

Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart.
utilizando o delineamento sistemático tipo “leque”Genetic variation in progenies of
Jacaranda cuspidifolia Mart using the fan systematic designMarcela Aparecida de Moraes¹, Selma Maria Bozzite de Moraes²,
Erica Cristina Bueno da Silva¹, Thaisa Yuriko Kuboyama Kubota¹,
Alexandre Marques Silva³, Marcos Deon Vilela de Resende⁴ e Mario Luiz Teixeira de Moraes²**Resumo**

O conhecimento da variação genética existente em espécies arbóreas nativas tem ajudado a direcionar estratégias de conservação genética *ex situ*, com base em testes de procedências e progênies. Estes testes tem espaçamento fixo, não possibilitando avaliar o comportamento das diferentes progênies frente à esta variável de manejo. Uma das formas de se avaliar ao mesmo tempo a variação genética e diferentes espaçamentos de plantio numa pequena área é a utilização de delineamentos sistemáticos. Assim, o objetivo desse trabalho foi estimar o crescimento e a variação genética em *Jacaranda cuspidifolia* em diferentes espaçamentos. Utilizou-se um teste de progênies no delineamento sistemático tipo “leque”, com 30 raios concêntricos, com uma progênie por raio, distribuídas de forma aleatória, em ângulos de 12°. As plantas foram dispostas, nos raios, em progressão geométrica, de razão 1,21; correspondendo a nove espaçamentos por planta: 1,95 m²; 2,86 m²; 4,18 m²; 6,12 m²; 8,96 m²; 13,12 m²; 19,21 m²; 28,13 m² e 41,19 m², instalado em Selvíria/MS. Os caracteres altura, diâmetro a altura de 30 cm do solo (DA3) e sobrevivência foram avaliados aos 12 e 24 meses de idade. As estimativas dos parâmetros genéticos e dos espaçamentos foram avaliadas com base no procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada). As progênies apresentaram variação genética, sugerindo eficiência na estratégia amostral para a conservação *ex situ*. A espécie apresentou boa adaptabilidade em condições de campo, mostrando a melhor performance no espaçamento com 8,96 m²/planta, para todos os caracteres avaliados. O delineamento sistemático tipo “leque” possibilitou avaliar, numa pequena área, o comportamento silvicultural das plantas de *J. cuspidifolia* frente aos espaçamentos de 2 a 42 m²/planta (5.000 a 238 árvores/ha), amplitude esta que dificilmente seria avaliada via delineamentos aleatórios tradicionais.

Palavras-chave: conservação genética, teste de progênies, manejo florestal e sistemas de plantio.

Abstract

Knowledge of genetic variation in native tree species has helped direct strategies of genetic *ex situ* conservation, based on provenances and progenies tests. These tests use fixed spacing, not allowing evaluating the behavior of different progenies under this management variable. One way to evaluate simultaneously the genetic variation and different spacing in a small planting area is to use a systematic design. The aim of this study was to estimate the genetic variation and to evaluate its performance in *Jacaranda cuspidifolia* under different spacing. We used a progeny test in a systematic fan design, arranged in a system of 30 concentric rays, with one progeny per ray, randomly, at angles of 12°. The plants were arranged in rays in geometric progression of ratio 1.21, corresponding to nine for plant spacing: 1,95 m²; 2,86 m²; 4,18 m²; 6,12 m²; 8,96 m²; 13,12 m²; 19,21 m²; 28,13 m² e 41,19 m² installed in Selvíria/MS. The traits height, height diameter of 30 cm to soil (DA3) and survival were evaluated at 12 and 24 months of age. Estimates of genetic parameters and spacing were evaluated using the procedure REML/BLUP (restricted maximum likelihood / best linear unbiased prediction). The progenies showed genetic variation, showing that the sample strategy to *ex situ* conservation was efficient. The species showed good adaptability in

¹Pós-graduanda em Agronomia. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal: 31 - Ilha Solteira (SP), CEP.15.385-000. E-mail: ma_apmoraes@yahoo.com.br; erica_cbs@yahoo.com.br; thaisayutiko@yahoo.com.br;

²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimento e Sócio Economia; Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal: 31 - Ilha Solteira (SP), CEP15.385-000. E-mail: selma@agr.feis.unesp.br; teixeira@agr.feis.unesp.br;

³Mestre em Agronomia. Faculdade de Engenharia de ilha Solteira / UNESP Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal: 31 - Ilha Solteira (SP), CEP15.385-000. E-mail: amsilva@agr.feis.unesp.br;

⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Florestas, CEP: 83411-000 Colombo(PR). E-mail: marcosdeon@cnpgc.embrapa.br;

the field and the best performance in treating five, equivalent to a 3 x 3 m spacing, with 8,96 m²/plant for all traits. The fan systematic design permitted to evaluate in a small area the silvicultural behavior of *J. Cuspidifolia* plants in spacing varying from 2 to 42 m²/plant (5.000 to 238 trees/ha); which could hardly be evaluated by the traditional designs.

