

COMPONENTES PRINCIPAIS NA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS EM EXPERIMENTOS ENVOLVENDO GENÓTIPOS DE BANANEIRA

Elisângela Saraiva OLIVEIRA PINTO¹
Paulo Roberto CECON²
Fabyano Fonseca e SILVA²
César Gonçalves de LIMA³
Sérgio Luiz Rodrigues DONATO⁴
Carlos Tadeu dos Santos DIAS⁵

- RESUMO: Usualmente, o tamanho ótimo de parcela experimental é calculado individualmente para todas as características de interesse. Na presença de um elevado número de características, tal procedimento pode conduzir a diferentes tamanhos de parcelas, dificultando a indicação de um tamanho comum. Como a finalidade da técnica multivariada de análises componentes principais (ACP) é a de condensar um grande número de variáveis em poucos componentes que explicam grande parte da variação das mesmas, esta pode ser utilizada para simplificar a determinação do tamanho ótimo de parcela considerando várias características, simultaneamente. Desta forma, objetivou-se aplicar a técnica em questão a um conjunto de dados contendo cinco diferentes características, avaliadas em dois ciclos, de genótipos de bananeira e utilizar os componentes em modelos de regressão segmentados de resposta com platô (MLRP - linear, MQRP - quadrático e MERP - exponencial) para estimar o tamanho ótimo. O primeiro componente principal explicou 89,68% da variabilidade das características. As estimativas foram, respectivamente para os modelos MLRP, MQRP e MERP, de 9, 28 e 54 ub (unidades básicas) para o primeiro ciclo; e 9, 14 e 25 ub para o segundo. Indica-se o tamanho ótimo de 28 ub para o primeiro ciclo e 14 para o segundo, obtidos do MQRP.
- PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de variação; modelos segmentados; análise multivariada.

1 Introdução

¹ Universidade de São Paulo - USP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Programa de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: elisangela.oliveira@ufv.br

² Universidade Federal de Viçosa - UFV, Departamento de Estatística, CEP: 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: cecon@ufv.br / fabyanofonseca@ufv.br

³ Universidade de São Paulo - USP, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA, Departamento de Ciências Básicas, Caixa Postal 23, CEP: 13630-970, Pirassununga, São Paulo, Brasil. E-mail: cegdlima@usp.br

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IF Baiano, *Campus* Guanambi, Caixa Postal 009, CEP: 46430-000, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: sergiodonatoeaf@yahoo.com.br

⁵ Universidade de São Paulo - USP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: ctsdias@usp.br

Na área de experimentação agrônômica, a escolha do tamanho da parcela em experimentos de campo deve ser efetuada visando à minimização da variação existente entre observações provenientes de parcelas submetidas aos mesmos tratamentos. Em termos gerais, embora se considere que quanto maior o tamanho da parcela, menor o erro experimental e, conseqüentemente, maior a precisão do experimento, sabe-se que essa relação não é linear. O aumento no tamanho da parcela, inicialmente, leva a uma diminuição do erro experimental até determinado ponto, a partir do qual o ganho de precisão é muito pequeno ou até mesmo pode aumentar o erro experimental em razão do aumento da heterogeneidade dentro de parcelas. Daí a importância de se estudar métodos de determinação do tamanho ótimo de parcelas (Paranaíba et al., 2009).

A estimativa do tamanho ótimo de parcelas pode ser obtida por diferentes métodos, sendo os mais utilizados, segundo Donato et al. (2008), a Comparação de Variâncias, a Máxima Curvatura e a Máxima Curvatura Modificada. Porém, recentemente, os métodos baseados nos ajustes de modelos de regressão segmentados têm-se mostrado eficientes para determinação desse tamanho ótimo (Faria, 2009; Paranaíba et al., 2009; Oliveira, 2011).

