

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

WILLIAM DE MEDEIROS SILVA

**TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS E SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE
CARACTERES EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH.**

Ilha Solteira

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

WILLIAM DE MEDEIROS SILVA

Engenheiro Florestal

**TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS E SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE
CARACTERES EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH.**

Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan

Orientador

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

Coorientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586t Silva, William de Medeiros .
Tamanho de parcelas experimentais e seleção simultânea de caracteres em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNN. / William de Medeiros Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
58 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016

Orientador: Bruno Ettore Pavan
Co-orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes
Inclui bibliografia

1. Melhoramento florestal. 2. Tamanho de parcelas experimentais.
3. Índices de seleção.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Tamanho de parcelas experimentais e seleção simultânea de caracteres de progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh..

AUTOR: WILLIAM DE MEDEIROS SILVA

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. GLAUCIA AMORIM FARIA

Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Ilha Solteira, 26 de fevereiro de 2016

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos partilhados desde a graduação, pela paciência, e pela amizade.

A Unesp de Ilha Solteira, pela oportunidade de participar do Programa de Pós- Graduação em Agronomia, de valor extraordinário para a minha formação científica.

Aos membros das bancas examinadoras do exame geral de qualificação e defesa da dissertação, Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso, Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade, Prof^a. Dra. Glauca Amorim Faria e Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pelas considerações feitas que serviram para o engrandecimento do trabalho e da minha formação profissional.

A empresa ARBORGEN, pela pelo suporte financeiro.

A minha esposa Bruna Layara, pela paciência, pela dedicação, pelos cuidados e por sempre se manter firme ao meu lado me dando forças nos momentos difíceis e aguentando minha ansiedade e meu estresse nos anos que me dediquei ao mestrado.

A minha amada filha Giovanna, a razão pela qual eu me esforço a cada dia para ser uma pessoa melhor.

Aos meus pais Raimundo Nonato e Maria Inês, pelas lições de vida, pelo apoio, pela dedicação e por sempre acreditarem em mim.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, meu MUITO OBRIGADO!!!

TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS E SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE CARACTERES EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH

Discente: William de Medeiros Silva

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan

Coorientador: Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

RESUMO

Para aumentar a eficiência da seleção de indivíduos superiores, o uso de delineamentos experimentais e de métodos adequados de seleção são fundamentais. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência de dois tamanhos de parcelas experimentais e comparar os ganhos obtidos com três índices de seleção e seleção direta e indireta aplicados aos valores genotípicos individuais em testes de progênies de *E. camaldulensis*, para os caracteres forma de fuste, DAP e altura total das árvores. O EXP 1 e EXP 2 foram implantados em delineamento de blocos casualizados, com 133 progênies e espaçamento de 3,0 m x 1,8 m. O EXP 1 foi composto por parcelas experimentais de 5 plantas e quatro repetições e no EXP 2 utilizou-se uma planta por parcela e 20 repetições. As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas utilizando o método REML/BLUP. Os indivíduos foram selecionados com base nos valores genéticos aditivos individuais, por meio de seleção direta e indireta dos caracteres e por meio dos índices de seleção da soma de postos, dos ganhos genéticos esperados e do somatório Z. O experimento com uma planta por parcela se mostrou mais eficiente na seleção, proporcionando ganhos superiores para caracteres de crescimento e similares para forma de fuste, sendo recomendado para testes de progênies do gênero *Eucalyptus*. O EXP 2 proporcionou maiores ganhos genéticos com a seleção

devido à maior herdabilidade estimada. Os índices de seleção da soma de postos e do somatório Z foram os mais eficientes com ligeira superioridade do índice da soma de postos em função da maior facilidade da seleção.

Palavras-chave: Delineamento experimental. REML/BLUP. Índice de seleção. Teste de progênies.

ABSTRACT

In order to increase the efficiency of selection of superior individuals, the use of experimental design and appropriate selection methods are crucial. This study aimed to investigate the influence of two sizes of plots and compare the gains made with three levels of selection, direct and indirect selection applied to individual genotypic values in *E. camaldulensis* progeny tests for the variables stem shape, DAP and total height of the trees. The EXP 1 and EXP 2 were established in a randomized complete block design with 133 progenies and spacing of 3.0 m x 1.8 m. The EXP 1 consisted of plots of 5 plants and four replications, and EXP 2 used a plant per plot and 20 replications. Estimates of variance components and genetic parameters were obtained using the REML / BLUP method. Those individuals were selected based on individual genetic additive values, through direct and indirect selection of characters and through the selection indexes of rank, the expected genetic gains and the sum Z. The experiment with one plant per plot was more efficient in the selection, providing superior gains for growth traits and similar to stem shape, being the right one for *Eucalyptus progeny* tests. In EXP 2 larger genetic gains were obtained with selection due to higher estimated heritability. The selection index of the rank and the sum Z were the most effective with slight superiority index of rank, due to the greater ease of selection by this index.

