

COMPORTAMENTO DA VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE E DENTRO DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Galesia integrifolia* Vell. Moq. PARA CARACTERES QUANTITATIVOS*

Alexandre Magno SEBBENN**
Miguel Luiz Menezes FREITAS**
Antonio Carlos Scatena ZANATTO**
Eurípedes de MORAES**
Marcela Aparecida de MORAES***

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar o comportamento de parâmetros genéticos ao longo do tempo em um teste de procedências e progênies da espécie arbórea *G. integrifolia* estabelecido na Estação Experimental de Luiz Antônio - EELA, e os efeitos em diferentes intensidades de seleção dentro de progênies sobre o tamanho efetivo retido no teste. O ensaio foi estabelecido em 1981 com 17 a 21 progênies de três procedências, da espécie, do Estado de São Paulo (Ribeirão Preto, Campinas e Bauru), usando seis repetições e cinco plantas por subparcela. Foram medidos os caracteres diâmetro à altura do peito - DAP, altura, volume e sobrevivência nas idades 2, 4, 6, 8 e 23 anos. Diferenças significativas foram detectadas entre procedências, progênies/procedência, interação procedência e anos, e interação progênies/procedência e anos, para a grande maioria dos caracteres. A procedência Ribeirão Preto, de origem mais próxima da EELA, apresentou a maior taxa de sobrevivência e taxa de crescimento significativamente maior do que as outras procedências para a maioria dos caracteres estudados. Observou-se um padrão de variação genética entre procedência ao longo dos anos com redução nas diferenças entre procedências e aumento da variação entre progênies/procedências. O coeficiente de variação genética para volume aumentou com o aumento da idade das plantas. Já os coeficientes de variação genética para DAP, altura e sobrevivência permaneceram relativamente estáveis ao longo dos anos. O coeficiente de herdabilidade dentro de progênies para DAP, altura e volume manteve-se estável ao longo dos anos. O coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies para altura também se manteve estável ao longo dos anos, mas apresentou tendência de crescimento com o aumento da idade das plantas para DAP, volume e sobrevivência. Finalmente, a seleção de seis plantas por progênies foi determinada como a mais adequada para conservar o tamanho efetivo retido no teste e produzir sementes com ampla base genética.

Palavras-chave: conservação genética *ex situ*; teste de procedências e progênies; espécies arbóreas brasileiras; genética quantitativa.

ABSTRACT

The aims of this study were to evaluate the behavior of genetic parameters a long of time in a provenance and progeny test of tree species, *G. integrifolia* established in the Luiz Antônio Experimental Station - EELA, and the effects of different intensity of selection within progenies on the effective population size maintained in the test. The trial was established in 1981 with 17 to 21 progenies of three provenances from São Paulo State (Ribeirão Preto, Campinas and Bauru), using six repetitions, and five plants per subplot. The diameter at breast height - DBH, height, volume and survival were measured at 2, 4, 6, 8 and 23 years of age. Significant differences among provenances, progenies/provenances, interaction provenances and years and interaction progenies/provenance and years were detected for great majority of the studied traits. The provenance Ribeirão Preto, located nearest to EELA, showed the highest survival rate and significant higher growth rate than the others provenances for majority of the study traits. The genetic variation among provenances was reduced with increase in the age of the trees, while the genetic variation among progenies/provenances increased over the time. The coefficient of genetic variation for volume increased throughout the times and for DBH, height and survival was stable. The coefficient of heritability within progenies for DBH, height and volume was stable over the years. The coefficient of heritability among progenies for height also was stable over the years, but for DBH, volume and survival it showed the tendency to increase with increasing of the years. Finally, the selection of six trees per progeny was determined as the best options to maintain the effective population size in the test and to produce seed with wide genetic base.

Keywords: *ex situ* conservation; provenance and progenies test; Brazilian tree species; quantitative genetics.

(*) Aceito para publicação em maio de 2009.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

(***) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, Caixa Postal, 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A conservação genética vem sendo a principal estratégia do Instituto Florestal de São Paulo para conter a perda de valiosas populações naturais de espécies arbóreas nativas. A conservação *in situ* é primordial para manter essas populações na natureza e preservá-las por futuras gerações. A conservação *ex situ* se faz necessária como ação conjunta devido ao avançado estado de degradação e fragmentação que se encontram as florestas naturais do Estado de São Paulo, devido à pressão antrópica. Ações de conscientização sobre a conservação desses seres vivos são necessárias, e esta mobilização deve ser cada vez mais presente no dia a dia da população, pois essas áreas abrigam riquezas que são atualmente imensuráveis em termos de valores econômicos e ecológicos. Em suma, manter essas populações em banco de germoplasma vem sendo a função dessa instituição desde o fim da década de 1970, quando foram implantadas dezenas de experimentos na forma de testes de procedências e progênes.

Estudos na área de conservação genética demonstram que a redução das populações naturais tem acarretado perda de genes adaptados a ambientes específicos de colonização dessas espécies. A redução contínua no tamanho de muitas populações submete as espécies arbóreas a perdas de variabilidade, por deriva genética (Sebbenn & Etori, 2001). A deriva leva, após gerações, à perda de variabilidade (alelos e heterozigosidade), aumento da endogamia e parentesco, e o aparecimento da depressão por endogamia, caracterizada pela redução na capacidade adaptativa às mudanças ambientais, redução na fertilidade, vigor, porte e produtividade, entre outros (Allard, 1971; Ritland, 1996).

Os estudos fenotípicos e genotípicos entre e dentro de populações, para diferentes características, são as formas mais apropriadas para determinar-se a estrutura genética de uma espécie, desde que as sementes colhidas de indivíduos e/ou populações representativas sejam testadas em condições de laboratório, viveiro ou campo, com o controle dos efeitos

ambientais a partir de delineamentos experimentais adequados, como é o caso dos ensaios de progênes ou procedências (Kageyama & Dias, 1985).

