



NÚMERO DE FRUTOS PARA DETERMINAR O TAMANHO DE AMOSTRA PARA A ESTIMAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE GOIABA UTILIZANDO SIMULAÇÃO.

Rogério Carvalho Guarçoni¹, Lucas Louzada Pereira², Luiz Carlos Santos Caetano¹, Luiz Fernando Favarato¹, Wilton Soares Cardoso², Jacimar Luis de Souza¹, Sebastião Antônio Gomes¹, Flávia Magnago Peisino².

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, luizcaetano@incaper.es.gov.br, lffavarato@gmail.com, jacimarsouza@yahoo.com.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, wilton.cardoso@ifes.edu.br, flavia.peisino@gmail.com.

Resumo - Nos experimentos agrícolas, os pesquisadores devem definir o número mínimo de dados necessários para determinar o tamanho de amostra, visando aumentar a precisão experimental. Sendo assim, o trabalho teve como objetivo determinar o número mínimo de frutos para dimensionar amostras e determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação de 1 a 10%, para avaliar características de goiaba. O trabalho foi conduzido no IFES, onde foram mensuradas características físicas de 130 frutos de goiaba. O número mínimo de frutos necessários para dimensionar amostras foi obtido utilizando os métodos de bootstrap e do modelo de regressão linear com resposta a platô. O dimensionamento amostral foi calculado utilizando a distribuição t de Student, a estimativa da variância e o erro de estimação. São necessários pelo menos 105 frutos para determinar os tamanhos de amostras. Para todos os erros de estimação, a característica largura foi a que exigiu o maior tamanho de amostra, seguida em ordem decrescente pelas características circunferência, altura e massa, e os tamanhos variaram, respectivamente, de 208, 181, 82 e 62 para o erro de estimação em percentagem de 1%, até 3, 2, 1 e 1 frutos para o erro de 10%.

Palavras-chave: Erro de estimação, Dimensionamento amostral, Bootstrap.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

A fruticultura no Estado do Espírito Santo representou 1.030,25 milhões de reais do Valor Bruto da Produção Agropecuária – VBPA em 2015, ou seja, 12,31%, sendo que deste valor, a produção de goiaba contribuiu aproximadamente com 1% do VBPA dessa atividade (Seag, 2016). Diante da grande representatividade da fruticultura no contexto econômico estadual, há necessidade da geração de novas pesquisas para disponibilizar ao produtor rural novas tecnologias de produção, colheita e pós-colheita.

Para o dimensionamento do tamanho da amostra nos experimentos agrícolas, os pesquisadores devem definir o número mínimo de dados visando aumentar a precisão através das informações obtidas, além de melhorar a relação custo/benefício do experimento, gerando tecnologias apropriadas com menores custos dos experimentos. Nos testes utilizados para a determinação do número de dados consideraram que o aumento deste diminui o erro até determinado ponto e, a partir do qual, os ganhos com precisão não se alteram.

Na literatura são encontradas várias metodologias que são utilizadas para a determinação do tamanho mínimo de dados de maneira a deixar o método empírico de lado. O método do modelo da regressão linear com resposta a platô foi utilizado por vários autores como Paranaíba et al. (2009) que estimaram do tamanho ótimo de parcelas experimentais em ensaio de uniformidade com arroz.

O dimensionamento adequado da amostra depende da qualidade das análises dos dados experimentais, e segundo Levine et al. (2000), Triola (1999) e 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 do número de dados necessários para se calcular o tamanho da amostra em função do erro, devem ser consideradas as limitações de recursos financeiros, de mão-de-obra e de tempo para a condução dos experimentos.

Toebe et al. (2012) estimaram o tamanho da amostra necessária para avaliar características de frutos de pêssego cultivar 'Eldorado', utilizando uma amostra com 120 frutos para estimar médias das características firmeza da polpa, massa, acidez, ratio e demais características de colheita. Para estimar a média de características das variedades de maçã Royal Gala e Fuji, Toebe et al. (2014) utilizaram uma amostra com 120 frutos e observaram que foram necessários menos frutos para a mensuração de caracteres na colheita para Royal Gala do que para Fuji para todos os erros de estimação da média. Guarçoni et al. (2016) utilizaram 125 frutos para dimensionar tamanho de amostras em função do erro de estimação para as características acidez titulável, pH e umidade de goiaba.

