

Helena de Cássia Brassaloti Otsubo¹, Mario Luiz Teixeira de Moraes¹, Marcela Aparecida de Moraes¹, Maria José Neto², Miguel Luiz Menezes Freitas³, Reginaldo Brito da Costa⁴, Marcos Deon Vilela de Resende⁵, Alexandre Magno Sebbenn³

VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES SILVICULTURAIS EM TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS DA REGIÃO DO BOLSÃO SUL-MATO-GROSSENSE

Palavras chave:
Myracrodruon urundeuva
Astronium fraxinifolium
Terminalia argentea
Variabilidade genética
Parâmetros genéticos

Histórico:
Recebido 30/09/2011
Aceito 14/09/2015

Keywords:
Myracrodruon urundeuva
Astronium fraxinifolium
Terminalia argentea
Genetic variability
Progenies
Genetic parameters

Correspondência:
luizakira@brturbo.com.br

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a variação genética e a seleção das melhores progênies de *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea*, quanto aos caracteres de crescimento, em Selvíria, Mato Grosso do Sul. O teste de progênie foi instalado utilizando o delineamento de blocos ao acaso com 28 tratamentos, quatro repetições e dez plantas por parcela em linhas simples, no espaçamento 1,5 x 3,0 m. Aos 14 anos de idade, as progênies foram avaliadas quantos aos caracteres: altura (ALT); diâmetro a altura do peito (DAP); diâmetro médio da copa (DMC); forma do tronco (FT, escala de notas, variando de 1 a 5) e sobrevivência (SOB). Foram encontradas altas herdabilidades entre médias de progênies para os caracteres DAP (0,67), DMC (0,57) e forma do tronco (0,83), respectivamente. O ganho predito para DAP indica que a seleção baseada em informações, tanto de progênies, quanto de indivíduos dentro de progênies foram substanciais, o que denota uma boa perspectiva de exploração da variabilidade genética ao longo de um programa de melhoramento genético para as espécies estudadas, assim como o estabelecimento de estratégias para futura formação de um pomar de sementes.

GENETIC VARIATION FOR THE SILVICULTURE CHARACTER IN THREE ARBOREOUS SPECIES OF THE SOUTH BOLSÃO REGION IN MATO GROSSO DO SUL STATE, BRASIL

ABSTRACT: The present study aimed at evaluating genetically the best progenies of *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea* from Selvíria, MS, concerning their growing traits. The progeny test was performed by outlining randomized blocks with 28 treatments, 4 repetitions and 10 plants per plot in single rows at 1.5 x 3.0 spacing. At 14 years of age, the progenies were evaluated concerning the traits: height (ALT, m); diameter of the height (DAP, cm); average diameter of the top (DMC, cm); trunk shape (FT), grade scale, ranging from 1 to 5, and survival (SOB, %). The average heritability for the traits studied is considered from medium to high magnitudes (0.67; 0.57 e 0.83) for DAP, DMC e trunk shape, respectively. More expressive outcomes were obtained from the average of progenies (9.42; 9.40 e 12.83) for DAP, respectively, which indicates that the selection can be effective using such information, not only from the families but also from the individuals for native progenies from the region which indicates a good perspective of genetic variability to be exploited along a genetic breeding program for the studied species and the establishment of strategies for future formation of a seed orchard.

¹ Universidade Estadual Paulista - Ilha Solteira, São Paulo, Brasil

² Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil

³ Instituto Florestal de São Paulo - São Paulo, São Paulo, Brasil

⁴ Universidade Federal do Mato Grosso - Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Colombo, Paraná, Brasil

INTRODUÇÃO

A mesorregião leste de Mato Grosso do Sul é formada por municípios com características muito peculiares, pela proximidade com os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, numa posição diferenciada com relação aos outros municípios sul-mato-grossenses. Na sua conformação, foram subdivididos em microrregiões, utilizando critérios socioeconômicos e ambientais; a região do bolsão sul-mato-grossense é formada por nove municípios: Água Clara, Aparecida do Taboado, Brasilândia, Cassilândia, Chapadão do Sul, Inocência, Paranaíba, Selvíria e Três Lagoas.

A vegetação predominante é do tipo Cerrado arbóreo denso ou aberto, de pastagens naturais, cultivadas e por formações pioneiras; áreas com tensão ecológica, ou floresta estacional semi-decidual. Essa região favoreceu o desenvolvimento de espécies agrícolas adaptadas a esses ambientes como cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.), soja (*Glicine max* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.) no município de Chapadão do Sul e as demais agropastoril; em destaque Aparecida do Taboado e Três Lagoas, cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e *Eucalyptus* spp, respectivamente.

Nos últimos anos vem aumentando a área cultivada com cana-de-açúcar e *Eucalyptus* sp. Dessa forma, a fragmentação florestal, nesta região, atinge níveis alarmantes. A redução da área de ambiente nativo do Cerrado aumenta o risco de extinções de espécies animais e plantas, ao reduzir as populações naturais, tornando-as mais suscetíveis ao desaparecimento em função de eventos naturais ou antrópicos.