Keywords: Experimental design. REML / BLUP. Selection index. Progeny test.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 <i>Eucalyptus camaldulensis</i> DEHNH	12
2.2 MELHORAMENTO FLORESTAL	16
2.3 TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS	18
2.4 ÍNDICES DE SELEÇÃO	20
CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS NA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE <i>E. camaldulensis</i> DEHNH.	24
3 INTRODUÇÃO	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÕES	37
CAPÍTULO III: SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE CARACTERES DE PROGÊNIES DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> DEHNH	38
7 INTRODUÇÃO	41
8 MATERIAL E MÉTODOS	43
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
10 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	52

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

As plantações de eucalipto no Brasil desempenham papel de destaque na silvicultura nacional, ocupando uma área de aproximadamente 5,56 milhões de hectares plantados até 2014, contribuindo para a economia brasileira e para a sociedade em geral, com uma parcela importante na geração de produtos, tributos, empregos e bem-estar (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ, 2015).

No entanto, para o crescimento do setor são necessárias continuas melhorias dos sistemas silviculturais e programas de melhoramento genético eficientes, haja visto que a expansão da atividade se dá em novas fronteiras agrícolas que exigem genótipos adaptados a estas condições edafoclimáticas. Dentre as inúmeras espécies dos gênero *Eucalyptus* o *E. camaldulensis* tem papel de destaque na ocupação dessas novas áreas, principalmente por apresentar grande plasticidade ambiental, adaptando-se a condições ecológicas muito variadas, no que diz respeito à pluviosidade, solos e outros fatores. Outro fator que enaltece a importância desta espécie é o grande número de procedências disponíveis, o que possibilita encontrar condições mais convenientes relacionadas ao solo que se pretende florestar. (MORAES et al., 1997).

Além do uso de espécies que sejam mais aptas ao desenvolvimento em novos sítios, a escolha de genótipos mais produtivos e que sejam adequados para a indústria, é fundamental para o aumento da produtividade. Nesse sentido, o melhoramento genético é destaque por sua contribuição no desenvolvimento tecnológico alcançado pela silvicultura do gênero *Eucalyptus* propiciando ganhos notáveis. Para isso, é fundamental conhecer a origem e a magnitude da variância

genética existente nas populações, o que é possível através de testes de progênes, ferramenta fundamental para o melhorista.

Entretanto, o sucesso de um programa de melhoramento não é garantido apenas com a simples adoção dos testes de progênes, faz-se necessária a adoção de algumas medidas que propiciem maiores ganhos e melhor precisão do experimento. Na experimentação florestal, para que os dados gerados com os testes sejam mais precisos, é necessário que o pesquisador defina adequadamente o tamanho da unidade experimental ou parcela, reduzindo o erro experimental, aumentando assim as chances de se detectar diferenças entre os tratamentos (MUNIZ et al., 2009). Entretanto, fatores como os altos custos da experimentação florestal, longos ciclos de seleção, a necessidade de grandes áreas e efeito competitivo, podem influenciar no planejamento e na instalação do experimento e/ou na seleção das árvores, portanto não devem ser ignorados no momento da escolha do tamanho das parcelas experimentais (DIAS, 2014).

Outra questão que deve ser levada em consideração na experimentação florestal, é o número e quais as variáveis que podem representar o mérito econômico de determinado indivíduo ou família, pois os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo, são altamente influenciados pelo ambiente e podem estar relacionados, de tal forma que a seleção de um pode provocar a mudança em outro (CRUZ, 2006). Uma estratégia utilizada pelos melhoristas para reduzir esse problema, é a utilização de índices de seleção, ou seja, uma combinação de todas as variáveis em apenas um índice (número) de cada unidade seletiva (PAULA et al., 2002). Desta forma, cria-se a possibilidade de agregar múltiplas informações visando à seleção com base em um conjunto de

variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico simultaneamente (CRUZ et al., 2012).

Nesse contexto, em testes de progênies de eucalipto, é de suma importância a determinação de tamanhos adequados de parcelas experimentais assim como a utilização de métodos adequados de seleção que possibilitem maiores ganhos com a seleção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eucalyptus camaldulensis DEHNH

O setor florestal é muito importante para a economia e para a sociedade brasileira em geral. Em 2014 estima-se que o setor florestal manteve 4,23 milhões de postos de empregos, e foi responsável pela arrecadação de R\$ 10,23 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais. A cultura do eucalipto é a mais importante para este setor totalizando 5,56 milhões de ha plantados no ano de 2014, o que representa 71,9% do total da área com florestas plantadas no Brasil. O estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose é o fator que mais contribui para o crescimento do setor (IBÁ, 2015).

Por oferecerem diversos produtos fundamentais para a sociedade como carvão vegetal, lenha e mourões, além de serem amplamente utilizadas na polpação de celulose e produção de papel e possuírem grande potencial para a indústria madeireira, muitas espécies do gênero *Eucalyptus* são de grande importância econômica. Além disso suas madeiras podem ser produzidas a baixos custos, o que contribui para destacar e valorizar algumas espécies desse gênero (LIMA, 1984),

que em 2013 totalizaram mais de 20 milhões de hectares plantados no mundo (BOOTH, 2013).

Pertencente à família Myrtaceae, o gênero *Eucalyptus* é constituído por um grande número de espécies, muitas variedades e híbridos (PRYOR, 1976). Em função do rápido crescimento e produção de madeira, aliado à grande diversidade genética entre as espécies e boa adaptabilidade destas a diferentes regiões, este gênero ocupa posição de destaque no setor florestal mundial, constituindo 17% da madeira colhida no mundo (BAZANI et al., 2014).

