e é indicada para diversificação das pastagens no bioma Cerrado (BARRIOS et al., 2017).

Em 2017, foi lançada a cultivar híbrida BRS Quênia. Esta cultivar visa suprir uma demanda por uma cultivar de *Panicum maximum* de porte intermediário, de alta produtividade e qualidade de forragem, com folhas macias e colmos tenros, alto perfilhamento e de fácil manejo. É uma cultivar que também apresenta alta resistência por antibiose às cigarrinhas-das-pastagens e se mostrou de elevada persistência nos períodos seco e chuvoso do ano nos Estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal (JANK et al., 2017).

Em 2013, ocorreu o lançamento da BRS Paiaguás (*Brachiaria brizantha*) para a diversificação de pastagens em solos de média fertilidade nos cerrados. Foi selecionada com base na produtividade, vigor, produção de sementes, e apesar de não apresentar resistência à cigarrinha das pastagens, mostrou ter

elevado potencial de produção animal no período seco, com alto teor de folhas e bom valor nutritivo. Sua grande vantagem se dá durante o período seco, quando apresenta maior acúmulo de forragem de melhor valor nutritivo, resultando em maiores ganhos de peso por animal e por área (VIDA et al., 2015).

O híbrido BRS Ipyporã é resultado de um cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha* lançado em 2017. É uma planta de porte baixo, prostrado, com colmos delgados de bainhas muito pilosas e folhas pilosas em ambas as faces. As espiguetas são inseridas e com pouca ou nenhuma pilosidade. A BRS Ipyporã entra no mercado para suprir a demanda por uma cultivar de *Brachiaria* de boa produtividade e manejo relativamente fácil, como a cv. Marandu, porém com elevado grau de resistência à cigarrinha da cana do gênero *Mahanarva*, além de apresentar resistência às cigarrinhas típicas de pastagem dos gêneros *Deoise* e *Notozulia*, principais insetos-praga de pastagens de braquiária no Brasil. A BRS Ipyporã é bastante semelhante a cv. Marandu quanto ao manejo, formando um relvado mais prostrado e denso, com alta porcentagem de folhas, portanto resultando em excelente cobertura do solo e competição com invasoras (VALLE et al., 2017).

A cultivar de capim elefante anão BRS Kurumi se destaca por apresentar alto potencial de produção de forragem com excelentes características nutricionais, o que possibilita ao produtor de leite intensificar a

produção animal com menor uso de concentrado. A cultivar caracteriza-se por apresentar touceiras de formato semiaberto, folha e colmo de cor verde e internódio curto. A BRS Kurumi tem crescimento vegetativo vigoroso com rápida expansão foliar, intenso perfilhamento e porte baixo. Chama a atenção a elevada relação folha/colmo e facilidade de manejo devido ao seu porte. A cultivar possui propagação vegetativa por meio de estacas e é indicada para uso forrageiro nos Biomas Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado (PEREIRA; LÊDO; MACHADO, 2017).

A cultivar BRS Capiáçu é um clone de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com propagação vegetativa. A cultivar apresenta porte alto e se destaca pela produtividade e valor nutritivo da forragem. Caracteriza-se por apresentar touceiras densas e colmos eretos, o que facilita a colheita mecânica; folhas longas, largas e de cor verde. A BRS Capiáçu é recomendada para cultivo de capineiras, visando à suplementação volumosa na forma de silagem ou picado verde. Devido ao seu elevado potencial de produção ($50\text{T}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$), pode também ser utilizada para a produção de biomassa energética, pois apresenta maior produção de matéria seca a um menor custo em relação ao milho e à cana de açúcar e, embora possua boa tolerância ao estresse hídrico, desenvolve melhor em solos com boa drenagem, sendo suscetível às cigarrinhas das pastagens (PEREIRA et al., 2016).

Tabela 1. Composição bromatológica (PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; DIVMS – digestibilidade *in vitro* da matéria seca) e desempenho animal (GMP – ganho médio produtivo) com novos cultivares lançados recentemente

Forrageira	PB %	FDN %	DIVMS %	GMP (kg.novilha ⁻¹ .dia ⁻¹)
BRS Zuri	16%	63,0	65,1	0,540
BRS Tamani	---	---	---	---
BRS Quênia	11,8	75,0	60,1	---
BRS Paiaguás	10	68,0	62,2	---
BRS Ipyporã	11,2	69,7	65,2	0,675
BRS Kurumi	19,3	67,6	63,4	0,710
BRS Capiáçu	9,10	71,5	54,76	---

Fonte: Adaptado de diversos autores.

Embora tenhamos diversas alternativas forrageiras, ainda carecem de estudos nas mesorregiões capixabas para que possam ser utilizadas com baixo risco de fracasso em seu manejo. Na Tabela 1 são apresentados alguns resultados de pesquisas com essas forrageiras.

Há também aplicativos gratuitos que dão relativo suporte aos produtores quanto à escolha de espécies forrageiras. No Estado, um dos aplicativos mais apreciados entre os produtores de leite é o Pasto Certo (Figura 2), desenvolvido pela Embrapa, que permite o acesso, de forma rápida e integrada, das características das principais cultivares de forrageiras tropicais lançadas por este órgão e outras de domínio público.



Figura 2. App – Pasto Certo

A grande adoção tem se dado devido à simplicidade de uso e a fácil identificação e diferenciação das cultivares, o que permite o produtor se informar sobre as principais recomendações de uso e restrições de cada cultivar.

AMBIÊNCIA E CONFORTO ANIMAL

Os efeitos do ambiente físico sobre o desempenho dos animais, apesar de serem discutidos já há algum tempo na atividade leiteira, têm despertado interesse na atualidade, isso dada sua relevância nos resultados produtivos e reprodutivos das vacas leiteiras, sobretudo quando relacionados ao estresse pelo calor, contexto bem discutido para a região tropical, onde estão situados aproximadamente 64% dos bovinos do mundo (AZEVEDO et al., 2005).

Dessa forma, serão sempre muito bem vindas as abordagens sobre o tipo animal adequado ao excesso

de calor (animais menores, com maior relação entre superfície corporal e volume, com maior eficiência no metabolismo, resultando em menores acréscimos e em maiores reduções do calor corporal), bem como aquelas ligadas aos ambientes da propriedade leiteira (disponibilidade de sombras, áreas com ventos dominantes, disponibilidade de água de fácil acesso, menores distâncias entre os pontos de acesso para animais, dentre outras). Estas questões apresentam o propósito de reduzir a termogênese (aquisição e produção de calor) e facilitar a termólise (eliminação do calor em excesso) pela vaca leiteira.

No texto aqui proposto não é pretensão esgotar o assunto a respeito da ambiência para bovinos leiteiros, mas chamar atenção para seu monitoramento, sua gestão e seu planejamento. Para isto, parte-se do princípio de que aquilo que não se controla e não se planeja torna-se difícil de ser melhorado.

Assim, os monitoramentos dos microclimas nas propriedades ou nos locais específicos destas são importantes inovações para as “tomadas de decisão”, tanto no planejamento quanto na orientação para a conduta diária na atividade leiteira. Para isso, é fundamental a noção do que seja o ambiente confortável para a vaca leiteira, partindo-se da seguinte questão: Toda vez que uma vaca precisa se adaptar aos efeitos adversos do clima, certamente haverá transtornos, além de um custo metabólico, contabilizado no seu gasto de energia, na sua perda de água e de eletrólitos, bem como nas suas alterações hormonais, e como consequência a diminuição da produção de leite. Além desses fatos, com as maiores produções de leite, haverá sempre mais consumo de alimentos, o que implicará nas maiores produções de calor metabólico e no aumento da dificuldade para manter o equilíbrio térmico dos bovinos. Portanto, é esperado que as vacas leiteiras mais eficientes (com produções acima de 30 kg de leite.dia⁻¹) manifestem sintomas de estresse térmico mesmo quando em condições de calor não tão severo (temperaturas em torno de 26 a 30°C).

No entanto, as características citadas, apesar de serem semelhantes entre os grandes grupos de

animais, podem demonstrar variações em nível para cada de indivíduos. Fator utilizado positivamente na seleção das vacas mais eficientes e adaptadas, mesmo quando estas são avaliadas no contexto das propriedades. Além disso, os estudos de melhoramento genético também têm dado a sua contribuição. Um exemplo é o do surgimento de uma linhagem de vacas holandesas que possuem um “haplótipo” para uma pelagem mais curta e lisa, denominada *slick*. Esta característica foi observada por pesquisadores norte-americanos como derivada do gado Senepol e introduzida por meio de cruzamentos com a raça holandesa nos Estados Unidos.

Em um estudo destinado à avaliação das vacas *slick* (DIKMEN et al., 2014), os autores concluíram que elas apresentam uma habilidade termorreguladora superior à das vacas holandesas com pelagens comuns, apresentando uma redução menos drástica em sua produção de leite. No mesmo estudo, foi constatado que as vacas *slick* suam mais do que as demais vacas holandesas, característica adaptativa importante para a manutenção da temperatura corporal em situações de estresse por calor.

De fato, vacas submetidas a estresse térmico reduzem seu desempenho pelo acionamento de mecanismos termorreguladores (BROUCEK et al., 2009) e, dependendo do período e do nível de intensidade do estresse, os prejuízos poderão ser brandos, intermediários, severos, ou até mesmo irreversíveis.

De acordo com Rossarola (2007), vacas em lactação submetidas ao estresse térmico reduzem o pastejo e o exercício, muitas vezes trocando a atividade diurna pela noturna (pastejo noturno), buscando água e sombra variadas vezes durante o dia. Com isto, salienta-se que o efeito do calor será tão menor quanto maior a disponibilidade de sombras na propriedade, sendo estas disponíveis em quantidade (pelo menor de 6 a 10 m² de sombra por vaca por dia) e em qualidade (sombra difusa, com coberturas que reduzam de forma eficiente a carga térmica radiante, em áreas com boa ventilação, mais elevadas para evitar lama, dentre outros).

Em sistemas de produção de bovinos leiteiros a pasto, o principal agente de aumento do calor corporal dos animais é a radiação solar direta, sendo fundamentais as estruturas de sombreamento bem localizadas, bem construídas e em quantidade suficiente. De acordo com Baêta e Sousa (1997), não há melhores sombras do que as naturais (árvores), sendo importantes que estas sejam localizadas no sentido norte-sul para a obtenção das “sombras projetadas”, em diferentes posições ao longo do dia, pois as diferenças de temperatura entre o solo e o topo (no caso o topo da atmosfera e não da superfície da cobertura) no local quando a projeção da sombra é fora do abrigo beneficiará as trocas de calor pelos animais à sombra.

Com relação à altura das áreas de sombra, Carareto (2008) destacou que esta não deve ser menor que 4 metros. Além disso, o material selecionado para a construção dos abrigos de sombreamento deve apresentar alta refletividade, baixa condutividade e baixa emissividade para o interior das instalações.

Para Mellace (2009), não apenas a provisão de sombra artificial é importante na promoção do bem-estar para as vacas leiteiras, mas também o tamanho da sombra em relação ao número de animais. Esta autora verificou uma redução 2°C na comparação de uma disponibilidade 1,5 m² sombra.animal⁻¹ com a de 8,0 m² de sombra.animal⁻¹, e de 7,4° C na comparação desta última com uma área não sombreada, demonstrando assim que quanto maior a área de sombreamento proporcionada para cada animal do rebanho, maior será o conforto térmico conferido aos bovinos.

A temperatura corporal normal (retal) de uma vaca leiteira está em torno de 38,5 a 39,5°C, e deve permanecer constante para o perfeito funcionamento do seu organismo, sendo essa uma condição prioritária. Com o fato, são fundamentais que as condições do ambiente estejam próximas da zona termoneutra para a vaca, ou seja, aquela em que a homeotermia é mantida pelos processos não evaporativos de perdas de calor. Estes são os ditos processos de transmissão ou emissão de calor do animal para o ambiente, efetuados por radiação

(emissão de calor pelo animal por radiações eletromagnéticas), convecção (calor removido do corpo do animal pelo movimento do ar frio sobre sua superfície corporal) e condução (calor removido pelo contato de uma superfície mais fria do que a do corpo do animal). Em todos estes três não há gasto de energia pela vaca, sendo necessário para a sua ocorrência, apenas que haja gradientes de temperatura entre o corpo do animal e o ar. A partir de então, outras duas condições também devem ser essenciais para que as trocas de calor não evaporativas ocorram de forma eficiente: a área de superfície corporal em contato com a atmosfera e a condutividade térmica do meio que faz a ligação (neste ponto salienta-se que o ar é muito menos condutor do que a água, sendo um dos fatores que explica o “porquê” da nebulização e da irrigação dos animais ajudar na eliminação do seu calor excessivo sem gasto de energia em horas e locais estratégicos). Quando os fatores citados acima não ocorrem, a vaca lança mão da termólise evaporativa (taxa de sudação e polipneia térmica), mecanismos em que há o gasto de energia advinda do metabolismo.

A zona termoneutra para bovinos leiteiros situa-se entre 0 e 5°C (temperaturas críticas inferiores) a 24 a 26°C (temperaturas críticas superiores) (BACCARI JR., 2001). Estas temperaturas dependem essencialmente da idade, da raça, do consumo alimentar, da aclimação, do nível de produção e do isolamento externo (pelagem) da vaca. Quando a temperatura ambiente ultrapassa esses limites, ocorre redução gradativa na eficiência dos processos de perda de calor, e o animal entra em estresse térmico (ação do ambiente sobre a temperatura corporal da vaca em seu estado de repouso) (HANSEN; ARECHIGA, 1999).

Em consequência do estresse por calor, haverá redução no consumo de alimentos (FAÇANHA et al., 2010), na produção de leite e na eficiência reprodutiva, sendo os aumentos na temperatura corporal e na frequência respiratória as medidas de monitoramento mais utilizadas para a avaliação de conforto e adaptabilidade da vaca leiteira ao ambiente adverso (WEST, 2002).

Assim, no monitoramento dos bovinos leiteiros, a taquipneia (aumento da frequência respiratória) será sempre o primeiro sinal visível de estresse pela vaca, apesar de não ser a sua primeira linha de defesa fisiológica contra o estresse térmico (a vasodilatação periférica e a taxa de sudação iniciam primeiramente). Em condições termoneutras, a frequência respiratória normal da vaca leiteira varia de 18 a 28 movimentos por minuto e começa a se elevar de forma significativa a partir da temperatura crítica superior de 26°C. De acordo com Baccari Jr. (2001), valores abaixo de 60 movimentos.minuto⁻¹ indicam animais com ausência de estresse térmico. Acima de 120 movimentos.minuto⁻¹, estes já refletem uma carga excessiva de calor e quando ultrapassam 160 movimentos.minuto⁻¹, medidas de emergência devem ser tomadas para reduzir a carga de calor do animal, como por exemplo, o ato de molhar as vacas. Cabe ressaltar que a frequência respiratória será sempre mais elevada à tarde do que pela manhã, e sob a radiação solar direta do que sob o sombreamento. Além disso, os movimentos respiratórios poderão ser rápidos e superficiais, no estresse moderado; para lentos e profundos, no estresse severo (BACCARI JR., 2001). Quando a severidade é muito acentuada, as vacas mais intolerantes respirarão de boca aberta, com a língua exposta acompanhada de uma intensa sialorreia (salivação).

Para monitoramento do ambiente, quantificando as zonas de conforto térmico adequadas aos animais, índices que contemplem a temperatura, a umidade do ar, a ação dos ventos e da radiação seriam os mais adequados para avaliarem o impacto do calor sobre o conforto dos bovinos leiteiros, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a sensação térmica e a habilidade dos animais em dissiparem calor (WEST, 1999).

Um índice muito utilizado e citado na literatura é o THI (*Temperature and Humidity Index*) (BACCARI JR., 2001), que leva em consideração as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido ou, em lugar desta última, a temperatura do ponto de orvalho. No entanto, este índice parece mais apropriado

para animais estabulados com pouca influência da radiação direta já que seus resultados abrangem apenas a relação entre temperatura e umidade, as quais, por serem muito importantes no conforto térmico, precisam estar associadas à influência do vento (ação nos fenômenos de convecção) e da radiação solar direta (de ondas curtas). Devido a isso, o THI, apesar de dar uma boa referência inicial, não parece muito apropriado para as condições de animais em pastejo, pois estes, durante parte do dia, são submetidos à radiação solar direta.

No entanto, na ausência de outras avaliações, o THI pode ser uma boa referência inicial. Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com a variação do THI em ameno ou brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). THI abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse por calor.

Para Silva, Pandorth e Acararo (2002), o valor do THI a partir do qual vacas holandesas iniciam o declínio na produção de leite é igual a 72. Já para Perissinoto e Moura (2007), trabalhando com vacas holandesas estabuladas, ao identificarem a sensação de conforto térmico em função da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) e da frequência respiratória (movimentos.minuto⁻¹), identificaram os valores de THI de até 56, entre 56 e 64, e acima de 64, relacionados às sensações de conforto alto, médio e baixo, respectivamente. De acordo com Dikmen e Hansen (2008), é conceitualmente difícil determinar o THI como uma medição das mais apropriadas na avaliação do estresse térmico em gado leiteiro.

Um índice que parece ser mais apropriado às condições de influência de radiação solar direta é o BGHI (“Black Globe Humidity Index”). Este foi desenvolvido por Buffington et al. (1981). Seu cálculo se faz por meio da temperatura no termômetro de globo negro (sensível também às variações de radiação, bem como da influência do vento) e da temperatura do ponto de orvalho, ou seja, a única variável que muda na equação entre o THI e o BGHI é a da temperatura do termômetro de bulbo seco, que será obtida no BGHI por meio do termômetro de globo negro. Nos trabalhos de Buffington et al. (1981), o BGHI apresentou

uma forte correlação negativa com a produção de leite, sendo esta superior à do THI. Para condições de sombreamento, os índices foram similares. Para o BGHI, valores abaixo de 74 demonstrariam conforto para os bovinos; de 74 a 78, situação de alerta; de 78 a 84, perigo e acima de 84, emergência.

Atualmente, com a acessibilidade aos equipamentos para monitorar o balanço térmico e as vias termolíticas nos animais (termômetros infravermelhos, termômetros digitais, equipados com sensores e registradores instantâneos) e para avaliar o ambiente térmico (miniestações meteorológicas com termômetros de globo também com registradores instantâneos e com descarregamento automático, medidores de velocidade do vento, termohigrômetros digitais, dentre outros), a gestão do ambiente e do bem-estar animal se tornam mais presentes nas propriedades rurais. Este acompanhamento deve ser mais praticado e melhor entendido pelos pesquisadores, extensionistas e produtores. Assim, características que influenciam diretamente o bem-estar e a *performance* das vacas leiteiras poderão ser mensuradas e comparadas nas diferentes condições de propriedades rurais. Com isso, poderá ser bem avaliada a eficiência do ambiente sobre os animais e corrigir possíveis fraquezas ligadas a esta área da bovinocultura leiteira.

Outra demanda crescente que vem surgindo no Estado é a adoção do sistema Compost Barn. Este sistema foi criado por produtores de leite norte-americanos, em meados da década de 80, mas apenas em 2001 começou ganhar adeptos em maior escala, porém no Brasil o sistema ainda está surgindo e existem poucos materiais a respeito do assunto (EMBRAPA, 2018).

O sistema de instalação Compost Barn visa reduzir custos de implantação e manutenção, melhorar índices produtivos e sanitários dos rebanhos e possibilitar o uso correto de dejetos orgânicos (fezes e urina) provenientes da atividade leiteira (BARBERG; ENDRES; JANNI, 2007). Consiste em um grande espaço físico coberto para descanso das vacas. A área é revestida com serragem, sobras de corte de madeira

e esterco compostado (EMBRAPA, 2018). É importante destacar que o sucesso do sistema depende principalmente do manejo da cama, que consiste em seu revolvimento pelo menos duas vezes ao dia, geralmente nos horários de ordenha das vacas (BARBERG; ENDRES; JANNI, 2007).

O principal objetivo do Compost Barn é garantir aos animais conforto e um local seco para ficarem durante o ano e a compostagem do material da cama. O método concilia a produção e o meio ambiente, visto que se baseia na ação de micro-organismos que utilizam a matéria orgânica como substrato. O Compost Barn pode oferecer aos pequenos e médios produtores uma alternativa para elevar a produtividade, além de possibilitar maior conforto e higiene para o rebanho, contribuir para a redução de problemas de perna e casco, diminuir a contagem de células somáticas (CCS), aumentar a detecção de cio e a produção de leite e diminuir o odor e incidência de moscas. Atualmente, algumas propriedades rurais no Brasil têm implantado o sistema para novilhas e vacas em lactação (EMBRAPA, 2018).

Para Brito, Nobre e Fonseca (2009), produtores brasileiros que já utilizam o sistema, são satisfatórios os resultados, visto a fácil adaptação dos animais e o custo significativamente menor que o Free Stall, além de terem uma nova oportunidade de renda através da venda do composto orgânico gerado pela cama, tratando-se de um adubo de excelente qualidade.

Entretanto, ressalta-se que, assim como todo sistema de confinamento, o Compost Barn exige cuidados e a observação de orientações técnicas para que sejam obtidos resultados positivos do ponto de vista produtivo e econômico.

Apesar da adoção ser crescente no Espírito Santo, ainda são necessárias informações precisas sobre o número de propriedades adeptas desta tecnologia.

MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Em tempos de escassez dos recursos hídricos, como o vivido recentemente no Estado do Espírito Santo, muito se discute sobre as medidas que devem ser tomadas contra o desperdício de água,

seja ele nas residências, nas indústrias seja na agricultura (irrigação).

Sabe-se que a irrigação é o setor que mais demanda água no Brasil, mas seu uso é necessário para a produção sustentável de alimentos. Em áreas com pastagens irrigadas, obtém-se maiores produtividades de forrageiras com melhor qualidade, além da atenuação dos riscos com secas ou longas estiagens.