Os principais tipos fisionômicos encontrados no Cerrado são: as formações florestais como a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, a Mata Seca e o Cerradão onde predominam as espécies arbóreas com formação de dossel contínuo; as formações savanas como o Cerrado sentido restrito, o Parque de Cerrado e o Palmeiral caracterizados pela presença de estratos arbóreos e arbustivo-herbáceos definidos, onde as árvores são distribuídas aleatoriamente; as Veredas e, finalmente as formações campestres de Campos Sujo, Limpo e Rupestre (RIBEIRO et al., 1993; RIBEIRO; WALTER, 2008).

A área do presente estudo é caracterizada pelo cerradão que é uma vegetação florestal que ocorre, tanto em solos distróficos quanto mesotróficos, sendo sua composição florística variável conforme a fertilidade do solo (RATTER, 1971; RATTER et al., 1973; ARAÚJO; HARIDASAN, 1988). Nesse contexto, o cerradão, revela-

se nitidamente aparentado com as florestais pluviais, e as maiorias das suas espécies evoluíram localmente (planalto central) a partir de elementos vindos de florestas vizinhas. Portanto, apresentam espécies e gêneros comuns aos ocorrentes na floresta amazônica (*Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Couepia* spp.), na floresta atlântica (*Machaerium acutifolium*, *Tabebuia* spp.), nas matas secas (*Copaifera langsdorffii*, *Platyopodium elegans*), além de espécies isoladas, sem afinidade imediata com outras conhecidas, como a *Plenckia populnea* (RIZZINI, 1997).

Espécies arbóreas como *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea* persistem em fragmentos de Cerrado do bolsão sul-mato-grossense, com possibilidades pouco consistentes de conservação no bioma. *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira - Anacardiaceae) tem distribuição natural que abrange áreas do Ceará (Caatinga) ao estado do Paraná e Mato Grosso do Sul (POTT; POTT, 1994). Trata-se de uma espécie arbórea, dióica, com tronco reto e cilíndrico, com madeira pesada (1,19 g·cm⁻³), muito durável, pela presença do tanino (QUEIROZ et al., 2002), usada para moirão, poste e na construção de pontes (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991). A espécie *Astronium fraxinifolium* Schott (gonçalo-alves - Anacardiaceae) é característica dos Cerrados do Brasil Central (Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso) e da Amazônia (Pará), pode ser encontrada em mata Semidecídua distribuída da Amazônia até o Cerrado (POTT; POTT, 1994) e a sua utilização é semelhante a *M. urundeuva*. A espécie arbórea *Terminalia argentea* Mart. Et Succ. (capitão do campo - Combretaceae) ocorre nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo (LORENZI, 1998). É planta decídua, heliófila, pioneira e adaptada a terrenos secos e pobres, característica do Cerradão e de sua transição para Florestas Semidecíduais, áreas secas, cerrado e podendo ser encontrada em mata (POTT; POTT, 1994). Esta espécie apresenta madeira moderadamente pesada, resistente e de média durabilidade natural, podendo ser empregada em construção civil. Em vista da importância dessas espécies, e depredações em seus habitats originais, tornando-se necessário conservá-las *ex situ* para evitar a extinção. A conservação genética *ex situ* refere-se à manutenção de genes ou complexos de genes em condições artificiais, fora do seu habitat (LLERAS, 1992; VALOIS et al., 2001).

Em espécies arbóreas nativas, a conservação *ex situ* tem sido predominantemente realizada por coleções a campo, na forma de testes de procedências e progênies de polinização aberta (ARAÚJO et al., 2014; SEBBENN et al., 2001, 2007, 2009, Pires et al., 2014;

Freitas et al., 2008b; Moraes et al., 2012; Souza et al., 2003). Uma das vantagens de se utilizar delineamentos experimentais para a conservação genética *ex situ* é a possibilidade de se estimar parâmetros genéticos e, portanto, monitorar a variabilidade genética de caracteres quantitativos ao longo do tempo. Outra vantagem é a possibilidade de utilizar o material genético em programas de melhoramento florestal. Os testes de procedências e progênies podem ainda ser submetidos à seleção dentro de progênies, resultando em pomares de sementes por mudas (SEBBENN et al., 2009). Pomares de sementes por mudas com tais características podem produzir sementes com ampla base genética para reflorestamentos ambientais, visto que todas as progênies são mantidas. Contudo, a conservação *ex situ* de espécies arbóreas de regiões tropicais não é tão simples, devido às características ecológicas destas espécies. Para muitas dessas espécies é necessário considerar o momento ideal para a instalação dos bancos de germoplasma, a densidade de plantio, a escolha do sistema de plantio (homogêneo ou consorciado), a utilização de espécies adequadas às regiões de plantio, grupos ecológicos e variáveis climáticas. Dessa forma, são necessários estudos básicos que tenham por objetivo avaliar a variabilidade genética para os principais caracteres de crescimento (MORAES et al., 1992; MORAES et al., 2004).