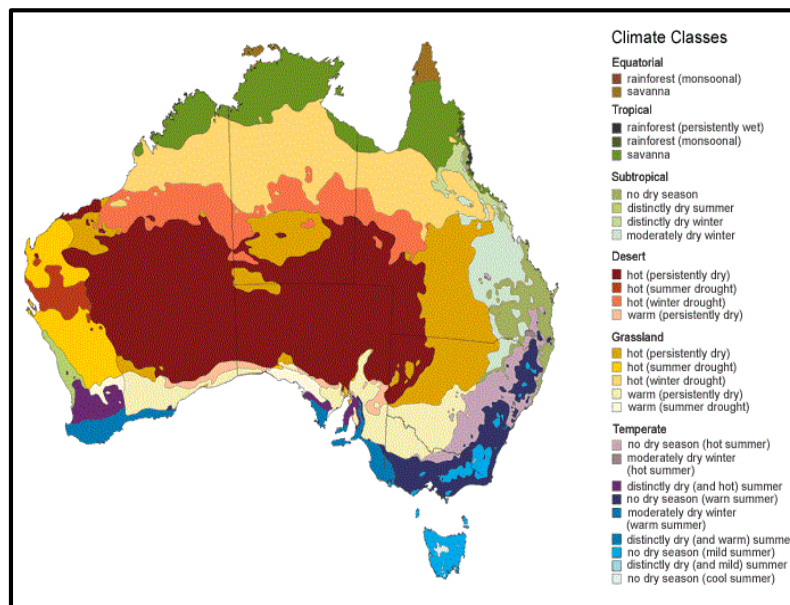
O *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, do subgênero *Symphyomyrtus*, como a maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*, é natural da Austrália, ocorrendo em todos os estados do país com exceção da Tasmânia (SILVA, 2010), e esta espécie destaca-se entre as espécies do gênero pela qualidade da sua madeira e por sua boa adaptabilidade a condições ambientais adversas no que diz respeito à baixa pluviosidade, alta temperatura e solos com baixa fertilidade.

O *E. camaldulensis* é essencialmente uma espécie ciliar, e na Austrália ocorre principalmente ao longo ou próximo de cursos d'água sazonais em áreas áridas e semi-áridas, mas pode também ocorrer em encostas de colinas, independentemente das condições de precipitação (BARROS; NOVAES, 1990). Isso justifica o rápido crescimento, a boa capacidade de rebrota e a tolerância a inundações periódicas ou encharcamento de 4 a 5 meses que esta espécie apresenta (MORAES et al., 1997). Aqui no Brasil, a espécie se destaca como a de maior plasticidade em termos de adaptação às condições do país, e isso se deve principalmente à sua boa distribuição no seu país de origem, assim como a sua ampla variabilidade genética.

A precipitação média anual da área de ocorrência natural do *E.camaldulensis* varia de 250 a 600 mm, em regime bem concentrado, chegando em algumas áreas

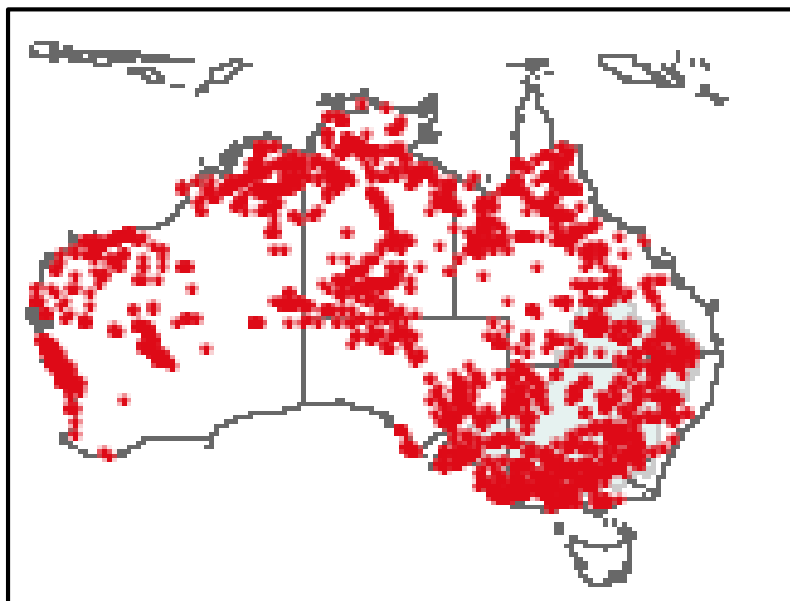
a 1250 mm por ano e, em outras, a 150 mm por ano (SOERIANEGARA; LEMMENS, 1994). Em locais de baixa precipitação a espécie sobrevive em áreas alagadas ou em regiões onde o lençol freático é alto. Os solos são tipicamente arenosos aluviais (MARTINEZ, 1990).

Figura 1 – Classes e subclasses climáticas da Austrália



Fonte: Australian National Botanic Gardens (2015).

Figura 2 - Distribuição natural do *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. na Austrália continental.



Fonte: Australian Government Bureau of Meteorology (2015).

O *E. camaldulensis* adapta-se parcialmente a solos salinos, solos compactados por pastejo excessivo, ou com baixa umidade anual, porém, nestes casos, não apresenta crescimento ótimo. O crescimento radicular é impedido em solos rasos ou compactados (NIETO; RODRIGUEZ, 2003).