Devido a essa grande demanda de água, a irrigação tem sido considerada, por muitos, como a grande vilã, quando o assunto é competição pelo uso da água. No entanto, não se pode simplesmente culpar a irrigação pela escassez de água, pois há vários outros fatores que também contribuem para o esgotamento dos recursos hídricos, como a falta de medidas conservacionistas nas propriedades rurais, a falta de planejamento para a reserva de água, o abastecimento urbano, dentre outras. O que se deve mudar é a maneira como se usa os recursos naturais, buscando soluções técnicas e profissionais. Vale mencionar que parte da água irrigada volta para o lençol freático e abastece novamente as nascentes.

O objetivo principal da irrigação é atender às necessidades hídricas das culturas, aplicando a água de forma eficiente, considerando-se todos os aspectos envolvidos. Em se tratando de manejo da irrigação, a atenção deve estar voltada principalmente à água, à energia, à mão-de-obra e aos equipamentos, de modo que as informações a serem trabalhadas sejam muito mais do que simplesmente saber quando e quanto irrigar.

No entanto, o que se percebe na maioria dos sistemas irrigados, é que nem este conceito se encontra presente. É observado que a irrigação é feita na forma de “molhação”, ou seja, o tempo de irrigação é determinado a partir de informações imprecisas e arcaicas, ou ainda, estabelece-se o mesmo tempo para todas as irrigações, independente da época do ano ou do estágio de desenvolvimento da cultura.

Há várias maneiras de se determinar a quantidade de água e o momento correto de se irrigar, podendo-se dividi-las em três categorias básicas: aquelas que monitoram a planta, o solo ou o clima.

Os métodos de manejo da irrigação que consideram medições feitas diretamente nas plantas são considerados os mais promissores para o futuro, pois ainda apresentam dificuldades operacionais e são muito onerosas, necessitando ainda de pesquisas que relacionem adequadamente as características fisiológicas das plantas ao seu consumo hídrico.

No monitoramento do solo, podem ser usados diversos tipos de equipamentos e metodologias. O princípio deste método está na determinação da umidade do solo na zona radicular, fazendo-se a sua reposição via irrigação, até que seja atingida a capacidade de campo, ou seja, o máximo de água que o solo pode armazenar.

Os métodos utilizados para monitorar o clima podem ser complexos ou simplificados, desde que sejam utilizados de forma profissional. O que definirá qual método adotar será a capacidade de investimento, a prioridade do momento, a infraestrutura disponível e a precisão desejada. Os métodos mais complexos requerem maior número de informações e maior precisão dos dados, visto que utilizam modelos matemáticos mais elaborados, exigindo assim dados diários de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e chuva, obtidos de estações meteorológicas completas e mais caras, além de dados locais. A adoção desses métodos somente é justificada para áreas irrigadas de maior porte ou em casos em que se necessite de maior precisão, como em pesquisas aplicadas.

Na impossibilidade de adquirir estações meteorológicas completas, o pequeno e o médio produtor contam com a alternativa de adotar o método simplificado. Este necessita da medição diária de apenas duas variáveis: temperatura e chuva, que podem ser obtidas utilizando um termômetro de máxima e mínima e um pluviômetro, respectivamente. São necessários dados de radiação solar para este método; porém, estes podem ser obtidos a partir de tabelas encontradas em livros técnicos sobre manejo de irrigação. Há a possibilidade de escolha entre equipamentos manuais, em que é necessária

uma pessoa para fazer as leituras diariamente, ou automáticos, em que ocorre registro dos dados em um sistema de armazenamento eletrônico para períodos de aproximadamente 12 meses. Para o cálculo da demanda hídrica da cultura, podem-se utilizar planilhas eletrônicas previamente preparadas para tal, ou ainda softwares específicos.

Outra alternativa é o uso de evaporímetros (Tanque Classe A, Piché, Irrigâmetro etc.), que medem a evaporação da água em uma superfície líquida. Para uso destes equipamentos é necessário que se utilize tabelas ou equações para seleção de coeficientes de ajuste da lâmina evaporada, considerando-se as condições locais de instalação do aparelho e as características climáticas médias do período. No caso do Irrigâmetro, o aparelho já vem ajustado de fábrica, a partir de dados do solo, da cultura, do equipamento e do clima local.

O custo desses equipamentos é muito variável. Existem estações completas para manejo da irrigação que custam de R\$ 5.000,00 (nacionais) a mais de R\$ 60.000,00 (importadas). Já as estações automáticas simplificadas podem custar em torno de R\$ 2.000,00 e, se a opção for por equipamentos manuais, pode-se gastar menos de R\$ 500,00.

Independentemente do método adotado, é de extrema importância que os equipamentos, eletrônicos ou manuais, sejam instalados de forma técnica, respeitando-se as convenções de localização, características ambientais, representatividade de coleta de dados e distância de fontes causadoras de interferências. Os pluviômetros devem possuir as dimensões mínimas representativas, evitando-se o uso daqueles equipamentos com pequena abertura superficial e bordas espessas, que são vendidos em casas agrícolas ou são distribuídos como brindes com fins publicitários.

No que diz respeito aos sistemas de irrigação, muito cuidado é necessário na hora da escolha. Há equipamentos que possuem maior eficiência no uso da água, por proporcionarem menores perdas durante e após a aplicação da água. Os sistemas de irrigação por aspersão (convencionais, fixos, pivô

central etc.), se não forem bem dimensionados e manejados, podem provocar perdas de água de mais de 30%, devido à evaporação e ao arraste pelo vento.

Os equipamentos de irrigação localizada (gotejamento) possuem alta eficiência, em potencial, de uso da água, mas somente se dimensionados e operados adequadamente. Para atingirem este potencial de eficiência, é necessário que se tomem medidas preventivas ao entupimento dos emissores, que podem ocorrer por diversos motivos. No caso de pastagens, as mangueiras geralmente são instaladas enterradas e um cuidado adicional a ser tomado é com a intrusão de raízes nos gotejadores. Para isso é comum a aplicação periódica de herbicidas à base de trifluralina em pequenas doses para a contenção do desenvolvimento de raízes na região do entorno dos emissores.

Sistemas com problemas de entupimento, apesar de não possuírem perdas por evaporação e arraste pelos ventos, como ocorre na aspersão, possuem baixa uniformidade de distribuição da água. Assim, as plantas existentes nas lavouras recebem água de forma desuniforme, umas em excesso e outras em déficit, e para compensar os locais que recebem menos água, os irrigantes tendem a aumentar o tempo de irrigação, fazendo irrigações excessivas com desperdício de água e alto consumo de energia elétrica, o que onera o sistema produtivo e reduz o lucro da propriedade agrícola.

Para se manter uma boa uniformidade dos sistemas de irrigação, há várias medidas que podem ser tomadas, como filtração, limpeza de final de linhas laterais, aeração, sedimentação e tratamento químico da água, podendo ser usadas em conjunto e sempre orientadas por profissionais capacitados.

Diante do exposto, percebe-se que o problema não é a falta de equipamentos e métodos para se fazer uma produção de forrageiras em ambiente irrigado com alta produtividade e respeitando-se o uso sustentável dos recursos hídricos. O que tem havido é a falta de adoção das tecnologias e processos disponíveis, seja por desconhecimento por parte dos irrigantes-seja por não se acreditar nos benefícios de proporcionados.

Assim, acredita-se que o que pode estimular a procura dos pecuaristas por novas tecnologias é a capacitação, que pode ser obtida em treinamentos, como cursos, dias de campo, seminários e conferências. Certamente, é necessário que, aliado a isso, existam políticas públicas de incentivo. A criação de Planos Estaduais de Irrigação, considerando as características regionais, com subsídios e acesso a linhas de crédito diferenciadas às propriedades consideradas sustentáveis, pode ser um importante instrumento de convencimento da adoção de práticas tecnológicas modernas para o uso da água eficiente e ambientalmente seguro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças causadas no setor lácteo brasileiro desde a implantação do Plano Real e consequente estabilização dos preços e abertura da economia para o mercado internacional impulsionaram o aumento produtivo do setor.

Diante disso, atribuiu-se à adoção de inovações tecnológicas o agente principal de sucesso na exploração leiteira, assumindo-se assim a falsa premissa de que o sucesso se pautava no uso de “mais tecnologia”.

Contudo, sem depreciar a tecnologia, a mesma deve ser entendida como um conhecimento aplicado às ciências básicas e seus processos capazes de desenvolver uma solução para uma necessidade específica, e, nos últimos anos, temos presenciado cada vez mais relatos de sucesso ao se aliar o controle gerencial da propriedade às já conhecidas ações de manejo, alimentação, reprodução, entre outras.

Hoje, as diretrizes capazes de impulsionar o aumento da produtividade e transformar propriedades rurais tradicionais em empreendimentos lucrativos, eficientes e competitivos devem obrigatoriamente aliar inovações tecnológicas e gerenciais.

Esta aliança requer um diagnóstico prévio de cada propriedade, pois se faz-se necessário o entendimento individual de cada situação, sob pena de se escolher técnicas inovadoras e gerenciais que não contribuam para a eficiência do sistema a que se destinam.

Isso só será possível através da capacitação eficiente dos profissionais inseridos na cadeia produtiva, sejam eles técnicos, sejam produtores.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura umidade para vacas leiteiras 1/2, ¾ e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. V.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- AZEVEDO, C.; CANADA N.; SIMÕES J. O protocolo hormonal Ovsynch e suas modificações em vacas leiteiras de alta produção: uma revisão. **Archivos de Zootecnia**, 63 (244): 173-187. 2014.
- BACCARI, JR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em ambientes quentes**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Editora UEL. 142 p. 2001.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997, 246p.
- BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, 23:2, 231-238, 2007.
- BARRIOS, S. C. L. et al. **Pasto Certo - versão 1.0** ® aplicativo para dispositivos móveis sobre forrageiras tropicais. Embrapa, 2017 (Embrapa, Comunicado Técnico 142).
- BRITO, A. S.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R. R. **Bovinocultura leiteira: informações técnicas e de gestão**. SEBRAE/RN. 320 p. 2009.
- BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v.15, p.201- 208, 2009.
- BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CALLESEN, H. et al. Factors affecting the developmental stage of embryos recovered on day 7 from superovulated dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, n.6, p.1539-43, 1995.
- CARARETO, R. A influência do sombreamento artificial no desempenho de novilhas leiteiras em pastagens. **Radares Técnicos, MilkPoint**, 2008. Disponível em: <<http://www.milpoint.com.br>>. Acesso em: 01 jun 2018.
- DIKMEN, S. HANSEN, P. J.. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92. P.109-116. 2008.
- DIKMEN, S. et al. The Slick hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.97:5508-5520. 2014
- DOROTEU, E.M.; OLIVEIRA, R.A.; PIVATO, I. Avaliação de diferentes doses de eCG na ressincronização da ovulação em vacas nelore lactantes submetidas à IATF. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n.2, p.449-457 abr./jun. 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Compost Barn: caracterização dos parâmetros de qualidade do leite e mastite, reprodutivos, bem-estar animal, do composto e econômicos em condições tropicais. Macroprograma 3: Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio. Arranjo: **T&I-LEITE - Tecnologias e Inovações para Melhoria da Eficiência Bioeconômica de Sistemas de Produção de Leite**. 2008.
- FAÇANHA, D.A.E. et al. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.837-844, 2010.
- HANSEN, P.J.; ARECHIGA, C.F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl. 2, p.36-50, 1999.
- GOTTSCHALL, C. et al. Perdas reprodutivas e reconcepção em bovinos de corte segundo a idade ao acasalamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.2, p.414-418, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal/** IBGE. - V.44 (2016). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf>. Acesso em:17 maio 2018.
- JANK, L. et al. **O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens**. Embrapa, 2017. (Embrapa.Comunicado Técnico 138).
- LAMB, G.C. et al. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 88: E181-192. 2010.
- MARTUSCELLO, J. A. **Repetibilidade e seleção em *Panicum maximum* Jacq.** 2007. 110 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.
- MELLACE, M. E. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar animal de novilhas leiteiras criadas a pasto**. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz d Queiroz”, Piracicaba, 2009.
- PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiapu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**v.17: 59-62, 2017.
- PEREIRA, A. V. et al. BRS **Capiapu**: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Embrapa, 2016 (Embrapa. Comunicado Técnico 79)
- PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **BioEngenharia**. Campinas, v.1. n.2. p:117-126. 2007.

ROSSAROLA, G. **Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa em pastagem de milho com e sem sombra.** 2007. 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SILVA, I.J.O. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.

SOUSA, G.G.T. et al. Monta natural versus inseminação artificial em bovinos. **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 6, N. 35, Ed. 222, Art. 1473, 2012.

VALLE, C. B. et al. **BRS Ipyporã (“belo começo” em guarani): híbrido de *Brachiaria* da Embrapa.** Embrapa, 2017 (Embrapa. Comunicado Técnico 137).

VIDA, R. M. et al. 11ª JORNADA CIENTÍFICA Embrapa Gado de Corte. 2015.

WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.21-35, supplement 2, 1999.

WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne: Eastridge, M.D., p.1-9, 2002.

ZOCCAL, R. Dez Países Top no Leite. **Revista Balde Branco**. 17 de abril de 2017, disponível em: < <http://www.baldebranco.com.br/dez-paises-top-no-leite>. > Acesso em: 17 Ago 2018.

Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos.

Lucimary Soromenho Ferri¹; Wathaanderson de Souza Rocha²; Manuel dos Santos Pires Braz Filho³

Resumo - A necessidade de preservação dos recursos naturais, aliada à otimização do uso do solo e da água na produção, tem resultado na implantação de sistemas mais sustentáveis de cultivo na aquicultura. Objetivou-se com este artigo descrever as características dos sistemas de recirculação de água, aquaponia e bioflocos. A aquicultura em sistemas de recirculação representa hoje em torno de 4,5% do mercado mundial de pescado oriundo do cultivo, entretanto em 2030 este valor deverá alcançar algo próximo de 40%. Nesse sistema, a água dos tanques de cultivo passa por um filtro biológico para a ação de bactérias nitrificantes responsáveis pela conversão da amônia para nitrito e nitrato, compostos menos tóxicos aos animais. A aquaponia é a integração entre a produção aquícola e hidropônica, em que os dejetos dos organismos aquáticos são degradados por bactérias e transformados em sais minerais. Estes são absorvidos pelas plantas que purificam a água. Ela se apresenta como alternativa para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade. Já o cultivo com bioflocos é um sistema superintensivo em que a forte aeração e a troca zero de água permitem a formação de macro agregados (flocos microbianos), sendo que a assimilação e remoção dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) realizadas com auxílio da biomassa microbiana formada no próprio ambiente de cultivo. Todos os sistemas abordados, além de permitirem maior produtividade que sistemas tradicionais, proporcionam uma aquicultura ambientalmente correta.

Palavras-chave: Piscicultura; Sustentabilidade; Carcinicultura.

Sustainable trends and technologies in aquaculture: recirculation, aquaponics and bioflocs.

Abstract - The need to preserve natural resources, coupled with the optimization of soil and water use in production, has resulted in the implementation of more sustainable aquaculture systems. This article aims to describe the characteristics of water recirculation systems, aquaponics and Biofloc Technology System. Aquaculture in recirculation systems now accounts for around 4.5% of the world market from fish farming. However, by 2030, this figure is expected to reach nearly 40%. In this system, the water of the culture tanks flow through a biological filter for the action of nitrifying bacteria responsible for the conversion of ammonia to nitrite and nitrate, which are less toxic compounds to animals. Aquaponics is the integration between aquaculture and hydroponic production, in which waste from aquatic organisms is degraded by bacteria and transformed into mineral salts, which are absorbed by the plants that purify the water. This system represents an alternative for the production of food in a way that is less impacting to the environment, due to its sustainability characteristics. Biofloc Technology System is a superintensive system in which the strong aeration and the zero exchange of water allow the formation of macro-aggregates (microbial flakes). The assimilation and removal of the nitrogen compounds (ammonia, nitrite and nitrate) of the microbial biomass formed in the growing environment. All of these systems, in addition to allowing higher productivity than traditional systems, provide environmentally correct aquaculture.

Keywords: Aquaculture. Aquaponics. Bioflocs.

¹ Zootecnista, M.Sc. em Zootecnia, Extensionista do Incaper, lucimary.ferri@incaper.es.gov.br

² Engenheiro de Pesca, Extensionista do Incaper

³ Zootecnista, Diretor da Associação Brasileira de Criadores de Organismos Aquáticos (ABRACOA).

INTRODUÇÃO

Segundo o Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura (ANUÁRIO..., 2014), a produção de pescados é uma das atividades econômicas que mais cresce no Brasil, sendo o volume estimado em 1,4 milhão de toneladas por ano. A demanda pelo consumo de pescado produzido comercialmente tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido à exaustão dos estoques pesqueiros. Dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - (FAO) também revelam que a aquicultura corresponde ao setor de produção animal com maior taxa de crescimento.

A FAO estima que em 2030 a aquicultura será responsável por mais de 60% da produção mundial de pescado para consumo humano, sendo a maior responsável por atender à crescente demanda de pescado em nível mundial, respondendo atualmente por mais de 47% de todo o pescado produzido (FAO, 2009). Na piscicultura, a tilápia tomou conta dos criadouros do País e conquistou o paladar dos consumidores. Prova disso é o crescimento expressivo do volume produzido nos últimos anos: 130% de 2008 a 2011 (ANUÁRIO..., 2014).

A espécie de camarão de água doce mais utilizada em cultivos de escala comercial em vários países tropicais e subtropicais é o *Macrobrachium rosenbergii*, conhecido como camarão de água doce, gigante da Malásia, camarão azul, pitu havaiano ou lagostim de água doce. O camarão da Malásia é um dos mais cultivados no Brasil. Chegou ao país na década de 80, quando reprodutores foram trazidos do Havaí (DANTAS et al., 2017). O Espírito Santo era o maior produtor de camarão da água doce do país; porém, a baixa qualidade das pós-larvas oriundas do Ceará e do Rio de Janeiro contribuiu para a queda da produção para 450 toneladas por ano no início de 2015 (ESTADO..., 2015). A partir daí, com a escassez hídrica enfrentada pelo Estado em 2015/2016, muitos produtores interromperam a atividade (SECA..., 2015). Atualmente o entrave consiste na falta de pós-larvas, apesar de existir um laboratório para produção das mesmas no Noroeste do Estado, porém está desativado.

Segundo Cavalli e Ferreira (2010), a carcinicultura brasileira apresentou grande avanço nos últimos 20 anos, com o desenvolvimento tecnológico de cultivo da espécie marinha exótica *Litopenaeus vannamei*, conhecido como camarão branco, nativo da costa americana do Pacífico, que é atualmente a espécie mais cultivada mundialmente.

A carcinicultura convencional baseia-se na troca contínua de água durante a engorda do camarão, a fim de evitar prejuízos na qualidade da água do sistema e no consequente desempenho dos animais (BURFORD et al., 2003). Conforme relatado por Muhlert et al. (2013), com a intensificação do cultivo, aumenta-se consideravelmente a produção de resíduos na forma de amônia não ionizada (NH₃), que é extremamente tóxica para estes animais. Sendo assim, o incremento com insumos e a produção de metabólitos acabam por modificar os parâmetros físico-químicos do meio e, por consequência, dos efluentes dos viveiros/tanques, afetando finalmente a qualidade da água dos corpos receptores.

A aplicação de novas técnicas visando à manutenção da qualidade da água, a sustentabilidade do cultivo e a preservação de recursos hídricos, levando-se em consideração a rentabilidade, torna-se necessária para o desenvolvimento responsável da aquicultura.

Sistemas de cultivo com recirculação de água, utilizando-se filtros biológicos para remoção de elementos tóxicos, a integração entre esses sistemas com produção de hortaliças (aquaponia) e cultivos com bioflocos sem renovação de água são alternativas que minimizam os problemas relacionados à escassez de água e à liberação de efluentes para o meio ambiente natural, além de permitirem maiores densidades de estocagem.

De acordo com a publicação Fish Farming International, citada por Soares et al. (2015), a aquicultura decorrente do Recirculating Aquaculture Systems (RAS) ou aquicultura em sistemas de recirculação representa hoje em torno de 4,5% do mercado mundial de pescado oriundo do cultivo, entretanto em 2030 este valor deverá alcançar algo próximo de 40%.

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes e apresenta-se como alternativa para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, devido a suas características de sustentabilidade, dentre elas, o baixo consumo de água e o reaproveitamento de dejetos (MATEUS, 2009).

Segundo Hundley, et al. (2013) a produção de alimentos com perda mínima de água e nutrientes é também uma necessidade, sendo a aquaponia uma das possibilidades para que isso ocorra.

Scaglione et al. (2017) consideram que nesse sistema a matéria orgânica dissolvida na água, proveniente das excretas dos peixes e da sobra de alimento fornecido, é decomposta pelas bactérias que liberam sais minerais e nutrientes simples, que serão utilizados e transformados em matéria orgânica pelos vegetais, sendo que, com a retirada de nutrientes pelas raízes das plantas, a água retorna aos tanques de cultivo de peixes, reiniciando a recirculação.

Uma das tecnologias que vem sendo estudada e já utilizada em algumas regiões do mundo é o sistema de cultivo em bioflocos - BFT (Biofloc Technology), também chamada de tanques de suspensão ativada ou tanques heterotróficos. O sistema foi desenvolvido para controlar o acúmulo de compostos nitrogenados (amônia e nitrito) que podem ser tóxicos para os organismos cultivados (AVNIMELECH et al., 2007).

Além disso, a adoção do sistema de bioflocos (BFT) possibilita a criação de camarões sem renovação de água, resultando na diminuição da emissão de efluentes e possibilitando maior biossegurança. Krummenauer et al. (2013) relatam que, para sistemas de produção convencionais, são necessários 20 a 63 m³ de água para produção de 1 kg de camarão, enquanto os cultivos em bioflocos podem ser realizados com apenas 1% deste volume de água.

Conforme Gutierrez-Wing e Malone (2006), sistemas de cultivo fechado vêm sendo utilizados em regiões onde ocorrem limitações no uso da água, baixa disponibilidade e custos elevados do valor da terra,

bem como a forte pressão para a diminuição dos impactos ambientais.

Objetiva-se, com esse artigo, descrever as características de sistemas de cultivo que utilizam tecnologias sustentáveis para aquicultura, dentre eles: recirculação de água, aquaponia e bioflocos.

SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO

A produção de aquicultura no sistema de recirculação "RAS" do inglês Recirculation Aquaculture System consiste num sistema com baixa ou nenhuma renovação de água, utilizada apenas para repor as perdas por evaporação. Nos anos 80, estudos visando ao uso do sistema de recirculação se intensificaram no Japão, Estados Unidos, Israel e outros países europeus (KUBTIZA, 2006). Além disso, a aquicultura vem sofrendo pressão nos últimos tempos, principalmente dos órgãos ambientais para praticar uma produção mais sustentável ambientalmente, tendo em vista que os modelos tradicionais demandam uma grande quantidade de água e gera um volume significativo de efluentes. Esse sistema possibilita a produção de organismos aquáticos praticamente em qualquer local, como lugares com escassez hídrica, um maior controle no descarte dos efluentes, maior segurança na ocorrência de patógenos e diminuição no risco de fuga.

O modelo de produção em recirculação permite cultivar espécies marinhas no interior, em áreas continentais, como já acontece com o camarão *Litopenaeus vannamei* ou produzir espécies tropicais em locais de clima temperado.

As plantas produtivas em recirculação podem ser realizadas em diferentes graus de intensidade, dependendo de quanto a água é reutilizada ou recirculada. O princípio básico em um sistema de recirculação é o tratamento contínuo da água para remoção dos excrementos de peixes ou outros organismos aquáticos cultivados, permitindo que os parâmetros de qualidade de água se mantenham dentro dos padrões de produção e que não ocorra diminuição no desenvolvimento das espécies.

Bregnballe et al.(2015) considera conceitualmente o sistema de recirculação simples. A partir da saída dos tanques de cultivo aquícola, a água flui para um filtro mecânico e posteriormente para um filtro biológico, seguindo para um tanque, onde essa água será aerada para remoção do dióxido de carbono e devolvida aos tanques de cultivo.

Outras estruturas podem ser adicionadas aos projetos de recirculação, tais como injetores de oxigênio puro, fracionadores de espuma – *protein skimer*, ozônio, lâmpadas ultra violetas, sistemas automáticos para controle de temperatura etc. O uso desses equipamentos vai depender do grau de tecnificação do empreendimento.

TANQUES DE CULTIVO

Oliveira (2013) relata que para a construção dos tanques podem ser utilizados diversos materiais para construção das estruturas de armazenamento de água. Os formatos mais utilizados são os circulares, por permitirem uma melhor movimentação de água no seu interior. E podem ser construídos em locais cuja topografia não permite a construção de viveiros convencionais, isto é, em áreas em que a declividade seja maior que 4%.

Os materiais mais comuns são tanques de alvenaria, ferrocimento, placas pré-moldadas, geomembrana, poliéster e pvc. Também podem ser utilizados materiais reciclados de acordo com a criatividade do produtor.

Vários formatos e *layout* podem ser utilizados na concepção do projeto de recirculação. Normalmente são circulares ou octogonais, o que possibilita a concentração dos efluentes no centro, facilitando a sua drenagem. Porém, esses tanques ocupam mais espaço, elevando assim o custo de implantação. No quadro 1, pode-se observar as propriedades dos tanques de acordo com o tipo.

SISTEMAS DE FILTRAGEM

Um dos principais fatores de sucesso no sistema de produção em recirculação é o correto dimensionamento do sistema de filtragem. Os resíduos sólidos gerados podem ocasionar perdas,

Quadro1. Propriedades dos tanques circulares, retangulares e raceways

Propriedades do tanque	Tanque circular	Tanque Retangular com bordas arredondadas	Tipo Raceway
Efeito de autolimpeza	5*	4	3
Baixo tempo de residência das partículas	5	4	3
Controle de oxigênio e regulação	5	5	4
Utilização do espaço	2	4	5

*Escala de eficiência de 1 a 5, sendo 1 menos eficiente e 5 mais eficiente.

Fonte: Adaptado de Bregnballe, et al. (2015).

degradação da qualidade de água, diminuição do apetite dos peixes. Os filtros mais utilizados são os mecânicos, químicos e biológicos.

Kubtiza (2006) considera que a principal fonte de resíduos orgânicos são os sólidos, principalmente restos de ração, fezes e escamas. Também aponta que da ração ofertada, cerca 30% gerará sólidos. Esse volume poderá ser maior ou menor de acordo com a qualidade da ração, o adequado manejo alimentar e a qualidade da água.

Em sistemas de recirculação, deve ser priorizada a utilização de rações comerciais balanceadas, pois apresentam uma grande vantagem para atender às necessidades nutricionais dos peixes, gerando menos resíduos. A utilização de rejeitos de alimentos ou outros animais deverá ser evitada, pois esses produtos poderão prejudicar ainda mais a qualidade de água.

Os sólidos decantáveis são as partículas maiores que 100 micras e podem ser facilmente eliminados por meio de tanques de decantação. Já os sólidos suspensos são divididos em dois grupos: partículas de 40 a 100 micras, que necessitam de estruturas de filtragem para sua eliminação (filtros de telas), e partículas menores que 40 micras, que necessitam de estruturas auxiliares para sua remoção, como os fracionadores de espumas. A filtragem mecânica da água de drenagem dos tanques de cultivo provou ser

a única solução prática para a remoção dos produtos residuais orgânicos (BREGNBALLE, et al.2015).

Braz Filho (2000) cita que filtragem biológica é o processo que ocorre no biofiltro, no qual a amônia é convertida em nitrito e posteriormente em nitrato. Segundo Kubtiza (2006), as bactérias se fixam no substrato para realizar o processo de nitrificação. As *Nitrossomonas* oxidam a amônia em nitrito e as *Nitrobacter*, por sua vez, oxidam o nitrito em nitrato.

Owatari; Jesus e Lapa, (2017) relatam que os processos biológicos são os mais importantes para o tratamento de águas residuárias. Nesse sentido, o processo de nitrificação é tido como o mais relevante. A nitrificação que ocorre no biofiltro (componente presente na maioria das configurações de RAS) pode ser afetada por uma série de fatores, tais como o tipo de material suporte (conhecido também por mídia, utilizada como suporte biológico para bactérias), concentração de oxigênio dissolvido, quantidade de matéria orgânica, temperatura, pH, alcalinidade, salinidade entre outros.

Bregnballe, et al. (2015) considera que para que o processo de nitrificação ocorra de forma satisfatória, a água deve estar numa temperatura entre 10° e 35°C, sendo o ótimo próximo de 30°C e os níveis de pH de 7 a 8. A temperatura da água vai depender da espécie cultivada. O pH deve ser mantido entre 7 e 7,5, com fim de atingir uma elevada taxa de nitrificação bacteriana. Deve-se buscar o equilíbrio, pois a elevação do pH resulta na elevação da amônia livre (NH₃), que tem efeito tóxico.

Do ponto de vista fisiológico, conforme relatado por Arana (1997), a amônia não ionizada (NH₃) possui características lipofílicas, ou seja, afinidades pelas gorduras. Dessa forma, atinge facilmente as membranas respiratórias. Segundo Kubtiza (2017), a molécula de amônia é de menor tamanho e sem carga, assim consegue penetrar nas membranas celulares mais facilmente e por este motivo, o NH₃ é tido como mais tóxico.

Kubtiza (2006) relata que cada substrato utilizado possui uma superfície específica, sendo que um metro cúbico de areia fina corresponde a 5.000m²; areia

grossa 2.300m²/m³ e esferas plásticas de 3mm têm sua superfície específica em torno de 1.700m²/m³. A escolha das mídias para fixação deve ser considerada respeitando as características do funcionamento do biofiltro, pois cada material utilizado vai agir de forma distinta no processo de nitrificação. Várias mídias são utilizadas como substrato para fixação das bactérias destacando-se, *bio balls*, argila expandida, areia, bobes de cabelo, espumas, fibras sintéticas (OWATARI; JESUS; LAPA, 2017).

AERAÇÃO

Segundo Arana (1997), aeração é o processo mecânico por meio do qual se aumenta o nível de oxigênio dissolvido em um corpo d'água, sendo a aeração também empregada para eliminação do gás carbônico e a amônia não ionizada (NH₃). Kubtiza (2014) considera que várias formas de aeração podem ser usadas em recirculação. Em geral, os aeradores de pás são mais eficientes na incorporação de oxigênio e ainda promovem movimentação circular da água nos cultivos. Em tanques pequenos, geralmente o oxigênio é incorporado nos sistemas por meio do fluxo de água previamente aerada antes de voltar para o sistema. Arana (1997) relata que existem quatro tipos básicos de aeradores que são mais utilizados em aquicultura: aeradores por gravidade, baseado no princípio de que a interface ar – água pode ser incrementada pela queda da água de baixa elevação; aeradores de superfície, que funcionam pela agitação na superfície da água para incrementar a interface ar – água; difusores de água, que injetam borbulhas de ar ou oxigênio dentro da água (a eficiência desse modelo depende do tamanho da bolha gerada); aeradores turbinados, utilizados em tanques profundos, onde o ar captado da atmosfera passa por um difusor e entra na água em forma de pequenas bolhas. No Tabela 1, encontra-se a taxa de transferência de oxigênio e a eficiência de diferentes tipos de aeradores.

AQUAPONIA

Os sistemas fechados com tratamento e recirculação de água quando empregados na

Tabela1. Taxa padrão de transferência de oxigênio (SOTR) e eficiência padrão de aeração (SAE) de diferentes aeradores

Tipos de aeradores	Número de aeradores testados	SOTR KgO ₂ /hora	SAE média KgO ₂ /HP/h	SAE faixa (Kg O ₂ /HP/h)
Aeradores de Pá	24	2,5 a 23,2	1,64	0,8 a 2,2
Propulsor de ar	11	0,1 a 24,4	1,19	1,0 a 1,3
Bombas verticais	15	0,3 a 10,9	1,04	0,5 a 1,3
Bombas aspersoras	3	11,9 a 14,5	0,97	0,7 a 1,4
Ar difuso	5	0,6 a 3,9	0,67	0,5 a 0,9

Fonte: Boyd e Ahmed (1987, apud Kubtza 2014).

aquicultura intensiva fornecem oportunidades para reduzir o uso da água e melhorar a gestão de resíduos e reciclagem de nutrientes, tornando a produção de peixes compatível com a sustentabilidade ambiental (MARTINS et al., 2010).

Scaglione et al. (2017) consideram que a aquaponia apresenta várias vantagens sobre os sistemas de produção de alimentos, dentre elas: reutilização da água - por ser um sistema fechado onde o tratamento físico, químico e biológico permite o reuso da água; espaço e eficiência na produção - a tecnificação na aquaponia permite o cultivo de grandes quantidades em pequena área; sustentabilidade ecológica - produz vegetais com valor agregado, pois podem ser considerados orgânicos e elimina o uso de compostos químicos, pesticidas e fertilizantes, contribuindo com a eficiência no uso de nutrientes, na sanidade e segurança alimentar; e é mais eficiente que pisciculturas convencionais - promove maior qualidade nos produtos finais (peixes e vegetais), menor impacto ambiental e otimização de recursos como mão de obra, espaço físico e água.

Porém, Carneiro et al. (2015) consideram como desvantagens do sistema: dependência contínua de energia elétrica, restrições quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos, em função dos diferentes seres vivos envolvidos no sistema; pouca tecnologia difundida no Brasil; necessidade de conhecimento básico em algumas áreas-chave como engenharia, hidráulica, biologia, fitotecnia e piscicultura.

Os principais componentes de uma aquaponia são o tanque aquícola e a bancada ou estrutura

hidropônica, além dos elementos secundários para o funcionamento do sistema, como filtros mecânicos (responsáveis por retirar os sólidos particulados oriundos da excreção dos organismos aquáticos ou restos de alimentos não ingeridos) e filtros biológicos (que viabilizam a nitrificação do sistema), além de aeradores e bombas de água (EMERENCIANO et al., 2015).

Para Hundley e Navarro (2013), em um sistema de aquaponia é necessária a realização de três processos complementares: o cultivo dos peixes no viveiro (onde há a entrada de nutrientes na forma de ração), a nitrificação das diferentes formas de apresentação do nitrogênio em filtros biológicos e mesas de hidroponia com a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema.

Na Figura 1 pode-se observar os componentes de um sistema básico de aquaponia, conforme Rackocy, Masser e Losordo, (2006), citados por Silva, Losekann e Hisano (2013).

Disposição ideal dos componentes do sistema aquapônico de recirculação de água. (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006, apud SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013)

RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

As duas razões principais para manter o fluxo de água adequado dentro de um tanque de criação de peixes em aquaponia são: garantir o nível adequado de oxigênio dissolvido em todo volume de água do tanque e permitir a retirada contínua dos resíduos produzidos pelos peixes. Sistemas aquapônicos de pequeno porte normalmente são estocados

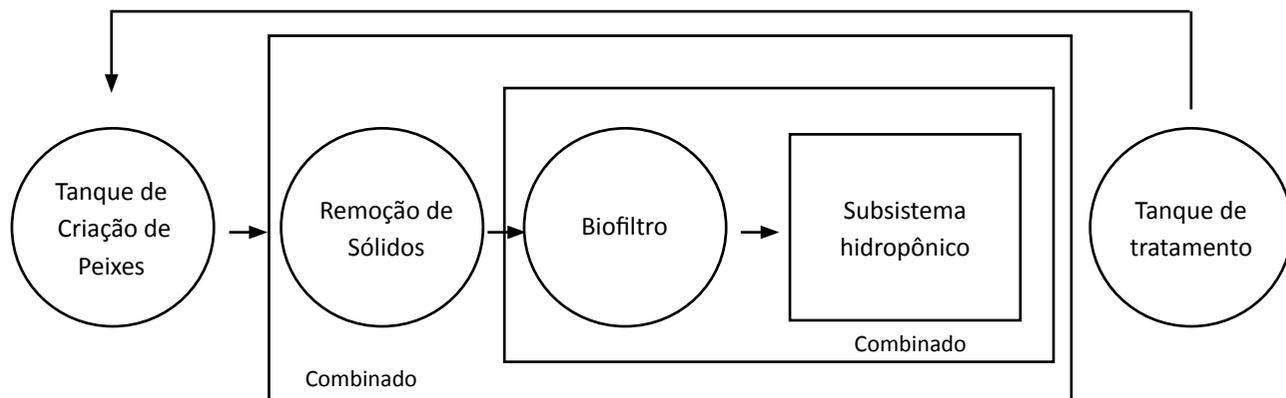


Figura 1. Disposição ideal dos componentes do sistema aquapônico de recirculação de água. (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006, apud SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013)

com densidades de peixes inferiores a 15 kg/m^3 , enquanto em sistemas comerciais de produção de peixes em recirculação são observadas normalmente densidades de estocagem acima de 50 kg/m^3 . Porém, para que sistemas aquapônicos possam utilizar densidades tão elevadas, é de fundamental importância que os tanques de criação respeitem alguns critérios. O fluxo de água que deve passar pelo tanque de criação é um aspecto muito importante e deve levar em conta fatores como a velocidade da água e a taxa de renovação. A velocidade da água não deve ser tão rápida a ponto de exigir esforço natatório demasiado dos peixes e conseqüentemente causar prejuízos a seu crescimento e bem-estar. Por outro lado, a velocidade da água precisa ser tal que possa auxiliar na retirada dos resíduos sólidos produzidos pelos peixes e evitar seu acúmulo dentro do tanque. A taxa de renovação de todo o volume dos tanques deve ser de pelo menos uma vez a cada duas horas e, caso a densidade seja elevada, acima de 10 kg/m^3 , uma vez por hora (CARNEIRO et al., 2015).

Tyson, Treadwell e Simonne, (2011) consideram que as bactérias nitrificantes juntamente com as plantas que estão sendo cultivadas desempenham papel importante na filtração biológica da água, garantindo a condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes, já que ocorre a transformação de substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas.

PRODUÇÃO VEGETAL

O uso de hortaliças e variedades vegetais adaptadas à hidroponia é sempre recomendado para a aquaponia, uma vez que toleram altos teores de água em suas raízes, significativas variações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional, apresentando crescimento ótimo com o pH entre 5,8 e 6,2. O volume de água necessário para abastecer um sistema de aquaponia é baixo, se comparado aos sistemas tradicionais de olericultura e aquicultura, que necessitam de irrigação e renovação constante de água (SOARES et al., 2015).

Lennard e Leonard (2006) citam que são três os tipos de ambientes mais utilizados para o cultivo de vegetais em aquaponia: 1) argila expandida, pedra brita ou outro substrato com alta relação superfície: volume (*media-filled bed* ou *gravel bed*); 2) canaleta ou NFT (*Nutrient Film Technique*); e 3) flutuante (*float* ou *raft*).

Carneiro et al. (2015) relatam que no sistema *gravel bed* o mesmo substrato que dá suporte aos vegetais é colonizado por bactérias nitrificantes, ou seja, esse ambiente também funciona como filtro biológico. Por essa razão, a relação superfície: volume do substrato a ser utilizado deve ser alta para permitir o desenvolvimento adequado de muitas colônias de bactérias e, com isso, aumentar a eficiência do processo de nitrificação da amônia produzida pelos peixes.

Ainda segundo Carneiro et al. (2015), o sistema de canaletas ou NFT (Nutrient Film Technique) é o método utilizado mundialmente na produção de vegetais hidropônicos. Neste método, as raízes das plantas são alojadas em canaletas sendo parcialmente embebidas pela água que traz os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Trata-se do sistema mais indicado para as plantas classificadas como folhosas (alface, rúcula, ervas aromáticas, dentre outras), pela praticidade de colheita e comercialização. Esses autores consideram que nesse sistema as raízes das plantas estão sempre limpas, diferentemente do sistema descrito anteriormente, e não há a necessidade de lavagem após a colheita, o que diminui gastos com mão de obra e agrada o consumidor final.

Já no sistema flutuante ou *raft*, o ambiente é geralmente caracterizado por canais longos (dezenas de metros), estreitos (0,5-1,5 m) e rasos (0,2-0,4 m). Esses canais são usualmente construídos ao nível do solo e é por onde flui a água que vem dos tanques de criação dos peixes. Neste sistema, normalmente utilizado para produção de folhosas, as plantas são apoiadas em placas de poliestireno contendo orifícios espaçados entre si de acordo com as necessidades de crescimento de cada espécie. As raízes ficam submersas o tempo todo, portanto a fonte de aeração deve estar presente e distribuída ao longo de todo canal para manter alto e homogêneo o nível de oxigênio dissolvido na água (CARNEIRO et al., 2015).

Segundo Rakocy (1997), uma forma de quantificar a produção de hortaliças está baseada na quantidade de ração ofertada diariamente aos peixes, sendo a proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe/dia para cada metro de área de produção vegetal. Nesse caso, 60g/dia deve ser considerado para o cultivo de um metro quadrado de vegetais menos exigentes, como a alface e outras folhosas. Plantas mais exigentes, como tomateiros, necessitam de concentração maior de nutrientes na água do sistema, o que poderia ser alcançado com uma biomassa de peixes que demandasse 100 g de ração/dia/m².

Nelson (2007) sugere um dimensionamento entre peixes e plantas baseado na proporção das biomassas

produzidas, ou seja, para cada 1 kg de peixe estima-se que possam ser produzidos 7 kg de vegetais.

CULTIVO COM BIOFLOCOS

O sistema BFT (*Biofloc Technology System*), também conhecido como ZEAH (*Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic culture systems*), é um sistema de cultivo superintensivo, em que a forte aeração e a troca zero de água permitem a formação de macro agregados (flocos microbianos), constituídos basicamente por bactérias, protozoários, microalgas, metazoários, exoesqueletos, fezes, restos de organismos mortos, entre outros, predominando uma biota aeróbica e heterotrófica (SCHRYVER et al., 2008).

O sistema permite a utilização de elevadas densidades de estocagem na produção de organismos aquáticos, principalmente porque a assimilação e remoção dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) é realizada com auxílio da biomassa microbiana formada no próprio ambiente de cultivo. Esta remoção pode ser realizada pelas bactérias heterotróficas, que transformam a amônia para biomassa microbiana, por meio das conversões realizadas pelas bactérias autotróficas, de amônia para nitrato, ou pela assimilação fotoautotrófica das microalgas (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

Segundo Lara et al. (2015), esses micro-organismos também servem como fonte suplementar de alimento, reduzindo o custo com ração, com consequente redução na conversão alimentar.

A formação do floco ou agregado microbiano ocorre a partir do acúmulo de matéria orgânica e da disponibilidade de oxigênio no sistema de produção, quando este é realizado em viveiros ou tanques revestidos com material impermeável sem renovação de água. Wasielesky et al. (2006) consideram que a limitada ou nenhuma renovação de água para o cultivo torna necessário o revestimento dos viveiros ou tanques com material impermeável, proporcionando um acúmulo de sólidos e matéria orgânica derivada do alimento ofertado e da produtividade natural.

No início do cultivo, a água clara cria a oportunidade para a proliferação de organismos fotoautotróficos. Os nutrientes presentes na água e a disponibilidade de luz para os processos fotossintéticos propiciam a dominância das microalgas nos primeiros dias do cultivo. À medida que a concentração da amônia vai aumentando, aumenta também a concentração das bactérias heterotróficas, beneficiadas pela sua maior capacidade de assimilação de nitrogênio amoniacal. Do resultado da ação dessas bactérias sobre a amônia observa-se o aumento da concentração de nitrito, um composto tóxico para os animais. Níveis crescentes de nitrito, por sua vez, estimulam a presença de bactérias nitrificantes que oxidam o nitrito transformando-o em nitrato, uma substância bem menos tóxica para os camarões confinados (GAONA et al., 2013).

Segundo Crab et al. (2007), a tecnologia de cultivo fechado com bioflocos proporciona um método sustentável de manutenção de qualidade de água, além da produção de fonte proteica de alimento. Os autores consideram que sistemas de tratamento de efluentes que mantêm a qualidade da água reciclam nutrientes e produzem alimento *in situ*, possuem conceitos mais sustentáveis quando comparadas com outras técnicas de cultivo, dentre elas, o sistema semi-intensivo tradicional.

