

Variabilidade genética em procedências e progênes de *Dipteryx alata* vogel para fins de conservação genética e produção de sementesGenetic variability in the provenance and progeny *Dipteryx alata* vogel for conservation genetics and seed production purposesDarlin Ulises Gonzalez Zaruma<sup>1</sup>, Daniela Silvia de Oliveira Canuto<sup>2</sup>, Silvelise Pupin<sup>3</sup>, José Cambuim<sup>1</sup>, Alexandre Marques da Silva<sup>1</sup>, Edson Seizo Mori<sup>4</sup>, Alexandre Magno Sebbenn<sup>5</sup> e Mario Luiz Teixeira de Moraes<sup>6</sup>**Resumo**

*Dipteryx alata* é uma espécie arbórea de elevado potencial econômico, pois além da sua madeira, proporciona frutos e amêndoas, que servem de alimento para animais silvestres e humanos. A espécie ocorre naturalmente no Cerrado, mas devido à ocupação humana, suas populações naturais vêm sendo fragmentadas. Assim, é necessário a conservação *ex situ* das populações remanescentes. Desse modo, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade genética em um teste de procedências e progênes de *D. alata*, aos nove anos, instalado em Selvíria-MS. Para tanto, foram coletadas sementes de 48 árvores em Campina Verde (MG), 17 em Itarumã (GO) e 41 em Brasilândia (MS). O teste foi estabelecido no delineamento experimental de blocos casualizados, com seis plantas por parcelas e cinco repetições. Foram avaliados os caracteres altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro médio de copa (DMC) e forma do fuste (FOR). Pela análise no teste da razão de verossimilhança foram detectadas diferenças significativas em nível de procedências e de progênes para todos os caracteres analisados, o que significa possibilidades de sucesso na seleção em programas de melhoramento genético. O caractere de crescimento mais indicado para a seleção foi o DAP. A estratégia de seleção dentro de progênes (desbaste de 33,3% das plantas) permitiu ganhos na seleção de 12,6%, ocasionando a perda de apenas 9% da diversidade genética inicial.

**Palavras-chave:** baru, cerrado, conservação *ex situ*, ganho genético.

**Abstract**

*Dipteryx alata* is a tree species with high economic potential, because of the quality of its timber, fruits and almonds, which provide food for wild animals and humans. The species occurs naturally in the Cerrado, but due to human settlement, natural populations have been fragmented. Thus, it is necessary to make efforts oriented to the *ex situ* conservation of the remaining populations. This study aimed to evaluate the genetic variability in a provenance and progenies experiment of *D. alata*, aged nine years, installed on Selvíria-MS. For this purpose, seeds of 48 trees in Campina Verde (MG), 17 in Itarumã (GO) and 41 Brasilândia (MS) were collected. The trial was established in a randomized block design with six plants per plot and five replications. The traits height (H), diameter at breast height (DBH), average crown diameter (DMC) and stem form (FOR) were measured. It has been found that trees show a good development and are adapted to the local conditions of the test. By analyzing the likelihood ratio test, significant differences were detected at the provenances and progenies levels for all traits analyzed, which means good chances of success for selection in breeding programs. DBH was the most suitable trait for selection. The selection strategy within progenies (thinning 33.3% of the plants) led gains of 12.6%, causing a loss of only 9% of the initial genetic diversity.

**Keywords:** baru, cerrado, *ex situ* conservation, genetic gain.

<sup>1</sup>Mestre. UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / FCA - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Fazenda Experimental Lageado - Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu. E-mail: [dgzaruma@gmail.com](mailto:dgzaruma@gmail.com); [josecambuim@yahoo.com.br](mailto:josecambuim@yahoo.com.br); [amsilva@agr.feis.unesp.br](mailto:amsilva@agr.feis.unesp.br)

<sup>2</sup>Pesquisadora Doutora. UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". FEIS - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Av. Brasil-Centro, 56 - Caixa Postal 31 - 15378-000 - Ilha Solteira, SP. E-mail: [canutodani@hotmail.com](mailto:canutodani@hotmail.com).