Esses ensaios têm a finalidade de conservar populações. Porém, essas populações podem também servir para fins de melhoramento genético ou produção de sementes com ampla base genética para a recuperação ambiental.

Dentre essas espécies conservadas *ex situ* pelo Instituto Florestal de São Paulo em testes de procedências e progênes, se destaca *Gallesia integrifolia* (Vell.) Moq., da família das Phytolaccaceae, conhecida vulgarmente como pau-d'alho e que apresenta ampla distribuição natural, estendendo-se entre a latitude 4° S, no Estado do Ceará, até a latitude 25° 3' S, no Estado do Paraná. *G. integrifolia* é árvore perenifólia, que pode atingir altura de até 20 m e diâmetro à altura do peito - DAP de 80 cm, sendo algumas vezes encontrados alguns espécimes com até 30 m de altura e 100 cm de diâmetro. Suas folhas têm forte cheiro de alho, por isso o nome sugestivo. Não produzem sementes anualmente e sua dispersão é por anemocoria. Sua madeira é utilizada em serrarias, produção de energia e de papel e celulose (Lorenzi, 1992).

Este trabalho teve por objetivos estudar o comportamento de parâmetros genéticos ao longo do tempo em um teste de procedências e progênes de *G. integrifolia*, para caracteres quantitativos de crescimento. Também se objetivou avaliar diferentes esquemas de seleção dentro de progênes sobre o tamanho efetivo retido no banco, com o intuito de produção de sementes com ampla base genética para fins de recuperação ambiental.

2 MATERIALE MÉTODOS

2.1 Amostragem e Delineamento Experimental

Para a implantação do teste de procedências e progênes, em setembro de 1981, sementes de polinização aberta foram coletadas em três populações naturais (procedências) de *G. integrifolia* no Estado de São Paulo (TABELA 1). De cada procedência, foram coletadas semente de 17 a 21 árvores matrizes.

TABELA 1 – Coordenadas geográficas das populações e número de progênes amostradas por procedência.

Populações	Progênes	Lat. (°S)	Long. (°W)	Alt. (m)
1 Ribeirão Preto-SP	17	21° 11'	47° 51'	530
2 Campinas-SP	20	22° 55'	47° 03'	652
3 Bauru-SP	21	22° 23'	48° 50'	500

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Galesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

O ensaio foi implantado em 1982 na Estação Experimental de Luiz Antônio-SP, do Instituto Florestal de São Paulo, localizada nas coordenadas 21° 40' S, 47° 49' W, altitude de 550 m, com clima tropical (Cwa), inverno seco, precipitação média anual de 1.280 mm e solo do tipo latossolo roxo. O delineamento experimental adotado foi o de blocos de famílias compactas (Wright, 1978) com seis repetições, três procedências (efeito de parcela), 17 a 21 progênies/procedência (efeito de subparcela) e cinco plantas por subparcela. O espaçamento utilizado foi o de 3,0 m x 3,0 m. Também foi adotada uma bordadura externa de duas linhas da mesma espécie. O ensaio foi medido aos dois (1984), quatro (1986), seis (1988), dez (1992) e 23 anos (2005) de idade para sobrevivência (SOB), diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (ALT). Adicionalmente, aos 23 anos de idade foi também medida a forma das árvores, usando um sistema de notas, com valores variando de um (pior forma do fuste) a cinco (melhor forma do fuste). Do DAP e altura (h) foi estimado o volume real individual por árvores pela expressão: $V_r = 0,314hDAP^2$, assumindo um fator de forma para a espécie de 0,4.

2.2 Análises de Variância e Estimativa de Componentes da Variância

As análises de variância foram conduzidas em nível de plantas individuais para cada caráter, em cada idade de avaliação, bem como para a análise conjunta das idades, com exceção do caráter sobrevivência, que foi medido em termos de média de subparcela. Para as análises de variância para cada caráter em cada idade foi assumido o seguinte modelo misto:

$$Y_{ijkl} = \mu + b_i + t_j + f_{j:k} + (tb)_{ij} + (fb)_{j:ki} + e_{ijkl}$$

em que, Y_{ijkl} é o valor fenotípico do l -ésimo indivíduo da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição; μ é o termo fixo da média total; b_i é o efeito fixo da i -ésima repetição (blocos); t_j é o efeito fixo da j -ésima procedência; $f_{j:k}$ é o efeito aleatório da k -ésima progênie da j -ésima procedência; $(tb)_{ij}$ é o efeito da interação aleatória entre a j -ésima procedência e a i -ésima repetição; $(fb)_{j:ki}$ é o efeito da interação aleatória entre a k -ésima progênie da j -ésima procedência e i -ésima repetição (erro entre subparcelas);

e_{ijkl} é o efeito aleatório da l -ésima árvore dentro da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição (erro dentro de subparcelas). Sendo, $i = 1 \dots b$ (b é o número de repetições); $j = 1 \dots t$ (t é o número de procedências); $k = 1 \dots m$ (m é o número de progênies dentro das procedências); $l = 1 \dots n$ (n é o número de árvores por progênie).

