

AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO COMO MEDIDA DA PRECISÃO NA EXPERIMENTAÇÃO COM CITROS¹

ALEXANDRE MORAIS DO AMARAL², JOEL AUGUSTO MUNIZ³ e MAURÍCIO DE SOUZA⁴

RESUMO - O presente trabalho foi executado com dados de coeficientes de variação (CV) de vários trabalhos publicados no Brasil, com ênfase em citricultura, e suas variáveis mais correntemente estudadas (altura e produção de frutos por planta; diâmetro e peso dos frutos; rendimento, pH, "ratio", sólidos solúveis e acidez do suco). O objetivo foi o de propor faixas de CV que orientem o pesquisador na avaliação de cada variável. Após o agrupamento dos dados, procedeu-se ao teste de normalidade de Lilliefors, revelando que todas as variáveis utilizadas tiveram distribuição aproximadamente normal. Com isso, através de tabela sugerida para trabalhos com espécies florestais que relaciona a média e o desvio padrão [$CV \pm \sqrt{\text{Var}(CV)}$], foi construída uma tabela como sugestão de intervalo de CV, referente a cada variável em questão. A variável número de frutos por planta foi a que apresentou maiores valores do coeficiente, e as variáveis relacionadas ao suco (obtidas em laboratório), de forma geral, foram as que apresentaram menores CV.

Termos para indexação: *Citrus* spp., estatística, variáveis.

EVALUATION OF THE COEFFICIENT OF VARIATION AS A MEASURE OF PRECISION TO THE EXPERIMENTS WITH CITRUS

ABSTRACT- The present study was developed with values of coefficients of variation (CV) taken from various works published in Brazil, with emphasis on fruit culture, and their variables most currently studied (height and fruit production per plant; diameter and fruit weight; yield, pH, "ratio", soluble solids and juice acidity). The objective was to propose CV bands which orient the researcher in the evaluation of each variable. After data grouping, a test of normality of Lilliefors was made, which revealed that all the variables utilized had an approximately normal distribution. With this, by means of a table based on work with forest species which establishes the medium and the standard deviation [$CV \pm \sqrt{\text{Var}(CV)}$], a table was constructed with suggested intervals of CV for each variable in question. The number of fruits per plant variable was that which presented larger coefficient values, and the values related to the juice (obtained in the laboratory) were those which generally presented the smaller CV.

Index terms: *Citrus* spp., statistics, variables.

INTRODUÇÃO

Na pesquisa agrônômica, a interpretação da análise estatística dos dados de determinados experi-

mentos gera incertezas no momento de avaliar a precisão com que esses estudos foram conduzidos; sobretudo quando tal precisão é expressa por medidas que, geralmente, não têm referencial ou método capaz de demonstrar sua utilidade - como é o caso do coeficiente de variação.

Geralmente, a variação dos dados experimentais pode ser expressa por três medidas de dispersão: o erro-padrão da média, a variância (s^2) ou desvio-padrão (s), e o coeficiente de variação (CV).

O coeficiente de variação, definido como o desvio-padrão em porcentagem da média, é a medida estatística mais utilizada pelos pesquisadores na

¹ Aceito para publicação em 27 de junho de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., Estudante de D.Sc. em Agronomia/ Fitotecnia, Dep. de Agric. da Univ. Fed. de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

³ Eng. Agr., D.Sc., Prof. Adj., Dep. de Ciências Exatas, UFLA.

⁴ Eng. Agr., D.Sc., Prof. Tit., Dep. de Agricultura, UFLA.

avaliação da precisão dos experimentos. Ele tem a vantagem de permitir a comparação da precisão entre experimentos, sem a necessidade de igualdade de unidades. Entretanto, Pimentel-Gomes (1991) salienta que o número de repetições influi nos valores de CV, sobretudo pelo fato de que, mesmo havendo um experimento com coeficiente de variação maior em relação a outro, que, porém, possui menor número de repetições, aquele com maior CV seria considerado mais preciso. O autor sugere como alternativa a utilização do índice de variação, que é a relação entre o CV e a raiz quadrada do número de repetições.

