

Estimativa do Tamanho Ótimo de Parcelas para Testes de Germinação de Sementes da Espécie *Acacia polyphylla* DC.

Carolina J. Alves¹, Douglas S. Oliveira¹, Alexandre A. Franzão¹, Denise G. Santana²,
Quintiliano S. S. Nomelini^{3†}

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Graduando em Estatística-Faculdade de Matemática-FAMAT.

² Universidade Federal de Uberlândia, Docente- Instituto de Ciências Agrárias-ICIAG.

³ Universidade Federal de Uberlândia, Docente- Faculdade de Matemática-FAMAT.

Resumo: Estudos envolvendo a determinação do tamanho ótimo de parcela são importantes no planejamento experimental e, além disso, sua caracterização de forma otimizada permite a obtenção de resultados mais precisos. No entanto, esse tamanho não pode ser generalizado, pois deve-se considerar as características e especificidades de cada espécie, cultivar, local, variáveis a serem analisadas e métodos utilizados. Por essas razões, o objetivo do presente trabalho foi a utilização das metodologias de Máxima Curvatura Modificado, Modelo de Regressão Linear com Platô e Modelo de Regressão Quadrático com Platô, para a espécie *Acacia polyphylla* D.C., em três lotes de variabilidades distintas para a determinação de tamanho ótimo de parcela para esta espécie. Foram considerados ensaios em branco e condições ambientais idênticas de todas as unidades experimentais básicas (UEB), com a instalação dos experimentos de acordo com a metodologia proposta por Nomellini (2012) como sendo a melhor para teste de germinação da espécie em questão. Verificou-se para esta espécie que os Modelos de Regressão (Linear e Quadrático) reduziram os tamanhos de parcela de forma drástica e prejudicial, sendo adequado para a mesma o Método da Máxima Curvatura Modificado e reforçando a necessidade da utilização de mais de um método para a determinação dos tamanhos de parcela.

Palavras-chave: Teste de Germinação, Tamanho Ótimo de Parcela, *Acacia polyphylla* DC.

Abstract: Researches involving the determination of the optimum plot size are important in experimental design and further characterization optimally allows to obtain more accurate results. However, this size can not be generalized because it must consider the characteristics and specificities of each species, crop, location, variables to be analyzed and methods to be used. For these reasons, the objective of this article was the use of methodologies like Maximum Bend Modified, Linear Regression Model with Plateau and Quadratic Regression Model with Plateau, for the species *Acacia polyphylla* DC, in three lots of different variability for the determination of optimal plot size for this species. Was considered blank tests and environmental conditions identical to all the basic experimental units (UEB), with the installation of the experiments according to the methodology proposed by Nomellini (2012) as the best for germination test of the species concerned. Was verified for this species as the regression models (linear and quadratic) reduced size portion drastic and detrimental way, being suitable for the same the Maximum Bend Modified Method and reinforcing the need to use more than one method of determining the plot sizes.

Keywords: Germination Test, Optimum plot Size, *Acacia polyphylla* DC.

† Autor correspondente: quintiliano@famat.ufu.br.

Introdução

Com a crescente degradação das florestas nativas para extração madeireira, atividades agro-pastoris e a diminuição de espécies florestais nativas, tem gerado grande discussão, entre pesquisadores e até mesmo a população, a respeito dos processos de conservação dos bens naturais. Dessa maneira, com o objetivo de controlar a variabilidade dos resultados de germinação que ocorre entre as sementes cultivadas, em 1931 a International Seed Testing Association (ISTA) determinou um tamanho máximo de lote para o controle da variabilidade dessas culturas (BRASIL, 1992).

Para se obter um aumento na precisão experimental e maximizar as informações obtidas no experimento, a determinação do tamanho de parcela e do número de repetições fornecem uma maior precisão nos resultados obtidos (PARANAIBA, 2007). A utilização de tamanhos e formas de parcela adequadas é de suma importância, pois na procura da existência de diferenças significativas entre tratamentos testados, dependemos da redução do erro experimental (LUCIO, 2004). Por existirem diferentes variações de espécie, local, características avaliadas, métodos utilizados entre outros, temos que o tamanho de parcela e o número de repetições devem ser específicos para cada uma dessas características.

Logo, justifica-se a determinação do número ótimo de parcelas para a espécie florestal *Acacia polyphylla* D.C. com o método de germinação validado por Nomelini (2012) utilizando o Método da Máxima Curvatura Modificado (MMCM), o Modelo de Regressão Linear com Platô (MRLP) e o Modelo de Regressão Quadrático com Platô (MRQP).