Apesar de o sistema fornecer vantagens na produção aquícola, é necessário certo nível de controle sobre a concentração do biofoco para melhorar o desempenho zootécnico dos animais (RAY et al., 2010).

RELAÇÃO C/N

Avnimelech (1999) relata que a manutenção da relação carbono-nitrogênio (C:N) no sistema interfere na população bacteriana. A adição de carbono, usualmente na forma de melão (resíduo da fabricação de açúcar), favorece o crescimento de bactérias heterotróficas que imobilizam a amônia do meio, assimilando-a em sua biomassa.

Deve-se assegurar uma relação C/N próxima a 20:1. Essa relação depende dos níveis de proteína da ração utilizada. Segundo Kubitzka (2011), uma ração

com 16% de proteína possui relação C/N próxima a 20:1, porém as rações utilizadas para crescimento de camarões contêm níveis de proteína acima de 30%, ou seja, com relação C/N menor que 11:1. Dessa forma, é necessária a adição de uma fonte extra de carbono no sistema (açúcar, melão, farinhas de trigo, fubá, mandioca, entre outras). Essa adição é realizada com base na concentração de nitrogênio na água dos tanques.

Diferentes fontes de carbono orgânico já foram utilizadas em cultivo heterotrófico com resultados satisfatórios, como o melão estudado por Silva et al. (2009) e por Burford et al. (2004), que alcançaram excelentes índices zootécnicos com essa mesma fonte de carboidratos. A fertilização com uma fonte rica em carbono orgânico (melão de cana), em viveiros de cultivo intensivo sem renovação de água do camarão *L. vannamei*, segundo Fróes et al. (2012), promove melhor desempenho zootécnico quando comparado a camarões cultivados sem adição de carbono orgânico.

Gandini (2013), testando fontes de carbono para a formação de bioflocos em cultivo de camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, concluiu que o resíduo de cervejaria pode ser largamente utilizado como fonte de carboidrato para os sistemas sem renovação de água, assim como o melão. A autora considera que a vantagem da utilização do resíduo de cervejaria para o produtor seria a diminuição dos custos, por ser um produto barato e de fácil obtenção, geralmente descartado pela indústria cervejeira. Em relação à qualidade nutricional dos flocos, Gandini (2013) constatou maiores valores para o conteúdo proteico do meio de cultivo que utilizou o resíduo de cervejaria como composto orgânico, comparado com o melão e farinha de mandioca.

Vilani (2011), estudando o farelo de arroz como fonte de carbono em sistema de bioflocos para camarão marinho, verificou que é possível utilizar o farelo de arroz como fertilizante inicial da água, já que o metabolismo microbiano observado durante o período de fertilização, bem como durante o cultivo, demonstrou padrões similares quando comparado ao uso de melão e ração como fertilizante.

Hargreaves (2006) considera que a adição de matéria orgânica como um controle de amônia é um método que aumenta a demanda por oxigênio. Desta forma, os custos da produção também aumentam, já que se deve elevar a aeração do sistema para não prejudicar a concentração de oxigênio disponível.

EFICIÊNCIA NA ALIMENTAÇÃO

Godoy (2008) relata que um fator de grande importância nos sistemas ZEAH é a utilização de menor teor de proteína bruta nas rações, sendo esta suprida, em parte, pela produção natural associada à formação dos flocos microbianos e ao incremento na produtividade primária. Isso resulta na redução dos custos de alimentação, além do menor impacto ambiental, devido à redução do aporte de nitrogênio e do consumo do componente “farinha de peixe” na dieta, pois trata-se de um dos ingredientes mais caros na fabricação de rações.

Em um cultivo em escala comercial com juvenis de tilápias em sistema de bioflocos, Kubitzka (2011) obteve conversão alimentar de 0,98, valor considerado excelente para esta fase, verificado graças à restrição na oferta de ração e disponibilidade de bioflocos no sistema. Porém, Azim e Little (2008), estudando o desempenho de tilápias do Nilo em sistema de bioflocos, não verificaram diferença no ganho de peso dos peixes alimentados com ração de 35% e 24% de PB, mas ambas obtiveram um ganho superior do que o sistema controle (sem bioflocos) com 35% de PB. Pérez-Fuentes, Pérez-Rostro e Hernández-Vergara (2013) compararam o sistema de cultivo tradicional e em bioflocos no desempenho de juvenis de camarão *M. rosenbergii* e concluíram que o sistema de bioflocos contribui para o uso sustentável da água e melhoria da qualidade nutricional dos camarões. Prajith (2011), estudando o desempenho deste mesmo camarão em sistema de bioflocos, concluiu que a redução do teor proteico da ração de 32% para 24% reduz o custo de produção, e o decréscimo da proteína é compensado pelo incremento da proteína microbiana. O autor verificou também que os metabólitos nitrogenados do sistema foram reduzidos pelo metabolismo

bacteriano e considera que o sistema de tecnologia de bioflocos é uma tecnologia do futuro para aumentar a sustentabilidade ecológica e ambiental da carcinicultura.

QUALIDADE DA ÁGUA

O consumo de oxigênio pelos camarões quando em altas densidades, juntamente com os micro-organismos, é mais elevado no sistema de cultivo BFT, sendo necessária a utilização de aeração constante nos viveiros. Para comportar a respiração na coluna da água pelos organismos de cultivo, micro-organismos aeróbicos e decomposição da matéria orgânica, o sistema exige forte aeração para manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido e o material particulado em suspensão (AVNIMELECH, et al. 2007; SCHRYVER et al., 2008).

O segundo fator limitante, depois do oxigênio, nos sistemas de bioflocos é a quantidade de sólidos em suspensão (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Os autores consideram que, dependendo do manejo adotado e das densidades de cultivo, pode ser necessária a remoção do excesso de sólidos.

Em um sistema BFT, se o número de organismos heterotróficos exceder o número de micro-organismos fotoautotróficos, a produção de CO₂ também excederá a produção de oxigênio dissolvido. Isso pode acumular CO₂ e reduzir os níveis de pH da água da cultura (VINATEA et al., 2010). A aeração deve ser bastante eficiente, pois conforme relatado por Furtado, Poersch e Wasielesky, (2014), sob condições de falha no sistema de aeração ou falha de energia, as concentrações de oxigênio dissolvido diminuem rapidamente; as concentrações de CO₂ aumentam e a água é acidificada.

Ao longo do cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT, verifica-se a ocorrência de declínio dos níveis de alcalinidade e pH, incremento dos níveis de sólidos suspensos totais e também um aumento das concentrações de dióxido de carbono dissolvido. Essas reduções do pH e alcalinidade ocorrem devido ao consumo da alcalinidade pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes que formam os bioflocos

(FURTADO; POERSCH; WASIELESKY, 2011). A alcalinidade em sistema de bioflocos, segundo Ebeling, Timmons, Bisogni (2006), deve ser mantida entre 100-150 mg CaCO₃/L, pois baixa alcalinidade pode levar a uma queda de pH e conseqüentemente comprometer o crescimento dos organismos cultivados.

Kubitza (2011) constatou, em ensaio comercial de produção de tilápias com bioflocos, que o custo de energia representou 15% do custo total de produção. Ele considerou que, apesar do uso de energia parecer muito intenso no sistema de bioflocos, este acaba sendo diluído pela maior produtividade, podendo ser ainda minimizado através de um design mais adequado dos tanques de criação, de forma a reduzir a potência de aeração necessária para uma eficiente circulação de água e manutenção dos resíduos orgânicos em suspensão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de pescado vem aumentando nos últimos anos, o que aumenta o interesse pela busca de novas tecnologias de produção, sendo que o sistema fechado de aquicultura apresenta um importante papel no desenvolvimento do setor.

O modelo de produção em recirculação permitirá aumento de produção, uso racional dos recursos naturais, podendo, em pouco tempo, ocorrer uma popularização dos sistemas de recirculação, principalmente devido às elevadas taxas de produtividade.

A aquaponia se constitui como alternativa de produção de alimentos saudáveis, de forma sustentável e economicamente viável.

Quanto ao sistema de cultivo com bioflocos, uma decisão importante é a escolha da fonte de carbono orgânico a ser utilizada e, para isso, devem ser considerados os produtos com baixo valor econômico, como resíduos de produção industrial e com boa disponibilidade na região.

A presença de flocos no ambiente de cultivo com bioflocos permite a redução dos níveis de proteína bruta nas rações, possibilitando diminuição nos custos de produção.

Conclui-se, portanto, que a utilização de novas técnicas para a manutenção da qualidade da água e sustentabilidade dos recursos hídricos, aliada à rentabilidade do cultivo por meio de maiores densidades de estocagem e maior eficiência na alimentação, é primordial para proporcionar uma aquicultura ambientalmente correta e economicamente viável.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO Brasileiro da Pesca e Aquicultura, 1. 2014. **Associação Cultural e Educacional Brasil – ACEB**. Disponível em: <http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.
- ARANA, L. A. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Ed. Florianópolis: UFSC, 1997.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**. v.176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH Y. et al. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v.264, p.140-147, 2007.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.
- BRAZ FILHO, M. dos S. P. **Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água**. 2000. 42f. (Monografia Pós-Graduação em Qualidade nas Empresas). CENTRO Universitário Nove de Julho. São Paulo, 2000
- BREGNBALLE, J. et al. **A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems**. FAO/ EUROFISH – Roma, p.100, 2015.
- BURFORD, M. A. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**. v.219, p.393-411, 2003.
- BURFORD, M. A. et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensive, zero-exchange system. **Aquaculture**. v. 232, p.525-537, 2004.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: TAVARES- DIAS, M.; MARIANO, W.S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos, Editora Pedro & João, p. 683-706, 2015.
- CAVALLI, R. O.; FERREIRA, J. F. O futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil: a maricultura. **Ciência e Cultura**. v.62, n.3, p.38-39, 2010.

- CRAB R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**. V; 270, p. 1-14, 2007.
- DANTAS, D. P. et al. **Manual básico de carcinicultura: Criação do camarão-da-malásia**. Grupo de trabalho de camarão da Água Doce (CTCAD): Jaboticabal, 2017.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257:346-358, 2006.
- EMERENCIANO, M. G. C. et al. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da aquicultura**. v. 25. N. 147, jan/fev. 2015.
- ESTADO lidera produção de camarão em cativeiro. 2015. **A Tribuna**. Vitória, ES. 03 de janeiro de 2015.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **The state o world fisheries and aquaculture**. Rome, 2009.. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 12 mar. 2016.
- FRÓES, C.N. et al. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 31-39, 2012.
- FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Jr. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of Shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in Bio-Flocs Technology (BFT) Systems. **Aquaculture**. v. 321: 130-135, 2011.
- GANDINI, F. A. **Avaliação do resíduo de cervejaria e outras fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e o crescimento do camarão branco, *Litopenaeus vannamei***. 2013. 38 f. Dissertação (Mestre em Ciências). Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Seropédica, 28 de fevereiro de 2013.
- GAONA, C. A. et al. - Sistema De Bioflocos A Importância E Manejo Dos Sólidos Suspensos – **Panorama da Aquicultura**. 2013. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1775> Acesso em: jun 2018.
- GODOY, L. C. de. **Desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em meio de diatomáceas ou flocos microbianos com mínima troca de água**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2008.
- GUTIERREZ-WING, M. T.; MALONE, R. F. Biological filters in aquacultures; trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquaculture**, v. 34, p. 163-171, 2006.
- HARGREAVES, J. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344-363, 2006.
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2., p.52-61, Dezembro, 2013
- HUNDLEY, G.C. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Origanum basilicum*) em sistemas de Aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.51-55, 2013.
- KRUMMENAUER, G. D. et al. Sistema de bioflocos: é possível utilizar água por diversos ciclos? **Panorama da Aquicultura**. 2013. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1540>. Acesso em: jun 2018
- KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso de água. **Panorama da Aquicultura**, vol. 16, nº 95. 2006.
- KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem recirculação de água. **Panorama da Aquicultura**. v. 21, n. 125. p. 15-23. Maio/junho 2011.
- KUBITZA, F. **Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação** – Cursos avançados em piscicultura. Jundiá – 2014.
- KUBITZA, F. A água na aquicultura – Parte 3: O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. **Panorama da Aquicultura**. v. 27, n. 164, 2017.
- LARA, G. et al. Sistema de bioflocos: processos de assimilação e remoção de nitrogênio. **Panorama da Aquicultura**. 2015. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1881>> Acesso em: maio 2018
- LENNARD, W.A.; LEONARD, B.V.A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. **Aquaculture International**, v.14, p. 539-550, 2006.
- MARTINS, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering** -The Foundation for Science and Technology, Portugal. v. 43, p. 83-93, 2010.
- MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. **Red Hidroponía Boletín**, v.44, p.7-10, 2009.
- MUHLERT, A. C. S. et al. Indicadores numéricos como ferramenta para avaliação da sustentabilidade ecológica da carcinicultura marinha em Sergipe, Brasil. **Interciência**. v. 38, p. 615-620, 2013.
- NELSON, R. L. Ten aquaponic systems around the world. **Aquaponics Journal**, v.46, p.8-12, 2007.
- OLIVEIRA, P. N. **Engenharia para aquicultura**, Pedro Norberto de Oliveira: Fortaleza – 2013.
- OWATARI, M. S.; JESUS, G. F. A.; LAPA, K. R. **Mídias biológicas para sistemas de recirculação em aquicultura (RAS)**. 2017. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com.br/novosite/?p=1540>> Acesso em: jun 2018

com/2017/01/16/midias-biologicas-para-sistemas-de-recirculacao-em-aquicultura-ras/#. >Acesso em: 22 jun 2018.

PÉREZ- FUENTES J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. **Aquaculture**, v. 400-401, p.105-110, 2013.

PRAJITH K. K. **Application of biofloc technology (BFT) in the nursery rearing and farming of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de man)**. 2011. 226 f. Tese (Doctor of Philosophy in Aquaculture). School of Industrial Fisheries, Cochin University of Science and Technology, Kochi.

RAKOCY, J. E. Integrating tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.). **Tilapia Aquaculture in the Americas**, Baton Rouge: World Aquaculture Society v. 1, p. 163-184, 1997.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. **SRAC publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.

RAY, A. J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**. v. 299, p. 89-98, 2010.

SCAGLIONE, M. C. et al. **Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria**. In: JORNADA DE DIFUSION DE LA INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN, V. Área temática Producción animal, 2017. Disponível em:< http://www.fcv.unledu.ar/media/investigacion/JornadaFCV2017/fscommand/PA_SCAGLIONE_C_ACUAPONIA.pdf> Acesso em: 12 jun 2018.

SCHRYVER P.D. et al. The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**. v. 277, 125-137, 2008.

SECA severa encolhe cultivo de camarão da Malásia no ES. 2015. **A Gazeta**. Vitória, ES. 23 de novembro de 2015.

SILVA, U. L. et al. Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SILVA, M. S. G. M. e; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, Documentos 95, 2013.

SOARES, E. C. et al. Peixe com salada: aquaponia possibilita o cultivo de peixes e alfaces sem agrotóxicos. **Panorama da Aquicultura**. v.148, p. 24-29, março/abril 2015.

TYSON, R V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E.H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**, v. 21, n. 1, p. 6-13, 2011.

VILANI, F. G. **Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei***. Dissertação (Mestrado em aquicultura).

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

VINATEA, L. et al. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, n. 1, p. 17-24, 2010.

WASIELESKY, W. et al.. Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Panorama da Aquicultura**, 2006. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/96/Flocosmicrobianos.asp>> Acesso em: 11 mar. 2016.

Tendências agroecológicas na produção agropecuária

João Batista Silva Araújo¹, Halloysio Mechelli de Siqueira², Eduardo Ferreira Sales³, Jacimar Luis de Souza⁴

Resumo - O antagonismo do modelo de crescimento econômico infinito dentro de um planeta finito, com problemas sociais e ambientais, impõe a necessidade de discussão desse modelo e seus limites, diante do desafio da sustentabilidade. Por essa razão, o presente artigo tem como objetivo abordar tendências agroecológicas na produção agropecuária sob um enfoque de processos sustentáveis. Tratou-se da adubação e da necessidade de recomendações para adubação em sistemas orgânicos e de transição, e dos sistemas agroflorestais e consórcios perenes, como tendências do processo de transição agroecológica. Também foram tratados os temas certificação, organização social, comercialização, assistência técnica e extensão rural, entendendo-os como fundamentais para a promoção dos sistemas agroecológicos.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, Comercialização, Extensão rural.

Agroecological trends in agricultural production

Abstract - The antagonism of the infinite economic growth model within a finite planet, with social and environmental problems, imposes the need to discuss this model and its limits, facing the challenge of sustainability. For this reason, the present article aims to discuss agroecological trends in agricultural production under a sustainable processes approach. In particular, the focus was on fertilization and the need for recommendations for transitional and organic systems, as well as on agroforestry systems and perennial consortium as trends in agroecological transition. Topics such as certification, social organization, marketing, technical assistance and rural extension were also considered as fundamental for the promotion of agroecological systems.

Keywords: Sustainable agriculture. Marketing. Rural extension.

INTRODUÇÃO

No Século XXI, a humanidade enfrenta o problema da sustentabilidade dos processos produtivos, pois é antagônica a ideia de crescimento econômico ilimitado dentro de um planeta finito. Esse antagonismo, como ponto de partida, induz à necessidade de se pensar nos limites físicos do planeta Terra tanto no esgotamento dos recursos quanto no comprometimento dos ciclos naturais pela ação predatória, por alterações drásticas no ambiente ou por contaminações diversas.

Diante desse dilema, se faz necessário estabelecer condutas mais prudentes frente aos limites que devem ser respeitados. Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (Rio-92), que produziu a “Agenda 21” (NOVAES, 2000), se entende que a questão ambiental não pode ser vista de forma isolada, compreendendo que as dimensões sociais e econômicas devem ser harmonizadas com os desafios do desenvolvimento.

Vendo a realidade atual por esse prisma, a primeira tendência é que a agropecuária deve ser

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador do Incaper, joaoaraujovni@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Produção Vegetal, Professor UFES/CCA/E/Alegre, ES

³ Engenheiro Agrícola, D.Sc., Agroecologia, Pesquisador do Incaper

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador do Incaper

desenvolvida atendendo aos aspectos econômicos, ambientais e socioculturais. Nesse sentido, é necessário ter como guia do desenvolvimento sustentável uma visão sistêmica sobre a realidade rural, buscando a compreensão crítica das graves questões que estão pondo em risco a segurança e a soberania alimentar e nutricional. A agroecologia se propõe a contribuir com isso.

A visão agroecológica se contrapõe ao pensamento hegemônico da agricultura chamada “convencional” de caráter predominantemente tecnicista e produtivista, a qual gera impactos negativos de ordem ambiental, econômica e social (SEVILLA GUZMÁN, 2006). Do ponto de vista ambiental, a perspectiva reducionista da pesquisa convencional configura-se em um dos maiores obstáculos à consolidação do paradigma da sustentabilidade da agricultura (SILVEIRA; FERRAZ, 2004), e gera impactos na destruição de ecossistemas, extinção de espécies, perda de biodiversidade, eutrofização de águas, poluição por agrotóxicos dentre outros problemas (DAL SOGLIO, 2013).

Para Petersen et al. (2009), a visão político-ideológica dominante tem a agricultura como fruto exclusivo do progresso científico, com uma tendência voltada para a industrialização da agricultura e o difusionismo tecnológico. Nesta visão o sistema produtivo tende à especialização, ao monocultivo e à tentativa de domínio dos fatores locais.

A questão dos agrotóxicos é bastante ilustrativa, pois não envolve somente os aspectos agrícolas, mas também a saúde pública e ambiental. As informações existentes demonstram um uso exagerado de agrotóxicos no Brasil. Consta no Dossiê ABRASCO (PIGNATTI et al., 2015) que, em 2010, o mercado nacional representou 19% do mercado global de agrotóxicos, fato que indica, no mínimo, uma desproporção entre a demanda do Brasil e do restante do mundo, bem como a necessidade de pensar alternativas para reduzir esse consumo. Informa, ainda, que no Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) dos 18 produtos analisados, 28% do total de amostras

foram consideradas insatisfatórias por conterem resíduos acima do limite permitido ou ingredientes ativos não autorizados.

Para uma reflexão sobre o avanço da agropecuária no sentido agroecológico, é necessária uma abordagem multidisciplinar e interdisciplinar voltada ao manejo sustentável dos agroecossistemas. Essa forma de abordagem deve prevalecer ao tratarmos as tendências agroecológicas na agropecuária em temas diversos desde aspectos dos sistemas produtivos, passando pela assistência técnica, extensão rural, organização social até a construção de políticas públicas.

Nesse sentido, a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica no Brasil (PNAPO) instituída em 2012, por meio do Decreto no 7.794, foi um marco para a sociedade brasileira. Nela se pode destacar o objetivo geral de produção sustentável de alimentos saudáveis aliando o desenvolvimento rural com a conservação dos recursos naturais e a valorização do conhecimento dos povos e comunidades tradicionais.

No presente artigo, tem-se como objetivo abordar tendências agroecológicas na produção agropecuária sob um enfoque de processos sustentáveis. Por ser muito amplo o enfoque, restringiu-se a alguns temas que envolvem aspectos tecnológicos e a temas gerais e abrangentes como Assistência Técnica e Extensão Rural.

TENDÊNCIAS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA VEGETAL

No Brasil, 75% dos produtores registrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos são da agricultura familiar (LLEDÓ, 2017). A agricultura orgânica busca a exploração de sistemas agrícolas diversificados, maior densidade de áreas verdes por área ocupada, economia no consumo de energia e preservação da biodiversidade. Tudo isso contribui para manter a qualidade de vida dos agricultores, suas famílias e dos consumidores (VRIESMAN et al., 2012).