Geralmente em experimentos de campo, independentemente da cultura, várias características (variáveis de interesse) são mensuradas conjuntamente. Uma cultura que merece um destaque especial é a da bananeira, pois na mesma, frequentemente, avaliam-se conjuntamente características de produção e de resistência a doenças em diferentes ciclos. Em experimentos de avaliação de genótipos de bananeira, usualmente são avaliadas a altura da planta, o perímetro do pseudocaule, o peso do cacho, o número de frutos por cacho, o comprimento e diâmetro dos frutos, além de classificações de incidência e severidade de determinadas doenças (Silva et al., 2000, 2002). A relevância destas características para a identificação e seleção de genótipos superiores está relacionada ao fato das mesmas serem fáceis de mensurar, estarem sobre controle poligênico, sofrerem influência ambiental e apresentarem importância econômica direta e indireta (Donato et al., 2008, 2009; Ortiz, 1997).

Uma vez que os experimentos com genótipos de bananeira envolvem um grande número de características, o tamanho da parcela para a implantação dos mesmos deve ser determinado de acordo com a necessidade de cada uma delas. Assim, ao se utilizar métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela separadamente para cada característica, geralmente obtêm-se estimativas significativamente diferentes entre as características (Oliveira, 2011), dificultando a indicação de um tamanho ótimo comum. Uma forma de minimizar este problema consiste em considerar a correlação entre as variáveis na estimação do tamanho ótimo, pois assim as variáveis mais altamente correlacionadas tendem a apresentar estimativas de tamanhos ótimos similares.

Neste contexto pode-se pensar em utilizar versões multivariadas dos métodos da máxima curvatura e modelos segmentados, porém tal procedimento torna-se complexo por envolver regressão não linear multidimensional. Uma alternativa viável é utilizar a análise de componentes principais (ACP), a qual tem por objetivo a modelagem da estrutura de variâncias das variáveis por meio da composição do conjunto de variáveis originais em um conjunto de variáveis latentes (componentes) ortogonais que representam combinações lineares das variáveis em questão e maximizam neles as variâncias das variáveis. Sob este enfoque, é possível considerar tais componentes como variáveis dependentes nos modelos de regressão implícitos aos métodos de determinação do

tamanho ótimo de parcela, pois assim é possível obter um tamanho ótimo de parcela para cada componente, o qual está diretamente associado ao tamanho de parcela requerido pelas variáveis representadas pelo componente em questão.

Diante do exposto, objetivou-se estimar o tamanho ótimo de parcela em experimentos envolvendo genótipos de bananeira por meio dos métodos: Modelo de Regressão Linear Segmentado de Resposta com Platô (MLRP), Modelo de Regressão Quadrático Segmentado de Resposta com Platô (MQRP) e Modelo de Regressão Exponencial Segmentado de Resposta com Platô (MERP) considerando como variáveis dependentes os componentes principais determinados previamente.

2 Material e métodos

O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade em branco com a variedade Prata-Anã (mutante da 'Branca' – Santa Catarina; grupo genômico AAB), a mais plantada no Brasil, porte médio, produtividade média e suscetível à Sigatoka-amarela, à Sigatoka-negra e ao mal-do-Panamá (Silva et al., 2002; Donato et al., 2009). O espaçamento usado foi o de 3 m x 2 m em fileira simples, formado de 14 fileiras espaçadas de 3 m, num total de 42 m, sendo 22 plantas em cada fileira espaçada de 2 m, num total de 44 m, perfazendo um total de 308 plantas, numa área de 1.848 m², com bordadura externa; logo, foram consideradas como área útil as 12 fileiras centrais com 20 plantas, num total de 240 plantas e área de 1.440 m².

As mudas utilizadas no experimento foram originadas de rizoma. Tais mudas apresentam variação com relação ao tamanho, peso e idade, conseqüentemente, o pegamento, o crescimento, o desenvolvimento, o rendimento e a época da primeira colheita, podem variar bastante dentro do lote.