<sup>3</sup>Doutoranda. UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / FEIS - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Avenida Brasil, 56 - Centro - 15385-000 - Ilha Solteira, SP. E-mail: [silvelise.pupin@gmail.com](mailto:silvelise.pupin@gmail.com).

<sup>4</sup>Professor Titular. UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / FCA - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Fazenda Experimental Lageado - Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu. E-mail: [esmori@fca.unesp.br](mailto:esmori@fca.unesp.br).

<sup>5</sup>Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo, Seção de Melhoramento e Conservação Genética Florestal. Rua do Horto, 931 - Horto Florestal - 02377-000 - São Paulo, SP. E-mail: [alexandresebbenn@yahoo.com.br](mailto:alexandresebbenn@yahoo.com.br).

<sup>6</sup>Professor Titular. UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". FEIS - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Av. Brasil-Centro, 56 - Caixa Postal 31 - 15378-000 - Ilha Solteira, SP. E-mail: [teixeira@agr.feis.unesp.br](mailto:teixeira@agr.feis.unesp.br).

## INTRODUÇÃO

A espécie *Dipteryx alata* (Fabaceae) é conhecida principalmente por sua amêndoa, que apresenta elevados teores de proteínas e lipídios, assim como potássio, fósforo, enxofre e ferro, sendo uma importante fonte alimentar para as famílias do Estado de Goiás especialmente (VERA et al., 2009). A madeira da espécie apresenta alta densidade, compacta e com alta durabilidade (VERA; SOUZA, 2009). Andrade e Carvalho (1996), com base no estudo da madeira de árvores de 18 anos de idade, recomendaram a utilização de celulose de baru, de forma isolada ou consorciada com a celulose de eucaliptos, para a confecção de papéis de impressão rápida (papel utilizado em revistas ou outro tipo de publicação de vida curta) e para a produção de papéis de embrulho e de embalagens. Os tons amarelados e claros da madeira de *Dipteryx* spp. e a trabalhabilidade da mesma são apropriados para a fabricação de arcos de instrumentos musicais (LONGUI et al., 2011).

Rocha et al. (2000) indicaram que a durabilidade média de *D. alata* é de nove anos e, nos ensaios de laboratório mostrou-se altamente resistente a cupins. Ocorre no Cerrado Mesotrófico e Floresta Estacional Semidecidual com distribuição esparsa nos Estados do Maranhão, Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul, enquanto no Mato Grosso, concentra-se ao sul e leste do Estado (LORENZI, 1998; DURIGAN et al., 2002; RATTER et al., 2000; CARVALHO, 2003).

Pelo fato de seu habitat ser o bioma Cerrado (Cerradão, Cerrado Denso e Mata Estacional e as áreas de transição), intensamente fragmentado pelas atividades humanas, e a biologia reprodutiva dessa espécie ser pouco conhecida, torna-se necessária a conservação *ex situ* das populações remanescentes, ou seja, a conservação do germoplasma fora do seu ambiente natural, para a garantia da sobrevivência da espécie (VALLOIS et al., 2001; SANO et al., 2010).

Em espécies arbóreas, a conservação *ex situ* na forma de teste de procedências e progênes é indicada por permitir o monitoramento da variabilidade genética de caracteres relacionados ao crescimento (altura, diâmetro, volume e forma do fuste) e adaptativos (sobrevivência e frutificação) ao longo do tempo e servir como população base para programas de melhoramento e produção de sementes para reflorestamentos ambientais. Portanto, este trabalho teve como objetivo quantificar a variabilidade gené-