Esta capacidade de se desenvolver em solos com condições adversas, aliada as características de rápido crescimento, sistema radicular bastante desenvolvido e facilidade de aclimação, possibilita a utilização desta espécie em programas de recuperação de áreas degradadas pela deposição de metais pesados. A mesma apresentou desenvolvimento satisfatório em solos degradados, desestratificados e com características muito discrepantes das originais, resultante da extração do xisto (VALLE, 1991).

O *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. foi uma das primeiras espécies do gênero a ser plantada com sucesso fora da Austrália (ELDRIDGE et al., 1993). No Brasil, apesar de ter sido introduzida no início do século passado, esta espécie assumiu maior relevância quando os maciços florestais expandiram-se das regiões Sul e Sudeste para o Centro-Oeste e Nordeste, adaptando-se melhor às condições de alta temperatura e longo período seco, que eram inadequadas para as espécies mais utilizadas, como *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* (GOLFARI et al., 1978).

A ampla variabilidade genética entre e dentro de procedências de *E. camaldulensis*, possibilitou consideráveis avanços genéticos para a produção, justificando sua adoção em programas de melhoramento genético. No entanto, existem poucos relatos de sua utilização em plantios comerciais, ficando restrito a poucas empresas e a áreas experimentais (QUISEN, 2007; COSTA et al., 2015). Dessa forma, o potencial desta espécie ainda é pouco aproveitado, mas pode ser

substancial frente aos desafios vindouros, como mudanças climáticas e expansão de áreas agrícolas, com grandes restrições ao plantio.

2.2 MELHORAMENTO FLORESTAL

Até a década de 1960, as sementes disponíveis para os plantios de eucalipto provinham de parcelas experimentais ou talhões desbastados, sem preocupações com isolamentos contra pólen indesejáveis e, portanto, com baixa qualidade genética. De um modo geral, os plantios originados dessas sementes apresentavam alta porcentagem de híbridos interespecíficos (FERREIRA; SANTOS, 1997). Segundo os mesmos autores, somente no final da década de 1960 estabeleceram-se os primeiros pomares clonais de sementes de eucalipto, visando suprir à crescente demanda de sementes na época. Esses primeiros pomares foram oriundos da propagação de árvores selecionadas fenotipicamente, das melhores plantações existentes ou de áreas experimentais.

Após esse período, no início da década de 1970, iniciou-se a reintrodução de germoplasmas oriundos da seleção de espécies e procedências com base genética apropriada. Também foram instalados os primeiros testes de progênies, e priorizadas as atividades relacionadas com a produção de sementes melhoradas (RODRIGUEZ, 2002).

O uso de estimativas de herdabilidade para seleção de genótipos superiores foi empregado inicialmente a partir de 1979 pela empresa Aracruz Florestal, visando aumentar os ganhos com a seleção e ao mesmo tempo selecionar genótipos resistentes ao cancro basal, causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*, e que era um problema recorrente na época (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Segundo Rodrigues (2002), as décadas de 1970 e 1980 foram as de maiores priorização das atividades relacionadas com a produção de sementes melhoradas

de eucaliptos, apresentando ganhos em produtividade mais significativos do que os obtidos posteriormente na década 1990, apesar dos esforços empregados neste período (FERREIRA; SANTOS, 1997).

A partir de meados da década de 1990, alguns aspectos contribuíram significativamente para melhores resultados nos programas de melhoramento genético florestal, entre eles o uso de programas computacionais para a análise de dados experimentais e seleção genética de árvores, a participação de diferentes especialistas na definição de estratégias de melhoramento, e a integração das áreas de manejo e melhoramento, no desenvolvimento multidisciplinar da pesquisa (RODRIGUEZ, 2002). Além destes, a manutenção da produtividade biológica em longo prazo, e a manutenção da capacidade biológica e física do sítio também são aspectos importantes associados ao melhoramento (FERREIRA; SANTOS, 1997).

A utilização de preditores genéticos adequados também é um fator de suma importância em estudos de melhoramento florestal e que por isso tem sido bastante discutido em trabalhos na área (GARCIA; NOGUEIRA, 2005; ROSADO et al., 2009; SCARPINATI et al., 2009). Um procedimento interessante para predição dos valores genéticos é o BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), que presume o conhecimento dos verdadeiros valores dos componentes de variância, porém, como isso não é possível, na solução via equações de modelos mistos, têm sido utilizadas as estimativas destes componentes. Neste caso, dentre os principais procedimentos para estimação dos componentes de variância, destaca-se o REML (Restricted Maximum Likelihood), proposto por Patterson e Thompson (1971) e descrito por Lopes et al., (1998).

No melhoramento do eucalipto, como das espécies florestais em geral que exigem grandes áreas experimentais, envolve altos custos na experimentação e tem um longo ciclo de seleção, o uso de preditores adequados, associado a utilização de outras medidas que visem amenizar esses entraves aumentando a eficiência da seleção é de fundamental importância. Nesse sentido, estudos considerando o tamanho ideal de parcelas (SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2011; DIAS, 2014), assim como estudos que consideram métodos que permitam a seleção com vistas a um conjunto de características de interesse no sentido de obter ganhos favoráveis a todas elas (PAULA et al., 2002; MARTINS et al., 2006; PEDROZO et al., 2009) são fundamentais para o melhoramento das espécies do gênero *Eucalyptus*.