Nas avaliações, cada planta foi considerada uma unidade básica (ub), com área de 6 m², sendo, assim, 240 ub, de cujas combinações foram formados os diferentes tamanhos e formas de parcelas. A unidade básica consta de uma planta devidamente identificada por sua posição na linha e na coluna, de forma a simular parcelas de diferentes formas e tamanhos. Assim, a partir do mapa do ensaio em branco com as respectivas características avaliadas no primeiro e segundo ciclos de produção das plantas devidamente numeradas e identificadas nas linhas e colunas, agruparam-se as 240 unidades básicas de 19 modos distintos e foram calculados os coeficientes de variação (CV), necessários para a estimação dos tamanhos de parcelas pelos métodos utilizados, para cada uma das 19 unidades obtidas.

As avaliações foram procedidas na fase de florescimento e de colheita dos cachos nos ciclos de produção da planta-mãe (ciclo I) e do filho (ciclo II), para as seguintes características: altura da planta (AP), perímetro do pseudocaule (PSD), número de folhas vivas (NFV), número de filhos emitidos (NFE) e nota de Sigatoka-amarela (NS) na época do florescimento.

Tendo em vista o elevado número de variáveis analisadas, utilizou-se a ACP com o intuito de transformar um conjunto de p variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , em um conjunto de q ($q < p$) componentes independentes, ou variáveis latentes (Y_1, Y_2, \dots, Y_q), que explicam grande parte das informações de variâncias contidas nas variáveis originais. Assim, o tamanho ótimo de parcela estimado ao se considerar tais componentes como variáveis

dependentes nos métodos de regressão (modelos segmentados) abrange, mesmo que de forma indireta, grande parte das informações contidas nas variáveis originais.

Obtidos os componentes principais, calculou-se a porcentagem de explicação relativa ao primeiro componente. Se a porcentagem for superior a 80% (Johnson & Wichern, 1998) somente o primeiro componente será usado para resumir a informação de todas as variáveis estudadas. Com os seus valores, calculam-se os CV's relativos a cada um dos 19 tamanhos de parcela e utilizam-se os seguintes modelos para determinar o tamanho ótimo da parcela (Oliveira, 2011):

$$Y_i = \begin{cases} a + bX_i + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad \text{MLRP}$$

$$Y_i = \begin{cases} a + bX_i + cX_i^2 + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad \text{MQRP}$$

$$Y_i = \begin{cases} a \exp[-c(X_i - b)^2] + \varepsilon_i & \text{se } X_i < X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i \geq X_0 \end{cases} \quad \text{MERP}$$

em que:

- Y_i é o coeficiente de variação (CV) entre totais de parcela (calculados com base nos escores do primeiro componente principal) de tamanho X_i ;
- X_i é o tamanho da parcela ou número de unidades experimentais básicas (ub);
- X_0 é o tamanho ótimo de parcela (ponto de quebra da regressão segmentada) a partir do qual se estabelece o platô;
- P é o CV do ponto X_0 ;
- a , b e c são parâmetros a serem estimados; e
- ε_i é o termo de erro aleatório, independente e identicamente distribuído como $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Os modelos apresentados foram comparados utilizando o coeficiente de determinação, que no caso de modelos de regressão não linear, segundo Souza (1998) citado por Regazzi et al. (2010), pode ser calculado pelo quadrado do coeficiente de correlação entre os valores observados e preditos. Essa medida foi calculada com a utilização da seguinte fórmula:

$$R^2 = (r_{\hat{y}}^2) = \frac{\left[\sum_{i=1}^n y_i \hat{y}_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i \right)}{n} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n} \right] \left[\sum_{i=1}^n \hat{y}_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i \right)^2}{n} \right]}$$

em que y_i são os valores observados e \hat{y}_i são os respectivos valores preditos.

As análises foram conduzidas no software SAS® versão 9.2, utilizando o PROC PRINCOMP para obtenção dos componentes principais e PROC NLIN para o ajuste dos modelos de regressão segmentados.

3 Resultados e discussão

Os tamanhos de parcela estimados para as características individuais avaliadas no primeiro e segundo ciclo de produção pelos modelos MLRP, MQRP e MERP são apresentados na Tabela 1, assim como o coeficiente de determinação, para cada modelo. Tais tamanhos variam de 7 a 19 para o modelo linear, de 11 a 45 para o modelo quadrático e de 15 a 66 para o modelo exponencial (Oliveira, 2011), dificultando a indicação de um tamanho único para todas as características. Oliveira (2011) indicou um tamanho ótimo médio para as características em estudo.