Para as análises de variância conjunta para idades foram adicionadas as fontes de variação referente aos efeitos de idades, interação de idades e procedências e interação de idades e progênies dentro de procedências. Neste caso, o modelo misto usado foi:

$$Y_{ijkln} = \mu + i_n + b_{i(n)} + t_j + f_{j:k} + (tb)_{ijn} + (fb)_{j:kin} + e_{ijkln}$$

em que, Y_{ijkln} é o valor fenotípico do l -ésimo indivíduo da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição, na n -ésima idade; μ é o termo fixo da média total; i_n é o efeito fixo da n -ésima idade; $b_{i(n)}$ é o efeito fixo da i -ésima repetição (blocos) dentro da n -ésima idade; t_j é o efeito fixo da j -ésima procedência; $f_{j:k}$ é o efeito aleatório da k -ésima progênie dentro da j -ésima procedência; $(tb)_{ijn}$ é o efeito da interação aleatória entre a j -ésima procedência com a i -ésima repetição dentro da n -ésima idade; $(fb)_{j:kin}$ é o efeito da interação aleatória entre a k -ésima progênie da j -ésima procedência e i -ésima repetição (erro entre subparcelas) dentro da n -ésima idade; e_{ijkln} é o efeito aleatório da l -ésima árvore dentro da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição (erro dentro de subparcelas) dentro da n -ésima idade. Sendo, $n = 1 \dots d$ (d é o número de idades avaliadas).

Da análise de variância individual por idade foram estimados os componentes de variância: $\sigma_{p/p}^2$ = variância entre progênies dentro de procedências; σ_e^2 = variância ambiental; σ_d^2 = variância fenotípica dentro de progênies. Adicionalmente, para estimar quanto da variação total era devido às diferenças genéticas entre procedências, todas as variáveis foram submetidas a uma nova análise assumindo que o efeito de populações era aleatório. Assim, foi estimada a variância genética entre populações (σ_p^2). Dos componentes da variância foram estimados a divergência genética entre procedências (Q_{ST}) e progênies dentro de procedências ($Q_{p/p}$):

$$\hat{Q}_{ST} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{p/p}^2 + \frac{2}{p}},$$

$$\hat{Q}_{p/p} = \frac{\hat{\sigma}_{p/p}^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{p/p}^2 + \hat{\sigma}_p^2}.$$

O teste F da análise de variância foi calculado usando o procedimento GLM (*General Linear Model*) do programa estatístico SAS (SAS, 1999). Por sua vez, os componentes de variância foram estimados utilizando-se o método REML (*Restricted Maximum Likelihood*) em combinação com o procedimento VARCOMP do programa SAS (SAS, 1999), devido ao desbalanceamento do ensaio em termos de número desigual de árvores sobreviventes por subparcelas e ao desigual número de progênies por procedência (variando de 17 a 21 progênies). O programa SAS foi também utilizado para fazer um teste de Tukey, a fim de verificar se existiam diferenças significativas entre as médias das procedências.

2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos

O cálculo das variâncias genéticas e fenotípicas, herdabilidades e correlações genéticas foi realizado com base em Namkoong (1979) e Falconer & Mackay (1997). Como não existem estudos do sistema de reprodução em populações de *G. integrifolia* e não se conhece o grau de parentesco existente entre plantas dentro de progênies, para a estimativa da variância genética aditiva (σ_A^2), assumiu-se que as progênies das diferentes populações foram geradas por um sistema misto de reprodução, tendo como coeficiente médio de parentesco (r_{xy}) entre plantas dentro de progênies o valor de 0,440, que corresponde ao dobro do coeficiente de coancestria (Θ_{xy}) estimado para a média de espécies arbóreas tropicais, 0,220 (Sebbenn, 2006). Assim a variância genética aditiva (σ_A^2) foi estimada por $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_{p/p}^2 / \hat{r}_{xy} = \hat{\sigma}_{p/p}^2 / 0,44$.

Dos componentes de variância foram estimados os coeficientes de herdabilidade em nível de média de progênies (h_m^2) e dentro de

progênies (h_d^2) e o coeficiente de variação genético (CV_g) entre progênies dentro de procedência por:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_{p/p}^2}{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{nb} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \hat{\sigma}_{p/p}^2}, \quad \hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy}) \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$$

$$e \quad CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{p/p}^2}}{\hat{m}} \cdot 100,$$

em que, m é a média geral do caráter.

As correlações genéticas entre os caracteres foram estimadas de acordo com a expressão:

$$\hat{r}_{g_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{P_X P_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{P_X}^2 \hat{\sigma}_{P_Y}^2}},$$

em que, $r_{g_{XY}}$ é o coeficiente de correlação genética; $\sigma_{P_X P_Y}$ é o produto genético entre progênies para os caracteres x e y ; $\sigma_{P_X}^2$ e $\sigma_{P_Y}^2$ são as variâncias genéticas entre progênies/procedências dos caracteres x e y , respectivamente.

O tamanho efetivo antes e após a seleção (N_e) foi estimado do coeficiente de coancestria de grupo (Θ_{xy}) pela expressão: $\hat{N}_e = 0,5 / \hat{\Theta}_{xy}$ (Lindgren *et al.*, 1996). O coeficiente de coancestria de grupo foi estimado por:

$$\hat{\Theta}_{xy} = \frac{0,5(1 + \hat{F}_p)mn + \hat{\theta}_{xy} mn(n-1)}{(nm)^2} \quad \text{Lindgren et al., 1996),}$$

em que, n é o número de plantas por progênie (variando de 1 a 30), m é o número de progênies (variando de 17 a 21), F_p é o coeficiente de endogamia na geração parental, assumido como zero, e θ_{xy} é o coeficiente de coancestria médio dentro de progênies, assumido como 0,220, conforme estimativa realizada por Sebbenn (2006) para a média de espécies arbóreas tropicais.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Galesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Variação Genética

Foram detectadas diferenças significativas para o efeito de blocos na análise de todos os caracteres (TABELA 2), com exceção de sobrevivência aos oito anos de idade, indicando que a adoção do delineamento experimental baseado em blocos de famílias compactas foi eficiente para controlar o ambiente, garantindo homogeneidade ambiental dentro dos blocos.