Uma característica da agricultura orgânica, que é tendência também, e que a difere da agricultura industrial, é a venda da produção em circuitos curtos de comercialização: (i) feiras do produtor; (ii) entrega

de cestas; (iii) pequenas lojas de produtores; (iv) venda na propriedade ligada ao agroturismo; (v) venda institucional para alimentação escolar, entre outras formas de venda direta. O produto chega nas mãos do consumidor com informações de onde foi produzido, por quem e de que forma (sistema de cultivo), muito diferente dos produtos padronizados da agricultura industrial. Os circuitos curtos canalizaram em 2010, no mercado interno brasileiro, metade do valor total de compras da produção orgânica certificada (DAROLT, 2016)

A agricultura orgânica tem por princípio estabelecer os sistemas de produção com base em tecnologias de processos naturais, ou seja, um conjunto de procedimentos que envolvam a planta, o solo, o clima e os agroecossistemas, produzindo alimentos naturais, sem resíduos tóxicos, com características que atendam às expectativas do consumidor (ASSIS, 2005).

A tendência de crescimento das áreas cultivadas com agricultura orgânica está associada a uma nova consciência de consumo alimentar e de preservação da natureza, que vêm despertando aos poucos. Surge a cada dia, mesmo que de maneira tímida, uma geração de pessoas preocupadas em produzir e consumir alimentos que não ofereçam riscos à saúde, ao mesmo tempo em que proporciona sustentabilidade econômica, social e ambiental. Este movimento tem sido denominado de “virada gastronômica chama a atenção para a revalorização da origem e da sociobiodiversidade associada à celebração da comida” (NIEDERLE, 2017).

Nesta perspectiva, a agricultura orgânica exerce um papel crucial, pois cumpre com as expectativas dessa nova consciência de consumo e assume um processo social que apresenta diferentes formas de encaminhamento tecnológico e de inserção no mercado, em que a agroecologia é respeitada em maior ou menor grau (HEBERLÊ et al., 2017).

Os sistemas orgânicos, como qualquer outro sistema de produção agrícola, apresentam problemas e limitações para alcançar o estágio pleno de sistemas sustentáveis, do ponto de vista técnico, social, econômico e ambiental. Existem diversas tendências,

algumas já em curso, que buscam aprimorar os processos produtivos para aumentar a sua sustentabilidade, seja por limitação de recursos ambientais, como as reservas de petróleo e minerais para a agropecuária, seja pelo aumento da eficiência produtiva ou, ainda, pela redução dos custos de produção.

As tendências tecnológicas mais marcantes, segundo Souza e Resende (2014), referem-se a:

- Aumento da diversificação nos sistemas produtivos, por meio da paisagem natural preservada; de plantas espontâneas manejadas dentro das áreas de cultivo ou nas bordas das plantações; pela diversificação espacial e temporal das culturas e sistemas de cultivo com consórcios e cultivos múltiplos.

Busca pela estabilidade ecológica das propriedades, possibilitando a combinação de espécies, de maneira a otimizar o uso de nutrientes, água e luminosidade, aumentando as populações de inimigos naturais e, conseqüentemente, as interações predador-presa, parasita-hospedeiro e patógeno-hospedeiro.

- Preservação do solo e da água;
- Preservação de materiais genéticos crioulos e locais;
- Redução de contaminações ambientais;
- Aumento da reciclagem de resíduos orgânicos;
- Expansão do plantio direto na palha.
- Uso da fixação biológica de nitrogênio;
- Aumento da eficiência energética dos sistemas;
- Adoção de práticas de manejo ecológico do solo, especialmente nas etapas de preparo e adubação orgânica dos plantios; redução das importações de insumos externos, mesmo sendo naturais e de fontes renováveis, priorizando os ciclos internos da propriedade.

TENDÊNCIAS NOS SISTEMAS DE ADUBAÇÃO

Os adubos minerais são obtidos através da mineração de fontes não renováveis. Por essa razão o termo adubo mineral talvez seja mais correto que o mais usual, adubo químico, porque atenta para a sua procedência primária. O nitrogênio é um elemento importante e com uma particularidade: apesar de estar no ar e considerado ilimitado, portanto não de extração mineral, a sua obtenção é dependente de

gás natural (USGS, 2018), não renovável com reservas estimadas em 131 trilhões de m³ e produção em 2010 de 3,19 trilhões de m³ (BP, 2011). Tais reservas, num cálculo direto, se esgotariam em 41 anos, o que coloca em risco os sistemas convencionais baseados, quase que exclusivamente, na importação dos adubos nitrogenados, isso sem levar em conta os problemas ambientais gerados desde o processo de mineração até a poluição pelo uso dos combustíveis fósseis usados na sua produção industrial.

Outro elemento importante é o fósforo, com 85% das reservas concentradas em seis países, para o qual, segundo Pantano et al. (2016), as reservas de rocha fosfática têm previsões pessimistas de esgotamento nos próximos 50 a 100 anos, até estimativas otimistas de restarem 80% a 90% das reservas no ano 2100. Acrescentam que o esgotamento das reservas com maior viabilidade econômica é acompanhado de uma relativa diminuição na qualidade das rochas fosfáticas remanescentes, com a tendência de aumento no preço do produto obtido.

Apesar de previsões divergentes, como no caso do fósforo, a perspectiva de esgotamento das fontes minerais coloca em risco o modelo agrícola dependente da importação dos adubos e a sua sustentabilidade. Além disso, o Brasil importa cerca de 80% dos fertilizantes consumidos no mercado local, caracterizando um quadro de grande dependência externa (PANTANO et al., 2016).

Apesar da matéria orgânica conter nutrientes, esses são negligenciados nas recomendações de adubação (PREZOTTI, 2018; RIBEIRO et al., 1999), talvez por ser considerada apenas condicionadora de solo. Exemplo claro dessa contradição foi observado por Silva et al. (2013) que obteve maiores produtividades de café com a substituição de 37% a 40% da adubação mineral por composto orgânico, indicando que a adubação mineral não precisa ser exclusiva e a adubação orgânica com o composto tanto fornece nutrientes quanto melhora a resposta da planta. Por isso, se faz necessário aprimorar os manuais de recomendação de adubação e calagem avançando na contribuição dos adubos orgânicos em sistemas convencionais, de transição e orgânicos.

No Sistema de Recomendação e Calagem para o Espírito Santo (PREZOTTI, 2018) o cálculo da necessidade de adubos considera o teor de matéria orgânica no solo e existem recomendações para o cultivo orgânico de hortaliças. Porém, a avaliação de resultados para culturas diversas em cultivo orgânico e sistemas de transição é necessária.

SISTEMAS AGROFLORESTAIS – SAFs

Os SAFs são formas de uso e manejo dos recursos naturais nos quais espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) são utilizadas em associação deliberada com cultivos agrícolas ou com animais em um mesmo terreno, de maneira simultânea ou em uma sequência temporal (MONTAGNINI et al., 1992). Do ponto de vista agroecológico, os SAFs tendem a aumentar a sustentabilidade do agroecossistema por diversos aspectos, os quais podem ser identificados na sua definição. Obviamente, os cultivos agrícolas, em especial os monocultivos, tendem a ser menos conservadores de água, nutrientes e luz, ao contrário dos SAFs que tendem a ser mais conservadores e sustentáveis.

A definição de SAF, segundo Nair (1993), implica que: a agrofloresta normalmente envolva duas ou mais espécies de plantas (ou plantas e animais), sendo pelo menos uma delas lenhosa perene; um SAF sempre tem duas ou mais saídas (produtos); o ciclo de um SAF é sempre superior a um ano; e até mesmo o SAF mais simples é mais complexo, ecologicamente (estrutural e funcionalmente) e economicamente, do que uma monocultura.

Para Viana et al. (1996), os SAFs devem incluir, pelo menos, uma espécie “florestal” arbórea ou arbustiva. O autor afirma que espécies agrícolas de porte médio, como bananeiras, cítricos, café e cacau, não podem ser consideradas como componentes florestais de SAFs, denominando a associação dessas espécies como consórcios agrícolas. Apesar disso, por serem associações com plantas perenes, constituem um avanço em relação ao monocultivo, como sistemas intermediários para os SAFs.

Uma característica importante dos consórcios é a possibilidade de obtenção de maior produtividade

por área, a qual pode ser medida pelo Índice de Equivalência de Área (IEA) (PERDONÁ et al., 2015; GUEDES et al., 2010). Através do IEA se pode avaliar a eficiência do consórcio em relação ao cultivo solteiro, o qual pode ser mais produtivo sem ser mais rentável financeiramente. Por isso, outras razões devem ser levadas em conta para a avaliação dos consórcios que geram produtos e serviços diversos, incluindo a segurança alimentar proporcionada pela produção de culturas alimentares associadas no SAF (VASCONCELLOS; BELTRÃO, 2018; ARANTES, et al. 2017). A possibilidade de melhor utilização de nutrientes e água nos consórcios agroflorestais pode ser entendida como uma alternativa sustentável para os cultivos. Os benefícios agroecológicos são muitos, como a melhoria da ciclagem de nutrientes, adubação verde e o uso da água do solo, com a absorção em camadas profundas e adição de serrapilheira sobre o solo (MONTAGNINI, 1992).

Diversos aspectos ambientais positivos dos consórcios são encontrados na literatura. A associação com árvores, principalmente em regiões de clima tropical, tende a atenuar condições de temperaturas extremas e potencialmente estressantes (DA MATTA et al., 2007). Este sistema reduz a amplitude térmica e as temperaturas no solo e nas folhas de cafeeiros em consórcios com *Eriothina poeppigiana* e *Gliricídia sepium* (RICCI et al., 2013).

As ervas espontâneas são influenciadas no consórcio com redução que chega a 90% (Silva et al., 2013). Também ocorre maior dominância de espécies de plantas potencialmente mais agressivas, em termos de competição, em monocultivo quando comparado com sistemas agroflorestais e consórcios com espécies perenes (DAN et al., 2015).

Apesar do monocultivo ser a forma predominante na cafeicultura, existem muitas iniciativas de SAFs que vem gerando estudos de caso por todo o Brasil e, embora pesquisas nessa área sejam naturalmente de longo prazo e pouco desenvolvidas, alguns resultados já podem ser observados. No Espírito Santo, no cultivo do café conilon com árvores de sombra, Sales e Araújo (2005) verificaram a existência de 27 lavouras consorciadas, em 10 diferentes municípios,

totalizando 115 ha. A grande maioria desse total localiza-se na região norte do Estado, onde são mais utilizados os consórcios com cedro australiano, teca e seringueira. Quando se considera a finalidade das áreas cultivadas, a produção de madeiras comerciais e a produção de látex (seringueira) englobam mais de 70% das áreas de consórcio com café conilon. No entanto, espécies frutíferas, como coqueiro e mamoeiro, também ocupam lugar de destaque.

Em um estudo com 58 agricultores que cultivam café conilon em SAF, 64% se mostraram satisfeitos com o sistema de produção devido aos rendimentos adicionais obtidos, além do café (SALES et al., 2013). As razões para a insatisfação com o SAF foram devidas aos efeitos negativos da concorrência das espécies associadas sobre o cafeeiro, e às dificuldades com as condições climáticas no norte do Espírito Santo, de clima muito quente e irregular. Entre as 22 espécies utilizadas pelos agricultores para o consórcio com o cafeeiro conilon, a seringueira e o coqueiro têm 15 ocorrências, o cacaueteiro e a gliricídea com 9 ocorrências e a bananeira e a teca com 6 ocorrências.

A CERTIFICAÇÃO

O processo de certificação busca proceder à avaliação de conformidade do processo produtivo, e dos respectivos produtos, com as normas e regulamentos da produção orgânica. Pressupõe-se que, diante da predominância da comercialização por mercados de venda indireta, em circuitos longos, é preciso a atuação de uma terceira parte que venha atestar a qualidade orgânica ao consumidor. Em geral, uma entidade certificadora cumpre esse papel, mediante auditoria externa.

Contudo, o Decreto Federal nº. 6.323/2007, que regulamentou a Lei Federal nº 10.831/2003, também reconhece os “sistemas participativos” de garantia da qualidade orgânica, bem como o caso dos agricultores familiares orgânicos que comercializam diretamente aos consumidores, sem certificação, os quais deverão estar vinculados a uma “Organização de Controle Social”, devidamente cadastrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Por outro lado, a legislação permite a venda direta quando o agricultor estabelece uma relação direta e de confiança mútua com o consumidor final, pode se tornar desnecessária a certificação ou qualquer outra forma de reconhecimento oficial. Inclusive, há situações em que o consumidor chega a visitar a propriedade para conhecer de perto o processo produtivo.

Temos clareza que é possível conduzir o processo de transição agroecológica por caminhos alternativos, sendo a implantação de sistemas orgânicos certificados apenas um deles. A respeito disso, Siqueira (2014: 147) afirma o seguinte:

“A transição agroecológica deve ser trabalhada aos poucos, sempre pautada na sustentabilidade socioeconômica, a qual vai demarcar o limite possível em cada etapa, buscando realizar ações progressivas de adoção de técnicas agroecológicas e de adequação ambiental das propriedades familiares, sem vinculá-las, necessariamente, à implantação de sistemas orgânicos certificados. Tais sistemas podem até vir a serem alcançados, caso existam condições mercadológicas (para venda indireta) favoráveis e que justifiquem a aquisição e a manutenção do selo orgânico”.

Cabe ressaltar que a certificação orgânica requer o cumprimento de uma série de rigorosas normas e exigências, representando uma demanda burocrática e um custo adicional que podem ser onerosos para a maioria dos agricultores familiares, tornando-se, pois, um processo excludente. Além do mais, como a certificação onera a produção, o preço final do produto orgânico costuma ser maior que o do convencional, ficando inacessível, muitas vezes, a uma grande parcela da população brasileira, de baixo poder aquisitivo, que gasta parte significativa de sua renda com alimentação básica.

ORGANIZAÇÃO SOCIAL E COMERCIALIZAÇÃO

O processo de transição agroecológica envolve mudanças internas e externas às unidades de produção. Gliessman (2005) enfoca as questões internas ao sistema produtivo que precisam ser trabalhadas, até que o mesmo supere a fase da

simples substituição de insumos (químicos por orgânicos) e venha alcançar uma configuração (ou redesenho) que corresponda, o máximo possível, aos princípios agroecológicos.

Por outro lado, Mattos (2006) ressalta a ideia da transição externa, referindo-se a determinadas condições mais amplas a serem trabalhadas, por meio da sociedade e do Estado, as quais incluem “a expansão da consciência pública, a organização dos mercados e infraestruturas, as mudanças institucionais na pesquisa, ensino e extensão, a formulação de políticas públicas com enfoque agroecológico e as inovações referentes à legislação ambiental” (MATTOS, 2006).

É nesse sentido que se justifica a importância de também discutir as questões relacionadas à organização social das famílias rurais e à comercialização dos seus produtos, como parte desse processo de transição. Já foi bem elucidada a constatação histórica de que os agricultores familiares costumam se colocar, muitas vezes, numa condição subordinada perante os compradores de seus produtos, nos canais de venda indireta, perdendo uma grande parcela do valor que é pago pelos consumidores finais, a qual é apropriada pelos diversos agentes que atuam na cadeia de intermediação.

A falta de ampla informação mercadológica, de planejamento da produção, de infraestrutura de apoio à comercialização e de organização social desses agricultores, somadas à urgência de gerar renda para sobreviver, são as principais causas da inserção desfavorável dos agricultores familiares nos mercados.

Diante desse quadro, as propostas voltadas à reorganização das relações comerciais, na perspectiva de uma economia solidária, se apresentam como alternativa estratégica visando superar um dos maiores entraves ao desenvolvimento desses agricultores. O incentivo à prática do que se consagrou denominar de “Comércio Justo e Solidário” (CJS) passou a ser outra medida muito relevante para o sucesso da transição agroecológica.

Os princípios do CJS no Brasil, segundo a Plataforma Faces do Brasil (citada por GOMES E MENDONÇA, 2016, p. 58), foram assim definidos:

Princípio 1 – Fortalecimento da democracia e autogestão, respeito à liberdade de opinião, de organização e da identidade cultural.

Princípio 2 – Condições justas de produção, agregação de valor e comercialização, proporcionando aos produtores (as) condições justas e dignas de trabalho e remuneração.

Princípio 3 – Apoio ao desenvolvimento local sustentável, de maneira comprometida com a sustentabilidade socioambiental e cultural das comunidades.

Princípio 4 – Respeito ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

Princípio 5 – Respeito aos direitos das mulheres, crianças, jovens, idosos e grupos étnicos, promovendo a igualdade de gênero, geracional e etnia.

Princípio 6 – Informação e proteção dos direitos dos consumidores, garantindo a transparência nas relações comerciais, e, educação para o consumo responsável.

Princípio 7 – Integração e articulação de todos os elos da cadeia produtiva em processos contínuos de formação e educação para os princípios e práticas do comércio justo e solidário.

As feiras livres são exemplos de espaços bem tradicionais onde se pratica o CJS, pois religam o agricultor familiar e o consumidor urbano, em nível local, resgatando uma relação de confiança e respeito mútuo e, ao mesmo tempo, eliminando a figura do comprador ou atravessador, o que agrega maior rentabilidade ao agricultor. Além disso, o consumidor pode saber da procedência dos alimentos, pagar preços mais justos e ajuda a fortalecer a economia da região. Há também os pontos fixos de venda direta e as redes de comercialização solidária. E, nos últimos anos, vem crescendo os mercados institucionais de compra direta, como novo espaço de CJS, com destaque para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

No ano de 2003, foi criada a Secretaria Nacional de Economia Solidária, dentro do Ministério do Trabalho e Emprego, que teve importante atuação até 2016, quando foi rebaixada para Subsecretaria. Em novembro de 2010 (Dec. nº 7.358), foi instituído o Sistema Nacional de Comércio Justo e Solidário para

coordenar as ações do Governo Federal voltadas ao reconhecimento das práticas de CJS e à sua promoção. Uma Comissão Gestora Nacional do CJS, que é bipartite (poder público e sociedade civil), foi criada para efetivar esse Sistema. Entretanto, o contexto recente foi desfavorável para que a mesma cumprisse tal missão.

Questões como autogestão dos projetos, gestão compartilhada dos mercados locais, cooperativismo, definição dos preços justos e ampliação dos laços solidários entre os agentes envolvidos, se colocam como enormes desafios para ampliar e consolidar as iniciativas de comercialização solidária de alimentos no Brasil. Da parte do poder público, nota-se, em sua maioria, que a temática da economia solidária não foi inserida e priorizada na agenda governamental. E, nos locais onde foi, ainda predomina a falta de visão sistêmica dos gestores a respeito da mesma, de modo que as Secretarias Municipais ou Estaduais envolvidas possam trabalhar, conjuntamente, prestando os incentivos e apoios necessários.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL

Existem várias análises sobre o papel da extensão rural no processo de desenvolvimento rural sustentável, dentre as quais destacamos duas que oferecem os elementos teóricos e metodológicos necessários para a presente reflexão.

Segundo Bunch (1995), os projetos de desenvolvimento rural devem considerar a participação da população local como base de sustentação dos mesmos, para garantir a continuidade das ações. Dessa forma, vão possibilitar que as pessoas aprendam a resolver seus problemas contando com as suas próprias forças.

Para aumentar a participação, ele recomenda despertar o entusiasmo dos agricultores pelo projeto, partindo de uma proposta pequena e simples, e ensiná-los a realizarem pequenos experimentos participativos com as tecnologias sugeridas. Assim, o extensionista deixa de ser visto como mero “difusor de tecnologias”, passando a incentivar o desenvolvimento do senso experimentador entre os agricultores.

Bunch também salienta que a tecnologia, sugerida para a experimentação dos agricultores, deve ser apropriada, ou seja, atender aos seguintes quesitos: suprir alguma necessidade sentida, ser economicamente vantajosa, permitir o alcance rápido de sucessos visíveis, ser adequada no contexto do sistema de produção, mexer com os fatores que mais limitam a produção, beneficiar os mais pobres, ser culturalmente aceitável e segura para a ecologia regional.

Por sua vez, Caporal e Costabeber (2004) defendem que a promoção do desenvolvimento rural sustentável requer um trabalho de “extensão rural agroecológica”, sendo esta assim definida:

[...] como um processo de intervenção de caráter educativo e transformador, baseado em metodologias de investigação-ação participante, que permitam o desenvolvimento de uma prática social mediante a qual os sujeitos do processo buscam a construção e sistematização de conhecimentos que os leve a incidir conscientemente sobre a realidade, com o objeto de alcançar um modelo de desenvolvimento socialmente equitativo e ambientalmente sustentável, adotando os princípios teóricos da Agroecologia como critério para o desenvolvimento e seleção das soluções mais adequadas e compatíveis com as condições específicas de cada agroecossistema e do sistema cultural das pessoas implicadas em seu manejo (Caporal e Costabeber, 2004: 64).

Uma condição básica para ocorrência do referido processo de construção de conhecimentos se refere às estratégias que permitam ampliar o diálogo e a interação entre os técnicos e os agricultores familiares, considerando que o processo se nutre da riqueza presente na diversidade dos saberes em comunicação, em busca do desenvolvimento local com sustentabilidade.

Essas abordagens alternativas da extensão rural emergem da crítica à extensão clássica, a qual se baseia na mesma visão produtivista que predominou nas ciências agrárias, nos últimos 50 anos. Convencionou-se conceber a extensão como sendo um conjunto de ações restritas à transferência de tecnologias modernas e padronizadas para os agricultores, adotando métodos de persuasão e treinamento, tendo em vista a superação

do saber popular rural e das práticas tradicionais. É uma postura arrogante, visto que pressupõe a superioridade do saber técnico-científico, considerado como a única forma válida para compreensão da realidade rural e intervenção na mesma.

A extensão rural, com abordagem agroecológica, vem ocupando espaço, cada vez maior, em muitas organizações atuantes na área. As ONGs foram as pioneiras, mas também estão avançando as entidades governamentais extensionistas. Um marco nesse sentido foi a promulgação da Lei da “Assistência Técnica e Extensão Rural” – Lei da ATER (nº 12.188), em janeiro de 2010, estabelecendo seis princípios para a Política Nacional de ATER, em seu art. 3º, os quais se alinham com a abordagem agroecológica.

Outra importante conquista foram os lançamentos do Planos Nacionais de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPOs) amparados na Política Nacional correspondente, nos quais a ATER consta em um dos eixos estratégicos de ação, intitulado “Conhecimento”. Por exemplo, no Plano para o período 2016-2019, uma das metas é de “promover serviços de ATER qualificados, na perspectiva agroecológica e de forma continuada, para 1.868.000 famílias da agricultura familiar, assentadas da reforma agrária, extrativistas e pertencentes a povos indígenas e povos e comunidades tradicionais”.