Table 1 - Tamanho ótimo de parcela (X_0) e coeficiente de determinação (R^2) segundo as características em cada ciclo para os modelos de regressão de resposta com platô (MLRP - linear, MQRP - quadrático e MERP - exponencial)

Característica	Ciclo	X_0			R^2		
		MLRP	MQRP	MERP	MLRP	MQRP	MERP
AP	I	11	23	35	0,7973	0,8345	0,8674
	II	8	22	29	0,7534	0,8152	0,8422
PSD	I	8	20	26	0,8062	0,8741	0,8984
	II	8	31	40	0,6943	0,7337	0,7683
NFV	I	19	28	33	0,6506	0,6894	0,7074
	II	8	14	23	0,8338	0,8666	0,8953
NFE	I	7	13	15	0,5801	0,5993	0,6151
	II	8	11	15	0,8818	0,9108	0,9354
NS	I	8	45	66	0,6365	0,7345	0,7662
	II	7	15	27	0,6949	0,7275	0,7576
Média		9,2	22,2	30,9	0,73289	0,77856	0,800533

AP - altura da planta, PSD - perímetro do pseudocaule, NFV - número de folhas vivas, NFE - número de filhos emitidos e NS - nota de Sigatoka-amarela na época do florescimento.

Nota-se na matriz de correlações apresentada na Tabela 2 que as variáveis estudadas estão altamente correlacionadas em ambos os ciclos de produção, portanto o estudo por meio da ACP é viável de ser realizado.

Table 2 - Matriz de correlações para as variáveis em estudo no primeiro e segundo ciclo de produção

	Ciclo	PSD	NFV	NFE	NS
AP	I	0,9476	0,7839	0,7304	0,8501
	II	0,9586	0,9686	0,9262	0,9062
PSD	I		0,9160	0,8795	0,8984
	II		0,9417	0,9239	0,9184
NFV	I			0,9796	0,8584
	II			0,9667	0,8844
NFE	I				0,8594
	II				0,9232

O primeiro componente principal explicou 89,68% da variabilidade dos dados no primeiro ciclo e 94,55% no segundo ciclo e, portanto, somente este componente pode ser utilizado para estimar o tamanho ótimo de parcela, explicando grande parte da variabilidade das variáveis. Tais resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

Table 3 - Autovalores, porcentagem da variação explicada por cada componente e porcentagem acumulada para os primeiro e segundo ciclos estudados obtidos pela matriz de correlação

Componente Principal (CP)	Ciclo	Autovalores	Porcentagem da variação explicada	Porcentagem da variação acumulada
CP1	I	4,4839	0,8968	0,8968
CP2		0,3482	0,0696	0,9664
CP3		0,1375	0,0275	0,9939
CP4		0,0161	0,0032	0,9972
CP5		0,0142	0,0028	1,0000
CP1	II	4,7277	0,9455	0,9455
CP2		0,1304	0,0261	0,9716
CP3		0,0910	0,0182	0,9898
CP4		0,0412	0,0082	0,9981
CP5		0,0096	0,0019	1,0000

O primeiro componente principal, CP1(I) e CP1(II), para os ciclos I e II, respectivamente, são dados por:

$$CP1(I) = 0,4297 AP + 0,4630 PSD + 0,4531 NFV + 0,4442 NFE + 0,4454 NS$$

$$CP1(II) = 0,5403 AP + 0,4487 PSD + 0,4506 NFV + 0,4484 NFE + 0,4380 NS$$

sendo: AP - altura da planta, PSD - perímetro do pseudocaule, NFV - número de folhas vivas, NFE - número de filhos emitidos e NS - nota de Sigatoka-amarela na época do florescimento.

Para o primeiro componente principal concluiu-se, portanto, que todas as variáveis são igualmente importantes.