Para os caracteres altura, DAP e volume foram detectadas diferenças significativas pelo teste F nas diferentes idades avaliadas em nível de procedências e progênies/procedência, com exceção para o caráter altura aos 23 anos de idade (TABELA 2). Para a sobrevivência, somente foram observadas diferenças significativas entre procedências aos 23 anos de idade, e para

Progênies/procedência somente ocorreu diferença significativa aos oito e aos 23 anos de idade (TABELA 2). Para o caráter forma também foram detectadas diferenças significativas entre procedências e entre progênies/procedência. Essas diferenças significativas entre progênies dentro de procedências indicam que parte da variação genética intrapopulacional dessas procedências foi retida no banco. Os resultados também indicam que a variação genética existente entre essas três procedências está retida no banco de germoplasma.

Pensando-se em uma perspectiva futura de se utilizar esse material para melhoramento genético, os resultados sugerem a possibilidade de obterem-se ganhos genéticos para os caracteres que apresentaram diferenças significativas, pela seleção da melhor procedência e das melhores progênies dentro da melhor procedência.

TABELA 2 – Quadrados médios para altura, DAP, volume e sobrevivência em diferentes idades de um teste de procedências e progênies de *Galesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

FV	ALT2	ALT4	ALT6	ALT8	ALT23
Bloco	12,3513**	104,4940**	139,2643**	111,2297**	4552,3640**
Procedência (Proc)	3,7919 *	52,1329**	53,5759**	165,0548**	3,6087
Prog (Proc)	1,7230**	4,7269**	8,6268**	17,5568**	47,3519**
Erro entre	1,2898	3,0725	5,8232	10,4023	31,0906
Erro dentro	0,8671	1,1125	2,5149	3,7816	13,9776
FV	DAP2	DAP4	DAP6	DAP8	DAP23
Bloco	40,2320**	84,2189**	219,3833**	71,0980**	132,7394*
Procedência (Proc)	13,5878**	65,4334**	77,2364**	303,6229**	301,7252**
Prog (Proc)	3,1729 **	20,2004**	25,4602**	65,8590**	143,8157**
Erro entre	2,2897	10,2186	11,7984	24,61	61,8462
Erro dentro	1,39	6,6216	8,6229	19,3509	43,9837
FV	VOL2	VOL4	VOL6	VOL8	VOL23
Bloco	0,000040**	0,00301**	0,0094**	0,02030**	0,32114**
Procedência (Proc)	0,000014**	0,00240**	0,0046**	0,06467**	0,13188*
Prog (Proc)	0,000003**	0,00030**	0,00071**	0,00892**	0,10789**
Erro entre	0,000002	0,00018	0,00038	0,00351	0,05531
Erro dentro	0,000002	0,00012	0,00029	0,00288	0,04017
FV	SOB2	SOB4	SOB6	SOB8	SOB23
Bloco	389,1936**	277,21608**	216,3947**	199,889293	839,9749 **
Procedência (Proc)	37,1322	29,8009	38,13758	206,212048	796,3368*
Prog (Proc)	60,6142	76,1577	91,75843	175,6571 **	288,2836*
Erro entre	51,2501	61,2900	67,64842	109,7564	199,20764
FV	FORMA23				
Bloco	4,2306**				
Procedência (Proc)	0,2233**				
Prog (Proc)	0,0579*				
Erro entre	0,0556				
Erro dentro	0,0421				

Em que: * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

Uma análise conjunta entre diferentes idades de avaliação dos caracteres foi conduzida para verificar se existia algum tipo de interação entre os efeitos de procedências e progênes dentro de procedência com a idade (TABELA 3). Foram detectadas diferenças significativas entre anos, blocos dentro de anos, procedências, interação anos e procedências, progênes/procedência e

interação ano e progênes dentro de procedências para todos os caracteres analisados, exceto entre procedências e interação ano e progênes dentro de procedências, para a análise conjunta do caráter sobrevivência. Esses resultados indicam a possibilidade de estar ocorrendo alterações no comportamento das procedências e progênes dentro de procedências para os caracteres estudados.

TABELA 2 – Quadrados médios para altura, DAP, volume e sobrevivência em diferentes idades de um teste de procedências e progênes de *Gallesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

Fonte de variação	ALT	DAP	VOL	SOB
Ano	37966,84**	54195,3700**	12,9671**	10,8349**
Bloco (Ano)	1241,696**	27,2297*	0,0850**	1,1926**
Procedência (Proc)	129,2526**	547,1883**	0,1272**	0,6184ns
Ano*Proc	38,0532**	56,345**	0,0312**	0,7218*
Prog (Proc)	45,0484**	167,0703**	0,0435**	1,6202**
Ano*Proc(Prog)	8,4415**	23,3365**	0,0223**	0,1519ns
Erro entre	22,9638	59,7616	0,0164	0,3114
Erro dentro	4,7848	15,0683	0,0086	
Média	8,25 m	10,38 cm	0,0652 m ³	94,7%

Em que: * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$; ns = não significativo.

3.2 Médias de Crescimento

Para os caracteres altura, DAP e sobrevivência, a procedência Ribeirão Preto (Proc 1) foi a que apresentou as maiores médias para todas as idades, seguida pela procedência Campinas (Proc 2), e finalmente pela Bauru (Proc 3) (TABELA 4). De acordo com o teste de Tukey, a média em altura dessa procedência difere significativamente da procedência Campinas aos 2 e 4 anos, para o DAP aos 4, 6, 8 e 23 anos, para volume aos 4 e 6 anos e para sobrevivência aos 23 anos de idade. Em relação à procedência Bauru, a média da procedência Ribeirão Preto só não foi significativamente diferente para altura aos 23 anos. Por sua vez, as médias das procedências Campinas e Bauru foram significativamente diferentes para altura aos 4, 6 e 8 anos, para DAP aos 2 e 8 anos e para volume em todas as idades avaliadas. Para o caráter forma, a procedência Ribeirão Preto diferenciou-se significativamente das demais, apesar de ser muito pequena a diferença entre as procedências Ribeirão Preto e Campinas. Tais resultados indicam a procedência Ribeirão Preto como a mais indicada para reflorestamentos na região de Luiz Antônio, visto seu maior crescimento médio. A explicação para esse desempenho superior da procedência Ribeirão Preto, possivelmente está associada ao fato de que esta se localiza próximo ao local de experimentação, Luiz Antônio, e por isso, pode conter genes adaptados a esta região.