Por ser uma medida relativa, o CV possuirá valores muito semelhantes em um grande grupo de experimentos, se, em cada um desses, o desvio-padrão for diretamente proporcional à produtividade média individual (Mead & Curnow, 1983). Estes mesmos autores lembram, entretanto, que o pesquisador deve ter cuidado, pois o CV é uma medida sem sentido no caso em que as observações experimentais envolvam valores positivos e negativos.

Não há referencial de valores de CV que identifique, especificamente na pesquisa citrícola, o que poderia ser considerado, ao tratar-se da avaliação da precisão de um experimento, a exemplo do que já pode ser sugerido em relação a algumas características das culturas do eucalipto e do milho (Garcia, 1989; Scapim et al., 1995).

Em trabalhos nos quais procuraram avaliar o uso do CV em várias culturas, Estefanel et al. (1987) observaram que culturas anuais naturalmente tendem a apresentá-lo em menores valores, ao contrário de plantas frutíferas, que, por suas limitações quanto ao dimensionamento das parcelas e número de repetições, possuem geralmente valores maiores de CV.

Para estudar o CV de uma mesma característica avaliada em experimentos distintos, é preciso que haja experiência do pesquisador com a variável abordada na pesquisa (Steel & Torrie, 1980). Tal fato caracteriza a necessidade de haver referenciais diferenciados no tocante à análise da precisão de experimentos conforme a natureza dos dados, seja pelas variáveis, seja pela espécie em estudo.

No caso de variável aleatória definida como um quociente, como é o caso do CV (desvio-padrão/média), a fórmula de estimativa da variância é aproximada, conforme sugerem Kendall & Stuart (1977) e Stuart

& Ord (1994), que propõem a seguinte expressão para a variância dos CV, com n observações:

$$\text{Var}(\text{CV}) = \frac{v^2}{2n} (1 + 2v^2),$$

sendo v o desvio-padrão aproximado em relação à média dos CV.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição do CV em experimentos com citros, considerando as diversas variáveis-resposta comumente utilizadas, para propor faixas de classificação a serem utilizadas pelos pesquisadores da área.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado aproveitando valores de coeficientes de variação de trabalhos publicados, com abordagem em citros nos anais dos Congressos Brasileiros de Fruticultura (1971 a 1994), na Revista Brasileira de Fruticultura (1978 a 1994), nas revistas Laranja (1984 a 1994), Pesquisa Agropecuária Brasileira (1966 a 1994) e Bragantia (1941 a 1994).

Os dados foram tabulados conforme a variável, selecionando-se as de maior frequência nas publicações com citros, quais sejam: produção de frutos; altura das plantas; rendimento em suco; "ratio" (sólidos solúveis/acidez), acidez, sólidos solúveis e pH do suco; e diâmetro e peso do fruto.

As faixas de classificação dos coeficientes de variação foram baseadas em trabalho desenvolvido por Garcia (1989) com CV para análise de experimentos com ciências florestais, em que utilizou a relação entre a média dos coeficientes de variação (\overline{CV}) e desvio-padrão [$\sqrt{\text{Var}(\text{CV})}$] da seguinte forma: baixo [$CV \leq \overline{CV} - \sqrt{\text{Var}(\text{CV})}$]; médio [$\overline{CV} - \sqrt{\text{Var}(\text{CV})} < CV \leq \overline{CV} + \sqrt{\text{Var}(\text{CV})}$]; alto [$CV + \sqrt{\text{Var}(\text{CV})} < CV \leq \overline{CV} + 2\sqrt{\text{Var}(\text{CV})}$]; muito alto [$CV > \overline{CV} + 2\sqrt{\text{Var}(\text{CV})}$].

No presente trabalho, não foram especificados os delineamentos experimentais, considerando a conclusão de Estefanel et al. (1987), segundo a qual, tais aspectos não influenciaram significativamente os valores de CV, pressupondo-se que a forma de disposição do experimento visa, em princípio, atenuar a possibilidade do erro experimental.

Para testar o ajuste dos dados à distribuição normal, foi utilizado o método de Kolmogorov-Smirnov, modificado por Lilliefors (1967).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do teste de normalidade de Lilliefors mostrou que os dados de todas as variáveis estudadas tiveram distribuição que não difere da normal (Tabela 1).