Keywords: conservation genetics, progeny test, forest management and planting systems.

INTRODUÇÃO

Jacaranda cuspidifolia, vulgarmente conhecida por jacarandá-caroba, pertence à família Bignoniaceae, apresenta altura de 5 a 10 m, com tronco de 30 a 40 cm de diâmetro. Ocorre raramente dentro de uma floresta primária densa. Sua dispersão é maior em formações secundárias do Triângulo Mineiro e noroeste de São Paulo, onde é facilmente notada durante a floração. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis (LORENZI, 1992). A madeira dessa espécie é indicada para várias finalidades e é uma árvore muito utilizada no paisagismo, pois quando florida é extremamente ornamental. Em função disso, a escolha do espaçamento adequado para cada uma dessas finalidades adquire muita importância.

O espaçamento entre plantas pode afetar o desenvolvimento e a produtividade das florestas plantadas, principalmente para as espécies de rápido crescimento. Espaçamento inadequado pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta, em razão da intensa competição intra-específica por água, nutrientes, luz e espaço (LELES et al., 1998). Vale et al. (1982) e Leite et al. (1997) observaram que a adoção de espaçamentos muito reduzidos geram árvores com produção de fuste de pequeno diâmetro e muitas árvores dominadas, o que compromete o volume final produzido. Isso mostra a importância da definição de espaçamentos adequados para as diversas espécies nativas com potenciais para reflorestamento.

Gomes (2002) realça que a escolha do espaçamento adequado tem por objetivo proporcionar para cada indivíduo o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com a melhor qualidade e menor custo; sem, entretanto, desconsiderar a questão da proteção ao solo. O espaçamento ótimo é capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejável, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado.

Em geral, os experimentos em campo envolvendo espécies florestais ocupam extensas áreas

em virtude da utilização de grandes espaçamentos por serem de grande porte. Isso é um fator limitante para os estudos dessas espécies florestais, pois contribui em um número reduzido de indivíduos a serem utilizados na instalação de um experimento devido à disponibilidade de área no local e recursos para instalação, manutenção e avaliações. Desta forma, o uso de experimentos tradicionais tem limitado o estudo de número de espaçamentos ensaiados. Além disso, mesmo que tenha uma área de grande extensão disponível para instalar esses experimentos com grandes números de espaçamentos, não seria viável, pois não conseguiria garantir a homogeneidade dentro dos blocos, inflacionando o erro experimental, e conseqüentemente diminuindo a sensibilidade na competição dos efeitos dos tratamentos (STAPE, 1995).

Visando superar tais restrições, foram propostos na década de 1960 alguns delineamentos alternativos, entre eles os delineamentos sistemáticos de Nelder (1962). Dentre estes delineamentos, propostos por Nelder (1962), o delineamento sistemático tipo “leque” tem sido o mais utilizado em experimentação de campo, inicialmente em horticultura, sendo posteriormente introduzido na área agrícola para culturas puras e consorciação, e foram usados na área florestal para estudos preliminares (BLEASDALE, 1966; FREEMAN, 1964; HUXLEY, 1985; IMADA et al., 1997; PANETSOS, 1980; STAPE, 1995). Além de permitir avaliar maior número de espaçamentos possíveis, os delineamentos sistemáticos também se destacam pela sua compactidade, necessitando de pequenas áreas experimentais que facilitam o manejo e abrangência. No entanto, dois fatores são limitantes na utilização desse delineamento. O primeiro é que o arranjo sistemático (não casualizado) das plantas não permite o uso das análises convencionais por ferir o princípio básico da casualização na alocação dos tratamentos. A falta da casualização não garante a independência dos erros associados a cada unidade experimental, tornando as unidades experimentais correlacionadas. O segundo é a alta sensibilidade para valores perdidos. Segundo Nelder (1962), devi-

