



NÚMERO DE FRUTOS PARA DETERMINAR O TAMANHO DE AMOSTRA PARA AVALIAR CARACTERÍSTICAS DE MARACUJÁ PELO MÉTODO DE BOOTSTRAP.

Rogério Carvalho Guarçoni¹, Lucas Louzada Pereira², Luiz Fernando Favarato¹, Raphael Peixoto Victorino³, Thais Fernandes Bassani³, Lyvia do Carmo Azevedo³, Ana Luiza Giore Rizzo³, Luiz Carlos Santos Caetano¹, Rafael Nobre Galvão³, Silvana Soares da Silva³, Jamile Rocha Pavan², Sebastião Antônio Gomes¹.

¹Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Centro Regional de Desenvolvimento Rural – Centro Serrano, Rodovia BR 262, Km 94, CEP 29.278.000, Domingos Martins-ES, rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br, lffavarato@gmail.com, luizcaetano@incaper.es.gov.br, sagomes@incaper.es.gov.br.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Campus Venda Nova do Imigrante, Departamento de Engenharia de Produção, Rua Elizabete Perim, s/n - São Rafael, Venda Nova do Imigrante - ES, 29375-000, lucas.pereira@ifes.edu.br, jamile.pavan@ifes.edu.br.

³Bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo, FAPES, raphael_victorino@hotmail.com, thaisbassani00@gmail.com, lyvia-azevedo2410@hotmail.com, analugiore@gmail.com, rafaelnobreagalvao@hotmail.com, silvanasilvasierry@gmail.com.

Resumo - Nos ensaios agrícolas, os investigadores devem definir o número mínimo de dados necessário para determinar o tamanho de amostra em função do erro de estimação, visando aumentar a precisão experimental. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar o número mínimo de frutos para dimensionar amostras e os tamanhos de amostras em função dos erros de 1 a 10%, para avaliar características de maracujá. O trabalho foi conduzido no laboratório de alimentos do Ifes, onde foram mensuradas características físicas de 121 frutos de maracujá azedo. Os números mínimos de frutos necessários para dimensionar amostras em função dos erros de estimação, foi obtido por simulação. São necessários pelo menos 104, 95, 94 e 106 frutos de maracujá, respectivamente, para determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação, para as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa de suco. Os tamanhos das amostras para as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa de suco, variaram, respectivamente, de 329, 335, 2676 e 3732 frutos para o erro de estimação de 1% até 4, 4, 27 e 38 frutos para o erro de 10%.

Palavras-chave: Erro de estimação, Dimensionamento amostral, Simulação, Planejamento experimental.

Área do Conhecimento: Agronomia.

Introdução

O cultivo de frutas no Brasil e no estado do Espírito Santo apresenta grande importância socioeconômica, gerando divisas, empregos diretos e indiretos, além de produzir alimentos para a população. No Espírito Santo a fruticultura representa 1.175,08 milhões de reais do Valor Bruto da Produção Agropecuária - VBPA do estado, ou seja, 13,00%, sendo superada apenas pela cafeicultura e pela produção animal, representando, respectivamente, 36,20 e 25,90% do VBPA em 2016. O maracujá representa 3,71 % do VBPA do total da fruticultura Estado (GALEANO, 2017).

Diante da grande representatividade da fruticultura no contexto econômico brasileiro e estadual, há necessidade da geração de novas pesquisas para disponibilizar ao produtor rural novas tecnologias de produção, colheita e pós-colheita.

Existem diversos trabalhos publicados que avaliaram características de frutos de maracujá azedo, utilizando o método empírico para dimensionar o tamanho da amostra visando à redução do erro e o aumento da precisão, como o de Fortaleza et al. (2005) que utilizaram 20 frutos por tratamento para avaliar as características peso médio, rendimento de polpa, teor de sólidos solúveis totais,



comprimento, diâmetro, espessura de casca, coloração da casca, número médio de sementes por fruto, pH, acidez titulável, ratio e produtividade, num estudo sobre adubação potássica.

Para o dimensionamento do tamanho da amostra em função do erro de estimação nos experimentos agrícolas, os pesquisadores devem definir o número mínimo de dados necessário, visando aumentar a precisão experimental, além de diminuir a relação custo/benefício, gerando tecnologias apropriadas com menores custos experimentais.