Pelas médias de coeficientes de variação observadas, verifica-se a tendência, das variáveis com determinação no campo (número de frutos, altura de plantas e peso de frutos), de apresentarem valores maiores, sobretudo o número de frutos/planta, que pode estar associado à seleção do material experimental, o qual pode sofrer variações mesmo tratando-se de clones (Moreira & Pio, 1991), e ser agravado pelo menor tamanho da parcela e por limitações no uso de bordaduras, comuns em frutíferas perenes (Pimentel-Gomes, 1984).

A exceção se dá em relação à acidez do suco, que, mesmo sendo de determinação laboratorial, apresentou média acima das demais variáveis com a mesma condição. A variável "ratio" (relação sólidos solúveis/acidez do suco) também apresentou comportamento semelhante, uma vez que está diretamente relacionada com a acidez do suco.

Como pode ser observado pela Tabela 2, cada variável apresentou uma faixa de valores de coeficientes de variação, o que ressalta a necessidade de abordagem também distinta dessa medida de variação, conforme a natureza dos dados.

Para Campos (1984), que realizou ensaios agrícolas de campo, coeficientes de variação entre 10% e 20% são considerados normais, podendo-se também sugerir, segundo Pimentel-Gomes (1987b), que valores menores que 10% seriam considerados baixos, entre 10% e 20%, médios, entre 20% e 30%, altos, e maiores que 30%, muito altos. Entretanto, nestas sugestões não há especificidade quanto à natureza do ensaio, quanto à cultura estudada, e quanto à variável utilizada, o que pode ser relevante no momento da interpretação de tal medida. Haja vista que nem sempre experimentos conduzidos em casa de vegetação estão associados a baixo CV, como é o caso de ensaios em vasos e com solos pobres, como os encontrados nos cerrados (Pimentel-Gomes, 1987a).

Quanto ao fato de a variável número de frutos ter-se apresentado como a que tem maiores valores de CV, é preciso observar que a obtenção dos dados, neste caso, está sujeita a vários erros de coleta, como a queda prematura de frutos, ausência de método de contagem, entre outros. Com isso, aumentam as possibilidades de maiores variações, sobretudo entre parcelas de um mesmo tratamento.

Por outro lado, as variáveis com determinações realizadas em laboratório, como as referentes à qualidade do suco (pH, sólidos solúveis e rendimento), apresentaram os menores valores de CV, em decorrência, talvez, da maior precisão com que este tipo de

TABELA 1. Variáveis mais utilizadas em experimentos com citros e seus respectivos testes de normalidade de Lilliefors, estimativas da média e desvio-padrão dos coeficientes de variação. UFLA, Lavras, 1996.

| Variável | n ¹ | Lilliefors | Média (CV) | Desvio-padrão aproximado (v) | Desvio-padrão $\sqrt{\text{Var}} (CV)$ |
|--------------------------|----------------|------------------------|------------|------------------------------|--|
| Nº de frutos/planta | 85 | 0,1118 ns ² | 28,27 | 13,32 | 19,27 |
| Altura das plantas | 41 | 0,1610 ns | 7,84 | 3,11 | 1,55 |
| Diâmetro do fruto | 44 | 0,1554 ns | 3,35 | 1,73 | 0,49 |
| Peso do fruto | 54 | 0,1403 ns | 8,32 | 3,60 | 1,80 |
| "Ratio" | 49 | 0,1473 ns | 7,17 | 3,22 | 1,52 |
| Acidez do suco | 54 | 0,1400 ns | 9,33 | 5,12 | 3,60 |
| Sólidos solúveis do suco | 57 | 0,1366 ns | 4,90 | 2,76 | 1,04 |
| pH do suco | 21 | 0,2250 ns | 2,06 | 0,98 | 0,26 |
| Rendimento em suco | 56 | 0,1378 ns | 5,57 | 2,19 | 0,67 |

¹ Número de experimentos.

² Não-significativo a 1% pelo teste de Lilliefors.