2.3 TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS

A precisão experimental é fundamental em qualquer experimento, e quando baixa pode superestimar ou subestimar as diferenças entre os tratamentos. Assim, fatores que afetem a precisão experimental devem sempre ser considerados, entre eles o tamanho da unidade de coleta de dados ou parcela experimental, e o número de repetições constituem preocupações de cunho prático quando se planejam experimentos. Desse modo, a caracterização adequada desses fatores é essencial para aumentar a precisão nos ensaios experimentais (DONATO, 2007).

Para diminuir o erro experimental e, conseqüentemente, aumentar a precisão e a eficiência do experimento, o pesquisador deve obter o máximo de informações sobre a área e a cultura utilizadas. O erro experimental consiste na variação entre as parcelas (unidades experimentais), depois de retirados os efeitos controlados (tratamentos, blocos, filas, colunas, dentre outros.), que pode ser reduzido ou minimizado, mas nunca totalmente eliminado (STORCK et al., 2011).

São várias as fontes que afetam a magnitude do erro experimental, dentre elas o tipo de tratamento, presença de pragas, doenças e plantas daninhas, competição entre e dentro de parcelas, heterogeneidade do material experimental e heterogeneidade das unidades experimentais ou parcelas, e estes fatores podem ser intensificados sob influência de condições tropicais devido a ocorrência de chuvas mal distribuídas e de intensidade bastante variável (RAMALHO et al., 2000).

O controle do erro pelo arranjo experimental consiste em planejar o experimento visando minimizar a variação que ocorre na área experimental (ZANON; STORCK, 2000). Uma das maneiras de reduzir o erro experimental é a utilização de um tamanho de parcela que seja adequado (VIANA et al., 2002). A parcela e o arranjo, experimentais muitas vezes, são definidos de acordo com as necessidades e a experiência do pesquisador (SILVA et al., 2003).

Alguns requisitos básicos são fundamentais para a escolha de um arranjo experimental que contribua para a maior precisão do experimento, entre eles o número adequado de repetições, número de plantas por parcela, heterogeneidade do material experimental, tipo de tratamento aplicado, tratos culturais, manejo e controle de pragas, doenças e plantas daninhas, amostragem na parcela e, principalmente, heterogeneidade das unidades experimentais (STORCK et al., 2000; DIAS, 2014).

Existem inúmeros trabalhos sobre tamanho de parcelas em experimentos agrícolas, no Brasil e em todo o mundo e em diversas culturas (BRUM et al., 2008; CARGNELUTTI FILHO et al., 2011; SANTOS et al., 2016). Inicialmente, este tipo de trabalho foi desenvolvido para a experimentação com culturas agrícolas, porém o método utilizado pode ser adaptado para espécies florestais. Assim, vários estudos

sobre tamanho de parcelas foram conduzidos na área florestal utilizando diversos métodos (SILVA et al., 2003; MUNIZ et al., 2009; ARAÚJO et al., 2015).

O tamanho das parcelas experimentais se torna um fator ainda mais importante quando se estuda espécies florestais, em função das parcelas serem evidentemente maiores do que em experimentos com culturas agrícolas. E sabendo-se que, na maioria dos casos, o coeficiente de variação decresce quando se aumenta o tamanho das parcelas, houve uma tendência dos pesquisadores a preferir parcelas grandes, para trabalhar com coeficiente de variação menor, sem perceber que as parcelas excessivamente grandes, acarretam necessariamente menor número de repetições, podendo reduzir a precisão do experimento (GOMES, 1991).

A parcela amostral deve sempre representar as diversas condições da população e fornecer estimativas precisas e não tendenciosas dos parâmetros de interesse, ao menor custo possível. Entretanto a decisão não deve ser tomada com base apenas na preferência do melhorista, mas sim apoiar-se em uma pesquisa específica que determine o tamanho, a forma e o número ideal de parcelas para as condições da região em estudo (SCOLFORO et al., 1993).

2.4 ÍNDICES DE SELEÇÃO

A utilização de um índice de seleção para seleção simultânea de um conjunto de caracteres que sejam de interesse agronômico, é uma das maneiras de se melhorar a eficiência de um programa de melhoramento genético, pois essa ferramenta torna possível a combinação das informações obtidas nas parcelas experimentais, possibilitando a seleção com base em um conjunto de variáveis que reúnam os atributos de interesse (CRUZ; REGAZZI, 1994). Segundo os mesmos

autores, ao considerar vários caracteres simultaneamente na seleção, reduz-se o ganho sobre o caráter de interesse, porém esta redução é compensada por uma melhor distribuição de ganhos favoráveis nos demais caracteres. Os diferentes índices de seleção representam diferentes alternativas de ganhos e identificam, de maneira rápida e eficiente, genótipos que podem ser mais adequados para os propósitos do melhorista.

Os índices de seleção consideram, simultaneamente, todos os caracteres de interesse, gerando uma variável adicional que resulta da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes pré-estabelecidos (RESENDE, 2002).

O uso de índices de seleção nos programas de melhoramento de plantas foi proposto como critério de seleção por Smith (1936), e posteriormente adaptado ao melhoramento animal por Hazel (1943). De acordo com esses autores, para o estabelecimento do índice de seleção é necessário determinar o valor econômico relativo de cada característica, bem como obter as estimativas das variâncias genotípicas e fenotípicas e das covariâncias fenotípicas e genotípicas entre cada par de características. Este índice de seleção ficou conhecido como índice de Smith-Hazel, e também como índice clássico por ser um dos primeiros a ser utilizados. Missio et al. (2004), ao estudar em seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*, concluíram que índice clássico (Smith e Hazel) mostrou-se promissor.