3.3 Sobrevivência

Constata-se que a procedência Bauru foi a que apresentou as menores porcentagens de sobrevivência (TABELA 4), possivelmente pela melhor adaptação das procedências Ribeirão Preto e Campinas às condições climáticas do entorno do município de Luiz Antônio. A procedência Ribeirão Preto é a que apresenta as maiores taxas de sobrevivência, embora a procedência Campinas apresente uma média muito próxima de sobrevivência. Comparativamente a outros ensaios com espécies arbóreas nativas e exóticas implantados na Estação Experimental de Luiz Antônio, *G. integrifolia* apresenta, na média das procedências (89,8%), porcentagens de sobrevivência superiores às encontrados em *Cariniana legalis* aos 17 anos de idade (85,7%, Sebbenn *et al.*, 2001), *Balfourodendron riedelianum* aos 21 anos (81,5%, Sebbenn *et al.*, 2007a), *Cordia alliodora* aos 23 anos (88,7%, Sebbenn *et al.*, 2007b), *Araucaria cunninghamii* aos 20 anos (88,7%, Sebbenn *et al.*, 2005), *Cordia trichotoma* aos 19 anos (78,9%, Freitas *et al.*, 2006) e *Myracrodruon urundeuva* aos 17 anos de idade (74%, Freitas *et al.*, 2007). Esse resultado suporta a idéia de que a espécie é adaptada à região em questão e teria alto potencial para reflorestamentos.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

TABELA 4 – Médias para altura, DAP, volume, sobrevivência e forma em diferentes idades de um teste de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

Média	ALT2 (m)	ALT4 (m)	ALT6 (m)	ALT8 (m)	ALT23 (m)
Geral	3,31	5,48	7,00	10,32	15,85
Proc 1	3,38A	5,77A	7,23A	10,65A	15,94A
Proc 2	3,31AB	5,55B	7,15A	10,63A	15,93A
Proc 3	3,23B	5,15C	6,66B	9,74C	15,69A
	DAP2 (cm)	DAP4 (cm)	DAP6 (cm)	DAP8 (cm)	DAP23 (cm)
Geral	3,25	8,1	9,09	13,65	18,58
Proc 1	3,37A	8,49A	9,50A	14,41A	19,46A
Proc 2	3,32A	8,04B	9,06B	13,74B	18,59B
Proc 3	3,09B	7,82B	8,76B	12,94C	17,86B
	VOL2 (m ³)	VOL4 (m ³)	VOL6 (m ³)	VOL8 (m ³)	VOL23 (m ³)
Geral	0,001535	0,015	0,0239	0,0761	0,2267
Proc 1	0,0017A	0,0173A	0,0270A	0,0862A	0,2440A
Proc 2	0,0016A	0,0150B	0,0240B	0,0788A	0,2386A
Proc 3	0,0014B	0,0131C	0,0210C	0,0650B	0,1989B
	SOB2 (%)	SOB4 (%)	SOB6 (%)	SOB8 (%)	SOB23 (%)
Geral	97,5	96,9	96,5	94,5	89,8
Proc 1	98,2	97,2	96,9	95,7	91,4A
Proc 2	97,3	97,3	96,8	94,6	90,8B
Proc 3	97,1	96,3	95,9	92,9	86,5B
	Forma23				
Geral	1,54				
Proc 1	1,60A				
Proc 2	1,55B				
Proc 3	1,47B				

3.4 Componentes da Variância

O comportamento da variação genética entre procedências e entre progênies dentro de procedências ao longo dos anos é apresentado na FIGURA 1. A variação entre procedências aumentou dos dois aos quatro anos para todos os caracteres, tendendo a reduzir nos anos seguintes e aproximando-se de zero aos 23 anos. A variância genética entre progênies dentro de procedências aumentou dos dois aos oito anos de idade em todos os caracteres, embora tenha ocorrido pequena redução aos seis anos para o caráter altura. Contudo, ocorreu leve redução na variância genética entre progênies dentro de procedências

entre oito e 23 anos de idade para os caracteres altura e DAP. Em termos gerais, esses resultados demonstram pouca variação genética entre procedências aos 23 anos, mas alta variação genética entre progênies dentro de procedências, sugerindo que a seleção entre procedências de *G. integrifolia* não trará ganhos na seleção. Por outro lado, a grande variação entre progênies dentro de procedências indica a possibilidade de obter-se ganhos genéticos pela seleção entre progênies. De fato, como aos 23 anos praticamente não existe mais variação entre as três procedências estudadas, a seleção poderia ser conduzida em cima de todas as progênies das três procedências, como se fossem originadas de uma simples população.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Galesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