Sabemos que essa meta foi muito ambiciosa, tanto pela elevada quantidade de famílias⁵ que se pretendia beneficiar, como pelo contexto em que o 2º PLANAPO foi lançado, no ano de 2016. A partir de 2016, ocorreu um desmonte da estrutura institucional de execução da Política Nacional de ATER, cujo ápice foi a extinção do Ministério do Desenvolvimento Agrário. E a efetivação da Agência Nacional de ATER – ANATER⁶, também em 2016, foi uma ação cujos efeitos ainda é cedo para se avaliar.

Com base na lei da ATER e na Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, foram lançadas várias chamadas públicas visando a contratação⁷ de serviços de ATER, com enfoque agroecológico. Entretanto, os resultados obtidos com a execução de tais serviços ficaram muito aquém do esperado. Meneguelli et al. (2015), analisando essa questão no

âmbito do PLANAPO 2013-2015, relataram os seguintes problemas encontrados:

[...] precariedade do vínculo estabelecido (técnico-agricultor), devido a curto período de execução das chamadas; foco excessivo nos produtos da chamada (resultado) e não no processo, que pode demorar mais, devido à necessidade de assimilação, maturação e implementação; descontinuidade da ATER; deficiências na formação dos profissionais contratados; desarticulação com a pesquisa e com outras ações estruturantes da propriedade e dos mercados (MENEGUELI et al., 2015, p. 40).

Portanto, ainda há muito o que avançar no sentido de tornar a ATER um serviço efetivamente diferenciado, de modo que seja compatível com as demandas que a transição agroecológica requer. Fundamentalmente, as ações de ATER devem caminhar por processos participativos, voltados à construção do conhecimento agroecológico, para cumprir seu papel de apoio à sustentabilidade agrícola. Os desafios estão colocados!

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de discutir tendências agroecológicas na produção agropecuária é, em si, bastante difícil. Os caminhos agroecológicos visam aprimorar a sustentabilidade nos agroecossistemas de forma ampla, considerando os aspectos econômicos, ambientais e socioculturais, dentro de uma visão de convivência e aprimoramento no uso dos recursos locais em contraposição à visão reducionista, importadora de recursos e, por isso mesmo, insustentável.

Na produção orgânica vegetal, são tendências tecnológicas marcantes: aumento da diversificação nos sistemas produtivos, busca pela estabilidade ecológica das propriedades, preservação do solo e da água, preservação de materiais genéticos crioulos e locais, redução de contaminações ambientais,

aumento da reciclagem de resíduos orgânicos, expansão do plantio direto na palha, uso da fixação biológica de nitrogênio, aumento da eficiência energética dos sistemas, adoção de práticas de manejo ecológico do solo. Também há grande potencial de ampliação dos canais de venda direta de produtos orgânicos aos consumidores.

É fundamental para a proposição de sistemas de base agroecológica o aprimoramento da adubação orgânica, tanto do ponto de vista da sua ciclagem quanto da produção de informações para a recomendação em sistemas orgânico e de transição.

Vale destacar que os sistemas agroflorestais e consórcios perenes são alternativas de produção de base agroecológica, os quais, mesmo havendo pesquisa incipiente, são encontrados entre agricultores como alternativas de diversificação, melhor aproveitamento de área e recursos diversos.

Tais caminhos necessitam de políticas públicas que apoiem os agricultores em transição da agricultura convencional para agroecológica, incluindo a pesquisa e ATER com métodos participativos. Entretanto, ressaltamos que a efetivação dessas políticas exigirá, além da firme determinação dos gestores, um contundente trabalho de assessoria técnica comprometida com a agroecologia. Por essa razão, no meio acadêmico, é preciso intensificar a mudança do paradigma que orienta os projetos pedagógicos dos cursos de ciências agrárias, visando formar profissionais com outro perfil.

Percebemos que um aumento mais expressivo na participação dos sistemas agroecológicos na produção agropecuária brasileira vai depender do modo como esse e outros conflitos serão resolvidos, no contexto do processo de transição agroecológica. A caminhada ainda é longa, mas a certeza de que a direção está correta vem renovando e ampliando a força daqueles que nela acreditam.

⁵ Para se ter uma ideia, essa quantidade corresponde a 42,7% do total de estabelecimentos de agricultura familiar apurado pelo Censo de 2006.

⁶ Foi criada em dezembro de 2013 (Lei nº 12.897) e regulamentada em maio de 2014 (Dec. nº 8.252), mas somente pode iniciar suas atividades a partir de maio de 2016, quando foi firmado o contrato de gestão entre essa nova agência e o MDA e entrou em vigor o estatuto da mesma.

⁷ A partir da lei da ATER, puderam se habilitar à prestação de serviços de ATER, contando com recursos públicos, as organizações do terceiro setor (ex.: ONGs e cooperativas) e as empresas de consultoria. A "chamada pública" passou a ser o instrumento de contratação dos serviços, o qual é mais simplificado que a licitação.

REFERÊNCIAS

- ANGELETTI, M. P. et al. **Espécies vegetais para cobertura de solo: guia ilustrado**. Vitória: Incaper, 2018. 76 p. (Incaper, Circular Técnica 07-1)
- ARANTES, P.B. et al. Agroflorestas familiares no vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara. v.9, n.1. jan. / jun. p. 20. 2017.
- ASSIS, R. L. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 196). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/628360/1/doc196.pdf> >. Acesso em: ago. 2018.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy June 2011**. 2011. Londres. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_de/PDFs/brochures/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf>. Acesso em 13 jul 2018.
- BUNCH, R. **Dois espigas de milho**: uma proposta de desenvolvimento agrícola participativo. Rio de Janeiro: AS-PTA/PESACRE, 1995. 221 p.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural**: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA, 2004. 166 p.
- DAL SOGLIO, F. K. Desenvolvimento, agricultura e agroecologia: qual a ligação? In: GUERRA, G. A. D., WAQUIL, P. D. (Org.). **Desenvolvimento rural sustentável no Norte e no Sul do Brasil**. Belém: Paka-Tatu, 2013. p. 197-226.
- DA MATTA, F. M. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19. n. 4, p. 485-510. 2007.
- DAN, M. L. et al. Fitossociologia das plantas infestantes de sistemas consorciados de café conilon no sul do Espírito Santo. In: CALDEIRA, M.V.W. et al.(Org) **Tecnologia, ciência e extensão**: como otimizar a produção florestal no Brasil [e-book]. Alegre, ES: UFES, 2015. p. 152-159.
- DAROLT, M. R. et al. Alternative food networks and new producer-consumer relations in France and in Brazil. **Ambiente sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 1-22, jun. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 set. 2018.
- FAVARATO, I. F. et al. Desempenho e eficiência técnica de implementos e semeadoras para o plantio direto na agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. V. 8, n. 1, p. 44 – 51. 2018.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653 p.
- GOMES, R.; MENDONÇA, A. H. Modelo Jabuticaba: Sistema Brasileiro de Comércio Justo e Solidário (SCJS). In: STELZER, J.; GOMES, R. (Org.). **Comércio justo e solidário no Brasil e na América Latina**. Florianópolis: UFSC, 2016. p. 55-90.
- GUÉDES, R. E. et al. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 174-177, 2010.
- HEBERLÊ, A. L. O. et al. In: DELGADO, G.C; BERGAMASCO, S. M. P. P. In: **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. Disponível em: < http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1756/Agricultura%20Fa%20miliar_WEB_LEVE.pdf >. Acesso em: 23 ago. 2018.
- LLEDÓ, M. J. **Mais orgânicos na mesa do brasileiro em 2017**. Brasília, MDA, 2018. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/mais-org%C3%A2nicos-na-mesa-do-brasileiro-em-2017>. Acesso em 10 set. 2018.
- MATTOS, L. (Coord.). **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2006. 70p.
- MENEGUELI, H. O. et al. Agroecologia brasileira no marco do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica: cenário atual, perspectivas e desafios. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p. 29-45, 2015.
- MONTAGNINI, F. et al. **Sistemas Agroflorestais**: principios y aplicaciones en los trópicos. 2. ed. San José, Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.
- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht. Boston. Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry-ICRAF. 1993. 499 p.
- NICHOLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; PONTI, L. **Controle biológico de pragas através do manejo dos agroecossistemas**. Brasília, DF: MDA, 2007, 31P.
- NIEDERLE, P. A. Afinal, que inclusão produtiva? A contribuição dos novos mercados alimentares. In: DELGADO, G.C; BERGAMASCO, S. M. P. P. In: **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. Disponível em: < http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1756/Agricultura%20Fa%20miliar_WEB_LEVE.pdf >. Acesso em: ago. 2018.
- NOVAES, W. (Coord.). **Agenda 21 brasileira – bases para a discussão**. Brasília: MMA, 2000. 192p.
- PANTANO, G. et al. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 732-740, jul. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422016000600732&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 28 jun. 2018.
- PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; ESPERANCINI, M. S. T. Desempenho produtivo e econômico do consórcio de cafeeiro arábica e nogueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 12-23, jan. 2015.
- PETERSEN, P.; DAL SOGLIO, F. K.; CAPORAL, F. R. A construção de uma Ciência a serviço do campesinato. In: PETERSEN,

P. (Org.). **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2009. p. 85-103.

PIGNATTI, W. A. et al. Segurança alimentar e saúde nutricional. In: CARNEIRO, F. F. et al. (Org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. p. 51-87.

PREZOTTI, L. C. et al. **Sistema de Recomendação de calagem e adubação**. Vitória: Incaper. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em 03 jul. 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG: CSFSEMG/UFV, 1999. 359 p.

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D.G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, jul. / set. 2013.

SALES, E. F., ARAUJO, J. B. S. Levantamento de árvores consorciadas com cafeeiros no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; CONGRESSO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3. 2005, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis/SC: ABA, 2005. [DC-Room].

SALES, E. F. Agroecological Transition of Conilon Coffee (*Coffea canephora*) Agroforestry Systems in the State of Espírito Santo, Brazil, **Agroecology and Sustainable Food Systems**, V. 37: N. 4, P. 405-429. 2013.

SEVILLA GUZMÁN, E. **De la Sociología Rural a la Agroecología**. Barcelona: Icaria, 2006. 255p.

SILVA, V. C. et al. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e noqueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 441-449, out. / dez. 2013.

SILVA, V. M. et al. Yield and nutritional status of the conilon coffee tree in organic fertilizer systems. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 773-781, dez. 2013.

SILVEIRA, M. A. da; FERRAZ, J. M. G. Sustentabilidade, pesquisa interdisciplinar e agricultura familiar: uma discussão crítica. Separata de: ENCONTRO DA ANPPAS, 2. 2004, Indaiatuba. **Anais...** Indaiatuba: ANPPAS, 2004. p. 1-19.

SIQUEIRA, H. M. de. **Transição agroecológica e sustentabilidade dos agricultores familiares**. Vitória: EDUFES, 2014. 170 p.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 3 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 841 p.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2018**. U.S. Geological Survey, 200 p. Reston, 2018. Disponível em: <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>>. Acesso em: 19 jun 2018.

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S. Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais. **Interações**, Campo Grande, v. 19, n. 1, p. 209-220, jan. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1518-70122018000100209&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 13 jul. 2018.

VIANA, V. M. et al. Sistemas e práticas agroflorestais para a Amazônia: conceitos gerais. In: DUBOIS, J. C. I. et al. **Manual Agroflorestal para a Amazônia**. REBRA, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-27, 1996.

VRIESMAN, A. K.; OKUYAMA, K. K.; ROCHA, C. H.; NETO, P. H. W.; Assistência Técnica e Extensão Rural para a Certificação de Produtos Orgânicos da Agricultura Familiar. **Revista Conexão**, v.8, n.1, p. 138-149, 2012.

Avanços e inovações tecnológicas no monitoramento agrometeorológico: Sistema Agroconnect

Hugo Ely dos Anjos Ramos¹; Éverton Blainski²; Thábata Teixeira Brito de Medeiros³; Bruce Francisco Pontes da Silva⁴; Pedro Henrique Bonfim Pantoja⁵; Ivaniel Fôro Maia⁶

Resumo - A agricultura é uma atividade econômica altamente dependente das condições de tempo e clima. Na agrometeorologia, a influência dos processos físicos da atmosfera na agricultura pode interferir no desenvolvimento e produtividade das plantas. Tendências de aumento e envelhecimento da população mundial, assim como sua migração para áreas urbanas associadas à ocorrência de extremos climáticos tornam-se um grande desafio ao produtor rural. Assim, sistemas de suporte à decisão em agrometeorologia que apresentam informações de monitoramento, zoneamento, alertas, análises, previsões e consultorias relativas às condições de tempo, associadas a características fenológicas das culturas, podem contribuir para o planejamento produtivo, com sustentabilidade, e garantir a segurança alimentar. O objetivo deste trabalho é apresentar sucintamente o Sistema *Agroconnect*, um exemplo de inovação tecnológica na geração e disseminação de informações agrometeorológicas, que auxilia o produtor rural ao facilitar a comunicação entre agricultores, extensionistas e pesquisadores que atuam nas diversas cadeias produtivas do Estado. Esse modelo, desenvolvido e aplicado em Santa Catarina, mostra que a utilização de dados meteorológicos aliada a elementos fenológicos e agronômicos é essencial na geração de informações de maior valor agregado, tornando a agricultura mais competitiva. As tecnologias de monitoramento agrometeorológico são largamente utilizadas como ferramentas de auxílio à tomada de decisão e têm reflexos positivos na agricultura. Único do tipo no Brasil em nível estadual, o *Agroconnect* se destaca, promovendo avanços substantivos no monitoramento de diversas variáveis meteorológicas, com foco nas variáveis agrometeorológicas. Além disso, o sistema também inova ao enviar avisos meteorológicos e fitossanitários horários e disponibilizar todas estas informações numa plataforma em página da internet.

Palavras-chave: Agrometeorologia; Sistema de monitoramento; Suporte à decisão.

Advances and technological innovations in agrometeorological monitoring: Agroconnect System

Abstract - Agriculture is an economic activity highly affected by the weather and climate. According to agrometeorology, atmosphere physical factors may interfere with farming development and productivity. The growth and aging of the world's population, as well as its migration to urban areas, associated with climatic extremes, become a major challenge for rural producers. Thus, agrometeorological support systems that provide information on monitoring, zoning, alerts, analysis, forecasts and consulting of weather conditions, associated with crops phenological characteristics, can contribute to sustainable development and ensure food security. The purpose of this paper is to present *Agroconnect System*, which is an example of technological innovation in agrometeorological data generation and dissemination, which helps the farmers of the Brazilian State of Santa Catarina with the communication among their peers, extensionists and researchers who work at different productive sectors of the State. This system model shows that the use of meteorological, phenological and agronomic data is important to generate good information, providing a sustainable agriculture. Agrometeorological monitoring technologies have been widely used as tools to aid positive decision-making in agriculture. One of a kind in Brazil at the state level, *Agroconnect System* stands out for promoting substantial advances in the monitoring of several meteorological variables, with emphasis on the agrometeorological ones. It also innovates by sending hourly meteorological and phytosanitary warnings and making them available on the web.

Keywords: Agrometeorology. Monitoring system. Decision-making support.

¹ Meteorologista, Pesquisador do Incaper, hugoely@incaper.es.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador Epagri/Ciram Santa Catarina, Florianópolis – SC

³ Meteorologista, M.Sc. Engenharia de Biossistemas, Pesquisadora do Incaper

⁴ Meteorologista, M.Sc. Meteorologia, Pesquisador do Incaper

⁵ Meteorologista, M.Sc. Engenharia Ambiental, Pesquisador do Incaper

INTRODUÇÃO

A meteorologia agrícola ou agrometeorologia é um ramo da ciência meteorológica que estuda a influência dos processos físicos da atmosfera na agricultura, atividade econômica altamente dependente das condições de tempo e clima. De acordo com Monteiro (2009), no sistema produtivo agrícola, as condições meteorológicas afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas.

As condições de tempo e clima também afetam a relação entre os fatores bióticos (micro-organismos, plantas e animais) e abióticos (ar, solo, água e energia) ao apontar as condições favoráveis à disseminação de pragas e doenças, um dos principais limitadores do desenvolvimento da agricultura.

De modo geral, o crescimento da população mundial está desacelerando; a população global está envelhecendo e muitos estão migrando para áreas urbanas cada vez mais. Isso tem feito a urbanização ocorrer de maneira rápida e acompanhada de uma mudança nos padrões de alimentação da população. Juntar isso ao envelhecimento populacional pode trazer sérios impactos no tocante à força de trabalho rural e ao suporte socioeconômico das comunidades rurais (PARRY; ROSENZWEIG; LIVERMORE, 2005).

Na produção agrícola, os principais efeitos adversos das condições de tempo e clima são: secas severas, chuvas intensas, geadas (baixas temperaturas), altas temperaturas, baixa umidade relativa (riscos de queimadas), ventos intensos e outros.

Segundo simulações numéricas realizadas por Parry, Rosenzweig e Livermore (2005), as mudanças climáticas podem, de maneira geral, levar a aumentos no potencial produtivo em latitudes médias e altas e diminuição nos trópicos e subtropicais. Contudo, há exceções, especialmente onde existe o aumento da intensidade das monções ou onde a penetração de monções leva ao aumento da umidade disponível. Ainda segundo os autores, o risco de fome parece aumentar como resultado da mudança climática, principalmente no sul da Ásia e na África. No entanto, esta distribuição geográfica em algumas áreas é mais o resultado do aumento projetado no número

de pessoas pobres do que do padrão regional de mudança climática, apesar destes resultados serem um tanto incertos.

O Estado do Espírito Santo passou por extremos climáticos nos últimos anos, como o excesso de chuvas em 2013 e secas em 2014, 2015 e 2016. A seca observada nesses anos foi um limitador para o desenvolvimento socioeconômico do Estado e provocou prejuízos significativos aos agricultores que são, em sua maioria, de base familiar. Os períodos de estiagem prolongada provocaram quebra significativa da produção agropecuária devido à diminuição de produtividade das culturas, expressiva mortalidade de animais e muitos conflitos pelo uso da água, o que, por sua vez, ocasionou um desequilíbrio econômico e social em muitas regiões do Estado. Segundo Galeano (2016), 2015 teve uma estimativa de perda de 18% da produção na agricultura, levando em conta a cafeicultura, fruticultura, olericultura e outros grupos de produtos, correspondendo a um prejuízo de R\$ 1,04 bilhão, sendo que as microrregiões de Nova Venécia, Linhares e Colatina foram as que apresentaram maiores perdas. Por outro lado, as precipitações intensas do período chuvoso no ano de 2013 assolaram o Espírito Santo, acarretando diversos prejuízos em toda a cadeia produtiva, além do impacto social, uma vez que 368.365 pessoas foram afetadas: 83.418 desabrigadas ou desalojadas e 24 faleceram (PONTES DA SILVA et al., 2014).

Sistemas de suporte à decisão em agrometeorologia apresentam informações relativas a monitoramento, zoneamento, alertas, análises, previsões e consultorias relativas a condições do tempo. Em sua maioria, essas informações são geradas e desenvolvidas por Universidades, Institutos de Pesquisa e Serviços de Meteorologia.

No Estado de São Paulo, em 1988, foi criado o Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) com a finalidade de operacionalizar e disponibilizar informações e aconselhamento às atividades agrícolas com base nos parâmetros agrometeorológicos e previsão do tempo. O CIIAGRO dá suporte a diversas atividades agrícolas: calendário agrícola, preparo do solo, aplicação de

produtos químicos agrícolas, monitoramento de irrigação, datas de maturação e colheita, controle e manejo de pragas e doenças vegetais, transporte de produtos agrícolas, operações florestais tais como incêndios, geadas e outros fenômenos adversos, manejo agrícola e outras atividades correlatas. Com o tempo foram incorporados ao CIIAGRO diversos índices de quantificação das adversidades agrometeorológicas, como: riscos climáticos, alerta de geada, zoneamento agrícola, manejo de irrigação e diversos outros (CIIAGRO, 2008).

No Estado do Paraná, desde 1995, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) opera o Alerta Geada que é um serviço mantido pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), em parceria com o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Neste serviço, o objetivo é alertar cafeicultores, com antecedência de 24 e 48 horas, para a ocorrência de geada na região cafeeira. Assim, é possível proporcionar tempo hábil para proteção de lavouras recém-implantadas, bem como viveiros de mudas, evitando prejuízos aos produtores. O Serviço funciona no período de maio a setembro por meio de avisos pelo telefone (Disque Geada 3391-4500), internet, e-mails, além de boletins para TVs, rádios e jornais de todo o Estado do Paraná (IAPAR, 2018).

No âmbito nacional, desde o lançamento de sua primeira versão, em 2003, o Sistema AgriTempo oferece gratuitamente na internet informações e dados agrometeorológicos que podem apoiar as atividades agrícolas, tanto no âmbito da propriedade rural, pela redução de riscos relacionados ao clima e tempo, quanto no suporte a políticas públicas, permitindo ações *on-line* de monitoramento agrometeorológico. Lançada em 2014, a versão 2.0 do AgriTempo aprimorou a experiência do usuário. Essa nova versão do sistema incorporou funcionalidades como um Sistema de Informação Geográfica (WebGis) e se utiliza de uma plataforma computacional mais moderna e interativa. Antes do lançamento, o sistema passou por um processo de avaliação de percepção por parte de vários representantes de diversas categorias de usuários como agrometeorologistas, técnicos do Governo Federal, agentes da extensão

rural, pesquisadores, professores universitários e estudantes. Este processo buscou registrar as impressões dos usuários em relação à nova versão do sistema, identificando aspectos a serem melhorados e implementados antes do lançamento da nova versão, de forma a garantir a qualidade do sistema a ser lançado (AGRITEMPO, 2002).