Nos testes utilizados para a determinação do número mínimo de dados necessário para a determinação do tamanho da amostra, consideram que o aumento de dados diminui o erro até determinado ponto e, a partir do qual, os ganhos com precisão não se alteram.

Guarçoni et al. (2017) determinaram os números mínimos de frutos necessários para determinar os tamanhos de amostras para as características massa, circunferência, altura e largura de goiaba, utilizando os métodos bootstrap e do modelo da regressão linear com resposta a platô.

A qualidade das análises dos dados experimentais depende do dimensionamento adequado da amostra, e segundo Fonseca e Martins (2010), o tamanho da amostra é diretamente proporcional à confiabilidade desejada da estimativa e da variabilidade dos dados e inversamente proporcional ao erro amostral. Na determinação do tamanho da amostra em função do erro de estimação, devem ser consideradas as limitações de recursos financeiros, de mão-de-obra e de tempo para a condução dos experimentos.

Vários autores já publicaram trabalhos para determinar o tamanho da amostra em função do erro de estimação como Toebe et al. (2012) que determinaram o tamanho da amostra necessária para avaliar características de frutos de pêssigo cultivar 'Eldorado', para estimar as características firmeza da polpa, massa, acidez, ratio e comprimento na colheita; Galvão et al. (2017) que calcularam os tamanhos das amostras para avaliar as características massa de fruto, rendimento de suco, altura de fruto e diâmetro de fruto de lima ácida Tahiti; Galvão et al. (2018) que dimensionaram amostras em função dos erros de estimação de características físico-químicas de lima ácida Tahiti; Toebe et al. (2014) que estimaram o tamanho de amostras para avaliar características das variedades de maçã Royal Gala e Fuji; Krause et al. (2013) que determinaram tamanho de amostra para avaliar características de frutos de abacaxizeiro, cultivar Pérola, em experimento com adubação; Cargnelutti Filho et al. (2014) que calcularam o tamanho da amostra necessário para a estimação da média de altura de planta de mudas de nogueira-pecã; e Guarçoni et al. (2017) que observaram para goiaba o tamanho da amostra para avaliar a características físicas.

Para determinar a precisão experimental é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que estimam a precisão através da estimativa de tamanhos de amostras em função dos erros de estimação. Mediante essa demanda, constrói-se a temática e problema de pesquisa: **Quais são os números de frutos necessários para a determinação dos tamanhos de amostras e quais são os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação para avaliar características de Maracujá Azedo?**

Metodologia

O experimento foi conduzido em parceria com um produtor rural de Afonso Cláudio, ES, sendo o manejo da adubação e da calagem realizado de acordo com os resultados das a análise do solo, conforme o Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação (PREZOTTI et al., 2007).

Uma amostra com 121 frutos de maracujá azedo foi colhida ao acaso do experimento, sendo que em cada fruto foi mensurado, no Laboratório de Alimentos do Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes, campus de Venda Nova do Imigrante, as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa suco. A altura e o diâmetro de fruto foram mensurados com um paquímetro digital, em mm e a massa de fruto e a massa de suco foram determinadas através de uma balança digital, com seus valores expressos em gramas.

Foram calculados, para as quatro características, a média, os valores máximo e mínimo, a variância e o coeficiente de variação. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Lilliefors.

Foi utilizado o método de bootstrap, onde foram realizadas 1000 simulações de amostras com 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 frutos, para o agrupamento dos diferentes números de frutos (X) e



seus respectivos coeficientes de variação $CV(X)$ (LEONARDO et al., 2014; PARANAIBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

Os agrupamentos dos pares $[X, CV(X)]$ foram utilizados para estimar os parâmetros do modelo de regressão linear com resposta a platô. Para este método, o número mínimo necessário para determinar o tamanho da amostra ocorre quando o modelo linear se transforma em um platô (Equação 1):

$$\begin{aligned} Y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon_i \quad \text{se } X_i \leq X_0 \\ Y_i &= P + \varepsilon_i \quad \text{se } X_i > X_0 \end{aligned} \quad (1)$$

Onde Y_i é a variável resposta, β_0 é o coeficiente linear do modelo linear do segmento anterior ao platô, β_1 o coeficiente angular deste mesmo segmento, ε_i o erro associado a i -ésima observação e P é o platô e X_0 é o ponto de ligação dos dois segmentos.