Os resultados obtidos utilizando o primeiro componente principal para estimativa dos tamanhos ótimos de parcela e respectivos coeficientes de determinação são apresentados na Tabela 4.

Table 4 - Tamanho ótimo de parcela (X_0) e coeficiente de determinação (R^2) para os Modelos de regressão de resposta com platô (MLRP - linear, MQRP - quadrático e MERP - exponencial) utilizando o primeiro componente principal

ACP	X_0			R^2		
	MLRP	MQRP	MERP	MLRP	MQRP	MERP
Ciclo I	9	28	54	0,7694	0,8490	0,8889
Ciclo II	9	14	25	0,8163	0,8488	0,8832
Média	9	21	39,5	0,79285	0,8489	0,88605

Na Figura 1 são evidenciados os modelos ajustados MLRP, MQRP e MERP, utilizando os escores do primeiro componente principal como os valores observados da variável resposta nos dois ciclos em estudo e o gráfico com o diagrama de dispersão dos valores observados e os modelos ajustados.

Os tamanhos ótimos de parcelas estimados pelos métodos MQRP e MERP para o segundo ciclo são inferiores aos do primeiro ciclo, o que pode ser explicado pelo tipo de mudas utilizadas no experimento, mudas de rizoma. Nesses casos a variabilidade tende a ser maior no primeiro ciclo, pois as mudas são dos tipos chifrinho, chifre, chifrão e muda adulta que possuem idades e reservas diferentes. Donato et al. (2008) também encontraram variação do tamanho da parcela entre os ciclos. Contudo, os autores estimaram maiores tamanhos de parcela para o segundo ciclo comparado ao primeiro ciclo, ao contrário do observado no presente trabalho. Na instalação do experimento conduzido por Donato et al. (2008), foram utilizadas mudas micropropagadas. Essas mudas por apresentarem a mesma idade no momento do plantio (mesmo lote) são mais uniformes com relação ao crescimento, desenvolvimento e produção do primeiro ciclo.

Utilizando o método do MLRP, para cada característica individual, encontraram-se valores para o tamanho da unidade básica variando entre 7 e 19 unidades. O intervalo de confiança da média de X_0 , com 95% de probabilidade foi de [6,62; 12,65] ub, sendo o tamanho médio 9,2 ub. Logo, o tamanho ótimo médio recomendado é de 9 ub por parcela, num total de 54 m². Utilizando o primeiro componente principal para estimar o tamanho ótimo de parcela por este modelo, encontrou-se $X_{0(CP)} = 9$ ub para ambos os ciclos e este valor está dentro do intervalo de confiança calculado para o MLRP e é próximo ao valor médio calculado.