TABELA 2. Faixas de classificação para os coeficientes de variação (%) das variáveis comumente avaliadas em experimentos com citros. UFLA, Lavras, 1996.

| Variável | Baixo | Médio | Alto | Muito alto |
|--------------------------|----------|-----------------|------------------|------------|
| Nº dos frutos/planta | CV ≤ 9,0 | 9,0 < CV ≤ 47,5 | 47,5 < CV ≤ 66,8 | CV > 66,8 |
| Altura das plantas | CV ≤ 6,3 | 6,3 < CV ≤ 9,4 | 9,4 < CV ≤ 10,9 | CV > 10,9 |
| Diâmetro do fruto | CV ≤ 2,9 | 2,9 < CV ≤ 3,8 | 3,8 < CV ≤ 4,3 | CV > 4,3 |
| Peso do fruto | CV ≤ 6,5 | 6,5 < CV ≤ 10,1 | 10,1 < CV ≤ 11,9 | CV > 11,9 |
| "Ratio" | CV ≤ 5,6 | 5,6 < CV ≤ 8,7 | 8,7 < CV ≤ 10,2 | CV > 10,2 |
| Acidez do suco | CV ≤ 5,7 | 5,7 < CV ≤ 12,9 | 12,9 < CV ≤ 16,5 | CV > 16,5 |
| Sólidos solúveis do suco | CV ≤ 3,9 | 3,9 < CV ≤ 5,9 | 5,9 < CV ≤ 7,0 | CV > 7,0 |
| pH do suco | CV ≤ 1,8 | 1,8 < CV ≤ 2,3 | 2,3 < CV ≤ 2,6 | CV > 2,6 |
| Rendimento em suco | CV ≤ 4,9 | 4,9 < CV ≤ 6,2 | 6,2 < CV ≤ 6,9 | CV > 6,9 |

análise pode ser conduzida, como o maior controle dos fatores ambientais e o uso de instrumentos precisos. A mesma interpretação pode ser dada no tocante à variável diâmetro do fruto, que também se caracterizou por CV relativamente baixo, por se tratar de dados coletados com o auxílio de instrumento de precisão, como o paquímetro.

Quanto à variável acidez do suco, foram observados valores de CV superiores, o que é consequência da forma de determinação da variável, que envolve a avaliação visual por parte do laboratorista, o qual se utiliza de corante para identificar o momento de neutralização da solução pelo NaOH e para indicar o valor da acidez. A tendência atual é a determinação da acidez do suco com o mesmo NaOH, através do uso do peagômetro, indicando, com o pH em 8,2, que a neutralização já se completou. Tal prática tende a diminuir drasticamente os valores de CV, uma vez que não sofre influência da acuidade visual na sua obtenção.

Outra peculiaridade deste levantamento foi a de os estudos, ao longo do tempo, abordarem com maior frequência as características dos frutos, sem se restringirem ao caráter produção, o que evidencia a preocupação crescente com a qualidade do produto à medida que a pesquisa evoluiu.

CONCLUSÕES

1. As faixas de classificação de coeficientes de variação de estudos com citros têm características

próprias e diferenciadas quanto às principais variáveis da cultura.

2. A variável número de frutos por planta é a que apresenta maiores coeficientes de variação.

3. As variáveis de laboratório, com exceção da acidez do suco e da "ratio", são as que mostram menores valores de coeficientes de variação.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, H. de. *Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar*. Piracicaba: FEALQ, 1984. 292p.
- ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. Anais... Londrina: Univ. Estadual de Londrina/Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1987. p.115-131.
- GARCIA, C.H. *Tabelas para classificação do coeficiente de variação*. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
- KENDALL, M.; STUART, A. *The advanced theory of statistics*. 4.ed. London: Charles Griffin, 1977. v.1, 472p.
- LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown.

- Journal of the American Statistical Association*, Washington, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- MEAD, R.; CURNOW, R.N. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. New York: Chapman and Hall, 1983. 335p.
- MOREIRA, C.S.; PIO, R.M. Melhoramento de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. (Eds.). *Citricultura brasileira*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.116-152.
- PIMENTEL-GOMES, F. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. 3.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1987a. 160p.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 12.ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1987b. 467p.
- PIMENTEL-GOMES, F. *O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação*. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular técnica, 178).
- PIMENTEL-GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.12, p.1507-1512, 1984.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P. de; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- STUART, A.; ORD, J.K. *Kendall's advanced theory of statistics*. 6.ed. New York: Halsted Press, 1994. v.1, 676p.