Após a obtenção do número mínimo de frutos necessário para determinar o tamanho da amostra, foram dimensionados os tamanhos das amostras em função dos erros de estimação para as quatro variáveis avaliadas.

O dimensionamento de cada amostra (n) foi obtido a partir da quantidade mínima de frutos necessária para determinar o tamanho da amostra, sendo n determinado baseado no valor de $t_{\alpha/2}$ que é o valor crítico da distribuição t de Student com $n-1$ graus de liberdade e em α igual a 5% de probabilidade, s^2 a estimativa da variância e $E\%$ o erro de estimação. Utilizando os erros de estimação em percentagem ($E\%$) da estimativa da média (\bar{X}) iguais 1, 2, ..., 10%, o tamanho de cada amostra foi calculado por meio da equação 2 (GALVÃO et al., 2017; GALVÃO et al., 2018; GUARÇONI et al., 2017; CARGNELUTTI FILHO et al., 2014; TOEBE et al., 2014; KRAUSE et al., 2013; TOEBE et al., 2011).

$$n = \left(100 \cdot \frac{t_{\alpha/2} \cdot S}{E\% \cdot \bar{X}} \right)^2 \quad (2)$$

Foram utilizados o software livre R para a realização das simulações do processo bootstrap (R CORE TEAM, 2015) e o programa SAEG (RIBEIRO JÚNIOR; MELO, 2008) para a obtenção dos modelos de regressão linear com resposta a platô, sendo os modelos testados pelo teste de F e os parâmetros pelo teste de t .

Resultados

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos das 1000 simulações amostrais utilizando o método bootstrap, com 40, 50, ..., 120 frutos de maracujá e seus respectivos coeficientes de variação, para as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa de suco.

Tabela 1 - Agrupamento dos diferentes números de frutos e seus respectivos coeficientes de variação das características diâmetro de fruto, altura de fruto, massa de fruto e massa de suco.

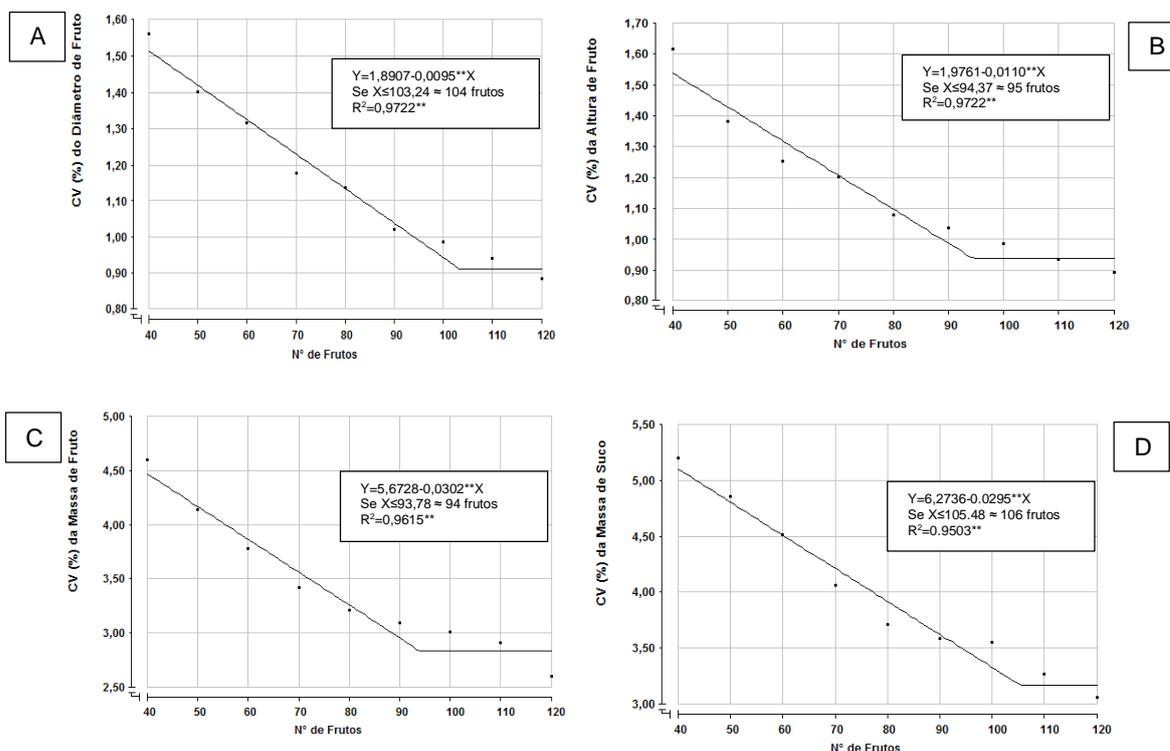
Número de Frutos	Coeficiente de variação – CV (%)			
	Diâmetro de fruto	Altura de fruto	Massa de fruto	Massa de suco
40	1.5575690	1.6141360	4.591403	5.192793
50	1.3970570	1.3787800	4.130046	4.846347
60	1.3118480	1.2477230	3.774694	4.505569
70	1.1746640	1.2003380	3.422313	4.054710
80	1.1332570	1.0757870	3.210338	3.706593
90	1.0181940	1.0321710	3.093003	3.582600
100	0.9818407	0.9818336	3.001423	3.542765
110	0.9362022	0.9314998	2.906065	3.261215
120	0.8813133	0.8879543	2.587310	3.049866