Os testes de progênies são instrumentos importantes para o melhoramento e conservação genética de espécies arbóreas, pois permitem a estimativa de parâmetros genéticos e seleção de progênies e árvores superiores. Tais testes permitem ainda o monitoramento da variabilidade genética ao longo do tempo. Dentro deste contexto, o presente estudo objetivou: i) Estimar a variabilidade genética para caracteres silviculturais em um teste de progênies misto, combinando as espécies *M. urundeuva*, *A. fraxinifolium* e *T. argentea*; ii) Avaliar a utilização de duas estratégias de seleção, em um teste de progênies envolvendo estas três espécies, para oferecer subsídios para programas de conservação e melhoramento genético destas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das sementes das populações de *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea* foi feita em 28 árvores de polinização aberta, distantes entre si de pelo menos 100 metros, para cada espécie, localizadas na região de Selvíria, Mato Grosso do Sul. As sementes de *T. argentea* foram coletadas em julho de 1993 e as de *M. urundeuva* e *A.*

fraxinifolium foram obtidas em setembro do mesmo ano. As mudas foram produzidas no viveiro da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). O teste de progênies misto com as três espécies foi instalado em julho de 1994, na FEPE, localizada no município de Selvíria, MS, a 20°19'S e de 51°26'W, com altitude média de 327 m. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 28 tratamentos (progênies) e quatro repetições para cada uma das espécies estudadas. As parcelas instaladas no experimento obedeceram à disposição linear, alternando-se as espécies a cada dez plantas por parcela, ficando as plantas da linha com um espaçamento de 1,5 m e as plantas das entrelinhas com 3 m (Figura 1). Dessa forma, estabeleceu-se teste de progênies, em consórcio, numa área de 1,51 ha.

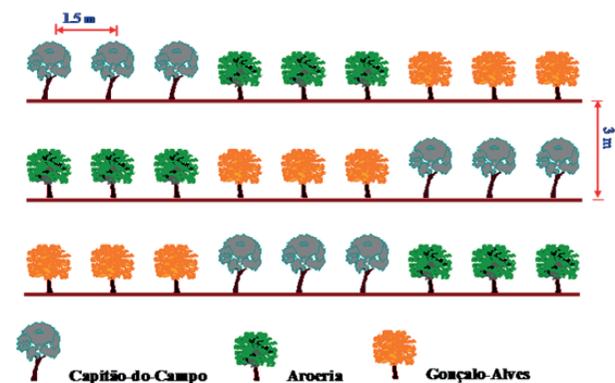


Figura 1 Esquema das disposições das árvores no teste de progênies misto com as espécies *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo Alves) e *Terminalia argentea* (Capitão do Campo).

Figure 1 Scheme of the trees arrangement for the mixed progeny test with species *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo Alves) and *Terminalia argentea* (Capitão do Campo).

As variáveis estudadas foram: altura (ALT, medida com o Vertex); diâmetro a altura do peito (DAP); diâmetro médio da copa (DMC); forma do tronco (FOR, escala de notas, variando de 1 a 5, tanto para bifurcação (B) como para retidão (R), sendo que a nota final foi dada, utilizando-se da expressão: $FT = ((B+R)/2)$ (Figuras 2 e 3) e sobrevivência (SOB).

Para a análise das variáveis com o objetivo de se estimar os componentes da variância e os parâmetros genéticos utilizou-se a metodologia de modelo linear misto univariado aditivo do software SELEGEN - REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) apresentado por Resende (2002 e 2007a,b). Para a utilização dos modelos propostos pelo programa, foi preciso assumir que as matrizes de

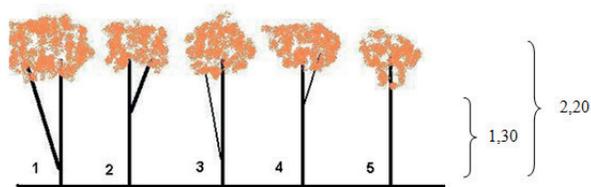


Figura 2 Escala de notas para Bifurcação, considerando um fuste de 2,20 m: 1: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 2: Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 3: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 4: Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 5: Sem bifurcação

Figure 2 Rating scale for bifurcation, considering a bole of 2.20 m: 1: bifurcation below 1.30 with a diameter equal to the main bole; 2: bifurcation above 1.30 with a diameter equal to the main bole; 3: bifurcation below 1.30 with smaller diameter than the main bole; 4: bifurcation above 1.30 with smaller diameter than the main bole; 5: no bifurcation.

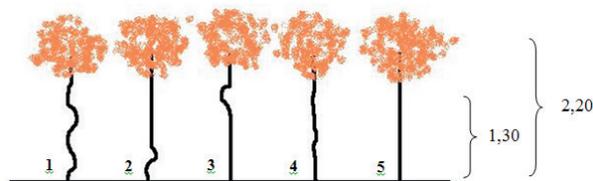


Figura 3 Escala de notas para Retidão, considerando um fuste de 2,20 m: 1: Tortuosidade acentuada em toda extensão; 2: Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30; 3: Tortuosidade acentuada acima de 1,30; 4: Leve tortuosidade em toda extensão; 5: Sem tortuosidade.