tica existente em um teste de procedências e progênes de *D. alata*, instalado em Selvíria-MS para a conservação genética *ex situ* de três populações para a produção de sementes melhoradas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a instalação do teste de procedências e progênes de *D. alata*, sementes de polinização aberta foram coletadas, em julho de 2003, 49 árvores matrizes em Campina Verde (MG), 17 em Itarumã (GO) e 41 em Brasilândia (MS). A vegetação atual nestes locais é caracterizada por árvores remanescentes em pastagens. A localização geográfica das árvores matrizes foi feita com uso de GPS (*global positioning system*). Após a coleta dos frutos, as mudas foram produzidas e o teste de procedências e progênes foi instalado em 19 de abril de 2004 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP localizada em Selvíria-MS. Essa região apresenta uma temperatura média anual de 22,4°C, sendo a média dos meses mais quentes (setembro a dezembro) de 32,5°C e dos meses mais frios (maio a agosto) de 15,5°C; a precipitação média anual é de 1.354 mm. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso a moderado, hipidistrófico, álico, caulínico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (EMBRAPA, 1999). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis plantas por parcela, cinco repetições e espaçamento entre plantas de 3 x 3 m. Aos nove anos após o plantio foram avaliados os caracteres: altura da planta (ALT, m); diâmetro à altura do peito (DAP, cm); diâmetro médio da copa (DMC, m), obtido a partir da média entre as medidas da projeção da copa na linha (L) e nas entre linhas (E) do plantio, conforme a expressão:  $DMC = (L+E)/2$ ; forma do fuste (FOR) por atribuição de notas, segundo Guerra et al. (2009): 1- Bifurcação abaixo de 1,30 m com diâmetro igual ao fuste principal e tortuosidade acentuada em toda extensão; 2- Bifurcação acima de 1,30 m com diâmetro igual ao fuste principal e tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m; 3- Bifurcação abaixo de 1,30 m com diâmetro inferior ao fuste principal e tortuosidade acentuada acima de 1,30 m; 4- Bifurcação acima de 1,30 m com diâmetro inferior ao fuste principal e leve tortuosidade em toda extensão; 5- Sem bifurcação e sem tortuosidade; e sobrevivência (SOB, %).

As estimativas de componentes de variância foram obtidas pelo método REML/BLUP (má-

xima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007a). A metodologia adotada do modelo linear misto (aditivo univariado) – REML/BLUP foi à do modelo 93, aplicado aos testes de progênies de polinização aberta. Esse procedimento para a análise individual por população foi representado pela expressão:

$$y = Xr + Za + Wp + e,$$

em que:  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). Na análise conjunta foi utilizado o modelo 5:

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e,$$

em que:  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios),  $s$  é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Da análise de variância foram estimados os componentes da variância:  $\sigma_p^2$ : variância genética entre progênies;  $\sigma_c^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\sigma_a^2$ : variância fenotípica dentro de parcelas;  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica total ( $\sigma_f^2 = \sigma_a^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2$ );  $\sigma_{proc}^2$ : variância genética entre procedências. Dos componentes de variância foi estimada a variância genética aditiva ( $\sigma_a^2 = \sigma_p^2 / \rho$ ), assumindo as progênies como originadas de sistemas misto de reprodução e compostas por misturas de diferentes parentescos e, portanto, compostas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos, irmãos de autofecundação e irmãos de cruzamento e autofecundação ( $\rho = 0,610$ ).

O coeficiente médio de parentesco entre plantas dentro de progênies ( $\rho$ ) no caso de progênies de sistema misto foi calculado utilizando-se a expressão de Ritland (1989):  $\rho = 0,25(1 + F_p)[4s + (t^2 + tsr_s)(1 + r_s)]$ , em que,  $F_p$  é o coeficiente de endogamia na geração parental,  $s$  é a taxa de autofecundação,  $t$  é a taxa de cruzamento;  $r_s$  é a correlação de autofecundação (mede a variação individual na taxa de cruzamentos);  $r_p$  é a correlação de paternidade (mede a pro-

porção de irmãos-completos dentro das progênies). O índices  $F_p$ ,  $s$ ,  $t$ ,  $r_s$  e  $r_p$  foram inferidos do estudo de Tarazi et al. (2010) com a mesma espécie ( $F_p = 0,122$ ;  $s = 0,289$ ;  $t = 0,711$ ;  $r_s = 0,5$ ;  $r_p = 0,675$ ) o que resultou em m valor de  $\rho = 0,610$ . Os parâmetros genéticos estimados foram:  $h_a^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito;  $h_m^2$ : herdabilidade da média entre progênies;  $C^2_{parc}$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas;  $C^2_{proc}$ : coeficiente de determinação dos efeitos de procedências;  $CV_{gi}(\%)$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}(\%)$ : coeficiente de variação genotípica entre progênies;  $CV_e(\%)$ : coeficiente de variação residual;  $CV_r(\%)$ : coeficiente de variação relativa (RESENDE, 2007b). A partir das estimativas dos parâmetros genéticos foi obtido o ganho na seleção ( $G_s$ ) para o DAP, com base no valor genético dos indivíduos ( $\hat{a}$ ), que equivale ao BLUP individual. Para tanto, foi praticado um desbaste de 33,3% em todas as progênies dentro das procedências, o que equivale ao corte de duas plantas com o menor valor genético para o DAP, em uma parcela de seis plantas. Essa seleção permitirá que o teste de procedências e progênies de *D. alata* possa ser transformado em um Pomar de Sementes por Mudanças. Também foram estimados: i) o tamanho efetivo ou número status ( $N_e$ ):