Para determinar a precisão experimental é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas estimam o número de dados necessários para determinar os tamanhos de amostras em função da confiabilidade desejada, da variabilidade dos dados e dos erros de estimação.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de frutos para dimensionar o tamanho de amostra e determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação de 1 a 10%, para avaliar características físicas da goiaba.

Metodologia

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus de Venda Nova do Imigrante.

Uma amostra com 130 frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) cultivar Paluma foi colhida ao acaso de um pomar de comercial, situado em Cachoeiro de Itapemirim, nos quatro quadrantes, na porção mediana externa das plantas. Em cada fruto foram mensuradas, após a colheita, as seguintes características físicas: massa, circunferência, largura e altura de frutos.

A altura e a largura dos frutos foram mensurados com um paquímetro digital em cm, a circunferência dos frutos com fita métrica em cm e a massa dos frutos foi determinada através de uma balança digital, com seus valores expressos em gramas.

Para todas as características foram calculados a média, a variância e o coeficiente de variação. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Lilliefors.

Para o agrupamento dos diferentes número de frutos (X) e seus respectivos coeficientes de variação $CV(X)$, foi utilizado o método de bootstrap onde foram realizadas 1000 simulações de amostras com 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 e 130 frutos (Leonardo et al., 2014).

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 abaixo):

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

Em que 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 é o ponto de ligação dos dois segmentos.

Após a obtenção do número mínimo de frutos necessários 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 baseado na expressão abaixo, em que $t_{\alpha/2}$ é o valor crítico da distribuição t de Student com $n-1$ graus de liberdade e α igual a 5% de probabilidade, s^2 a estimativa da variância e E o erro de estimação (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014; TOEBE et al., 2012; TOEBE et al., 2014).



$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2} \cdot s}{E} \right)^2$$

Utilizando os erros de estimação em percentagem (E%) da estimativa da média (m) iguais 1, 2, ..., 10%, o tamanho de cada amostra (n) foi calculado por meio da expressão abaixo (TOEBE et al., 2011; TOEBE et al., 2014; CARGNELUTTI FILHO et al., 2010).

$$n = \left(100 \cdot \frac{t_{\alpha/2} \cdot s}{E\% \cdot m} \right)^2$$

Foram utilizados o software livre R para a realização das simulações do processo bootstrap (R Core Team, 2015) e o programa SAEG (Ribeiro Júnior e Melo, 2008) para a obtenção dos modelos de regressão linear com resposta a platô, para determinar o número de frutos necessários para a determinação do tamanho da amostra, sendo os modelos testados pelo teste de F e os estimadores pelo teste de t.

Resultados

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos das 1000 simulações amostrais utilizando o método bootstrap, com 40, 50, ..., 130 frutos e seus respectivos coeficientes de variação, para as características massa, circunferência, altura e largura.