Figure 3 Rating scale for straight, considering a bole of 2.20 m: 1: high tortuosity to the full extent; 2: severe tortuosity below 1.30; 3: severe tortuosity above 1.30; 4: light tortuosity to the full extent; 5: no tortuosity.

polinização aberta das três espécies eram de meios-irmãos. As análises individuais, por espécie, tiveram por base o modelo estatístico [1], sendo: y = o vetor de dados; r = o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; a = o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios); p = o vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios), e = o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad [1]$$

As análises foram feitas para todos os parâmetros avaliados, envolvendo as progênies das três espécies, tiveram por base o modelo estatístico [2], em que: y = o vetor de dados; r = o vetor dos efeitos de repetição 0 (assumidos como fixos) somados à média

geral; a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); p = o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios); s = o vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios) e e = o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e \quad [2]$$

Também foram estimados o tamanho efetivo populacional (N_e), a diversidade genética (D), o ganho G_s (%) e a eficiência E_f (%) da seleção:

$$a) N_e = (4N_f \bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\sigma_{kf}^2 / \bar{k}_f)] \text{ em que: } N_f = \text{número}$$

de progênies selecionadas; σ_{kf}^2 = variância do número de indivíduos selecionados por progênie; \bar{k}_f = número médio de indivíduos selecionados por progênie;

b) A diversidade genética (D) após a seleção:

$D = N_{ef} / N_{fo}$, em que: $0 < D \leq 1$, sendo: N_{fo} = número original de famílias; N_{ef} = número efetivo de famílias selecionadas, sendo dado por: $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$. Com estas estimativas foram propostas duas estratégias de seleção, tendo por base o DAP, para que se possa priorizar a conservação e o melhoramento genético:

a) Seleção dos 448 melhores indivíduos de cada espécie, com base na classificação feita pelos BLUP's (melhor predição linear não viciada), em ordem decrescente, na análise feita no programa SELEGEN (RESENDE, 2002 e 2007a,b). Neste método as progênies selecionadas poderiam ter qualquer número de indivíduos entre 1 a 40. Deste modo, pode acontecer de selecionar vários indivíduos da mesma progênie e nenhum indivíduo de outra progênie.

b) Seleção de 60% dentro das progênies, o que corresponde a um total de 448 indivíduos selecionados: 28 (progênies) x 4 (plantas por progênie) x 4 (repetições). Nessa situação, todas as progênies tiveram um total de 16 indivíduos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência de *M. urundeuva* e *A. fraxinifolium* foi superior a 90% (Tabela 1), o que caracteriza uma ótima adaptação das mesmas ao local de plantio. Por sua vez, a sobrevivência de *T. argentea* foi superior a 70% (Tabela 1), o que caracteriza uma boa adaptação da espécie ao local de plantio.

Para as progênies de *M. urundeuva* e *A. fraxinifolium* verificou-se baixo desenvolvimento para

Tabela 1 Escala de notas para Bifurcação, considerando um fuste de 2,20 m: 1: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 2: Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 3: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 4: Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 5: Sem bifurcação

Table 1 Rating scale for bifurcation, considering a bole of 2.20 m: 1: bifurcation below 1.30 with a diameter equal to the main bole; 2: bifurcation above 1.30 with a diameter equal to the main bole; 3: bifurcation below 1.30 with smaller diameter than the main bole; 4: bifurcation above 1.30 with smaller diameter than the main bole; 5: no bifurcation.

Estimativa	Altura (m)			DAP (cm)			DMC (m)			Forma do tronco			Sob(%)		
	Mu	Af	Ta	Mu	Af	Ta	Mu	Af	Ta	Mu	Af	Ta	Mu	Af	Ta
\hat{m}	9,08	8,60	9,72	9,42	9,40	12,83	3,37	3,10	4,17	3,27	3,42	3,58	91,96	90,18	72,68
X^2	13,63*	5,77*	27,98*	10,56*	5,29*	18,05*	0,58 ^{ns}	7,03*	12,24*	12,03*	5,30*	30,19*	1,72 ^{ns}	0,48 ^{ns}	10,79*
\hat{h}_a^2	0,43	0,18	0,39	0,38	0,20	0,27	0,05	0,22	0,28	0,24	0,17	0,44	0,06	0,04	0,25
\hat{h}_{aj}^2	0,50	0,20	0,39	0,44	0,23	0,27	0,05	0,24	0,29	0,25	0,18	0,44	0,06	0,04	0,26
\hat{C}_{parc}^2	0,137	0,082	0,003	0,150	0,108	0,004	0,084	0,080	0,035	0,038	0,068	0,004	0,018	0,058	0,065
\hat{h}_m^2	0,67	0,52	0,81	0,62	0,51	0,73	0,22	0,57	0,69	0,66	0,51	0,83	0,33	0,20	0,62
r_{aa}	0,818	0,723	0,898	0,791	0,715	0,857	0,473	0,756	0,832	0,809	0,717	0,910	0,571	0,442	0,787
\hat{h}_{ad}^2	0,43	0,16	0,32	0,37	0,18	0,22	0,04	0,19	0,24	0,20	0,14	0,37	0,04	0,03	0,21
$CV_{gl}(\%)$	17,8	13,2	19,3	22,9	16,5	21,0	7,2	12,4	23,5	13,1	6,2	10,6	6,9	6,3	30,5
$CV_e(\%)$	12,5	12,6	9,5	17,7	16,2	12,7	13,5	10,7	15,6	9,5	6,1	4,8	10,0	12,8	24,0
CV_r	0,71	0,52	1,02	0,65	0,51	0,83	0,27	0,58	0,75	0,69	0,51	1,09	0,35	0,25	0,64