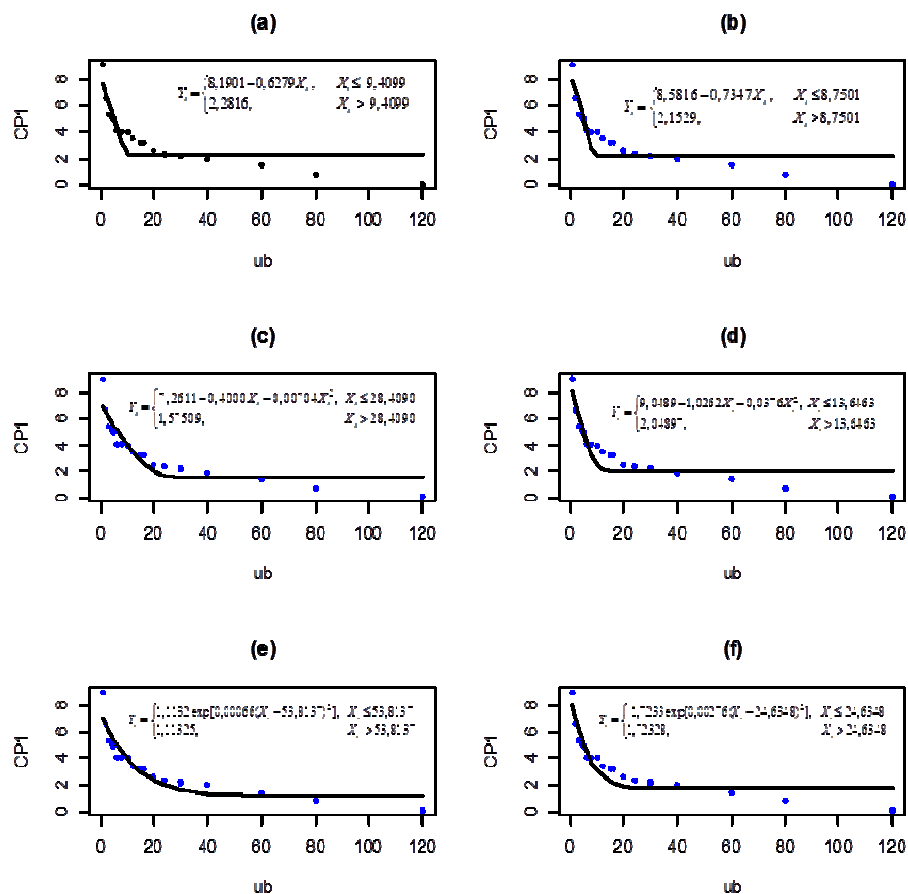


Figura 1 - Representação gráfica da relação entre o CPI e o tamanho de parcela em unidades básicas (ub) para as características em estudo no primeiro e segundo ciclo de produção da bananeira ‘Prata-Anã’ dos modelos de regressão linear segmentado de resposta com platô, para os ciclos I e II (a e b), modelos de regressão quadrático segmentado de resposta com platô, para os ciclos I e II (c e d), e para os modelos de regressão exponencial segmentado de resposta com platô, para os ciclos I e II (e e f), respectivamente, assim como os modelos ajustado para cada caso.

Para o método do MQRP, encontraram-se valores para tamanho da unidade básica que variaram entre 11 e 45 ub, utilizando as características individualmente. O intervalo de confiança da média de X_0 , com 95% de probabilidade foi de [14,70; 29,61] ub, sendo o tamanho médio 22,2 ub. Assim o tamanho ótimo médio recomendado é de 22 ub por parcela, num total de 132 m². Utilizando o primeiro componente principal para estimar o tamanho ótimo de parcela por este modelo, encontrou-se $X_{0(CP)} = 28$ ub, para o primeiro

ciclo e $X_{0(CP)} = 14$ ub para o segundo, sendo o valor médio de 21 ub. Verifica-se que estes valores também estão dentro do intervalo de confiança calculado para o MQRP.

Ao usar o método do MERP, encontraram-se valores para tamanho da unidade básica que variaram entre 15 e 66 ub, sendo esse o modelo que apresentou maior variância para os valores estimados. O intervalo de confiança da média de X_0 , com 95% de probabilidade foi [20,38; 41,42] ub, sendo o tamanho médio de 30,9 ub. Logo, o tamanho ótimo médio recomendado seria de 31 ub por parcela, num total de 186 m². Utilizando o primeiro componente principal para estimar o tamanho ótimo de parcela por este modelo, encontrou-se $X_{0(CP)} = 54$ e $X_{0(CP)} = 25$ para os primeiro e segundo ciclos respectivamente, sendo a média de 39,5 ub. Novamente o valor médio estimado encontra-se dentro do intervalo de confiança, calculado para o MERP.

Com o uso do método de componentes principais na estimação do tamanho ótimo de parcelas chega-se a um único tamanho de parcela para o experimento que é recomendado como o tamanho ótimo. Donato et al. (2008) estimaram tamanhos de parcelas para características fitotécnicas vegetativa e de rendimento. Os autores observaram que as características de rendimento exibem valores mais concordantes e menor oscilação nas estimativas do tamanho adequado de parcela, comparativamente às características vegetativas, para os ciclos e métodos testados. Donato et al. (2008) utilizaram diferentes métodos de estimação de tamanho de parcelas para a cultura da bananeira encontrando diferentes tamanhos de parcelas para cada uma das características estudadas, indicando o tamanho ótimo da característica com maior variabilidade.