Assim, temos como objetivos para esse trabalho a estimação do tamanho ótimo de parcela para a espécie florestal *Acacia polyphylla* D.C. a ser utilizados em teste de germinação pelo Método da Máxima Curvatura Modificado, Modelo de Regressão Linear com Platô e Modelo de Regressão Quadrático com Platô. Além disso, fazem parte do objetivo a comparação entre os resultados encontrados nos três métodos e a implementação dos métodos utilizando a linguagem R Development Core Team (2008).

Materiais e Métodos

Para a espécie florestal nativa *Acacia polyphylla* D.C. foram instalados os experimentos de acordo com a metodologia descrita na Figura 1. Esta metodologia foi gerada a partir de testes e re-testes em laboratório e é considerado como sendo o melhor para teste de germinação da espécie em questão (NOMELINI, 2012).

Espécie (família) Nome popular/RNC	Metodologia	
	<i>Acacia polyphylla</i> D.C. (FABACEAE) Acácia-monjolo 23371	Substrato
Temperatura/Luz		25°C/ contínua
Pré-tratamento		-
Assepsia		Solução de detergente
Avaliação		1ª contagem
	Final	14 dias

Figura 1: Relação da espécie com o método mais eficiente para o teste de germinação.

Para todas as técnicas foram considerados ensaios em branco e condições ambientais idênticas para todas as unidades experimentais básicas (UEB). Além disso, os tratamentos foram montados considerando três lotes de sementes de qualidades fisiológicas distintas, os quais formaram lotes de alta, média e baixa porcentagem de germinação ou plântulas normais. Os dados foram coletados em um gride $r \times c$, com r linhas e c colunas (representando os laboratórios e as repetições, respectivamente), totalizando rc UEB como se pode observar na Figura 2. Os laboratórios escolhidos foram considerados idênticos em estudo realizado por Nomelini (2012).

r_1c_1	r_1c_2	...	r_1c_n
r_2c_1	r_2c_2	...	r_2c_n
\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
r_nc_1	r_2c_2	...	r_nc_n

Figura 2: Croqui de um ensaio em branco.

Foram formados vários tamanhos de parcelas com X UEB agrupadas de modo conveniente, em que X é um divisor de rc . No experimento em questão foram analisados 7 laboratórios e para cada um deles foram enviadas 200 sementes, totalizando 1400 sementes por lote. Além disso, cada laboratório realizou 8 repetições com igual repartição, de 25 sementes, em cada lote, onde cada tratamento representa um lote sendo respectivamente lotes de baixa, alta e média variabilidade, totalizando em cada um deles 56 UEB.

Assim, os grupos de UEB e tamanho de parcela foram agrupadas de 6 modos diferentes conforme Tabela 1.

Tabela 1: Tamanho da Parcela (x) e Unidades Experimentais Básicas (UEB) comuns a todos os métodos para a espécie *Acacia polyphylla* D. C.

UEB	Tamanho da Parcela (x)
56	1
28	2
14	4
7	8
4	14
2	28

Para cada valor de X , há um coeficiente de variação associado calculado segundo Paranaíba (2007), que é dado por

$$CV(x) = \frac{\sqrt{Var(x)}}{\bar{y}(x)} \times 100, \quad (1)$$

em que $CV(x)$ é o coeficiente de variação entre parcelas de tamanhos X ; $Var(x)$ é a variância entre as parcelas de X unidades experimentais básicas; $\bar{y}(x)$ é a média das parcelas de X UEB.

Para o MMCM, a relação entre o coeficiente de variação ($CV(x)$) e o correspondente tamanho da parcela com X unidades básicas foi estimada pelo modelo

$$CV(x) = \frac{a}{x^b}, \quad (2)$$

em que a e b são os parâmetros a serem estimados.

O valor da abscissa em que ocorre o ponto de máxima curvatura x_c pode ser estimado por

$$x_c = \exp \left\{ \frac{1}{2b+2} \times \log \left[(ab)^2 \left(\frac{2b+1}{b+2} \right) \right] \right\}, \quad (3)$$

em que x_c é o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental; a é a estimativa da constante de regressão; e b é o coeficiente de regressão.

Nos MRLP e MRQP, foram utilizados os seguintes modelos, respectivamente:

$$CV_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i & , \text{ se } x_i \leq x_c \\ P + \epsilon_i & , \text{ se } x_i > x_c \end{cases} \quad (4)$$

$$CV_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \epsilon_i & , \text{ se } x_i \leq x_c \\ P + \epsilon_i & , \text{ se } x_i > x_c \end{cases} \quad (5)$$

em que CV_i é o coeficiente de variação entre as repetições de cada tamanho de parcela; X_i é o tamanho da parcela em unidades básicas agrupadas; x_c é o tamanho ótimo de parcelas para o qual o modelo linear ou quadrático se transforma em um platô; P é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô; β_0 , β_1 e β_2 são os coeficientes a serem estimados; ϵ_i é o erro associado ao CV_i considerados independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância constante.