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

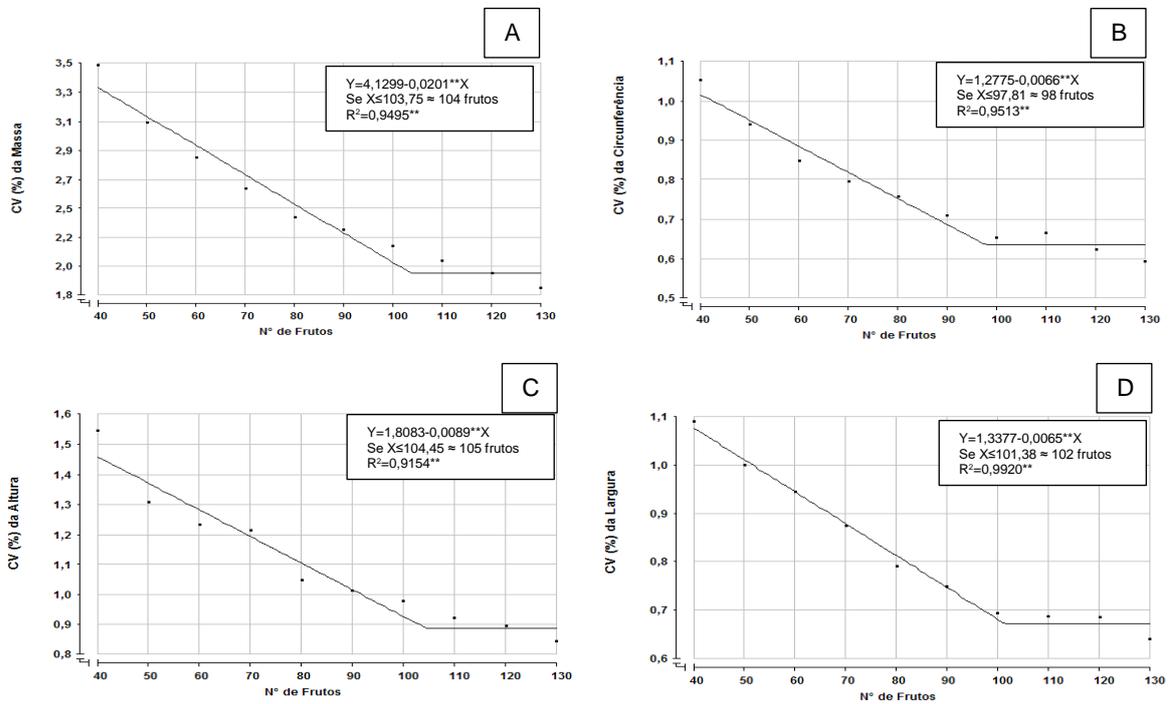
Nº de Frutos	Coeficiente de variação – CV (%)			
	Massa	Circunferência	Altura	Largura
40	3,477396	1,050930	1,543611	1,088526
50	3,087187	0,937157	1,304055	0,999618
60	2,846693	0,844814	1,229900	0,943739
70	2,629512	0,794873	1,211570	0,874370
80	2,432338	0,755947	1,044019	0,789242
90	2,344840	0,707603	1,011245	0,746199
100	2,232415	0,650743	0,974128	0,694079
110	2,132492	0,663500	0,918763	0,685401
120	2,045857	0,621743	0,890028	0,683828
130	1,948302	0,592023	0,840899	0,640192

A Figura 1 mostra os gráficos obtidos das 1000 simulações amostrais, dos resultados obtidos na tabela 1, utilizando o método bootstrap, com 40, 50, ..., 130 frutos e seus respectivos coeficientes de variação, para as características massa, circunferência, altura e largura. Os números mínimos de frutos necessários para determinar os tamanhos das amostras para as características massa, circunferência, altura e largura foram, respectivamente, 104, 98, 105 e 102.

As médias, as variâncias e os coeficientes de variação das quatro características, obtidos de 105 frutos (maior valor obtidos nas simulações e mínimo necessário para determinar o tamanho de amostra em função o erro de estimação) estão apresentadas na Tabela 2. Os dados das características circunferência e largura de fruto se ajustaram à distribuição normal, pelo teste de Lilliefors. Para massa e altura de fruto, os dados foram transformados utilizando a transformação logarítmica para os mesmos

se ajustarem 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.

Figura 1 – Relação entre o coeficiente de variação e número de frutos pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica qualidade massa (A), circunferência (B), altura (C) e largura (D).



* = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelos testes F e t; ns = não significativo.

Tabela 2 – Médias, variâncias e coeficientes de variação de 4 características físicas de goiaba na colheita de 105 frutos.

Característica	Média	Variância	CV (%)
Massa (g)	2,4237 ⁽¹⁾ (265,28)	0,009103 ⁽²⁾	3,94
Circunferência (cm)	24,17	2,681858	6,78
Altura (cm)	0,98397 ⁽¹⁾ 9,64	0,001999 ⁽²⁾	4,54
Largura (cm)	7,206	0,272852	7,25

⁽¹⁾Médias dos dados transformados

⁽²⁾Variâncias dos dados transformados

Nos resultados da Tabela 3 estão apresentados os tamanhos de amostras das quatro características, utilizando α igual a 5% e número de frutos igual a 105, devido ao maior valor encontrado nas simulações (valor mínimo necessário para determinação do tamanho de amostra para goiaba), em função do erro de estimação de 1 a 10% (Figura 1). Verificou-se que os tamanhos das amostras para as características largura, circunferência, altura e massa, variaram, respectivamente, de 208, 181, 82 e 62 frutos para o erro de estimação de 1% até 3, 2, 1 e 1 frutos para o erro de 10%. Estes resultados confirmaram os coeficientes de variação apresentados na Tabela 2, que foram para as mesmas características, respectivamente, 7,25; 6,78; 4,54 e 3,94%.