do à inexistência de bordadura entre plantas e entre linhas, a ocorrência de falhas e mortalidade de algumas árvores faz com que as plantas vizinhas tenham área disponível de crescimento diferente daquela inicialmente estabelecida para os tratamentos. Assim, quando uma planta é perdida, o espaçamento das plantas vizinhas é alterado, e com isso esses valores não podem ser incluídos no conjunto de dados, e informações consideráveis são excluídas das análises. Mas se as ocorrências forem em pequeno número e aleatórias dentro do experimento, Gomez e De Datta (1972) propuseram eliminar da análise experimental dados de todas as plantas na vizinhança das falhas ou de mortes.

Recentemente, Stape e Binkley (2010) utilizaram o delineamento de Nelder para avaliar o desempenho silvicultural de *Eucalyptus dunnii* em diferentes espaçamentos e materiais genéticos, encontrando resultados similares aos delineamentos clássicos o que indica favorável utilização do delineamento em leque, pela sua simplicidade e menor ocupação de espaço no campo, fornecendo informações valiosas para as decisões básicas sobre o espaçamento para plantios e material genético. Entretanto, os trabalhos sobre variação genética em espécies arbóreas nativas utilizando este delineamento, são escassos na literatura. Assim, julgou-se oportuno estudar a variação genética e avaliar o desenvolvimento silvicultural de *J. cuspidifolia*, em diferentes espaçamentos, a partir de um teste de progênies, utilizando um delineamento sistemático tipo "leque".

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de 30 árvores (matrizes) de uma população natural de *Jacaranda cuspidifolia*, localizada no município de Ilha Solteira – SP foram coletadas em julho de 2006. A escolha das árvores matrizes foi realizada de forma inteiramente casualizada (aleatória). A partir desse material, foi instalado um teste de progênies na FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão), pertencente à FEIS/UNESP, localizada em Selvíria/MS, nas coordenadas geográficas 51° 22'W e 2022'S e altitude aproximada de 335m.

O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação internacional de Köppen, apresentando temperatura, precipitação e umidade relativa média anual de 24,5°C, 1.370 mm e 64,8%, respectivamente (HERNANDEZ et al., 1995). O solo da área

experimental foi previamente classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, muito argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulinitico, férrico, epicompactado, muito profundo e moderadamente ácido (EMBRAPA, 1999).

Delineamento sistemático tipo "leque"

O teste de progênies foi instalado em 6 de novembro de 2006, em delineamento sistemático tipo "leque", conforme o modelo (IA) proposto por Nelder (1962), e reforçado por Bleasdale (1966) e Chalita (1991). Este arranjo fica totalmente caracterizado ao definirem-se os valores do raio inicial r_0 (distância do centro do círculo a bordadura interna), a razão da progressão geométrica dos raios (α), o ângulo entre os mesmos (θ) e a área (A_i) entre as plantas no teste de progênies, que foi estimada com base na expressão:

$$A_i = \frac{\theta \cdot r_i^2 \cdot \left(\alpha - \frac{1}{\alpha} \right)}{2}$$

utilizada por Stape (1995); em que: $\theta = 12^\circ$ ou 0,2094 rd; $r_0 = 5,76$ m; $\alpha = 1,21$.

No presente teste de progênies de *J. cuspidifolia* foram utilizadas 30 progênies, dispostas em um sistema de 30 raios concêntricos, com uma progênie por raio, distribuída de forma aleatória, em ângulos (θ) de 12° . Em cada um dos raios as plantas das progênies foram dispostas em progressão geométrica de razão (α) igual a 1,21, a partir de $r_0 = 5,76$ m. Essa disposição proporcionou o estudo de nove espaçamentos por planta: 1,95 m²; 2,86 m²; 4,18 m²; 6,12 m²; 8,96 m²; 13,12 m²; 19,21 m²; 28,13 m² e 41,19 m². Uma ilustração referente a esta disposição pode ser observada nas Figuras 1a e 1b e na Tabela 1.

Os caracteres silviculturais: altura total de plantas (ALT, m), diâmetro a altura de 30 cm do solo (DA3, cm) e a sobrevivência (SOB, %) foram avaliados aos 12 e 24 meses após o plantio.

Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007). A metodologia adotada do modelo linear misto (aditivo univariado) – REML/BLUP, foi a do modelo 19 do *software* SELEGEM, que é específico para este delineamento experimental, considerando o teste de progênie de polinização livre

(assumidos como progênes de meios irmãos), segundo o procedimento proposto por Resende (2002): $y = Xr + Za + e$, em que: "y" é o vetor de dados; "r" é o vetor dos efeitos de repetição ou círculos (assumidos como fixos) somados à mé-

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

Tabela 1. Valores da distância radial, área por planta e densidade de plantas para 9 tratamentos (espaçamentos) no delineamento sistemático tipo "leque".

Table 1. Values of the radial distance, area per plant and plant density for 9 treatments (spacing) in the fan systematic design

Tratamentos	Distância radial (m)	Área m ² /árv.	Densidade Árv./ha
1 (B)	5,76	1,33	7.505,5
2	6,97	1,95	5.126,4
3	8,42	2,86	3.501,4
4	10,20	4,18	2.391,5
5	12,35	6,12	1.633,4
6	14,94	8,96	1.115,7
7	18,08	13,12	762,0
8	21,87	19,21	520,5
9	26,47	28,13	355,5
10	32,03	41,19	242,8
11 (B)	38,75	60,30	165,8

(B) Bordadura.

(B) Border.

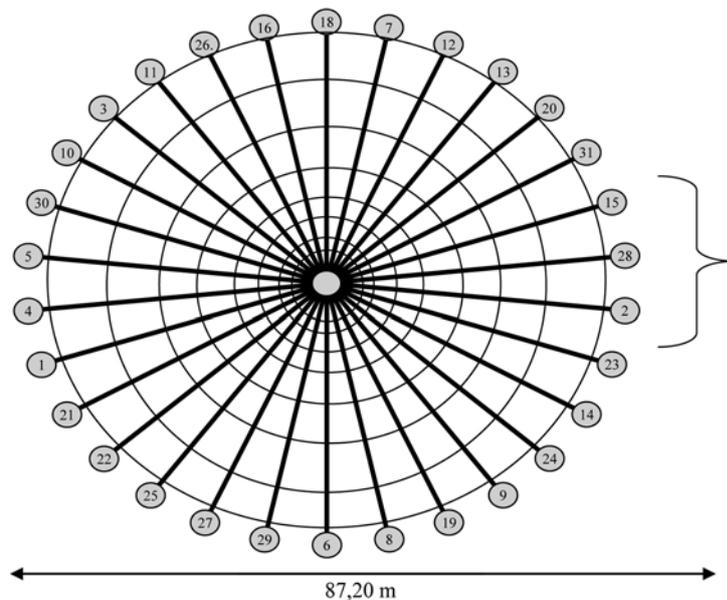


Figura 1a. Croqui de instalação do teste de progênes de *Jacaranda cuspidifolia*, em delineamento sistemático tipo "leque".

Figure 1a. Installation sketch of progeny test of *Jacaranda cuspidifolia*, in the fan systematic design.

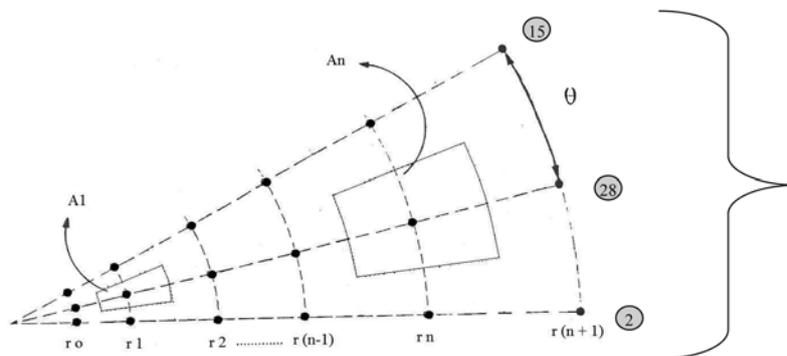


Figura 1b. Valores do raio inicial (r_0), raios dos tratamentos (r_1 a r_n), ângulo entre raios (θ) e a área associada a cada planta (A_1 a A_n) no delineamento sistemático tipo "leque" (adaptado de STAPE, 1995).

Figure 1b. Values of initial ray (r_0), ray treatment (r_1 a r_n), angle between rays (θ) and the area associated with each plant (A_1 a A_n) in the fan systematic design (adapted from STAPE, 1995).