Para evitar a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos. Elston em 1963, considerou o problema de classificarem-se plantas, baseando-se nos seus valores fenotípicos, e propôs um

índice multiplicativo para esta finalidade. Martins et al. (2006), encontraram respostas esperadas com este índice na seleção de *Eucalyptus grandis*.

Outros critérios de seleção foram desenvolvidos por pesquisadores preocupados com as dificuldades e limitações apresentadas pelo índice clássico. Dentre esses critérios, cita-se o índice de seleção baseado nos ganhos desejados de Pesek e Baker (1969). Crossbie et al. (1980) e Vieira (1988) sugeriram adotar como ganhos desejados o equivalente a uma vez o desvio-padrão genético para cada caráter.

O índice de soma de postos de Mulamba e Mock (1978), elimina a necessidade de se estabelecer pesos econômicos e a de estimativas de variâncias e covariâncias genóticas e fenotípicas. Este índice consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. A seguir, são somadas as ordens de cada genótipo, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo que I é o valor do índice para determinado indivíduo ou família; r_j é a classificação (ou "rank") de um indivíduo em relação ao j -ésimo caráter; n é o número de caracteres considerado no índice. Missio et al. (2004), ao avaliarem quatro caracteres (DAP, altura, forma de fuste e volume) em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*, por meio da seleção direta em cada caráter e de índices de seleção, concluíram que o índice da soma de postos apresentou maiores ganhos totais do que a seleção direta sobre os caracteres estudados. Santos et al. (2007), também relataram a eficiência deste índice na seleção de progênies de milho-pipoca.

Para Falkenhager (1986), índice de seleção para múltiplas características é a combinação da genética quantitativa e regressão múltipla, e a estimação do valor aditivo do indivíduo pode ser obtida através da herdabilidade da característica. O

cálculo do índice consiste em dois passos: estimação do valor aditivo associado à regressão linear múltipla sobre os valores fenotípicos dos indivíduos, e combinação linear destas estimativas usando pesos econômicos.

Nunes et al. (2005) propuseram outro índice de seleção denominado índice Z, que é também conhecido como método “Bola cheia ou Bola murcha”, onde a expressão “bola cheia” é utilizada para o indivíduo que tem valores favoráveis para todos os caracteres e a expressão “bola murcha”, quando o indivíduo é deficiente em alguma ou, até mesmo, em todos os caracteres. Nesse método, inicialmente, a seleção era apenas visual e para estudos de adaptabilidade e estabilidade de cultivares. Entretanto, os autores propuseram uma alternativa para outra situação do emprego desse índice, em que a seleção deixa de ser subjetiva e se fundamenta em estimativas de parâmetros estatísticos.

O Índice Z tem como fundamento a padronização das variáveis estudadas e, a partir disso, a análise e a construção de um sistema gráfico em que cada variável ocupa um dos semi-eixos. Assim, com pelo menos três variáveis, pode-se ter uma perfeita visualização do desempenho do indivíduo com relação a todos esses caracteres, simultaneamente.

Reis et al. (2015), ao testarem diferentes estratégias na seleção de progênies de eucalipto para os caracteres incremento médio anual, álcali efetivo, densidade básica e rendimento depurado em celulose, concluíram que o índice Z também é uma boa opção para ser usada no melhoramento florestal, pois teve boa concordância com os índices clássicos e somas de postos, mas com a vantagem de que o método gráfico permite visualizar o desempenho do genótipo para o conjunto de caracteres.

CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS NA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *E. camaldulensis* DEHNNH.

RESUMO

Na escolha do tamanho da parcela experimental, inúmeros fatores devem ser considerados no sentido de aumentar a eficiência da seleção com o menor custo operacional possível. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência de dois tamanhos de parcelas experimentais em testes de progênies de *E. camaldulensis*, para as variáveis forma de fuste, DAP, altura total das árvores e volume total das árvores. EXP 1 e EXP 2 foram implantados em delineamento de blocos casualizados, com 133 progênies e espaçamento de 3,0 m x 1,8 m. O EXP 1 foi composto por parcelas experimentais de 5 plantas e quatro repetições e no EXP 2 utilizou-se uma planta por parcela e 20 repetições. As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas utilizando o método REML/BLUP. A amplitude da variância genética aditiva individual entre os dois experimentos foi pequena para forma de fuste (0,101), porém para os demais caracteres o EXP 2 apresentou valores mais elevados (4.131 – DAP, 5.982 – ALT e 0.002 – VOL) em relação ao EXP 1 (1.785 – DAP, 3.392 – ALT e 0 – VOL). O coeficiente de variação genotípica entre as progênies foi semelhante nos dois experimentos para forma de fuste e superior para as variáveis DAP, altura total das árvores e volume total das árvores no EXP 2. Para os quatro caracteres, a herdabilidade em nível de média de progênies foi maior no EXP 2, indicando maior eficiência na seleção. No EXP 2 ocorreram maiores ganhos com a seleção entre progênies, indicando um favorecimento deste arranjo aos indivíduos superiores, de uma forma geral. A

adoção de experimentos com uma planta por parcela aliada ao grande número de repetições é recomendado para testes de progênies da espécie *Eucalyptus camaldulensis*.

Palavras-chave: Parâmetros genéticos. Arranjo experimental. REML/BLUP.