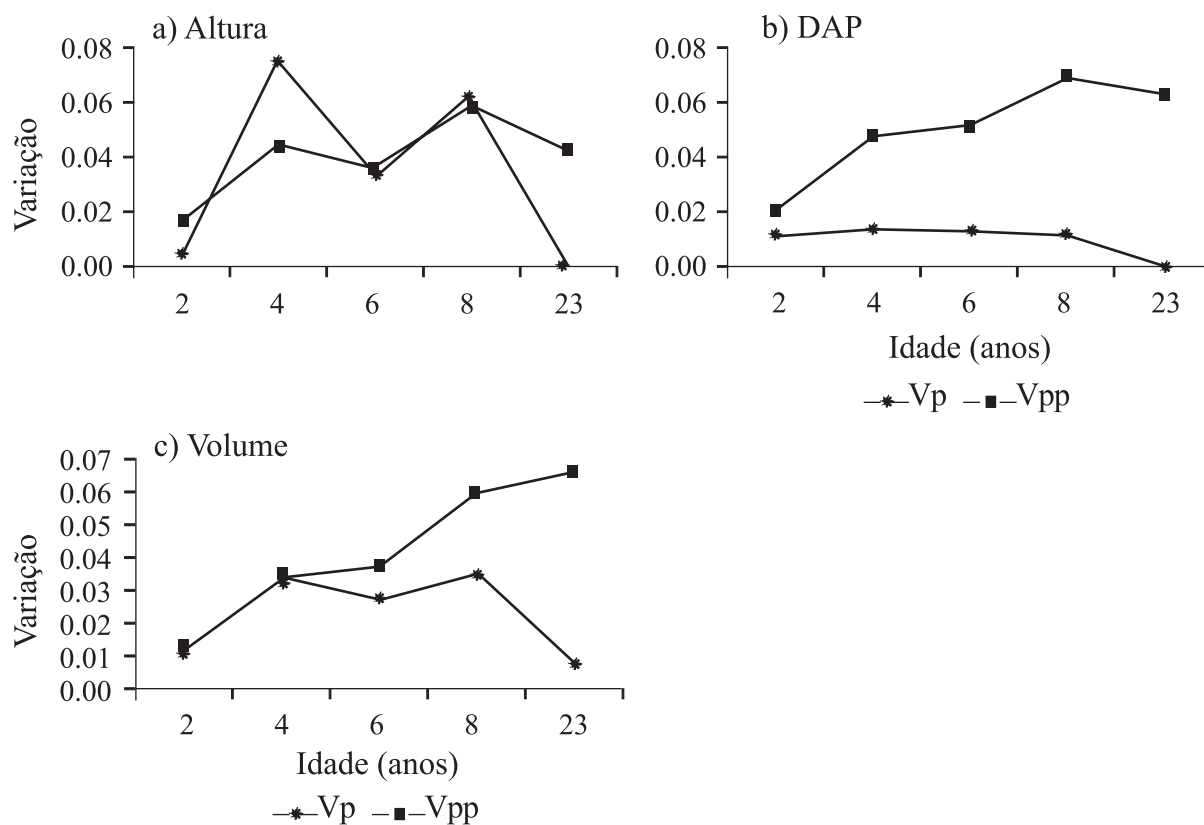


FIGURA 1 – Proporção relativa da variância genética entre populações (σ_p^2) e entre progênes/população ($\sigma_{p/p}^2$) em relação à variância fenotípica total de um teste de procedências e progênes de *Galesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

3.5 Correlações Genéticas entre Caracteres e Idades

Entre as correlações genéticas (r_g) entre diferentes caracteres e idades (TABELA 5), apenas quatro correlações não foram significativas: correlação entre DAP e volume aos seis anos de idade (0,07); correlações entre volume aos dois anos de idade com volume aos oito e aos 23 anos de idade (respectivamente 0,12 e 0,15), e correlações entre DAP e volume aos quatro anos de idade (0,24). Em contrapartida, a maioria das correlações apresentaram diferenças altamente significativas ($P < 0,01$), com os maiores valores resultantes da correlação entre altura aos quatro anos com altura aos seis anos de idade,

DAP aos quatro anos com DAP aos seis anos de idade, volume aos quatro anos e volume aos oito anos de idade e entre caracteres para altura e volume aos oito anos de idade (0,99 para todas as correlações). Ainda em relação às correções para mesmos caracteres em diferentes idades, foi observado que as correlações eram maiores entre idades próximas e tendiam a reduzir com o aumento das idades. Isso demonstra que idades precoces podem não ser bons preditores do desempenho dos caracteres em idades avançadas. Por outro lado, as altas e positivas correlações entre diferentes caracteres em mesmas idades sugerem que a seleção em um caráter afeta indiretamente o outro, ou seja, é possível se realizar a seleção indireta nas presentes procedências.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

TABELA 5 – Correlações genéticas (r_g) entre diferentes caracteres e diferentes idades para mesmos caracteres em progênies de *Gallesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

	ALT4	ALT6	ALT8	ALT23	DAP2	DAP4	DAP6	DAP8	DAP23	VOL2	VOL4	VOL6	VOL8	VOL23
ALT2	0,71**	0,77**	0,31*	0,54**	0,66**					0,72**				
ALT4		0,99**	0,79**	0,78**	0,75**						0,98**			
ALT6			0,85**	0,88**		0,79**						0,53**		
ALT8				0,97**			0,97**						0,99**	
ALT23								0,95**						0,57**
DAP2					0,90*	0,92**	0,71**	0,73**	0,73**	0,53**				
DAP4						0,99**	0,91**	0,95**			0,24			
DAP6							0,93**	0,91**				0,07		
DAP8									0,88**				0,86**	
DAP23														0,57**
VOL2											0,96**	0,91**	0,12	0,15
VOL4												0,97**	0,99**	0,97**
VOL6													0,98**	0,96**
VOL8														0,98**

Em que: * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

3.6 Coeficientes de Variação Genética

O coeficiente de variação genética (CVg) (FIGURA 2) foi alto para volume aos 23 anos de idades (~23%), e apresentou um padrão de crescimento com a idade das plantas. Já os coeficientes de variação genética para os outros caracteres foram relativamente estáveis ao longo dos anos. O caráter DAP (~8%) apresentou valor superior à altura (~4%), seguido da sobrevivência (~3%). Ao se comparar com o teste de progênies da mesma espécie avaliado aos nove anos de idade por Siqueira *et al.* (1999) (3,52% para DAP; 0% para altura) e aos 20 anos de idade por Freitas *et al.* (2008) (6,75% para DAP; 3,47% para altura; 7,7% para volume; 0,54% para sobrevivência), verifica-se que os valores deste ensaio foram superiores, ou seja, as presentes procedências têm maior variação genética entre progênies do que as populações das espécies citadas. Outros ensaios com espécies nativas também demonstraram valores inferiores para os caracteres aqui avaliados, como em *Balfourodendron riedelianum* (3,98% para DAP; 1,02% para altura; 9,04% para volume; Sebbenn *et al.*, 2007a), *Myracrodruon urundeuva* (6,33% para DAP; 12,95% para volume; Freitas *et al.*, 2007) e *Cordia trichotoma* (2,33% para altura; 14,51% para volume; Freitas *et al.*, 2006).