Para o MLRP, o tamanho ótimo de parcela x_c foi estimado pela expressão

$$\hat{x}_c = \hat{P} - \frac{\hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1}, \quad (6)$$

em que $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$ e \hat{P} são os valores estimados dos parâmetros do modelo. Já para o MRQP, o tamanho ótimo de parcela e a junção com o modelo platô foram estimados, respectivamente, por:

$$\hat{x}_c = -\frac{\hat{\beta}_1}{2\hat{\beta}_2}, \quad (7)$$

$$\hat{P} = \hat{\beta}_0 - \frac{\hat{\beta}_1^2}{4\hat{\beta}_2}, \quad (8)$$

em que $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$ são os valores estimados dos parâmetros do modelo.

Para os modelos utilizados, foram estimados os coeficientes de determinação para verificar a qualidade de ajuste dos modelos, que é dado por:

$$R^2 = 1 - \frac{SQ_E}{SQ_T}, \quad (9)$$

em que, SQ_E é a soma de quadrados do erro ou resíduo; SQ_T é a soma de quadrados total.

Além do coeficiente de determinação, foram estimados os Critérios de Informação de Akaike (AIC) para cada modelo a fim de diferenciar qual foi o melhor modelo dentre os estimados. O AIC é dado por:

$$AIC_p = -2 \log(L_p) + 2[(p + 1) + 1], \quad (10)$$

em que L_p é a função de verossimilhança do modelo; p é o número de variáveis explicativas consideradas no modelo.

Os gráficos e as estimativas foram realizadas a partir de rotinas implementadas na linguagem R.

Resultados

Para os três métodos foram utilizado os mesmos ensaios em branco, montados como na Figura 2, tendo 7 laboratórios, onde para cada laboratório foram enviadas 200 sementes por lote, totalizando 1400 sementes por lote. E cada laboratório realizou 8 repetições em cada lote, onde cada tratamento representa um lote sendo respectivamente lotes de baixa, alta e média variabilidade, totalizando 56 UEB para cada um dos lotes.

Na Tabela 2 temos o Coeficiente de Variação para cada um dos lotes em estudo em relação ao tamanho da parcela e a quantidade de unidades experimentais básicas.

Tabela 2: Tamanho da parcela (x) em termos de unidades experimentais básicas (UEB) e coeficiente de variação entre parcelas para os Lotes 1, 2 e 3, em porcentagem.

UEB	Tamanho da Parcela (x)	$CV(x)$ Lote1	$CV(x)$ Lote2	$CV(x)$ Lote3
56	1	27,4632	7,8282	15,5371
28	2	21,6530	5,4500	11,5310
14	4	13,2528	4,5653	7,8945
7	8	10,6456	4,2761	6,7266
4	14	5,2332	2,3255	4,0946
2	28	0,6854	1,7901	2,2246

Tamanho da Parcela pelo Método da Máxima Curvatura Modificado

Utilizando-se os valores da Tabela 2, os parâmetros a e b da equação 1, o Tamanho da parcela (x_c), o Coeficiente de Determinação (R^2) e o AIC no MMCM, foram estimados para os 3 lotes conforme Tabela 3.

Tabela 3: Constante de Regressão (\hat{a}), Coeficiente de Regressão (\hat{b}), Tamanho da Parcela (\hat{x}_c), Coeficiente de Determinação (R^2), Critério de Informação de Akaike (AIC) para o MMCM.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
\hat{a}	28,8900	7,7161	15,7708
\hat{b}	0,5748	0,3931	0,4865
\hat{x}_c	5,6232	1,9968	3,6435
R^2	0,9506	0,9496	0,9832
AIC	31,5338	13,4186	16,4525

Pelo MMCM, seriam necessários, para o Lote 1, $5,6232 \times 25 = 140,58 \approx 141$ sementes à serem enviadas aos 7 laboratórios. Analogamente, para os Lote 2 e 3 seriam necessários 50 e 92 sementes, respectivamente, totalizando 283 sementes a serem enviadas aos 7 laboratórios.

Inicialmente foram enviados 4200 sementes (pois para cada Lote foram concedidos 1400 sementes) e como se pode observar, haveria uma redução de 93,26% no envio de sementes para testes de germinação.