* significativo a 95% de probabilidade; ^{ns} não significativo; ^m média geral; X^2 qui-quadrado da deviance; h_i^2 herdabilidade individual; C_{parc}^2 coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; h_m^2 herdabilidade da média de progênies; r_{aa} acurácia; h_{ad}^2 herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gl} coeficiente de variação genética; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa.

os caracteres de crescimento quando comparados com a *T. argentea* (Tabela 1). Este fato pode ser explicado por esta ser uma espécie pioneira. O IMA (incremento médio anual) para os caracteres de crescimento DAP e altura foi alto para a *T. argentea* (0,92 cm e 0,69 m) e relativamente baixo para *M. urundeuva* (0,67 cm e 0,65 m) e *A. fraxinifolium* (0,67 cm e 0,61 m), quando comparado a outras espécies arbóreas nativas (SEBBENN et al., 2001b- *Cariniana legalis*, DAP=0,62 e ALT=0,57; FREITAS et al., 2006a- *Cordia trichotoma*, DAP=0,83 e ALT=0,73; SEBBENN et al., 2007- *Balfourodendruon riedelianum*, DAP=0,72 e ALT=0,99; FREITAS et al., 2008- *Gallesia integrifolia*, DAP=1,02 e ALT=0,68; ROCHA et al., 2009- *Schizolobium amazonicum*, DAP=2,16 e ALT=2,69; Sant'Ana et al., 2013- *Enterolobium contortisiliquum*, DAP=1,16 e ALT=0,68; PIRES et al., 2014- *Anadenanthera falcata*, DAP=0,81 e ALT=0,46). É importante ressaltar, contudo, que o estágio avançado da avaliação do experimento (14 anos) e as condições ambientais (competição entre as espécies no teste de progênies) possam influenciar e diminuir as médias de crescimento, no atual estudo, pois o plantio dessas foi realizado de forma consorciada, diferente das citadas, onde os plantios foram puros.

A forma do tronco das árvores das três espécies ficou entre as notas de 3 e 4, o que corresponde a uma

tendência das árvores apresentarem uma bifurcação acima de 1,30 m, com diâmetro inferior ao fuste principal e leve tortuosidade em toda a extensão do fuste considerado (Tabela 1). Provavelmente, o arranjo e o espaçamento do experimento tenham beneficiado este caráter, sendo superior também ao observado em outros trabalhos em *M. urundeuva*, baseados em plantios puros (MORAES et al., 1992; FREITAS et al., 2006b e FREITAS et al., 2007) onde as notas dos fustes ficaram entre 1,34 a 3,30.

A presença de variabilidade genética foi detectada para altura, DAP e forma do tronco em *M. urundeuva* e em todos os caracteres para *A. fraxinifolium* e *T. argentea*, evidenciada pela significância do valor de χ^2 , obtido pela análise de deviance (Tabela 1). Essa variação genética entre as progênies nas três espécies também foi corroborada pelo fato das estimativas de coeficiente de variação genética (CV_{gl}) serem superiores a 10% e ficarem acima do coeficiente de variação experimental (CV_e) para os caracteres altura, DAP e DMC.

O caráter diâmetro médio da copa (DMC) apresentou baixas estimativas de herdabilidade (h_m^2 e h_{ad}^2), acurácia (r_{aa}) e do coeficiente de variação relativa (CV_r). Não sendo, portanto, caracteres indicados para uma eventual seleção nas progênies de *M. urundeuva*. No entanto, os caracteres altura, forma do tronco e o DAP

apresentaram para estes mesmos parâmetros, altas estimativas, o que permite a escolha de qualquer um deles como o eleito para uma seleção, que no caso devido a sua praticidade pode ser o DAP. Guerra et al. (2009) e Freitas et al. (2007) estudaram a *M. urundeuva* aos 15 e 17 anos, respectivamente, encontraram estimativas inferiores para o caráter DAP comparado com o presente estudo, o que indica que o consórcio utilizado no presente teste de progênies pode ter favorecido na expressão genética da espécie para esse caráter, uma vez que esses autores estudaram a espécie em plantio solteiro. Entretanto, Moraes et al. (2012) encontraram em teste de progênies de *M. urundeuva*, aos 11 anos, resultados inferiores para o mesmo caráter comparado com o presente estudo, sendo que avaliaram três sistemas de plantio: a espécie solteira, *M. urundeuva* com culturas anuais (SAF) e *M. urundeuva* com *Anadenanthera falcata* (angico) e *Guazuma ulmifolia* (mutambo, pioneira), ou seja, não é qualquer espécie consorciada com a *M. urundeuva* favorece no seu desenvolvimento no campo, o que confirma a importância do presente trabalho do teste de progênies.