Assim, os efeitos de círculos foram ajustados como efeito fixos na coluna de blocos e são referentes aos efeitos de espaçamento. Em cada círculo a progênie aparece uma só vez, como se fosse parcelas de uma planta. Por outro lado, os efeitos dos raios (com diferente material genético) foram ajustados na coluna de progênies. Assim, é possível uma inferência simultânea para a melhor progênie no melhor espaçamento, bem como a estimativa de parâmetros genéticos (RESENDE, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos

O teste de progênies ocupou uma área de 5.972 m², sendo 270 m² (4,5%) ocupado pelas bordaduras (Figura 2). Diferenças significativas entre as progênies de *Jacaranda cuspidifolia* foram observadas para todos os caracteres silviculturais avaliados, exceto para a sobrevivência (Tabela 2). Esse resultado evidencia que existe variação genética dentro dessa população para os caracteres avaliados que pode ser explorada em programas de conservação e melhoramento genético.

A sobrevivência foi alta, variando de 94,1% a 95,9% (aos 24 e 12 meses de idade respectivamente), o que indica ótima adaptação das progênies nas condições locais do experimento, (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com os observados por Aguiar et al. (1999) que trabalharam com espécies nativas do cerrado, visando recuperar uma área totalmente degradada no município de Selvíria-MS e verificaram que a espécie *J. cuspidifolia* foi que apresentou a maior taxa de sobrevivência.

De modo geral, as médias dos caracteres silviculturais foram incrementados com o decorrer do tempo. Para a altura das plantas, aos 12 e 24 meses de idade atingiu uma média de 1,26 m e 3,24 m, respectivamente, o que corroboram com incrementos médios anuais de 0,105 m e 0,135 m. Para o DA3, variou de 2,87 (12 meses) a 4,92 cm (24 meses), apresentando incrementos médios anuais de 0,240 cm e 0,205 cm. Isto demonstra que a espécie apresenta um desenvolvimento muito bom em nível de campo na região do estudo (Tabela 2).

Os coeficientes de variação experimental (CV_e) para os caracteres silviculturais variaram de 25,8% a 31,7%, para a altura e 19,1% a 31,0% para o DA3 (Tabela 2). Essa tendência de aumento do CV_e em função da idade do experimento, evidencia que os

efeitos ambientais em função dos diferentes tratamentos (espaçamentos) entre as parcelas e também pelas progênies estarem em pleno desenvolvimento vegetativo, que ainda não estabilizaram na condição do atual sítio de plantio.

O coeficiente de variação genética (Tabela 2) foi menor para a sobrevivência (4,9% a 5,1%), seguido do DA3 (9,9% a 10,2%) e pela altura (9,4% a 11,3%), indicando que o caráter altura foi o que expressou a maior variação genética entre as progênies, portanto maior potencial para a seleção. O coeficiente de herdabilidade para a média entre progênies foi alto para a altura (variando de 0,53 a 0,54) e para o DA3 (0,48 a 0,72) e baixo para a sobrevivência (0,28 a 0,35), apresentando controle genético nos caracteres para a seleção, em destaque o DA3. A acurácia, que representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o estimado, foi alta para a altura e DA3, com valores variando de 69% a 84%. Isso indica alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres. Os resultados obtidos para esta população de *J. cuspidifolia* estão dentro do padrão de variação observado para outras espécies arbóreas estudadas por caracteres quantitativos, como *Gallesia integrifolia* (FREITAS et al., 2008), e *Balfourodendron riedelianum* (SEBBENN et al., 2007).

O coeficiente de variação relativa se manteve para o caráter altura em 0,36, enquanto que para o DA3 foi de 0,54 (1º ano) a 0,32 (2º ano), conduzindo as estimativas consideráveis de herdabilidade em nível de média de progênies e acurácia seletiva (Tabela 2). Em geral, os resultados também indicam que os caracteres altura e DA3 são os mais indicados para a seleção, devido aos maiores valores de variação genética, herdabilidade e acurácia seletiva e do coeficiente de variação relativa (CV_r). Desse modo, a precisão na seleção, neste teste, foi alta considerando os valores desses parâmetros genéticos. Para implementação de um teste de progênies de segunda geração ou para conservação genética da espécie, a seleção de progênies será mais eficiente se for feita em base do caráter altura ou DA3.