No presente trabalho foram estimados tamanhos de parcelas para as características vegetativas que apresentam maior variabilidade por serem mais influenciadas pelo ambiente.

Uma forma de assegurar as extrapolações dos resultados dos experimentos é verificar as combinações de locais, cultivares, características avaliadas, forma das parcelas e modelos de estimação do tamanho ótimo de parcelas experimentais.

Conclusões

O uso de componentes principais para determinação do tamanho ótimo de parcelas experimentais, considerando várias características simultaneamente é apropriado, uma vez que os valores estimados estão próximos aos valores médios calculados pelos modelos convencionais, com a utilização de um único modelo, sendo que nos experimentos o pesquisador, muitas vezes, tem interesse em estudar um elevado número de características, e tal procedimento pode conduzir a diferentes tamanhos de parcelas, dificultando a indicação de um tamanho comum.

De acordo com a qualidade de ajuste, o melhor modelo ajustado foi o MERP, que estimou tamanho ótimo de parcela médio de 40 unidades básicas, num total de 240 m², mas por razões de ordem prática, uma vez que superestima valores para o tamanho ótimo de parcela, pode não ser viável para o pesquisador, pois ocuparia uma área experimental muito extensa.

Indica-se o tamanho ótimo de 28 ub para o ciclo I e 14 para o ciclo II, que foram obtidos pelo método MQRP, sendo que o maior valor para o primeiro ciclo se deve ao tipo de muda utilizada no experimento.

OLIVEIRA E. A.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; LIMA, C. G.; DONATO, S. L. R.; DIAS, C. T. S. Principal components in the estimation of the optimum experimental unit size involving banana genotypes. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.32, n.2, p.190-200, 2014.

- **ABSTRACT:** Usually, the optimum experimental unit size is calculated individually for all the features of interest. In the presence of a large number of features, this procedure often leads to different sizes of plots making it difficult to indicate a common optimal size. Since the purpose of the principal component multivariate technique is of condensing a large number of variables in a few components which explains much of the variation of them, that can be used to simplify determination of the optimal plot size considering a lot of characteristics. Thus, this report aimed to apply this technique to a data set containing five different characteristics evaluated in two cycles of genotypes of banana trees, and use the components in regression models segmented response with plateau (MLRP - linear, MQRP - quadratic and MERP - exponential) to estimate the optimal size. The first principal component explained 89.68% of the variability of the characteristics. These estimates were for the respective models MLRP, and MQRP MERP, 9, 28 and 54 ub (basic units) for the first cycle, and 9, 14 and 25 ub for the second cycle. It is indicated the optimum size of 28 ub for first cycle and 14 for the second cycle, obtained from MQRP.
- **KEYWORDS:** Coefficient of variation; segmented models; multivariate analysis.

Referências

- DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; SILVA, S. O.; CORDEIRO, Z. J. M. Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1608-1615, 2009.
- DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, S. O.; CECON, P. R., SILVA, J. A., SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.8, p.957-969, 2008.
- FARIA, P. N. *Avaliação de métodos para determinação do número ótimo de clusters em estudo de divergência genética entre acessos de pimenta*. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816 p.
- OLIVEIRA, E. A. *Métodos alternativos para estimar tamanho ótimo de parcelas experimentais: uma aplicação na cultura da bananeira*. 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- ORTIZ, R. Morphological variation in Musa germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Netherlands, v.44, p.393-404, 1997.
- PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. *Revista Brasileira de Biometria*, São Paulo, v.27, n.1, p.81-90, 2009.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. *Revista Ceres*, Viçosa, v.57, p.315-320, 2010.

SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; LIMA NETO, F. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.1567-1574, 2002.

SILVA, S. O.; ROCHA, S. A.; ALVES, E. J.; CREDICO, M.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.22, p.161-169, 2000.

Recebido em 31.03.14

Aprovado após revisão em 12.08.2014