Desde 2005, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - (Incaper) mantém um Sistema de Informações Agrometeorológicas (SIAG), que é responsável por integrar toda a base pública de dados meteorológicos e geração de produtos derivados desta, passando a subsidiar a formulação de políticas públicas, promovendo a sustentabilidade do setor produtivo e resguardando a população do Espírito Santo dos impactos causados pela ocorrência de extremos meteorológicos e climáticos. Além de gerar boletins agrometeorológicos, a partir de 2008, o serviço passou a confeccionar boletins de análise e previsão das condições de tempo e clima, emitir avisos meteorológicos, desenvolver produtos agrometeorológicos e monitorar recursos ambientais em nível regional, procurando atender às demandas da sociedade capixaba. Contudo, a tecnologia empregada desde então ainda não permite a geração e disseminação de informações agrometeorológicas com o refinamento necessário e velocidade suficiente para propiciar ao produtor rural uma melhor gestão do seu sistema produtivo.

Um exemplo de inovação tecnológica na geração e disseminação de informações agrometeorológicas é o Sistema *Agroconnect*, implementado pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Ciram/Epagri). Este sistema tem a capacidade de auxiliar o produtor rural catarinense na adoção de boas práticas de manejo e conservação dos recursos ambientais, beneficiando o agronegócio.

Neste contexto, o *Agroconnect*, que monitora cerca de 42 culturas e gera avisos agrometeorológicos específicos para algumas delas (alerta fitossanitário), sendo o único sistema

do tipo no Brasil, serve de modelo para os demais estados brasileiros (MASSIGNAM et al., 2016). Isso inclui o Espírito Santo, que possui atividade agrícola diversificada, destacando-se no cultivo de café, mamão, pimenta-do-reino, eucalipto, banana, citros, morango e olericultura.

As tecnologias de monitoramento agrometeorológico são largamente utilizadas como ferramentas de auxílio à tomada de decisão e têm reflexos positivos na agricultura. Único do tipo no Brasil em nível estadual, o *Agroconnect* se destaca, promovendo avanços substantivos no monitoramento de diversas variáveis meteorológicas, com foco nas variáveis agrometeorológicas. Além disso, o sistema também inova ao enviar avisos meteorológicos e fitossanitários horários e disponibilizar todas estas informações numa plataforma em página da internet. Dentro desse contexto, são apresentados como propósito deste trabalho os avanços no setor agrometeorológico oriundos do *Agroconnect*, uma vez que ele representa uma inovação tecnológica importante no meio agrícola.

SISTEMA Agroconnect

O *Agroconnect* é um sistema de informações agrometeorológicas desenvolvido pelo Ciram/Epagri com o objetivo de trazer informações estratégicas para auxiliar os agricultores nas tomadas de decisões relacionadas às condições ambientais (MASSIGNAM et al., 2016).

O portal do sistema na internet tem acesso livre (público) e disponibiliza dados meteorológicos e agrometeorológicos coletados em aproximadamente 310 plataformas de coleta de dados (PCDs) automatizadas, operadas pela Epagri/Ciram (Santa Catarina) e seus parceiros locais e de entorno (Paraná e Rio Grande do Sul).

A interface do *Agroconnect* (Figura 1) foi desenvolvida para atender ao público prioritário composto, em sua maioria, por agricultores, técnicos e pesquisadores. Assim, os produtos têm interface amigável, acesso rápido e irrestrito a todas as funcionalidades, incluindo mapas, tabelas, gráficos e artigos que podem ser enviados via e-mail, caso o usuário se cadastre para o recebimento.

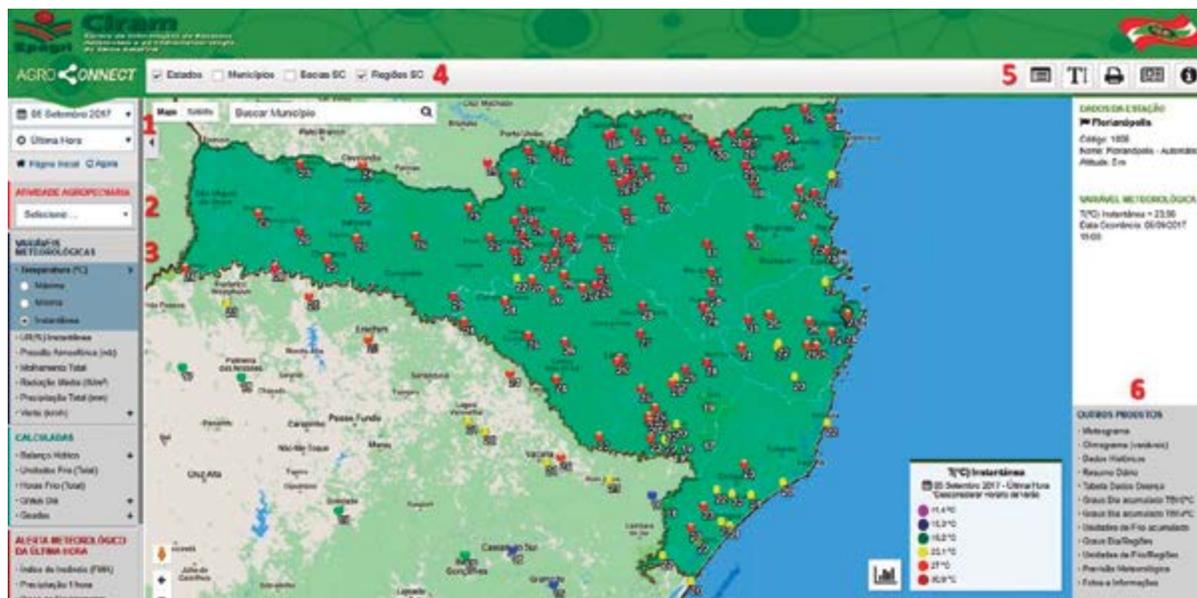


Figura 1. Interface do Sistema *Agroconnect*, onde: 1 – ajuste temporal; 2 – atividade agropecuária; 3 – variáveis meteorológicas; 4 – customização de mapas; 5 – Opções de acessibilidade; 6 – outros produtos.

Fonte: CIRAM/EPAGRI (www.ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/).

A plataforma foi dividida em módulos, básico e específico para culturas. Na versão básica, são disponibilizados dados de volume de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, molhamento foliar e radiação solar. Todos esses dados são atualizados a cada hora, e o usuário pode consultar dados coletados em intervalos que variam desde a última hora até os últimos 90 dias. Além disso, são disponibilizados índices agrometeorológicos como: balanço hídrico, unidades e horas de frio, graus dia acumulados, ocorrência de geadas (estimada com base na temperatura mínima) e climatologia das chuvas.

No módulo específico para culturas, além dos dados descritos anteriormente, o usuário tem acesso às informações específicas da cultura de interesse como: zoneamento agrícola, alertas meteorológicos favoráveis à ocorrência de doenças e boletins fitossanitários, este último pode, inclusive, ser enviado diretamente aos interessados, via e-mail, caso façam o cadastro na plataforma.

Na Tabela 1 são apresentadas as variáveis meteorológicas utilizadas no cálculo dos índices de alerta fitossanitário ligados às condições meteorológicas que favorecem a ocorrência de

doenças nos principais cultivos de Santa Catarina. Os índices foram definidos com base em modelos de evolução de doenças que se baseiam em temperatura e umidade relativa do ar, horas de molhamento foliar e precipitação.

Todas as informações são disponibilizadas em três formatos: mapas, gráficos e tabelas, além disto, o usuário pode consultar a previsão do tempo (baseada em modelos meteorológicos), dados históricos e climatologia.

A principal contribuição do *Agroconnect* é informar o produtor e colaborar para a tomada de decisão quanto à realização de tratamentos culturais na definição de épocas de plantio e no controle de pragas e doenças, buscando sempre a maior eficiência das atividades, a redução dos custos de produção e a diminuição das perdas ocasionadas por condições meteorológicas adversas. Para isso, as ferramentas digitais têm sido utilizadas para facilitar a comunicação entre agricultores, extensionistas e pesquisadores que atuam em cada uma das cadeias produtivas. Assim, avisos de eventos meteorológicos extremos como geadas, granizo, estiagens, ventos, entre outros, são amplamente divulgados a partir da rede de usuários cadastrados.

Tabela 1. Variáveis meteorológicas utilizadas para calcular os índices de alerta fitossanitário das condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de doenças nas culturas em Santa Catarina.

CULTURA	DOENÇA	VARIÁVEIS CONSIDERADAS
Alface	Míldio da Alface Cercosporiose	Temp ¹ , UR ² , MF ³
Banana	Sígotoka Negra	Temp
Cebola	Míldio da Cebola	Temp, UR, MF, Prec ⁴
Maçã	Sarna da Macieira – Ciclo primário Ascósporo	MF, Prec
	Sarna da Macieira – Ciclo Secundário Conídios	
	Mancha da Gala	Temp, MF, Prec
	Podridão Branca	Temp, MF, Prec
	Podridão Amarga	Temp, Prec
Soja	Cancro Europeu	Temp, UR, MF, Prec
	Ferrugem Asiática	Temp, UR, MF
Tomate	Requeima do Tomateiro	Temp, UR, MF, Prec
	Pinta Preta	Temp, MF, Prec
	Septoriose	
	Mancha Bacteriana	

*Temp¹- Temperatura do ar; UR²- Umidade relativa do ar; MF³- Molhamento foliar; Prec⁴ - Precipitação

Os benefícios do sistema têm sido foco de análises financeiras. De acordo com o balanço social elaborado anualmente pela Epagri, as tecnologias embutidas no *Agroconnect* têm trazido grandes benefícios aos produtores. Somente na cultura da banana, as informações disponibilizadas alcançaram uma área de abrangência de 20.000 hectares e, juntamente com o trabalho de campo executado por técnicos da cadeia produtiva, trouxe um benefício da ordem de R\$ 61.793.000,00 no ano de 2016 (EPAGRI, 2017).

No caso da maçã, outra cultura monitorada, o sistema de aviso e alerta fitossanitário disponibilizado a partir do *Agroconnect* gerou informações para técnicos e agricultores que orientaram a tomada de decisão em uma área de 10.000 ha com 908 agricultores cadastrados para recebimento de informações técnicas direcionadas. Neste caso, o benefício relatado foi de R\$ 13.125.000,00 na safra 2016 (EPAGRI, 2017).

Por ser uma ferramenta *on-line*, o alcance da tecnologia tem sido medido a partir do número de acessos contabilizados. Desde o lançamento do sistema, em fevereiro de 2015, Tele contabiliza cerca de 400.000 visualizações originadas principalmente de Santa Catarina, porém, com registros de todos os estados do Brasil, inclusive de outros países como: Argentina, Estados Unidos, Uruguai, Paraguai, Reino Unido, Índia, França e Portugal.

Um exemplo de como um sistema similar ao *Agroconnect* seria benéfico para as culturas do Estado do Espírito Santo está no índice de alerta fitossanitário do sistema para a sigatoka da banana, que também é uma das principais culturas capixabas. O alerta deixaria os produtores de banana de sobreaviso para a adoção das devidas medidas de controle da praga (controle químico, cultural ou genético).

A aplicação desse índice no Estado e a implementação de índices fitossanitários para outras culturas importantes para o Espírito Santo, como o café e o mamão, geraria um impacto positivo na produção final destas culturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um pré-requisito para a realização de estudos para fins de monitoramento agrometeorológico é a organização de um banco de dados meteorológicos. Estes dados, aliados a elementos fenológicos e agrônômicos são essenciais na geração de informações de alto valor agregado, aplicados em estudos, pesquisas, ações operacionais e na implantação de políticas públicas que tornem a agricultura sustentável.

As tecnologias de monitoramento agrometeorológico, como o *Agroconnect*, têm sido largamente utilizadas como ferramentas de auxílio à tomada de decisão, com reflexos positivos na agricultura, principalmente pela redução dos custos de produção, aumento da eficiência dos controles fitossanitários e pelos ganhos de produtividade alcançados.

Uma aplicação importante como o *Agroconnect*, sem dúvida, serve de estímulo para que a Coordenação de Meteorologia do Incaper (CMET/Incaper), assim como os diversos grupos de pesquisa em agrometeorologia do país, possam gerar ferramentas de gestão similares para promover o desenvolvimento do sistema de produção agrícola de maneira profissional e competitiva, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida dos agricultores, ao fornecer produtos de melhor qualidade para o cidadão.

Oficializado em 2018 como CMET/Incaper, o antigo SIAG, desde a sua fundação, tem evoluído ao enfrentar diversos desafios no sentido de agregar informações agrometeorológicas importantes na tomada de decisão do homem do campo. Neste contexto, o setor está avançando ao implementar a nova modelagem meteorológica, climática e agrometeorológica capixaba (incluindo variáveis ligadas à agropecuária), que já se encontra em fase bastante adiantada. Tal implementação faz parte de um grande avanço tecnológico na área de meteorologia voltada à agropecuária. Esse resultado inova ao inserir a modelagem agrometeorológica específica para o Espírito Santo, nunca realizada pelo Estado.

Outro grande desafio que a CMET/Incaper está enfrentando é a criação de um sistema de aquisição e tratamento de dados, indiscutivelmente necessário para a implementação de um sistema similar ao *Agroconnect* para o Estado do Espírito Santo, que é um dos objetivos a serem alcançados pela coordenação.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico 2.0. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 12 jun 2018.
- CIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jun 2018.
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Balanco Social 2016**. Epagri: Florianópolis, 2017. 40p.
- GALEANO, E. A. et al Estimativa de perdas na produção agrícola capixaba em 2015. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 6 e 7, p. 26-41, 2016.
- IAPAR. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 12 jun 2018.
- MASSIGNAM, A. M. et al. A agrometeorologia operacional em Santa Catarina. **Agrometeoros**, v. 24, n. 1, 2016.
- MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos, o fator meteorológico na produção agrícola**. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília, DF, 1ª edição, 2009. 530 p.
- PARRY, M.; ROSENZWEIG, C.; LIVERMORE, M. Climate change, global food supply and risk of hunger. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 360, n. 1463, p. 2125-2138, 2005.
- PEIXOTO, A. M. **Enciclopédia Agrícola Brasileira – Girassol**. Volume 5. Editora EDUSP. 2004.
- PONTES DA SILVA, B. F. et al Chuva extrema: o caso de dezembro de 2013 no Estado do Espírito Santo. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 4 e 5, p. 113-121, 2014.
- RAMOS, H. E.A. et al. A estiagem no ano hidrológico 2014-2015 no Espírito Santo. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 6 e 7, n. 4, p. 6-25, 2016.

ENTREVISTA

Educação a distância: Embrapa Gado de Leite oferece cursos via internet

Foi-se o tempo em que o campo era visto como um ambiente desatualizado. À medida que a Internet avança pelo interior, ampliam-se também as possibilidades de acesso a um vasto conteúdo. A tecnologia sempre esteve presente no campo e, mais recentemente, vem sendo utilizada para aperfeiçoar e atualizar os conhecimentos de um público cada vez mais diversificado e exigente. Muitas instituições ligadas à agropecuária lançam mão da educação a distância (EaD) para promover capacitações.

A Embrapa Gado de Leite é uma das precursoras nesta modalidade, que oferece ao participante a praticidade ter acesso às informações de seu interesse no horário e no local que lhe forem mais convenientes. Essa modalidade de ensino evita despesas com deslocamento e outros custos e permite que o participante organize seus horários de estudo conforme sua necessidade.

Rosangela Zoccal, Zootecnista, MSc em Produção Animal, pesquisadora da Embrapa com atuação na área de socioeconomia da atividade leiteira, é atualmente a coordenadora da equipe de E@D Leite. Em entrevista ao Incaper em Revista, ela aponta os desafios e as conquistas da implantação dessa modalidade na Embrapa Gado de Leite.



Rosangela Zoccal

Pesquisadora da Embrapa Gado de Leite

1 – Como e quando a Embrapa Gado de Leite começou a ministrar cursos a distância?

Os cursos começaram em outubro de 2017. Nossa carteira ainda é muito tímida. Estamos aprendendo a construir cursos de capacitação para técnicos e produtores. Por enquanto apenas dois cursos estão disponíveis: 1) Silagem de capim e 2) Amostragem, coleta e transporte do leite e em outubro inicia o de melhoramento genético de rebanhos leiteiros.

2 - Por que a Embrapa Gado de Leite resolveu desenvolver este trabalho?

É uma junção de fatores importantes, a necessidade de a Embrapa de transferir os resultados da pesquisa e estar mais próximo de seu público, extensionistas e produtores, em todas as regiões brasileiras, com uso da internet. A Embrapa Gado de Leite, com mandato nacional, deve atender todo tipo de produtor de todas as regiões.

3 - Quais foram os principais desafios superados quando da implantação da educação a distância (EaD)?

Penso que nosso maior desafio foi e é de construir cursos que consigam realmente levar ao campo os resultados das pesquisas e/ou capacitar os técnicos, produtores e estudantes nas tecnologias ou processos úteis para a atividade leiteira em todas as regiões brasileiras. Num primeiro momento a capacitação da equipe da E@D Leite em designer instrucional, tecnologia da informação, fotografia, vídeos e a aquisição de equipamentos adequados foi também um grande desafio.

4 - Como é feito este trabalho? A equipe é grande? Como é a participação das outras unidades da Embrapa?

A equipe do E@D Leite conta com uma responsável, uma pedagoga, dois web designers e um analista em tecnologia da informação, além da equipe de pesquisadores e técnicos da Embrapa, que são os responsáveis pelos conteúdos disponibilizados nos cursos. Nosso grande diferencial é que toda a equipe técnica da Embrapa, em algum momento, estará envolvida com o E@D Leite, para elaborar conteúdo ou atualização dos que estão disponíveis, nas diferentes áreas: melhoramento genético, alimentação, sanidade, qualidade do leite etc.

5 - Os cursos são voltados para um público específico?

O público preferencial são os técnicos da assistência técnica, mas podem se inscrever produtores de leite, estudantes ou qualquer pessoa que tenha interesse no

assunto. No curso de Amostragem, coleta e transporte do leite, por exemplo, o público preferencial são os transportadores de leite que coletam as amostras para análise nos laboratórios credenciados pelo Mapa.

6 - O que já foi desenvolvido até agora? Muita gente já foi capacitada?

Estamos com dois cursos sendo oferecidos: “Como preparar a silagem de capim” e “Amostragem, coleta e transporte do leite”, mas outros cursos já estão em diferentes estágios de desenvolvimento. Aproximadamente 500 pessoas já foram capacitadas nos dois cursos disponíveis, que foram lançados em outubro de 2017.

7 - Como são os cursos?

Os cursos são compostos de quatro ou cinco módulos, em que são abordados os assuntos pertinentes ao tema de forma resumida. Uma biblioteca virtual com o material para download e impressão se desejar, que são as “cartilhas”, ilustradas, para consultas futuras. Na biblioteca também estão outros materiais, já publicados na Embrapa, para aprofundamento do conhecimento e os vídeos relacionados ao tema central.

Quando o curso está disponível, semanalmente, o aluno é convidado a participar de fóruns de debate, onde um pesquisador ou técnico da Embrapa participa da discussão.

Estamos trabalhando com turmas fechadas, em que cada curso fica disponível durante 30 dias, e após 15 dias do término do curso inicia uma nova turma.

Ao concluir cada módulo, o aluno deve fazer dois tipos de avaliação, uma para fixação do conhecimento e outra de avaliação do aprendizado. Se conseguir responder corretamente 60% das questões, ao término do curso ele receberá um certificado digital.

8 - Como é feita a seleção dos assuntos que serão abordados?

A seleção de novos temas é feita levando-se em conta três fatores: As perguntas mais frequentes no nosso SAC

(Serviço de Atendimento ao Cidadão); sugestões dos produtores e de técnicos que visitam a Embrapa Gado de Leite; e resultados de pesquisas desenvolvidas na Embrapa e que devem ser divulgados.

9 - Com relação aos valores cobrados, como são estabelecidos? Como o aluno efetua o pagamento? Os recursos são investidos na própria EaD?

Nossos cursos tem um preço fixo, de R\$ 29,90, com aproximadamente 30 horas de dedicação. O pagamento é feito por meio de uma fundação, Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento, Faped, www.faped.org.br, via boleto bancário. Os recursos provenientes da capacitação serão utilizados na própria EaD para elaboração de novos cursos.

10 - Houve alguma dificuldade ao longo desta trajetória? Se sim, quais? Como foram superadas?

A equipe formada para trabalhar com capacitação a distância, não tinha experiência no assunto e o Núcleo de Ensino a Distância, da Universidade Federal de Juiz de Fora, nos auxiliou muito na elaboração da arquitetura da nossa EaD Leite. A equipe também teve que ser capacitada nas diferentes necessidades, como web designer, designer instrucional, plataforma moodle, iSpring, que são software utilizados na elaboração dos cursos.

11 - Já foi feita alguma avaliação dos resultados deste trabalho? O que foi observado?

Após a conclusão do curso, os alunos são convidados a fazer uma avaliação, e temos recebido muitos feedbacks positivos e algumas sugestões, que são incorporadas, quando pertinentes. Dos alunos que se matriculam, mais de 70% concluem e recebem o certificado, que é um índice muito superior ao que normalmente se consegue com essa modalidade. Atribuímos esse sucesso ao formato dos cursos e ao acompanhamento personalizado que fazemos.

12 - Quais as expectativas com relação ao futuro? Serão oferecidos mais cursos? Em quais áreas? Por quê?

Nossa expectativa é muito grande. Queremos disponibilizar, de maneira fácil, agradável e abrangente, os resultados das pesquisas desenvolvidas na Embrapa.

Estamos trabalhando para disponibilizar os seguintes cursos:

“Raças leiteiras, estratégias de cruzamentos, escrituração e indicadores zootécnicos”

“Silagem de milho e de sorgo para alimentação de rebanhos leiteiros”

“Produção de leite com qualidade”

“Prevenção e tratamento da mastite”

“Produção de leite a pasto”

“Gestão da atividade leiteira”

13 - No seu ponto de vista, qual a importância da educação a distância para o desenvolvimento da agropecuária brasileira?