$$N_e = \frac{4N_f \bar{k}_f}{\bar{k}_f + 3 + \left( \frac{\sigma_{k_f}^2}{\bar{k}_f} \right)},$$

em que:  $N_f$ : número de progênies selecionadas;  $\bar{k}_f$ : número médio de indivíduos selecionados por progênie;  $\sigma_{k_f}^2$ : variância do número de indivíduos selecionados por progênie, e ii) Diversidade genética ( $D$ ):  $D = N_{ef} / N_{fo}$ ; em que:  $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$  é o número efetivo de progênies selecionadas, sendo  $k_f$  o número de indivíduos por progênie e  $N_{fo}$  é o número original de progênies.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência revelou boa adaptação das procedências e progênies às condições edafoclimáticas da área de estudo, variando de 96,3% (Itarumã) a 97,8% (Brasilândia), semelhantes àquela observada por Rocha et al. (2009) em teste de procedências e progênies da mesma espécie aos três anos de idade. Sobrevivência de 96% também foi obtida por Sano e Fonseca (2003) aos 10 anos. Toledo Filho (1988) relatou 97% de sobrevivência aos 8 anos de ida-

de e Siqueira et al. (1993) obtiveram para as procedências de Aquidauana (93,8%) e Campo Grande (91,4%), aos 13 anos, índices de sobrevivência superiores a 90%, o que destaca o potencial da *D. alata* em reflorestamentos.

Diferenças significativas entre as procedências (análise conjunta) e progênies de *D. alata* foram observadas para todos os caracteres silviculturais avaliados (Tabela 1). Indicando a existência de variação genética entre as progênies, que foi detectada pelo teste da razão de verossimilhança (LRT). Este resultado, para a conservação genética, evidencia que a amostragem das progênies de polinização aberta reteve parte da variação genética existente nas procedências e que, isto para o melhoramento genético da espécie é importante, pois o teste pode ser submetido ao método de seleção entre progênies e dentro de procedências para se obter ganhos genéticos e aumentar o crescimento médio dos caracteres silviculturais das progênies. A existência de variação genética é fundamental em programas de melhoramento genético, a qual pode ser explorada pela seleção para a obtenção de materiais genéticos superiores.

A altura média variou entre progênies dentro de procedências de 5,96 a 7,84 m, o DAP de 7,45 a 9,45 cm, o DMC de 3,08 a 3,62 m e a FOR de 2,82 a 3,39, com destaque para a procedência de Brasilândia (Tabela 2). Comparando-se os resultados com a literatura, observa-se que os dados nesse experimento foram próximos aos obtidos por diversos autores, como por exemplo: Toledo Filho (1988) com DAP (7,4 cm) e ALT (6,3 cm) e Siqueira et al. (1993) com DAP (8,93 cm) e ALT (6,41 cm), ambos aos 8 anos de idade e no espaçamento de 3,0 x 2,0m. No que refere ao DMC a média foi de 3,27 m, resultado que mostrou que a espécie tem copa ampla, condição esta propícia para a produção de frutos e sombra para o gado. Por sua vez a forma do fuste obteve 3,17 o que representa grande número de bifurcações acima de 1,30 m e leve tortuosidade ao longo de 2,20 m do

fuste. Carvalho (2003) conclui que as espécies nativas apresentam comportamento satisfatório quando utilizada em plantios puros e expostos a pleno sol.

O coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) foi menor que 20%, para todos os caracteres silviculturais, indicando boa precisão experimental para um experimento em condições de campo (Tabela 2). Essas estimativas foram semelhantes às encontradas por Siqueira et al. (1993), ao relatar um valor de 16,3%.

O coeficiente de variação genotípica entre progênies ( $CV_{gp}$ ) foi menor para forma do fuste (5,6 a 12,2%), e o DAP e ALT foram os caracteres que expressaram a maior variação genética entre as progênies, portanto maior potencial para a seleção, indicando possibilidades de se encontrar indivíduos superiores dentro de cada família para proporcionar ganhos com a seleção.

A estimativa do coeficiente de herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ) foi em geral de baixa magnitude, variando entre caracteres dentro das procedências de 0,07 a 0,29, o que indica, em geral, um baixo controle genético nos caracteres, e portanto, baixas possibilidades de se obter ganhos genéticos com a seleção massal no teste. Contudo, a estimativa da herdabilidade média entre progênies ( $h_m^2$ ), embora variável entre os caracteres e entre as procedências, apresentou valores altos ( $h_m^2 > 0,5$ ), indicando forte controle genético e a possibilidade de obter-se ganhos genéticos nas três populações conservadas *ex situ*, pela seleção entre progênies. A variação observada entre os caracteres e procedências é esperado, visto que a herdabilidade de um caractere depende da população, do ambiente e do número de locos controlando sua expressão (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

O coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ) corresponde à relação entre o coeficiente de variação genotípico e o coeficiente de variação experimental e quanto mais próxima a sua estimativa for da unidade, maior será o controle genético do caráter para a seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Dessa forma, a média dos caracteres

**Tabela 1.** Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os caracteres silviculturais (ALT, DAP, FOR e DMC) avaliados no teste de procedências e progênies de *Dipteryx alata*, aos nove anos de idade, em Selvíria-MS.

**Table 1.** Likelihood ratio test (LRT) for silvicultural traits (ALT, DAP, FOR e DMC) assessed in the provenances and progenies test of *Dipteryx alata*, at nine years of age, in Selvíria-MS.

Caractere	Brasilândia	Campina Verde	Itarumã	Análise Conjunta
ALT (m)	12,95**	28,62**	22,61**	222,69**
DAP (cm)	22,70**	25,93**	25,79**	51,84**
FOR	7,87**	17,63**	9,07**	22,67**
DMC	37,66**	27,93**	15,66**	23,68**

\*\* valores de LRT significativos ao nível de 1% de significância.

DAP e DMC foram superiores a 0,80. Pode-se, assim, indicar o DAP para a seleção, pois é um caráter facilmente mensurável e que detém menor porcentagem de erro durante sua avaliação (SILVA et al. 2012).

Na proposta de se realizar um desbaste com intensidade de 33,3% verifica-se que para a procedência de Brasilândia-MS serão man-

tidas 66,1% das árvores (773); em Campina Verde-MG será mantido 60,6% (763 plantas) e em Itarumã-GO permaneceram no teste 56,1% das árvores (269). Esse número de plantas que constituirão o Pomar de Sementes por Mudanças equivale à manutenção de 100%, 94% e 91% da diversidade genética ( $D$ ) original do experimento (Tabela 3).

**Tabela 2.** Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para os caracteres altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio de copa (DMC) e forma de fuste (FOR), com base em avaliações efetuadas no teste de procedências e progênies de , aos nove anos de idade, em Selvíria-MS.

**Table 2.** Estimates of statistical and genetic parameters for the traits total height (ALT), diameter at breast height (DAP), average crown diameter (DMC) and stem form (FOR), based on assessments carried out in the provenance and progeny test of *Dipteryx alata*, at nine years of age, in Selvíria-MS.