3.7 Coeficientes de Herdabilidade

Como esperado, os coeficientes de herdabilidade em nível de média de progênies (FIGURA 3) apresentaram valores mais altos do

que dentro de progênies, para os caracteres altura, DAP e volume. Para o caráter altura, os coeficientes de herdabilidade, tanto em nível de média como dentro de progênies, foram semelhantes para todas as leituras realizadas nestes últimos 23 anos de implantação do ensaio. Os caracteres DAP e volume apresentaram valores crescentes e não homogêneos durante os períodos de leitura dos dados. O caráter sobrevivência foi o que apresentou menores coeficientes de herdabilidade em nível de média, durante as cinco etapas de avaliação. O coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies na avaliação aos 23 anos de idade foi de aproximadamente 0,58 para DAP, 0,32 para altura da planta, 0,55 para volume e 0,29 para sobrevivência. Comparando-se com o teste de progênies da mesma espécie avaliado por Freitas *et al.* (2008), observa-se que no presente ensaio os valores de herdabilidade em nível de média de progênies foram superiores para DAP e volume, mas inferiores para altura e sobrevivência. Os valores obtidos neste ensaio foram superiores aos verificados por Sebbenn *et al.* (2003, 2007a) avaliando as espécies arbóreas nativas *Araucaria angustifolia* (0,133; 0,103 e 0,119, respectivamente para os caracteres DAP, altura e volume) e *Balfourodendron riedelianum* (0,290; 0,137 e 0,014, respectivamente para DAP, altura e volume) ambas com 21 anos de idade, porém inferiores para *Cordia trichotoma* (Freitas *et al.*, 2006), em que apenas o caráter altura foi inferior ao aqui obtido (0,766; 0,124; 0,652 e 0,653, respectivamente para DAP, altura, volume e sobrevivência), aos 19 anos de idade.

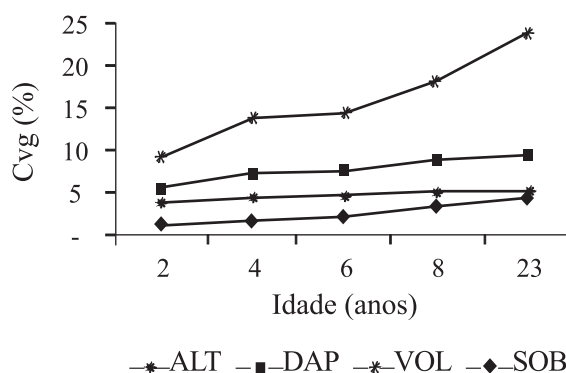


FIGURA 2 – Coeficiente de variação genética (CVg %) de *Gallesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Galesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

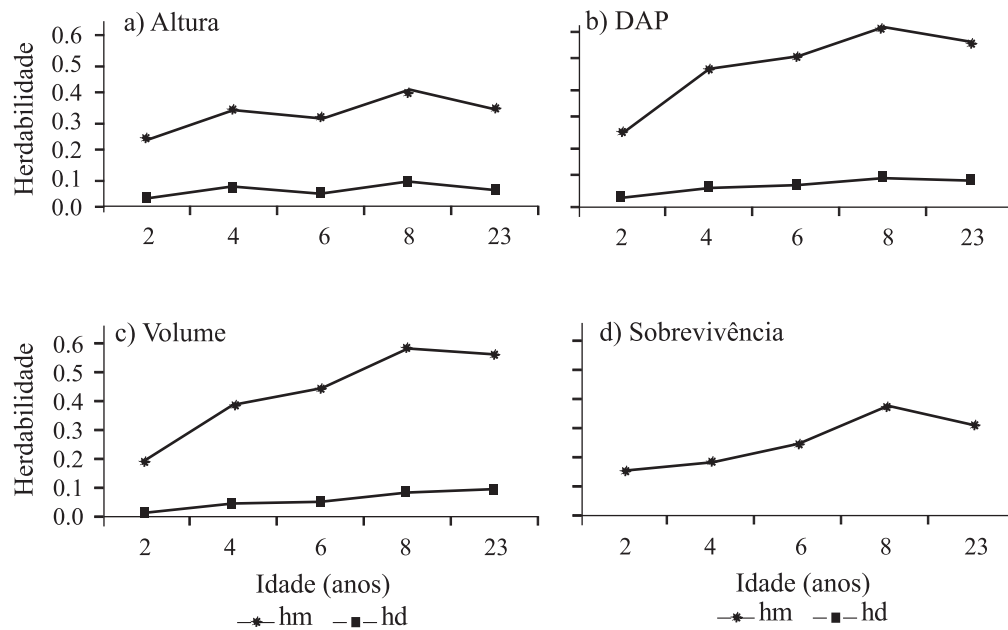


FIGURA 3 – Herdabilidade em nível de média de progênies (hm) e dentro de progênies (hd) de *Galesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

Em termos gerais, as altas herdabilidades em nível de média de progênies indicam a possibilidade de melhoramento genético via seleção das melhores progênies. Em termos de conservação, tais herdabilidades indicam que essas procedências têm potencial evolutivo para responder a mudanças ambientais, visto que parte significativa da variação genética observada nos caracteres é de origem genética.