Os gráficos apresentados na Figura 1 foram obtidos das 1000 simulações amostrais, dos resultados apresentados na tabela 1, utilizando o método bootstrap, com 40, 50, ..., 120 frutos e seus respectivos coeficientes de variação, para as características diâmetro de fruto, altura de fruto, massa de fruto e massa de suco.



Os números mínimos de frutos necessários para determinar os tamanhos das amostras para as características diâmetro de fruto, altura de fruto, massa de fruto e massa de suco foram, respectivamente, 104, 95, 94 e 106 frutos (Figura 1).

Figura 1 - Relação entre o coeficiente de variação e número de frutos pelo método da regressão linear com resposta a platô para características diâmetro de fruto (A), altura de fruto (B), massa de fruto (C) e massa de suco (D).



As médias, os valores máximos e mínimos, as variâncias e os coeficientes de variação das quatro características, que estão apresentados na Tabela 2, foram obtidos de 106 frutos escolhidos aleatoriamente (maior valor obtido nas simulações e mínimo necessário para determinar o tamanho de amostra em função do erro de estimação, obtido para a característica massa de suco). Os dados de todas as características se ajustaram à distribuição normal, pelo teste de Lilliefors. Com isso, pode-se inferir que os dados são adequados para o dimensionamento do tamanho amostral pela distribuição t de Student.

Tabela 2 - Médias, valores máximos e mínimos, variâncias e coeficientes de variação das características de maracujá azedo na colheita a partir da amostra de 106 frutos.

Característica	Média	Máximo	Mínimo	Variância	CV (%)
Diâmetro de fruto	74,87	99,05	58,51	46,68	9,13
Altura de fruto	96,62	114,02	77,46	79,28	9,22
Massa de fruto	199,51	389,50	103,50	2704,14	26,06
Massa de suco	71,08	125,81	31,17	478,61	30,78

Os resultados da Tabela 3 mostram os tamanhos de amostras das características, utilizando α igual a 5% e número de frutos igual a 106, devido ao maior valor encontrado nas simulações, em função do erro de estimação de 1 a 10%. Verificou-se que os tamanhos das amostras para as características diâmetro de fruto, altura de fruto, massa de fruto e massa de suco, variaram, respectivamente, de 329, 335, 2676 e 3732 frutos para o erro de estimação de 1% até 4, 4, 27 e 38 frutos para o erro de 10%. Estes resultados confirmaram os coeficientes de variação apresentados na Tabela 2, que mostram que



quanto maior o coeficiente de variação, maior o tamanho da amostra em função do erro de estimação (Tabela 3).

Tabela 3 - Tamanho de amostra para a estimação da média de 4 características de maracujá azedo mensuradas na colheita, para erros de estimação iguais a 1, 2, ..., 10% da estimativa da média, obtidos de 106 frutos avaliados.

Característica	Erro de estimação (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diâmetro de fruto	329	83	37	21	14	10	7	6	5	4
Altura de fruto	335	84	38	21	14	10	7	6	5	4
Massa de fruto	2676	669	298	168	108	75	55	42	34	27
Massa de suco	3732	933	415	234	150	104	77	59	47	38

Discussão

Fica evidente que o coeficiente de variação em função do número de frutos, apresentados na Tabela 1, decresce até um certo ponto e, a partir daí o aumento do número de frutos para determinar o tamanho de amostras para as características de maracujá azedo, não colabora para aumentar a precisão.