Procedência	Caractere	$h_a^2$	$h_m^2$	$C_p^2$	$C_{proc}^2$	$CV_{gi}\%$	$CV_{gp}\%$	$CV_\varepsilon\%$	$CV_r$	$m$
Brasilândia	ALT (m)	0,14	0,58	0,194	-	14,1	7,0	13,4	0,52	7,84
	DAP (cm)	0,15	0,68	0,067	-	17,1	8,5	13,2	0,65	9,45
	FOR	0,07	0,50	0,051	-	11,1	5,6	12,5	0,44	3,29
	DMC (m)	0,20	0,76	0,061	-	19,9	9,9	12,4	0,80	3,62
Campina Verde	ALT (m)	0,27	0,71	0,237	-	26,4	13,2	18,8	0,70	6,11
	DAP (cm)	0,20	0,70	0,133	-	24,4	12,2	17,7	0,69	7,80
	FOR	0,11	0,64	0,050	-	17,1	8,5	14,2	0,60	3,39
	DMC (m)	0,18	0,73	0,058	-	20,7	10,3	13,9	0,74	3,08
Itarumã	ALT (m)	0,29	0,84	0,174	-	30,7	17,3	17,3	1,02	5,96
	DAP (cm)	0,27	0,86	0,107	-	31,1	17,9	16,2	1,10	7,45
	FOR	0,12	0,70	0,115	-	21,2	12,2	17,7	0,69	2,82
	DMC (m)	0,17	0,81	0,068	-	21,5	12,3	13,4	0,92	3,10
Conjunta	ALT (m)	0,19	-	0,165	0,220	22,8	11,4	16,5	0,69	6,65
	DAP (cm)	0,18	-	0,087	0,129	23,4	11,7	15,8	0,74	8,25
	FOR	0,10	-	0,069	0,017	15,4	7,7	14,3	0,54	3,27
	DMC (m)	0,18	-	0,062	0,081	21,0	10,5	13,5	0,77	3,28

$h_a^2$  = herdabilidade individual no sentido restrito;  $h_m^2$  = herdabilidade média entre progênies;  $C_p^2$  = coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $C_{proc}^2$  = coeficiente de determinação dos efeitos de populações;  $CV_{gi}$  = coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}$  = coeficiente de variação genotípica entre progênies;  $CV_\varepsilon$  = coeficiente de variação experimental;  $CV_r$  (%): coeficiente de variação relativa  $m$  = média geral do experimento.

**Tabela 3.** Seleção para o caráter DAP (cm) realizada no teste de procedências e progênies de *Dipteryx alata*, aos nove anos de idade, em Selvíria, MS.

**Table 3.** Selection for the trait DAP (cm) performed in the provenances and progenies test of *Dipteryx alata*, at nine years of age, in Selvíria, MS.

Parâmetro	Brasilândia-MS	Campina Verde-MG	Itarumã-GO
$N$	773	763	269
$N_{fo}$	39	42	16
$N_f$	39	42	16
$\bar{k}_f$	19,82	18,17	16,81
$\sigma_{\bar{k}_f}^2$	0,52	23,02	28,96
$N_\varepsilon$	135	136	50
$\mu$ (cm)	9,4463	7,8010	7,4452
$a$	0,3003	0,4482	0,9412
$G_s$ (%)	3,2	5,7	12,6
$(\sum k_f)^2$	597529	582169	72361
$\sum k_f^2$	15341	14805	4957
$N_{ef}$	38,95	39,32	14,60
$D$	1,00	0,94	0,91

$N$  = número de indivíduos selecionados;  $N_{fo}$  = número de famílias originais;  $N_f$  = número de famílias selecionadas;  $N_{ef}$  = número efetivo de famílias;  $\bar{k}_f$  = número médio de indivíduos selecionados por família;  $\sigma_{\bar{k}_f}^2$  = variância do nº de indivíduos selecionados por família;  $N_\varepsilon$  = tamanho efetivo ou número status;  $\mu$  (cm) = média geral do DAP;  $G_s$  = Ganho na seleção;  $D$  = Diversidade genética.