O R^2 nos três lotes indica um bom ajuste dos dados modelo estimado.

Tamanho da Parcela pelo Modelo de Regressão Linear com Platô

Utilizando-se os valores da Tabela 2, os parâmetros $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$, \hat{P} , da equação 4, o Tamanho da parcela (x_c), o Coeficiente de Determinação (R^2) e o AIC no MRLP foram estimados para os três lotes conforme Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros do modelo ($\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$), Platô (\hat{P}), Tamanho da Parcela (\hat{x}_c), Coeficiente de Determinação (R^2), Critério de Informação de Akaike (AIC) para o MMCM.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
$\hat{\beta}_0$	26,7136	8,2706	17,3554
$\hat{\beta}_1$	-2,2560	-0,9955	-2,4434
\hat{P}	2,9593	2,7972	4,3486
\hat{x}_c	10,5295	5,4983	5,3233
R^2	0,9137	0,8128	0,9030
AIC	36,8830	23,2940	28,9819

Pelo MRLP, seriam necessários, para o Lote 1, $10,5295 \times 25 = 263,37 \approx 264$ sementes à

serem enviadas aos 7 laboratórios. Analogamente, para os Lote 2 e 3 seriam necessários 138 e 134 sementes, respectivamente, totalizando 536 sementes a serem enviadas aos 7 laboratórios.

Inicialmente foram enviados 4200 sementes (pois para cada Lote foram concedidos 1400 sementes) e como se pode observar, haveria uma redução de 87,24% no envio de sementes para testes de germinação.

O R^2 nos três lotes indica um bom ajuste dos dados à equação do MRLP.

Tamanho da Parcela pelo Modelo de Regressão Quadrático com Platô

Utilizando-se os valores da Tabela 2, os parâmetros $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$, $\hat{\beta}_2$, \hat{P} , da equação 5, o Tamanho da parcela (\hat{x}_c), o Coeficiente de Determinação (R^2) e o AIC para o MRQP foram estimados para os três lotes conforme Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros do modelo ($\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$), Platô (\hat{P}), Tamanho da Parcela (\hat{x}_c), Coeficiente de Determinação (R^2), Critério de Informação de Akaike (AIC) para o MMCM.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
$\hat{\beta}_0$	27,7237	7,3625	16,0271
$\hat{\beta}_1$	-2,9653	-0,5768	-1,9434
$\hat{\beta}_2$	0,0860	0,0152	0,0745
\hat{P}	2,1519	1,8841	3,3580
\hat{x}_c	17,2476	18,9948	13,0383
R^2	0,9379	0,8924	0,9235
AIC	34,9114	19,9787	27,5527

Pelo MRQP, seriam necessários, para o Lote 1, $17,2476 \times 25 = 431,19 \approx 432$ sementes à serem enviadas aos 7 laboratórios. Analogamente, para os Lote 2 e 3 seriam necessários 475 e 326 sementes, respectivamente, totalizando 1233 sementes a serem enviadas aos 7 laboratórios.

Inicialmente foram enviados 4200 sementes (pois para cada Lote foram concedidos 1400 sementes) e como se pode observar, haveria uma redução de 70,64% no envio de sementes para testes de germinação.

O R^2 nos três lotes indica um bom ajuste dos dados à equação do MRLP.

Conclusão

Verificamos que os três métodos utilizados apresentaram uma redução considerável na quantidade de sementes para o teste de germinação da espécie *Acacia polyphylla D.C.* Além disso, é possível verificar que o Método da Máxima Curvatura Modificado (MMCM), apresentou a menor redução de parcelas nos três lotes analisados.

Quanto ao coeficiente de determinação (R^2), todos os modelos apresentaram um bom ajuste em relação aos dados. No entanto, quando analisamos o Critério de Informação de Akaike (AIC), O Método da Máxima Curvatura Modificada se mostrou melhor, para todos os lotes analisados, em relação aos demais métodos.

Contudo, é recomendável o uso de mais de um método de determinação de tamanho ótimo de parcelas experimentais, visto que em cada espécie podemos obter resultados distintos.

Referências

BRASIL. 1992. *Ministério da Agricultura e Reforma Agrária*. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV.

LUCIO, A. D. et AL. *Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em áreas restritas*. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.4, p.766-770, out./dez. 2004.

NOMELINI, Q. S. S. *Enfoque estatístico na validação de métodos para teste de germinação de sementes de florestais*. 2012. 163p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) ? Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia..

PARANAÍBA, P. F. *Tamanho ótimo de parcelas em delineamentos experimentais*. 2007. 63 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.r-project.org/>.