3.8 Tamanho Efetivo e Tamanho da Amostra

Considerando o fato de que o presente teste de procedências e progênies foi implantado com o intuito de conservação genética, mas é necessário realizar um desbaste seletivo no teste para manter a taxa de crescimento, foram simuladas diferentes intensidades de seleção dentro de progênies, sem a seleção entre procedências e progênies. Dessa forma, continuar-se-ia conservando *ex situ* as três procedências e todas as progênies inicialmente amostradas. Este esquema de seleção deve reduzir pouco a variação genética retida no banco e permitir a produção de sementes com ampla base genética e com poucos ganhos na seleção, visto que os coeficientes de herdabilidade dentro de progênies foram baixos, indicando que a seleção dentro de progênies traria poucos ganhos genéticos.

A seleção de apenas uma planta dentro de progênies reduz o tamanho efetivo de aproximadamente 120 para 60 plantas não parentes e endogâmicas (FIGURA 4). A vantagem de utilizar essa alta intensidade de seleção, em detrimento da perda do tamanho efetivo, seria a impossibilidade de ocorrer cruzamentos entre parentes e, conseqüentemente, de ocorrer endogamia biparental nas sementes coletadas após a seleção e recombinação. Contudo, isso não evitaria que pudesse ocorrer endogamia por autofecundação, caso não existam mecanismos para evitar esta forma de reprodução, como autoincompatibilidade. Por outro lado, a seleção de seis plantas dentro de progênies, por exemplo, a seleção de apenas uma planta dentro de cada subparcela, reduz o tamanho efetivo retido no banco de 120 para aproximadamente 100 plantas não parentes e endogâmicas. Neste último esquema de seleção se evita o cruzamento entre árvores irmãs dentro das subparcelas e o aparecimento de endogamia biparental, embora ainda exista a possibilidade de ocorrerem cruzamentos entre parentes, entre árvores irmãs localizados em diferentes subparcelas. Comparando esses dois extremos de seleção, ou seja, a seleção de apenas uma planta por progênie e de seis plantas por progênie, aqui se indica a última como mais apropriada, visto reduzir, substancialmente menos, o tamanho efetivo do banco de germoplasma, não afetando o principal objetivo deste ensaio, a conservação *ex situ* de procedências de *G. integrifolia*.

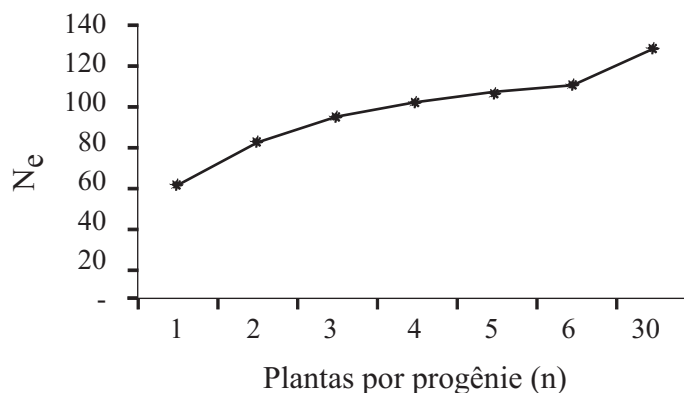


FIGURA 4 – Estimativa do tamanho efetivo (N_e) para diferentes situações de seleção de árvores dentro de parcelas em teste de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia*, em Luiz Antônio, SP.

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética entre procedências e entre progênies dentro de procedências em todos os caracteres, em quase todas as idades avaliadas.
2. A espécie apresentou altas taxas de sobrevivência, principalmente para as procedências de Ribeirão Preto e Campinas.
3. Existem correlações genéticas entre os caracteres de crescimento com a mesma idade e entre aqueles com diferentes idades. Portanto, a seleção indireta em um caráter com a seleção direta em outro pode ser aplicada.
4. A seleção de seis plantas por progênies, uma em cada subparcela reduz pouco o tamanho efetivo das procedências e progênies retidas no banco e pode permitir a produção de sementes com ampla base genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1997. 469 p.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 165-173, 2008.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Formação de pomar de sementes a partir da seleção dentro de teste progênies de *Myracrodruon urundeuva*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 65-72, 2007.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Cordia tricothoma* (Vell.) ex Steud. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 95-102, 2006.

KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. S. Aplicación de conceptos genéticos a espécies forestales nativas en Brasil. **Información sobre Recursos Genéticos Forestales**, Roma, v. 13, p. 2-10, 1985.

LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 52-59, 1996.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. p. 149, p. 289, p. 340.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).

RITLAND, K. Inferring the genetic basis of inbreeding depression in plants. **Genome**, Ottawa, v. 39, p. 1-8, 1996.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO)**. Cary, 1999. 454 p.

SEBBENN, A. M. *et al.* Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Galesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos.

SEBBENN, A. M. Sistema de reprodução em espécies arbóreas tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomares de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93-138.

_____. *et al.* Genetic variation in provenance-progeny test of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. in São Paulo, Brazil. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 52, n. 5-6, p. 181-184, 2003.

_____. *et al.* Genetic variation in *Araucaria cunninghamii* provenances in Luiz Antônio-SP, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa-MG, v. 5, p. 1-8, 2005.

_____. *et al.* Results of an international provenance trial of *Cordia alliodora* in São Paulo, Brazil at five and 23 years of age. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, n. 3-4, p. 110-117, 2007a.

_____. *et al.* Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-112, 2007b.

_____.; ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltroforum dubium* em teste de progênies misto. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, p. 201-211, 2001.

_____.; KAGEYANA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) por caracteres quantitativos e isoenzimas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 121-134, 2001.

SIQUEIRA, A. C. M. F. *et al.* Comportamento silvicultural e genético de duas espécies arbóreas tropicais secundárias. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 53-64, 1999.

WRIGHT, J. W. A simplified design for combined provenance and progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 27, n. 2, p. 68-70, 1978.