Todavia, conforme os resultados obtidos nas estimativas da análise de variância e dos parâmetros genéticos demonstraram que, existe uma perspectiva futura de se utilizar esse material para o melhoramento genético da espécie, uma vez que, estes resultados sugerem a possibilidade de ganhos genéticos para os caracteres que apresentaram diferenças significativas, pela sele-

ção das melhores progênies e dos melhores indivíduos dentro das progênies. Também pode-se optar por estratégia de conservação *ex situ* da espécie. Considerando-se a possibilidade de utilização do experimento para a coleta de sementes, já que a população encontra-se sob forte pressão antrópica.

b) Análise dos espaçamentos

De modo geral, verificou-se que os valores médios para os caracteres avaliados foram inversamente proporcional a área útil disponível para cada planta, correspondente aos seus respectivos espaçamentos de plantio. Assim, a medida em que aumentou-se o espaçamento (acima do tratamento 6, aos 12 meses e 5 aos 24 meses), ocorreu uma diminuição no desenvolvimento (em altura e diâmetro) das árvores.

Para o caráter altura, o tratamento 5 foi o que apresentou os melhores valores, variando de 1,38 a 3,81 m, o que corresponde a uma densidade de 8,96 m²/planta e espaçamento de

aproximadamente 3 x 3 m. Entretanto, no tratamento 1 as progênies apresentaram as piores performance, variando de 1,16 a 2,49 m, o que corresponde a uma densidade de 1,95 m²/planta e espaçamento de 1 x 2 m, isso deve-se a uma intensa competição por água, luz e nutrientes entre as progênies (Tabela 3).

Os valores do DA3 apresentaram o mesmo desempenho que para o caráter altura, variando de 3,19 cm (12 meses) a 5,72 cm (24 meses) no tratamento 5 e 2,68 cm (12 meses) a 3,96 cm (24 meses) no tratamento 1 (Tabela 3). Comparando-se estes valores com outras espécies arbóreas nativas crescendo no mesmo espaçamento, verifica-se que, em geral, *J. cuspidifolia* do presente estudo atingiu valores maiores que *Tectonia grandis*, aos 24 meses após o plantio com 2,8 m de altura e 3,50 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) (MACEDO et al., 2005) e *Bertholletia excelsa*, aos 12 meses de idade, as plantas tinham uma altura média de 1,22 m e um diâmetro médio de 0,8 cm e, aos 24 meses

Tabela 2. Estimativas da média geral (\hat{m}), coeficiente de variação experimental (CV_e), acurácia (r_{aa}), herdabilidade média (\hat{h}_m^2), coeficiente de variação relativa (CV_r), coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}) e o LRT (Teste da razão de verossimilhança, χ^2 : qui-quadrado da deviance) em um teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia*, em delineamento sistemático tipo "leque", em Selvíria – MS.

Table 2. Estimates of overall average (\hat{m}), coefficient of variation (CV_e), accuracy (r_{aa}), average heritability (\hat{h}_m^2), relative coefficient of variation (CV_r), individual genetic coefficient of variation (CV_{gi}), and the LRT (likelihood ratio test, χ^2 : qui-square deviance) in a progeny test of *Jacaranda cuspidifolia*, in the fan systematic design, in Selvíria – Mato Grosso do Sul State.

Idade (meses)	Caráter	\hat{m}	CV_e (%)	r_{aa}	\hat{h}_m^2	CV_{gi} (%)	CV_r	LRT(χ^2)
12	ALT (m)	1,26	25,8	0,73	0,54	9,4	0,36	8,94*
	DA3 (cm)	2,87	19,1	0,84	0,72	10,2	0,54	27,43**
	SOB (%)	95,92	20,1	0,59	0,35	4,9	0,24	2,69 ^{ns}
24	ALT (m)	3,24	31,7	0,73	0,53	11,3	0,36	7,77*
	DA3 (cm)	4,92	31,0	0,69	0,48	9,9	0,32	5,56*
	SOB (%)	94,07	24,7	0,52	0,28	5,1	0,21	1,48 ^{ns}

ALT: altura; DA3: diâmetro a altura de 30 cm do solo; SOB: sobrevivência; *significativo a 5%, com 0,5 grau de liberdade; ^{ns} não significativo
 ALT: height; DH3: height diameter of 30 cm to soil; *significant at 5%, with 0.5 degree of freedom; ^{ns} nonsignificative.

Tabela 3. Média dos caracteres silviculturais, por tratamento (espaçamento) e idade de avaliação, em um teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia*, em delineamento sistemático tipo "leque", em Selvíria-MS.