Eu acredito que a Educação a Distância poderá ajudar muito não só no desenvolvimento da pecuária de leite, mas também na agropecuária como um todo. Porque:

1. A internet e o uso do celular estão cada vez mais disponíveis e comuns no campo.

2. Os técnicos e produtores, têm a qualquer hora e a qualquer dia, o conhecimento disponível para acesso.

3. A agropecuária está caminhando para a especialização e eficiência, e a EaD poderá ajudar muito nesse sentido.

4. Estamos entrando na era 4.0, em que os aplicativos e sensores auxiliam na atividade, porém as tecnologias, produtos e processos devem ser bem feitos.

Por Juliana Raymundi Esteves

Jornalista (MTB-ES 01098/JP), MBA em Comunicação Integrada, Especialista em Telejornalismo, Coordenadora de Comunicação e Marketing do Incaper, Analista de Suporte em Desenvolvimento Rural do Incaper, juliana.esteves@incaper.es.gov.br

‘Marilândia ES8143’ e Jardim Clonal Superadensado: tecnologias sustentáveis de café conilon



Foto: Liliam Maria Ventorim Ferrão

Ao longo de 33 anos de pesquisa científica, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) desenvolveu diversas soluções para a cafeicultura de base familiar do Espírito Santo. A tecnologia mais recente, de número dez, de seu programa de pesquisa em genética e melhoramento é a variedade clonal ‘Marilândia ES 8143’.

O Espírito Santo ainda enfrentava os reflexos da longa estiagem quando foi lançada a cultivar. E o momento não poderia ser mais oportuno: tolerante à seca, a variedade clonal despontou como alternativa extremamente interessante para o produtor rural preocupado em minimizar o impacto negativo da crise hídrica.

“Mais de 70% das plantações de café conilon capixabas estão em locais que possuem déficit hídrico. Nestes locais, a chuva não é suficiente para que a lavoura cresça e produza em quantidade economicamente viável. São locais que necessitam de suplementação de água por meio da irrigação. Como a principal característica da Marilândia é a tolerância à seca, a variedade veio ao encontro dos anseios dos produtores e das necessidades do mercado”, disse Abraão Carlos

Verdin Filho, pesquisador e coordenador técnico de cafeicultura do Incaper.

A cultivar é formada pelo agrupamento de 12 clones superiores. Além de ser tolerante à seca, a planta possui qualidade superior de bebida, além alto vigor vegetativo, resistência à ferrugem (que é uma das principais doenças dos cafezais). Mesmo em condições de déficit hídrico, a planta possui baixo índice de desfolhamento, e a maturação dos frutos é uniforme. A produtividade média é muito boa: 63,62 sacas beneficiadas por hectare em condições de déficit hídrico e 80,98 sacas beneficiadas por hectare em condições normais.

Para chegar a este resultado, o Incaper partiu de mais de mil clones, avaliados desde 1985 nas Fazendas Experimentais de Marilândia, Sooretama e Bananal do Norte, em Cachoeiro de Itapemirim. Os três espaços representam os principais macroambientes de cultivos do Conilon no Estado. Após a avaliação desses clones, O Incaper selecionou os 12 mais tolerantes à seca, agrupou os materiais genéticos e obteve a cultivar ‘Marilândia ES 8143’.

Dada à diversidade de material genético, a cultivar apresenta outras características interessantes ao produtor. Dentre as mais de 20 características avaliadas associadas à produção e à qualidade dos grãos, destacam-se: a maturação intermediária, que permite colheita entre os meses de maio e junho; alto potencial produtivo em condições de estresse hídrico, chegando a 63 sacas por hectare sem irrigação (em condições normais de chuva a produtividade para de 80,98 sc/ha e, irrigada, passa de 130 sc/ha) bom porte e arquitetura de planta; baixo chochamento de grãos; bom desenvolvimento vegetativo; grãos de tamanho médio a grande, adequada relação café cereja/beneficiado; moderada resistência à ferrugem, que é a principal doença do café; adaptação a todas as áreas zoneadas para o cultivo do café Conilon no Espírito Santo; boa qualidade de bebida, entre outras.

“A variedade ‘Marilândia ES 8143’ tem alta produtividade em condição de seca ou com irrigação e permanência de produção diferente do que temos nas lavouras de hoje. Além disso, a tolerância à doença a ferrugem e qualidade superior de bebida proporcionam maior segurança e sustentabilidade ao cafeicultor. Essa variedade se encaixa no momento vivido pelo produtor rural, pois ajuda a minimizar um efeito desastroso que a seca causou”, disse Romário Gava Ferrão, pesquisador do Incaper e coordenador dessa pesquisa.

A entrega da tecnologia aos cafeicultores capixabas deu-se na ocasião do lançamento, comprovando a missão do Incaper de produzir soluções tecnológicas e sociais por meio de ações integradas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. “Vou repassar as mudas para os meus filhos. São 12 clones e vamos começar a produzir. Passamos um pouco de dificuldade com a falta de chuva, mas acredito que não vamos passar mais”, comemorou o cafeicultor Gessi Dadalto Denaquio, de 64 anos, produtor rural em Marilândia, município que



Produtores, técnicos e outros interessados visitam lavoura da nova cultivar de café conilon

dá nome à variedade e que tornou-se a capital estadual da pesquisa em café conilon.

Jardim Clonal Superadensado de Café Conilon

Outra tecnologia lançada pelo Incaper na ocasião é fundamental para facilitar e agilizar o acesso dos produtores interessados à cultivar Marilândia. Trata-se do Jardim Clonal Superadensado de Café Conilon, uma nova técnica para a multiplicação rápida de cultivares clonais melhoradas. “Pelo sistema tradicional de multiplicação, demora-se no mínimo dois anos para começar a retirar as estacas das mudas e multiplicar para chegar ao produtor. Pela técnica do Jardim Clonal Superadensado, em vez de começar a retirar as estacas com dois anos, retira-se com sete meses. Isso acelera o processo em quase um ano e meio. Além do ganho de tempo, o produtor também ganha em área, em produtividade e em qualidade da muda. No fim das contas, ele tem uma muda mais vigorosa e que exigiu menos mão de obra. Isso diminui o custo de produção”, explicou Paulo Sérgio Volpi, pesquisador do Incaper que coordenou e trabalhou no desenvolvimento da tecnologia.

Por Juliana Raymundi Esteves

Ações para o desenvolvimento da bovinocultura são realizadas de Norte a Sul do Espírito Santo



As ações da bovinocultura visam, principalmente, à capacitação de técnicos e produtores.

A bovinocultura está entre as três atividades mais importantes da agropecuária do Espírito Santo. Responde por 29,4% do Valor Bruto da Produção Agropecuária do Estado (VBPA). Visando aprimorar cada vez mais a atividade no Estado, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) desenvolve uma série de ações a fim de capacitar pessoas e disponibilizar tecnologias aos produtores de Norte a Sul do Estado.

Todas as ações são balizadas pelo Programa Capixaba Bovinocultura Sustentável, coordenado pelo Incaper, que oferece o alinhamento técnico a ser seguido. Em dezembro de 2017, quando se encerrou o primeiro ano de atuação do Instituto no programa, 6.087 produtores foram beneficiados, número 79% maior que no ano anterior.

Em 2017, o Incaper conduziu 182 propriedades com intervenções de manejo, sendo que nove delas se tornaram unidades demonstrativas, servindo de referência para outros produtores. “Identificamos que, no início do trabalho, 80% dessas propriedades possuíam carências na estrutura básica, principalmente por faltar alimento para o rebanho em algum período do ano. Só 15% possuíam o manejo intermediário e apenas 5% apresentavam o manejo avançado. A equipe do Incaper fez um trabalho muito intenso para melhorar essa demanda no Estado, e vai continuar capacitando produtores rurais e técnicos com informações atualizadas sobre as diversas tecnologias aplicáveis no Estado para reverter este quadro desfavorável para os produtores”, ressaltou Bernardo Lima Bento de Mello, coordenador técnico de produção animal do Incaper.

Uma destas ações foi a realização da primeira edição do dia de campo TecLeite no Espírito Santo. Mais de 500 pessoas, entre produtores rurais, estudantes e profissionais estiveram no evento, que atraiu participantes de vários municípios do Espírito Santo, e também de outros estados do País, como Rio de Janeiro e Minas Gerais. No Dia de Campo, realizado em Cachoeiro de Itapemirim, foram apresentadas e discutidas as mais atuais tecnologias sustentáveis voltadas para a produção de leite a pasto.

O pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Marcelo Dias Muller explicou que o TecLeite é um modelo de evento que a Embrapa adotou há alguns anos com o objetivo de trazer o produtor e a sociedade para dentro da instituição. “Com isso é possível apresentar de forma rápida, simples e bem objetiva, as tecnologias mais modernas, as atualizações que existem, e semear nos produtores a ideia daquilo que tem de novo e atual nas tecnologias para a produção de leite nas nossas regiões”, frisou.

Além da qualidade técnica do evento, o TecLeite chamou atenção por ter sido realizado na Vitrine de Forrageiras, instalada na Fazenda Experimental do Incaper de Bananal do Norte, no distrito de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim. “Achei que foi um excelente trabalho organizado pelo Incaper. Os profissionais que deram palestra são muito competentes, a gente vê que eles entendem do assunto. É mais um conhecimento que a gente ganha. Outra coisa bacana foi que teve a teoria e, bem ao lado, tinham os produtos para demonstrar na prática. Dava direitinho para comparar um capim com o outro”, disse o agropecuarista José Roberto Bissoli, de Pacotuba, que participou do TecLeite.

A implantação da Vitrine de Forrageiras iniciou-se por meio de uma parceria entre o Incaper e a Embrapa. “Hoje a coleção tem mais de 50 materiais forrageiros. Os visitantes podem visualizar as diferentes opções de plantas utilizadas na alimentação animal. A ideia de capacitar as pessoas na Vitrine de Forrageiras gerou uma repercussão positiva, porque a unidade tem desde as primeiras plantas utilizadas no Espírito



Foto: Cristiane Silveira

A Vitrine de Forrageiras reúne diferentes espécies de plantas utilizadas na alimentação animal.

Santo até os lançamentos mais recentes. Mais de 1000 pessoas já conheceram a coleção” salientou Bernardo. Buscando ampliar a capacitação dos produtores do Norte do estado, em outubro de 2018 foi implantada na Fazenda Experimental do Incaper em Linhares, a segunda vitrine de forrageias. “A coleção de diferentes plantas utilizadas para a alimentação do rebanho é uma verdadeira sala de aulas a céu aberto, e também um jardim sensorial. Os produtores tocam nas plantas, observam na prática as diferenças entre uma forrageira e outra. E as orientações oferecidas pelo Incaper não são apenas para que o produtor conheça as novidades. O Incaper também orienta sobre como utilizar da melhor maneira as forrageiras que o produtor já possui”, acrescentou Bernardo.

A Fazenda de Linhares, inclusive, foi cenário de outra ação importante em prol do desenvolvimento da bovinocultura capixaba: a retomada dos cursos de pecuária bovina na unidade, que iniciou com o retorno do curso de inseminação artificial. Para o coordenador da Fazenda, Tarcísio Feleti de Castro, o maior benefício é para o pequeno produtor: “O curso é fundamental para que o pequeno produtor do Norte do Estado também tenha acesso a tecnologias que vão

ajudar a melhorar a genética do rebanho, aumentar a produtividade e reduzir custos de produção”, explicou.

Além deste, o Incaper, em parceria com o Senar e outras instituições, oferece outros cursos relacionados à pecuária leiteira, a fim de capacitar os produtores e trabalhadores rurais do Espírito Santo. Desta maneira, o Instituto oferece informações técnicas que contribuem para melhorar a alimentação, manejo, qualidade genética do rebanho, os indicadores zootécnicos e econômicos da pecuária de bovina capixaba e, conseqüentemente, a qualidade do leite e da carne produzidos no Estado.

As ações realizadas pelo Incaper de Norte a Sul do Espírito Santo buscam atender às necessidades apresentadas pelos produtores rurais capixabas. Um Dia de Campo sobre a Cultura do Sorgo Forrageiro, realizado em Mucurici no extremo Norte do Estado, serviu de exemplo para produtores de outros municípios, que implementaram o cultivo em suas propriedades. “Esta ação acabou incentivando os produtores a plantarem sorgo. Antes, o Estado não tinha tradição nesta cultura, mas hoje já é possível até encontrar semente de sorgo aqui no mercado. Foi o pontapé para o início dos cultivos na região”, disse o extensionista do Incaper, Lázaro Raslan.

As ações desenvolvidas ao longo de 2018 foram coroadas com a realização da Feira de Touros Pró-Genética em Barra de São Francisco. A Feira estava sendo esperada com ansiedade por muitos produtores rurais da região, e superou as expectativas. “Esta foi a melhor Feira de Touros realizada no Espírito Santo pelo Incaper e pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu, a ABCZ. Dos 44 animais ofertados, 38 foram adquiridos pelos produtores. Foi a maior média de vendas do Brasil no ano, e representa um ganho enorme na qualidade genética do rebanho capixaba. Os bezerros criados na região serão de excelente linhagem”, explicou Raslan.



Foto: Incaper/Incaper

Os touros comercializados na Feira vão ajudar a melhorar a qualidade genética do rebanho em Barra de São Francisco e Região.

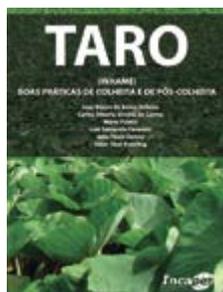
Ao longo do ano, foram realizadas quatro Feiras de Touros: em Linhares, Alegre, Mucurici e Barra de São Francisco. “Barra de São Francisco é, até o momento, a feira com maior número de touros vendidos em 2018, seguida por Barra do Garças, no Mato Grosso, com 37”, comemorou Lauro Fraga, gerente de melhoramento genético da ABCZ e coordenador do programa Pró-Genética.

Todas as ações possuem um único propósito: fortalecer e desenvolver a cadeia produtiva da pecuária bovina capixaba com sustentabilidade, visando melhorar a qualidade dos produtos ofertados e aumentar a produtividade e a renda dos produtores rurais. “A ideia é produzir mais leite e/ou carne com práticas sustentáveis, com a garantia de qualidade e retorno financeiro aos produtores rurais. Esse é o objetivo do Incaper ao recomendar tecnologias, promover capacitações e desenvolver diversas outras ações em pecuária bovina”, finalizou Bernardo Lima Bento de Mello, coordenador técnico de produção animal do Incaper.

Por Juliana Raymundi Esteves

Principais publicações editadas pelo Incaper em 2018

Livros



Taro (inhame): boas práticas de colheita e de pós-colheita
José Mauro de Sousa BALBINO
Carlos Alberto Simões do CARMO
Mário PUIATTI
Luiz Fernando FAVARATO
João Paulo RAMOS
César Abel KROHLING



Cultura da Batata-baroa (Mandioquinha-Salsa): Práticas da produção à pós-colheita
José Mauro de Sousa BALBINO (Org.)

Circular Técnica

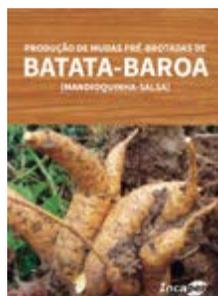


Espécies Vegetais para cobertura de solo: guia ilustrado
Maria da Penha ANGELETTI
Jacimar Luis de SOUZA
Hélcio COSTA
Luiz Fernando FAVARATO
Evelson Sanche MUNIZ
Lucinéia LAURETT
Ernesto de Moraes MUZZI
José Salazar ZANUNCIO JUNIOR
André GUARÇONI M.

Série Documentos



Sistemas Agroflorestais e consórcios no estado do Espírito Santo: relato de experiências
Eduardo Ferreira SALES,
João Batista Silva ARAÚJO
Adriana BALDI



Produção de mudas pré-brotadas de Batata-Baroa (mandioquinha-salsa)
Sarah Ola MOREIRA
Nuno Rodrigo MADEIRA



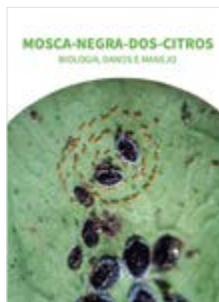
Síntese da produção agropecuária do Espírito Santo 2016/2017
Edileuza aparecida Vital GALEANO
Fernanda Secchin de Melo SPERANDIO
Josiene Freire ROCHA
Líliam Maria Ventorim FERRAO
Luiz Carlos Santos CAETANO
Tiago de oliveira GODINHO

Fôlder Técnico



Manejo da cochonilha- da -roseta do café conilon

Maurício José FORNAZIER
David dos Santos MARTINS
João Luiz PERINNI
José Salazar Zanuncio JUNIOR
Rogério Carvalho GUARÇONI
Ademar Espíndula JUNIOR
Débora Lorenção FORNAZIER



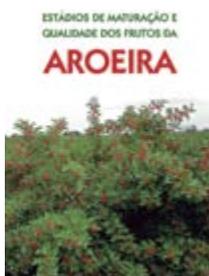
Mosca-negra-dos-citros: Biologia, dano e manejo

José Salazar ZANUNCIO Jr.
Maurício José FORNAZIER
João Victor D. SANTANA
David dos Santos MARTINS,
Sebastião Antônio GOMES
Renan Batista QUEIROZ
Joelmir KOEHLER
Marianna Abdalla Prata GUIMARÃES
Flávio de Lima ALVES
Marlon Dutra Degli ESPOSTI



ES-204 IMPERADOR: Nova variedade de milho para agricultura familiar do ES. Resgate e seleção de variedades crioula
Jacimar Luis de SOUZA
Romário Gava FERRÃO
Hélcio COSTA
Maurício José FORNAZIER

Anais



Estádios de maturação e qualidade dos frutos da aroeira

José Aires VENTURA
Fabiana Gomes RUAS
Nataly Senna GERHARDT
Edinelson José Maciel NEVES
João Bosco Vasconcellos GOMES
Alisson Moura SANTOS
Ricardo Machado KUSTER



CD - Anais do IV Simpósio de Papaya Brasileiro

David dos Santos MARTINS
Gilmar Gusmão DADALTO

Boletins

Boletim Conjuntura Agropecuária Capixaba

**Vitória/ES Ano IV Nº13 - Março
2018**

PREVISÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA
PARA 2018 E DESEMPENHO DA
PRODUÇÃO ANIMAL EM 2017
Josiene Freire ROCHA
Edileuza Vital GALEANO

Boletim Conjuntura Agropecuária Capixaba

Vitória/ES Ano IV Nº14- Junho 2018

ATUALIZAÇÕES DAS PREVISÕES DA
PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA 2018
Vanessa Alves Justino BORGES
Edileuza Aparecida Vital GALEANO
Walber Ribeiro SANTOS

Boletim Conjuntura Agropecuária Capixaba

**Vitória/ES Ano IV Nº15 - Setembro
2018**

VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO DE 2017
E ATUALIZAÇÃO DAS ESTIMATIVAS
PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE 2018
Edileuza Aparecida Vital GALEANO
Daniel Guzzo MORATTI
Arthur Mendonça Emery CADE
Fabiola Angela FERRARI

Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo

**Vitória/ES - v4, n13 - Janeiro/
Março 2018**

ANÁLISE CLIMÁTICA DO TRIMESTRE
JANEIRO A MARÇO DE 2018
Thábata Teixeira BRITO
Bruce Francisco Pontes da SILVA
Pedro Henrique Bonfim PANTOJA
Hugo Ely dos Anjos RAMOS
José Geraldo Ferreira da SILVA
Ivaniél Fôro MAIA

Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo

**Vitória/ES - v4, n14 - Abril/Junho
2018**

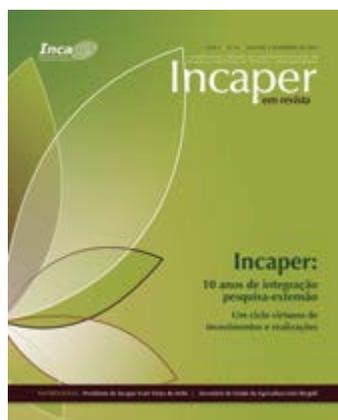
ANÁLISE CLIMÁTICA DO TRIMESTRE
ABRIL A JUNHO DE 2018
Thábata Teixeira BRITO
Bruce Francisco Pontes da SILVA
Hugo Ely dos Anjos RAMOS
Pedro Henrique Bonfim PANTOJA
Ivaniél Fôro MAIA

Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo

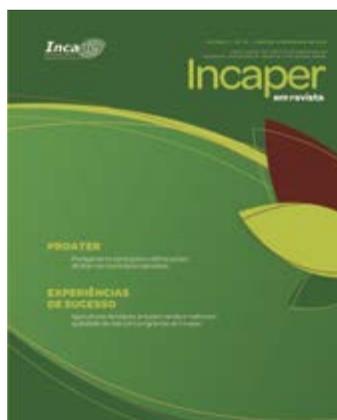
**Vitória/ES - v4, n15 - Julho/
Setembro 2018**

ANÁLISE CLIMÁTICA DO TRIMESTRE
ABRIL A JUNHO DE 2018
Thábata Teixeira BRITO
Bruce Francisco Pontes da SILVA
Hugo Ely dos Anjos RAMOS
Pedro Henrique Bonfim PANTOJA
Ivaniél Fôro MAIA

Edições Incaper em Revista



Vol. 1 - Janeiro a Dezembro de 2010



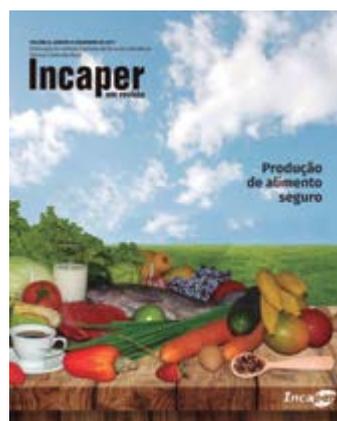
Vol. 2 e 3 - Janeiro 2011 a Dezembro de 2012



Vol. 4 e 5 - Janeiro 2013 a Dezembro de 2014



Vol. 6 e 7 - Janeiro 2015 a Dezembro de 2016



Vol. 8 - Janeiro a Dezembro de 2017



Vol. 9 - Janeiro a Dezembro de 2018



Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**
*Secretaria da Agricultura,
Abastecimento, Aquicultura e Pesca*