Os resultados observados na Figura 1 de números de frutos necessários para determinar os tamanhos das amostras em função dos erros de estimação, encontrados nessa pesquisa, foram inferiores aos utilizados por Toebe et al. (2012), que utilizaram 120 frutos para determinar o tamanho da amostra necessária para avaliar características de frutos de pêssigo cultivar 'Eldorado', menores também aos utilizados por Toebe et al. (2014), que estimaram as médias de características das variedades de maçã Royal Gala e Fuji, utilizando 120 frutos, e de Galvão et al. (2017) que utilizaram 120 frutos para avaliar características de lima ácida de tahiti.

Guarçoni et al. (2017) em um trabalho em que determinaram o número de frutos para dimensionar o tamanho de amostra para a estimativa de características de goiaba utilizando simulação, observaram que os números de frutos para determinar os tamanhos das amostras para avaliar as características massa, circunferência, altura e largura foram, respectivamente, 104, 98, 105 e 102.

A variabilidade do tamanho da amostra entre as características já foi verificada em outros trabalhos para outras culturas como Toebe et al. (2012) que observaram tamanho de amostra na colheita, variando 2 frutos para avaliar a característica luminosidade até 79 frutos para firmeza da polpa do pessegueiro, para um erro de estimação igual a 5%; e Krause et al. (2013) que observaram para o erro de estimação de 4%, que devem ser amostrados em média 83, 35 e 10 frutos, respectivamente, para avaliação da massa, do comprimento e do diâmetro de frutos do abacaxizeiro da cultivar Pérola, em experimentos com adubação. Essa variabilidade também foi observada por outros autores como Cargnelutti Filho et al. (2014) que trabalharam com mudas de noqueira-pecã e Toebe et al. (2014) com maçãs Royal Gala e Fuji.

Conclusão

São necessários pelo menos 104, 95, 94 e 106 frutos de maracujá, respectivamente, para determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação, para as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa de suco.

Os tamanhos das amostras para as características diâmetro, altura e massa de fruto e massa de suco, variaram, respectivamente, de 329, 335, 2676 e 3732 frutos para o erro de estimação de 1% até 4, 4, 27 e 38 frutos para o erro de 10%.

Agradecimentos

Ao órgão financiador Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - Fapes, ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper pela disponibilidade das áreas experimentais e ao Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes pela disponibilização dos laboratórios para análises.



Referências

- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de nogueira-pecã. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p.2151-2156, 2014.
- FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 331p.
- FORTALEZA, J.M. et al. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p.124-127, 2005.
- GALEANO, E. A. V. **Valor bruto da produção agropecuária de 2016 e consolidação das estatísticas agropecuárias de 2017**. Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba, Vitória, v. 3, n. 12, p. 2-14, 2017. 3 14 p. Incaper. Documentos.
- GALVÃO, R.N. et al. Dimensionamento de amostra para avaliar características de lima ácida “tahiti”. In: Latin American Symposium of Food Science – SLACA, 12, 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp. 2017.
- GALVÃO, R.N. et al. Tamanho de amostra para a estimação de características químicas de lima ácida “tahiti”. Semana Capixaba de Engenharia de Alimentos – SECEAL, III, 2018, Alegre. ES. **Anais...** Alegre. ES: UFES, 2018.
- GUARÇONI, R.G. et al. Número de frutos para determinar o tamanho de amostra para a estimação de características de goiaba utilizando simulação. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica – INIC, XXI, 2017 São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2017.
- KRAUSE, W. et al. Tamanho de amostra para avaliação de caracteres de frutos de abacaxizeiro em experimentos com adubação usando parcelas grandes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p.183-190, 2013.
- LEONARDO, F.A.P. et al. Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro ‘Vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 909-916, 2014.
- PARANAIBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 2, p. 255-268, 2009.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- PREZOTTI, L.C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória: SEEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa: Folha, 2008. 288 p.
- TOEBE, M. et al. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de pêssego na colheita e após o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 209-212, 2012.
- TOEBE, M. et al. Dimensionamento amostral para avaliar firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssego e maçã. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 1026-35, 2011.
- TOEBE, M. et al. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 759-767, 2014.