Table 3. Average of silvicultural traits per treatment (spacing) and age of evaluation in a progeny test of *Jacaranda cuspidifolia*, in the fan systematic design, in Selvíria – MS.

Tratamentos (m ² /planta)	Idade (meses)					
	Altura (m)		DA3 (cm)		Sob (%)	
	12	24	12	24	12	24
1	1,16	2,49	2,68	3,96	96,7	96,7
2	1,22	2,99	2,88	4,07	93,3	86,7
3	1,15	2,90	2,64	4,24	100,0	96,7
4	1,16	2,86	2,78	4,60	90,0	90,0
5	1,38	3,81	3,19	5,72	100,0	100,0
6	1,40	3,71	2,95	5,58	96,7	96,7
7	1,27	3,50	2,90	5,70	96,7	93,3
8	1,35	3,42	2,92	5,40	96,7	93,3
9	1,26	3,53	2,85	5,45	93,3	93,3

Tratamentos: 1 = 1,95 m²; 2 = 2,86 m²; 3 = 4,18 m²; 4 = 6,12 m²; 5 = 8,96 m²; 6 = 13,12 m²; 7 = 19,21 m²; 8 = 28,13 m²; 9 = 41,19 m².
 Treatments: 1 = 1,95 m²; 2 = 2,86 m²; 3 = 4,18 m²; 4 = 6,12 m²; 5 = 8,96 m²; 6 = 13,12 m²; 7 = 19,21 m²; 8 = 28,13 m²; 9 = 41,19 m².

de idade as plantas apresentaram 2,09 m e 2,50 cm de altura e diâmetro médio, respectivamente (FERNANDES et al., 1993). Porém, outras pesquisas encontradas na literatura relatam valores maiores em espécies nativas como a *Jacaranda copaia* que, aos 14 meses de idade, tinha altura de 2,57 m e diâmetro médio de 7,66 cm (BARBOSA et al., 2002) e *J. cuspidifolia* consorciada com *Astronium fraxinifolium*, aos 12 meses de idade, que apresentou de 1,70 m e um DA3 de 7,31 cm (AGUIAR, 2002). Assim, estes resultados revelam que a espécie *J. cuspidifolia* apresenta um crescimento mediano em seus caracteres silviculturais, no espaçamento 3,0 x 3,0, comparadas as outras espécies nativas mencionadas.

As progênies apresentaram uma boa adaptabilidade em condições de campo durante os períodos estudados, apresentando a melhor desempenho no tratamento 5, com 100% de sobrevivência, submetidas a uma densidade de 8,96 m²/planta. Porém, no tratamento 4 foi onde ocorreram o maior número de mortes das progênies, variando de 87,0% a 93,3% de sobrevivência, correspondendo a uma densidade de 6,12 m²/planta, equivalente a um espaçamento de 2 x 3 m (Tabela 3). Macedo et al. (2002) consideram que o potencial de estabelecimento de espécies florestais, avaliado por meio da porcentagem de sobrevivência, expressa a capacidade de adaptação e vigor das mudas, frente as reais condições ecológicas observadas no campo, pós-plantio definitivo. Visto que essas estão sob as diferentes condições de campo que, normalmente, as mudas de espécies florestais diferem em suas expressões fenotípicas, as quais retratam fielmente as magnitudes e efeitos das interações genótipo x ambiente.

Evidencia-se, portanto, que o delineamento sistemático tipo "leque" criou gradientes de espaçamentos capazes de influenciar os caracteres silviculturais estudados, confirmando as potencialidades de uso deste delineamento nos estudos de espaçamentos florestais (LAND; NANCE, 1987; NAMKOONG, 1966; TENNENT, 1975; WRIGHT, 1976).