ABSTRACT

In choosing the size plots numerous factors must be considered in order to increase the efficiency of its selection, with the lowest operating cost. This work aimed to study the influence of two sizes plots in *E. camaldulensis* progeny tests for the variables stem shape, diameter at breast height, total height of the tree and total volume of the tree. EXP 1 and EXP 2 were implanted in a randomized block design, with 133 progenies and spacing of 3.0 mx 1.8 m. The EXP 1 consisted by plots of five plants and four replications and EXP 2 used a plant per plots and 20 replications. Estimates of variance components and genetic parameters were obtained using the REML / BLUP method. Range for additive genetic variance between the two experiments was small for the stem shape (0,101), but for the other variables the EXP 2 showed higher values (4.131 – DAP, 5.982 – ALT and 0.002 – VOL) in relation to the EXP 1 (1.785 – DAP, 3.392 – ALT e 0 – VOL). The coefficient of genotypic variation among progenies was similar in both experiments to stem shape and superior to the diameter at breast height, total height in EXP 2. For the four characters, heritability average level of progeny was higher in EXP 2, indicating greater efficiency in the genetic control at average progenies level. In the EXP2 offered higher gain with progenies selection, indicating favoritism on this arrangement for superior individuals in general. The adoption of experiments with one plant per parcel together with the large number of replications is recommended for the *Eucalyptus camaldulensis* progeny tests.

Keywords: Progeny test. Experimental arrangement. REML / BLUP.

3 INTRODUÇÃO

Os plantios de eucalipto totalizam mais de 20 milhões de hectares no mundo (BOOTH, 2013) e são importantes devido à crescente demanda por produtos madeireiros e por representar a principal fonte de matéria-prima para as indústrias à base de celulose de fibra curta. No Brasil, as áreas plantadas com eucalipto totalizaram 5,56 milhões de hectares em 2014, equivalente a 71,9% das florestas plantadas (IBA, 2015).

O *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. foi uma das primeiras espécies do gênero a ser plantada com sucesso fora da Austrália (ELDRIDGE et al., 1993). No Brasil, apesar de ter sido introduzida no início do século passado, esta espécie assumiu maior relevância quando os maciços florestais expandiram-se das regiões Sul e Sudeste para o Centro-Oeste e Nordeste, adaptando-se melhor às condições de alta temperatura e longo período seco, que eram inadequadas para as espécies mais utilizadas, como *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* (GOLFARI et al., 1978).

O *E. camaldulensis* é caracterizado por sua rusticidade e reconhecido por ser uma espécie alvo em programas de silvicultura clonal interespecífica, garantindo aos seus híbridos boa adaptabilidade a diversas condições e regiões edafoclimáticas. Sua ampla variabilidade genética entre e dentro de procedências, possibilitou consideráveis avanços genéticos para a produção, justificando sua adoção em programas de melhoramento genético. No entanto, existem poucos relatos de sua utilização em plantios comerciais, ficando restrito a poucas empresas e a áreas experimentais (QUISEN, 2007). Dessa forma, o potencial desta espécie ainda é pouco aproveitado, mas pode ser substancial frente aos desafios vindouros, como mudanças climáticas e expansão de áreas agrícolas, com grandes restrições ao plantio.

Assim, programas de melhoramento bem delineados são fundamentais e podem possibilitar a exploração das potencialidades do *E. camaldulensis*. Dentre os diversos instrumentos para auxiliar o trabalho do melhorista, os testes de progênies são indispensáveis, sendo utilizados para estimar parâmetros genéticos e conduzir a seleção de famílias e/ou indivíduos, quantificando a magnitude e natureza da variância genética, a fim de maximizar os ganhos genéticos (ARANTES et al., 2010).

Entretanto, a simples adoção dos testes de progênies não garante o sucesso de um programa de melhoramento. Medidas como a utilização de preditores adequados (BAUER et al., 2006; FARIAS NETO et al., 2009; VERARDI et al., 2009; PUPIN et al., 2015), procedimentos para seleção precoce (MASSARO et al., 2010; PINTO et al., 2014; PAVAN et al., 2014) e tamanho e formatos ideais de parcelas (SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2011; DIAS, 2014), podem aumentar a eficiência da seleção. Dentre as ferramentas citadas, a utilização de tamanho de parcelas vem sendo pouco explorada em teste de progênies, estando seus estudos mais concentrados em testes clonais (SILVA et al., 2003; SCARPINATI et al., 2009; ARAÚJO et al., 2015).

Em experimentos florestais, fatores como altos custos envolvidos na experimentação, exigência e disponibilidade de grandes áreas experimentais, amplo número de tratamentos e a heterogeneidade do sítio de instalação, reforçam a importância de estudos que abordem o tamanho das parcelas (DIAS, 2014). Nesse tipo de experimento, costuma-se usar parcelas com números reduzidos de plantas, o que permite a adoção de blocos com menor heterogeneidade, além de possibilitar um maior número de repetições, com o mesmo material disponível, gerando estimativas de maior confiabilidade (RESENDE, 1995). No entanto, testes com poucas plantas por parcela geram um alto nível de competição intergenotípica