Em relação ao tamanho efetivo ( $N_e$ ) verificou-se que com o desbaste a ser realizado, que as 773 plantas de *Dipteryx alata* na população de Brasilândia equivalem a um  $N_e$  de 135 (17,5%); na de Campina Verde-MG o  $N_e$  é de 136 (17,8%) e na de Itarumã-GO este parâmetro genético corresponde a 50 (18,6%) do número de indivíduos presente no campo. Procedendo-se um desbaste desta forma é possível se obter ganhos na seleção para o DAP que variam de 3,18% para a população de Brasilândia-MS a 12,64% (Itarumã-GO), o que pode ser considerado um ganho razoável na seleção mantendo-se no teste todas as progênes de cada uma das populações de *D. alata* estudadas. Freitas et al. (2008) explicam que os ganhos genéticos na seleção ocorrem em função da intensidade de seleção aplicada, da variação genética e da herdabilidade, e desse fatores apenas a intensidade de seleção é possível controlar, pois as outras duas podem se alterar com a idade da planta e o ambiente. Rocha et al. (2009) com base na ALT, e uma intensidade de seleção de 10% aos 3 anos de idade em *D. alata* obteve um ganho na seleção dentro de famílias de 11,76%.

## CONCLUSÕES

As procedências e progênes árvores de *Dipteryx alata* adaptaram-se ao local de ensaio.

As progênes de *Dipteryx alata* apresentam variação genética para todos os caracteres estudados em nível de procedências e de progênes, o que significa possibilidades de sucesso na seleção em programas de melhoramento genético. O caráter de crescimento mais indicado para a seleção é o DAP.

A estratégia de seleção dentro de progênes permite ganhos na seleção de até 12,6% com a perda de apenas 9% da diversidade genética inicial do teste.

## -AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnologia del Ecuador – SENESCYT pelo suporte financeiro na concessão da bolsa de estudo, possibilitando a realização deste trabalho. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo nº 2012/18747-2) e a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE A. M.; CARVALHO C. J. Produção de celulose e de papel Kraft da madeira de Baru (*Dipteryx alata*). *Floresta e Ambiente*, Seropédica, n. 3, p. 28-35. 1996.
- CARVALHO, P. E. R. **Baru**. Colombo: Embrapa Floresta, 2003. 10 p. (Circular Técnica, 83).
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2002, 65 p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: CNPSO, 1999. 412 p.
- 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 Instituto Florestal*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 13-22, 2008.
- 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 progênes em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 79-087, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1998. 368 p.
- LONGUI, E. L.; LOMBARDI, D. R.; ALVES, E. S. Six potential woods for bows of stringed instruments: Organoleptic properties, machining and commercial availability. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 203-216, 2011.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M. R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos Estados compreendidos pelo Bioma Cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, Brasília, v. 5, p. 5-43, 2000.
- RESENDE, M. D. V. **SELEGEN- REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 360 p.

- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestal, 2007b. 561 p.
- RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lancaster, v. 43, n. 4, p. 848-859, 1989.
- ROCHA, F. T.; LOPEZ, G. A. C.; SPEGEORIN, L.; YOKOMIZO, N. K. S.; MONTAGNA, R. G.; FLORSHEIM, S. M. B. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo V-avaliação final (20 anos). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 59-66, 2000.
- ROCHA, R. B.; ROCHA, M. G. B.; SANTANA, R. C.; VIEIRA, A. H. Estimação de parâmetros genéticos e seleção de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Vogel (BARU) utilizando metodologia de REML-BLUP e E(QM). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 331-338, 2009.
- SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. Barú. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, p. 83-107.
- SANO, S. M.; FONSECA C. E. L. **Taxa de Sobrevivência e Frutificação de Espécies Nativas do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 83)
- SILVA, J. M. AGUIAR, A. V.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea var caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 69-77, 2012.
- SIQUEIRA, C. M. F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru *Dipteryx alata* Vog. – Leguminosae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo. v. 5, n. 2, p. 231-243, 1993.
- TARAZI, R.; MORENO, M. A.; GANDARA, F. B.; FERRAZ, E. M.; MORAES, M. L. T.; VINSON, C. C.; CIAMPI, A. Y.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. K. High levels of genetic differentiation and selfing in the Brazilian cerrado fruit tree *Dipteryx alata* Vog. (Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 33, n. 1, p. 78-85, 2010.
- TOLEDO FILHO, D. V. Competição de espécies arbóreas de cerrado. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, p. 61-70, 1988.
- 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.
- VERA, R.; SOARES JR., M. S.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. B. S.; FERNANDES, E. P.; CALIARI, M.; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.
- VERA, R.; SOUZA, E. R. B. Barú. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

Recebido em 20/05/2014

Aceito para publicação em 19/03/2015