Os parâmetros genéticos obtidos (CV_{gi} , h_a^2 e h_m^2) foram superiores aos estudos feitos por Freitas et al. (2007) e Guerra et al. (2009), onde os autores avaliaram a mesma espécie, com 17 e 15 anos de idade, respectivamente, diferindo apenas o local e as procedências destas progênies. Assim as progênies deste presente estudo são promissoras a um futuro programa de melhoramento genético e formação de pomar de sementes.

O efeito da heterogeneidade ambiental dentro dos blocos foi verificado pelas estimativas do coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (C_{parc}^2), evidenciando baixas magnitudes para a sobrevivência (1,8%), forma do tronco (3,8%) e DMC (8,4%). Para estes três caracteres não houve variação nas estimativas entre os coeficientes de herdabilidade h_a^2 e h_{aj}^2 . Portanto, os blocos apresentaram homogeneidade ambiental, não interferindo, dessa forma, na estimativa dos parâmetros genéticos. Já o C_{parc}^2 para os caracteres altura (13,7%) e DAP (15,0%) ficaram acima de 10%, o que acabou refletindo nas estimativas dos coeficientes de herdabilidade, não permitindo que se ignore o efeito de parcelas (RESENDE, 2002b) (Tabela 1).

Os coeficientes de variação relativa (CV_r) para a altura, DAP, DMC e forma do tronco ficaram acima de 0,50, o que proporcionou boas estimativas de herdabilidade em nível de média (h_m^2) de progênie em relação o caráter SOB (0,20). As estimativas do

superiores a 0,50 para a altura, DAP, DMC e forma do tronco proporcionaram estimativas de h_a^2 consideráveis para estes quatro caracteres e boa acurácia (r_{aa}) seletiva acima de 70%.

O efeito da heterogeneidade ambiental dentro dos blocos não foi verificado pelas estimativas do coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (C_{parc}^2), para os caracteres avaliados por apresentarem com baixas magnitudes (abaixo de 10%) exceto o DAP (10,8%), o que indica a possibilidade de interferência do ambiente na estimativa dos parâmetros genéticos para esse caráter, embora não haja uma variação brusca entre as herdabilidades (h_a^2 e h_{aj}^2).

De forma semelhante a *M. urundeuva*, as estimativas obtidas para as progênies de *A. fraxinifolium* revelam situação desejável para a seleção e ótimas perspectivas para programa de melhoramento genético em *A. fraxinifolium*.

Para a *T. argentea* os coeficientes de variação relativa (CV_r) para a altura, DAP e forma do tronco ficaram acima de 0,83, o que proporcionou altas estimativas de herdabilidade em nível de média (h_m^2) de progênies, ficando superior a 0,73. A altura (1,02) e a forma do tronco (1,09) apresentaram CV_r superior a 1,0 que corresponderam as estimativas de média magnitudes para a h_m^2 em relação aos caracteres DMC (0,75) e DAP (0,83). As estimativas do CV_r superiores a 1,0 para altura e a forma do tronco proporcionaram estimativas de h_a^2 consideráveis para estes dois caracteres e ótima acurácia (r_{aa}) seletiva acima de 85%. As estimativas de herdabilidade para a seleção dentro de progênies (h_{ad}^2) foram similares àquelas da para todos os caracteres estudados.

De modo geral, as três espécies apresentaram resultados promissores para os parâmetros genéticos (coeficiente de variação genético, herdabilidade em nível de indivíduo e herdabilidade em nível de média das progênies), comparativamente a outros estudos com espécies arbóreas nativas, como *Balfourodendron riedelianum*, aos 21 anos de idade (SEBBENN et al., 2007); *Cariniana legalis*, aos 17 anos de idade (SEBBENN et al., 2001); *Cordia trichotoma*, aos 19 anos de idade (FREITAS et al., 2006a); *Gallesia integrifolia*, aos 20 anos de idade (FREITAS et al., 2008); realçando a potencialidade e importância dessas espécies em estudo para a utilização em programas de conservação ex situ e melhoramento genético.

O efeito da heterogeneidade ambiental dentro dos blocos foi verificado pelas estimativas do coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (C_{parc}^2), que foi baixo

para todos os caracteres avaliados. Portanto, os blocos apresentaram homogeneidade ambiental, não interferindo, dessa forma, na estimativa dos parâmetros genéticos.

As estimativas obtidas para as progênies de *T. argentea* revelam uma situação favorável para a seleção e perspectivas para um programa de melhoramento em *T. argentea*.

Neste trabalho, avaliou-se o IME (índice multi-efeito) que segundo Resende e Higa (1994), permite explorar frações da variância genética aditiva que não são consideradas na seleção entre e dentro de progênies,

levando à maximização da precisão na seleção, muito embora, a inclusão dos efeitos de parcela e blocos possa alterar pouco a seleção. Assim, o IME foi utilizado em duas situações, uma para seleção de plantas superiores com relação ao caráter DAP ($k_f = \forall k \neq 0$), e a outra para estimar ganhos com a seleção, mantendo todas as progênies ($k_f = 16$), para desenvolver futuras estratégias para possível formação de um pomar de sementes a partir do presente teste de progênies envolvendo as três espécies.