Tabela 3 – Tamanho de amostra para a estimação da média de 4 características de goiaba mensuradas na colheita, para erros de estimação iguais a 1, 2, ..., 10% da estimativa da média, obtidos de 105 frutos avaliados.

Característica	Erro de estimação (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa (g)	62	16	7	4	3	2	2	1	1	1
Circunferência (cm)	181	46	21	12	8	6	4	3	3	2
Altura (cm)	82	21	10	6	4	3	2	2	2	1
Largura (cm)	208	52	24	13	9	6	5	4	3	3

Discussão

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

Os resultados observados na Figura 1, de número de frutos necessários para determinar o tamanho da amostra em função do erro 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 pêsego cultivar 'Eldorado', menores também aos encontrados por Toebe et al. (2014) que estimaram as médias de características das variedades de maçã Royal Gala e Fuji, utilizando 120 frutos, e de Guarçoni et al. (2016) que utilizaram 125 frutos para o dimensionamento do número de frutos de goiaba em função do erro de estimação para as características acidez titulável, pH e umidade.

A variabilidade do tamanho da amostra entre as características já foi verificada em outros trabalhos para outras culturas como 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, Toebe et al. (2012) observaram tamanho de amostra na colheita variando 2 frutos para a característica luminosidade até 79 frutos para firmeza da polpa do pessegueiro, para um erro de estimação igual a 5%. Essa variabilidade também foi observada por outros autores como Cargnelutti et al. (2010) com híbridos de mamoneira, Cargnelutti et al. (2014) que trabalhou com mudas de nogueira-pecã e Toebe et al. (2014) com maçã.

Conclusão

São necessários pelo menos 105 frutos para determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação, para as características estudadas.

Os tamanhos de amostras para avaliar as características largura, circunferência, altura e massa variaram, respectivamente, de 208, 181, 82 e 62 para o erro de estimação em percentagem de 1%, até 3, 2, 1 e 1 frutos para o erro de 10%.

Para todos os erros de estimação, a característica largura foi a que exigiu o maior tamanho de amostra, seguida em ordem decrescente pelas características circunferência, altura e massa.

Referências

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S.J.; BRUM, B.; SILVEIRA, T.R.; TOEBE, M. STORCK, L. Tamanho de amostra de caracteres em híbrido de mamoneira. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.280-287, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; POLETTO, T.; MUNIZ, M.F.B.; BAGGIOTTO, C.; POLETTO, I.; FRONZA, D. 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.



GUARÇONI, R.G.; PEREIRA, L.L.; CAETANO, L.C.S, FAVARATO, L.F.; CARDOSO, W.S.; SOUZA, J.L.; PEISINO, F.M. Tamanho de amostra para a estimação de características físico-químicas de goiaba. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 20., Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 16., e Encontro de Iniciação à Docência, 6., 2016, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2016. 5p.

KRAUSE, W.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D; NIED, A.H.; GONÇALVES, R.Q. 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.; PEREIRA, W.E.; SILVA, S.M.; ARAÚJO, R.C. Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro 'Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.909-916, 2015.

LEVINE, D.M.; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 811p.

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 Foundation Statutes. The R project for statistical computing. Viena, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa: Folha, 2008. 288 p.

SEAG-ES. **Valor bruto da produção agropecuária do Espírito Santo**. Vitória, ES, 2016. 1p.

TOEBE, M.; BOTH, V.; BRACKMANN, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; THEWES, F.R. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de pêssigo na colheita e após o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.209-212, 2012.

TOEBE, M.; BOTH, V.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BRACKMANN, A.; STORCK, L. Dimensionamento amostral para avaliar firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssigo e maçã. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.4, p.1026-35, 2011.

TOEBE, M.; BOTH, V.; THEWES, F.R. CARGNELUTTI FILHO, A.; BRACKMANN, A.; Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**, v.44, n.5, p.759-767, 2014.

TRIOLA, M.F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 410p.