CONCLUSÕES

As progênies de *Jacaranda cuspidifolia* apresentam variabilidade genética suficiente podendo ser recomendado para coleta de sementes para várias finalidades e conservação genética *ex situ*;

O caráter indicado para a seleção, em um eventual programa de melhoramento genético, é a altura de plantas;

A sobrevivência de *J. cuspidifolia* foi alta (94% a 98%), evidenciando boa adaptação das progênies as condições locais do experimento;

O plantio das plantas no espaçamento de aproximadamente 3 x 3 m, propicia as melhores performances em altura, diâmetro e sobrevivência;

O delineamento sistemático tipo "leque" pode ser sugerido quando se tem a finalidade de estimar a variação genética e conhecer os padrões de resposta aos espaçamentos de espécie florestal (uma população), numa amplitude que dificilmente seria avaliada via delineamentos aleatórios tradicionais.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.V. **Varição genética de progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart em consórcio**. 2001. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2001.
- AGUIAR, A. V.; BORTOLOZO, F. R.; MORAES, M. L. T.; FONSECA, A. J.; ANDRADE, J. A. C. **Varição genética em progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart em consórcio**. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 22, n.3, Supl. p. 620, 1999.
- BARBOSA, A. P.; CAMPOS, M. A. A.; SAMPAIO, P. T. B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C. Q. B. **O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, Pau-de-Balsa (*Ochroma lagopus* Sw) e Caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia central, Brasil**. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 33, n. 3, p. 477-482. 2002.
- BLEASDALE, J. K. A. **Systematic designs for spacing experiments**. *Experimental Agriculture*, New York, n. 3, p. 73-85, 1966.
- CHALITA, M. A. C. **Delineamentos sistemáticos**. Piracicaba, 1991. 72 p. (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412 p.

- FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após o plantio. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 23, n. 2-3, p. 191-198, 1993.
- FREEMAN, G. H. The use of systematic design for a spacing trial with a tropical tree crop. *Biometrics*, Arlington, n. 20, p. 200-203, 1964.
- 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.
- GOMES, J. E. **Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f (Teca) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos.** 2002. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- GOMEZ, K. A.; DE DATTA, S. K. Missing hills in rice experimentation plots. *Agronomy Journal*, Madison, n.64, p.163-164, 1972.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS-FILHO, M. A. F.; BUZZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira: Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série irrigação, 1).**
- HUXLEY, P. A. Systematic designs for field experimentation with multipurpose trees. *Agroforestry Systems*, Heidelberg, n.3, p.197-207, 1985.
- IMADA, M.; KUNISAKI, T.; MIZOUÉ, N.; TERAOKA, Y. Optimum planting density for Japanese oak (*Quercus mongolica* var *grosseserrata*) based on spacing experiment with systematic design. *Journal of Forest Research*, Tokyo, n. 2, v. 2, p. 89-93, 1997.
- LAND JUNIOR, S. B.; NANCE, W.L. Apa: a useful tool for analyses of progeny tests. In: SOUTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 19., 1987, College Station. *Proceedings*,.. New Orleans: SFES, 1987. p. 300-311.
- LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. *Revista Árvore*, Viçosa. v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.
- LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, N. G. F.; MORAIS, E. J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus canaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. *Revista Árvore*, Viçosa. v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.
- MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectonia grandis* L.f. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. *Cerne*, Lavras. v. 11, n. 1, p. 61-69. 2005.
- MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; OLIVEIRA, T. K. Dinâmica de estabelecimento de *Tectonia grandis* L.f. (Teca) introduzida em cafezal na região de Lavras – Minas Gerais. *O Brasil Florestal*, Brasília. n. 73, p. 31-38. 2002.
- NAMKOONG, G. Application of Nelder’s designs in tree improvement research. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT. 8, 1965, Savannah. *Proceedings*... Macon: SCFTI, 1966. p. 24-37.
- NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics*, Arlington, n.18, p.283-307, 1962.
- PANETSOS, C. P. Selection of new poplar clones under various spacings. *Silvae Genetica*, Frankfurt, n. 29, p.130-135, 1980.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEM – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- 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.
- STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo leque no estudo de espaçamentos florestais.** 1995. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D. Insights from full-rotation Nelder spacing trials with *Eucalyptus* in São Paulo, Brazil. **Southern Forests**, Pretoria, v. 72, n. 2, p. 90-97, 2010.

TENNENT, J. H. G. Competition quotient in young *Pinus radiata*. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 5, n. 2, p. 230-234, 1975.

VALE, A. B.; PAIVA, H. N.; FELFINE, J. M. **Influência do espaçamento e do sítio na produção Florestal**. Viçosa: SIF, 1982. 20 p. (Boletim Técnico, 4).

WRIGHT, H. L. Experiments as a source of data for growth models. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, 1976. Oslo. **Proceedings...**Oslo: UFRO, 1976. v. 1, p. 60-73.

Recebido em 03/10/2012

Aceito para publicação em 26/02/2013