Observa-se na Tabela 2 que a primeira condição (a) apresenta menor tamanho efetivo (N_e)

Tabela 2 Estratégias de seleção para o caráter DAP em um teste de progênies consorciado de *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea*, em duas condições: A ($k_f = \forall$) e B ($k_f = 16$).
Table 2 Selection strategies to DBH trait in a mix progeny test of *Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium* and *Terminalia argentea*, in two conditions: A ($k_f = \forall$) e B ($k_f = 16$).

<i>Myracrodruon urundeuva</i>				<i>Astronium fraxinifolium</i>				<i>Terminalia argentea</i>			
$k_f = \forall$		$k_f = 16$		$k_f = \forall$		$k_f = 16$		$k_f = \forall$		$k_f = 16$	
Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f
1	1	1	16	1	26	1	16	1	11	1	16
2	2	2	16	2	10	2	16	2	25	2	16
3	6	3	16	3	16	3	16	3	20	3	16
4	4	4	16	4	13	4	16	4	23	4	16
5	-	5	16	5	4	5	16	5	34	5	16
6	6	6	16	6	10	6	16	6	37	6	16
7	10	7	16	7	4	7	16	7	14	7	16
8	3	8	16	8	22	8	16	8	5	8	15
9	9	9	16	9	21	9	16	9	16	9	16
10	25	10	16	10	32	10	16	10	9	10	16
11	21	11	16	11	6	11	16	11	1	11	16
12	21	12	16	12	15	12	16	12	15	12	16
13	25	13	16	13	4	13	16	13	26	13	16
14	9	14	16	14	-	14	16	14	1	14	16
15	11	15	16	15	5	15	16	15	11	15	16
16	17	16	16	16	9	16	16	16	1	16	16
17	23	17	16	17	3	17	16	17	24	17	16
18	29	18	16	18	36	18	16	18	20	18	16
19	17	19	16	19	30	19	16	19	17	19	16
20	27	20	16	20	32	20	16	20	10	20	16
21	23	21	16	21	10	21	16	21	34	21	16
22	16	22	16	22	11	22	16	22	2	22	16
23	15	23	16	23	10	23	16	23	19	23	16
24	32	24	16	24	40	24	16	24	22	24	16
25	23	25	16	25	6	25	16	25	11	25	16
26	33	26	16	26	33	26	16	26	8	26	16
27	17	27	16	27	16	27	16	27	6	27	16
28	23	28	16	28	24	28	16	28	26	28	16
<i>n</i>	448	-	448	-	448	-	448	-	448	-	447
N_{fo}	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28
N_f	27	-	28	-	27	-	28	-	28	-	28
K_f	16,59	-	16,00	-	16,59	-	16,00	-	16,00	-	15,96
$\hat{\sigma}_{kf}^2$	89,6353	-	0	-	128,4046	-	0	-	106,7407	-	0,0357
N_e	71,70	-	94,32	-	65,57	-	94,32	-	69,81	-	94,27
μ (cm)	9,42	-	9,42	-	9,40	-	9,40	-	12,83	-	12,83
\hat{a} (cm)	1,2947	-	0,9591	-	0,7135	-	0,4810	-	1,2481	-	0,7148
\hat{G}_s (%)	13,70	-	10,20	-	7,60	-	5,10	-	9,70	-	5,60
Ef. (%)	35,00	-	-	-	48,3	-	-	-	74,60	-	-
\hat{D}	0,7341	-	1,0000	-	0,6654	-	1,000	-	0,7132	-	0,9999

e menor diversidade (D), porém maior ganho na seleção (G_s), com valores de 71,7%, 73,4% e 13,7% para a *M. urundeuva*; 65,6%, 66,5% e 7,59% para a *A. fraxinifolium* e 69,8%, 71,3% e 9,7% para a *T. argentea*, respectivamente. As espécies *M. urundeuva* e *A. fraxinifolium* seriam selecionadas de modo conservador, com igual a 16 indivíduos por família (condição b), assim manteriam 100% de sua diversidade e apresentariam um ganho de seleção de 10,2% e 5,1%, respectivamente, uma vez que se fosse adotado o outro método de seleção a sua eficiência seria de apenas 35% e 48,3%, respectivamente. Porém, para a espécie *T. argentea* poderia ser adotado o primeiro método de seleção com $k_f = \forall k \neq 0$) por apresentar uma eficiência de 74,6% superior ao outro método.

CONCLUSÕES

As estimativas obtidas dos parâmetros genéticos para as progênies de *M. urundeuva*, *A. fraxinifolium* e *T. argentea* revelaram uma situação favorável para a seleção e boas perspectivas para um programa de melhoramento. Nas análises individuais, por espécie, verifica-se que todos os caracteres apresentam variação pela Deviance. No entanto, esta variação não é observada na análise conjunta, envolvendo as três espécies. Verifica-se, dessa forma, que a variação é maior dentro de espécies do que entre espécies. É possível fazer um pomar de sementes no presente teste de progênies a partir do índice multi-efeito, aplicado ao caráter DAP que propiciou maiores ganhos de seleção entre e dentro de progênies, sendo recomendado a primeira condição (a) seleção com número variável de indivíduos dentro das progênies) para a *T. argentea* e a segunda condição (b) seleção com 16 indivíduos dentro de cada progênies) para a *M. urundeuva* e *A. fraxinifolium*.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G.M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutrient status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.19, p.1075-1089, 1988.
- ARAÚJO, D.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; ZANATA, M.; MORAIS, E.; MORAES, M.L.T.; FREITAS, M.L.M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolens* JACQ. (ANACARDIACEAE). **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 61-68, 2014.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; MORAIS, E.; ZANATTO, A.C.S.; VERARDI, C.K.; PINHEIRO, A.N. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Cordia trichotoma* (Vell.) ex Steud. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.18, n.único, p.95-102, 2006a.
- FREITAS, M.L.M.; AUKAR, A.P.A.; SEBBENN, A.M.; MORAES, M.L.T.; LEMOS, E.G.M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.319-329, 2006b.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. Pomar de sementes por mudas a partir da seleção dentro em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr.All. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.65-72, 2007.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; MORAES, M.A. Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms., **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.20, n.2, p.165-173, 2008.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; HAYASHI, P.H.; MORAES, M.L.T. Variação e parâmetros genéticos em dois bancos de germoplasma de *Tabebuia heptaphylla* (Velloso) Toledo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 13-22, jun. 2008b.
- GUERRA, C.R.S.B.; MORAES, M.L.T.; SILVA, C.L.S.P.; CANUTO, D.S.O.; ANDRADE, J.A.C.; FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M. Estratégias de seleção dentro de progênies em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.81, p.79-87, 2009.
- LLERAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. In: **CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS**, 2, São Paulo, pt.4, p.1179-1184, 1992.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2 ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1998, 368p.
- MORAES, M.L.T.; KAGEYAMA, P.Y.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KANO, N.K.; CAMBUIM, J. Variação genética em duas populações de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) Engl. – (Anacardiaceae)). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, n.4, p.1241-1245, 1992.
- MORAES, M.L.T.; KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M. Correlated matings in diocious tropical tree, *Myracrodruon urundeuva* FR. ALL. **Forest Genetics**, Zvolen, v.11, n.1, p.55-61, 2004.
- MORAES, M.A.; VALÉRIO FILHO, W.V.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, A.M.; MANOEL, R.O.; FREITAS, M.L.M.; MORAES, M.L.T.; SEBBENN, A.M. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae. **Scientia Forestalis**, Piracicaba. V. 40, n. 93, p. 69-76. 2012.

- PIRES, V.C.M.; MARTINS, K.; FRANCISCONI, A.F.; BÔAS, O.V.; FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M. Variação genética em caracteres silviculturais em teste de progênies de *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 565-571. 2014.
- POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. Corumbá-MS: EMBRAPA-SPI, 1994. 320p.
- QUEIROZ, C.R.A.A.; MARAIS, S.A.L.; NASCIMENTO, E.A. Caracterização dos taninos de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.485-492, 2002.
- RATTER, J.A. **Notas sobre a vegetação da Fazenda Água Limpa (Brasília, DF)**. Brasília: Ed. da Universidade de Brasília, 1971. (Coleção Textos Universitários, 3).
- RATTER, J.A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D.R. Observation on northeastern Mato Grosso. I The Woody vegetation types of the Xavantina – Cachimbo expedition area. *Philosophical Transactions Royal Society of London, Biological Sciences*, B, London, v.66, p.449-492, 1973.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. **SELEGEN – REML/BLUP. Programa estatístico**. Embrapa Florestas. Colombo, 2002b.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561p.
- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359p.
- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.28/29, p.37-55, 1994.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2v. Cap.6, p.151-199.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomia do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds). **Cerrado, ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p.89-166.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.
- ROCHA, R.B.; VIEIRA, A.H.; GAMA, M.M.B.; ROSSI, L.M.B. Avaliação genética de procedências de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) utilizando REML/BLUP (Máxima verossimilhança restrita/Melhor predição linear não viciada). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.351-358, 2009.
- SANT'ANA, V.Z.; FREITAS, M.L.M.; MORAES, M.L.T.; ZANATA, M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, M.A.; SEBBENN, A.M. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**. V. 40, n. 3, p. 515-520. 2013.
- SANTIN, D.A.; LEITÃO FILHO, H.F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Allemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.14, p.133-145, 1991.
- SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênies misto. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.
- SEBBENN, A. M. et al. Depressão por endogamia em populações de jequitibá-rosa. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.13, n.1, p.61-81, 2001b.
- SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; MORAES, M.A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.101-112, 2007.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênies de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythydaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, p. 27-37, 2009a.
- SEBBENN, A. M., FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C., MORAES, E., MORAES, M. L. T. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p.151-163, 2009b.
- SOUZA, C.S.; AGUIAR, A.V.; SILVA, A.M.; MORAES, M.L.T. Variação genética em progênies de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) em dois sistemas de plantio. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 137-145, 2003.
- PIRES, V.C.M.; MARTINS, K.; FRANCISCONI, A.F.; BÔAS, O.V.; FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M. Variação genética em caracteres silviculturais em teste de progênies de *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 565-571. 2014.
- VALOIS, A.C.; NASS, L.L.; GOES, M. Conservação “*ex situ*” de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos Genéticos e Melhoramento plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001, p.29-55.