(PAVAN et al., 2012), que não deve ser ignorada. Dessa forma, a escolha do tamanho da parcela experimental não é uma decisão simples, devendo-se levar em conta inúmeras variáveis envolvidas, possibilitando uma seleção eficiente, com alto grau de acerto e menor custo operacional possível.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar dois testes de progênes de *E. camaldulensis* com diferentes tamanhos de parcelas experimentais, e a influência destes na forma do fuste e em três caracteres de crescimento (DAP, altura total da árvore e volume), assim como nas respectivas estimativas de parâmetros genéticos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliadas famílias de polinização aberta de *E. camaldulensis*, em dois testes de progênes com diferentes tamanhos de parcelas experimentais. Os experimentos foram instalados em outubro de 2008, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria – MS, nas coordenadas geográficas 20°20'25" de latitude Sul e 51°24'33" de longitude Oeste, a 371 m acima do nível do mar. Nos dois experimentos utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com 133 tratamentos (progênes) e espaçamento de 3,0 m x 1,8 m. O primeiro experimento foi composto por parcelas experimentais de 5 plantas e quatro repetições (EXP1), no segundo experimento utilizou-se uma planta por parcela e 20 repetições (EXP2). As árvores que constituem os testes de progênes são provenientes da polinização livre entre 250 árvores selecionadas no ano de 2007 em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis*, originária de 25 matrizes procedentes da Austrália (SILVA, 2010).

Aos seis anos de idade (2014) foram mensurados os caracteres de crescimento: diâmetro a altura do peito (DAP, cm) e altura total de árvores (ALT, m). A partir dessas variáveis, obteve-se o volume total com casca das árvores (VOL, m³) utilizando a seguinte fórmula: $V = \pi * \left(\frac{DAP^2}{40000}\right) * (ALT * 0,5)$. Concomitantemente, foi avaliada a forma de fuste das árvores, com base em uma escala de notas de 1 (muito bifurcada) a 7 (sem bifurcações) para bifurcação das árvores, e outra escala para tortuosidade das árvores com notas de 1 (tortuosidade acentuada) a 7 (sem tortuosidade). As notas dadas para bifurcação e tortuosidade das árvores foram somadas gerando notas de 2 a 14 para a variável forma de fuste.

As estimativas dos componentes de variância e predição dos parâmetros genéticos foram obtidos para cada variável. Foram empregadas análises individuais e conjunta para os dois testes de progênies, utilizando-se o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), disponível no software genético-estatístico SELEGEN, desenvolvido por Resende (2007). Para a análise individual do EXP 1 assumiu-se as progênies como sendo de meios-irmãos com várias observações por parcela, seguindo o modelo proposto por Resende (2007): $y = Xr + Za + Wp + e$ (modelo 93), em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de bloco (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). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Na análise individual do EXP 2 assumiu-se as progênies como sendo de meios-irmãos com uma observação por parcela, seguindo o modelo proposto por Resende (2007): $y = Xr + Za + e$ (modelo 95), que é semelhante ao primeiro modelo porém sem o vetor p . A análise conjunta dos experimentos foi realizada com base no modelo

estatístico (RESENDE, 2007): $y = Xr + Za + Wp + Ti + e$ (modelo 4), 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), i é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os parâmetros genéticos, componentes de variância e estatísticas descritivas estudados foram: σ_a^2 : variância genética aditiva; σ_{parc}^2 : variância ambiental entre parcelas; σ_e^2 : variância residual (ambiental + não aditiva); h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos; c_{int}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênes, assumindo sobrevivência completa; Ac_{prog} : acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa; r_{gloc} : correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos dois ambientes; h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela; $CV_{gp}\%$: coeficiente de variação genotípica entre progênes; MG : Média geral do experimento; Amplitude dos valores genotípicos de indivíduos; $GS/GS(\%)$: ganho com a seleção; Ne : tamanho efetivo; ρ : coeficiente de correlação de Spearman e FC : número de famílias coincidentes entre as 30 melhores. Para o ganho de seleção adotou-se a seleção individual dos melhores indivíduos pelo valor genético aditivo com uma intensidade de seleção de 33%, visando selecionar os melhores indivíduos e manter uma ampla base genética.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variância ambiental para as quatro variáveis estudadas foi menor no experimento de uma planta por parcela, indicando que em termos de eficiência experimental, o EXP2 foi melhor que o EXP1 (Tabela 1). Este resultado já era esperado, uma vez que ao aumentar o número de repetições, em função da diminuição do número de plantas por parcela, a distribuição dos indivíduos de cada família na área experimental se torna mais homogênea. Pavan et al. (2012), atribuiu o aumento do erro experimental ao aumento de competição intergenotípica, de forma que o aumento do número de competidores poderia aumentar a competição e por consequência o erro experimental.

Comparando as análises experimentais, verificou-se que a variância genética aditiva (σ_a^2) foi maior no EXP1 em relação ao EXP2 para a variável forma de fuste. Entretanto, o EXP2 apresentou maiores valores para as outras três variáveis (DAP, ALT e VOL) em relação ao EXP1 (Tabela 1). De acordo com Scarpinati et al. (2009), os maiores valores encontrados para os caracteres de crescimento se justificam pelo fato de que à medida que a competição entre as famílias é intensificada por meio da disposição das parcelas, aumentam-se as diferenças entre elas, e como consequência, aumenta-se também a variância genética.

Os coeficientes de variação genotípica entre progênies ($CV_{gp}\%$) variaram de 4,76% (forma de fuste – EXP2) a 21,33% (volume - EXP2), indicando presença de variância genética entre as progênies (Tabela 1). Coeficientes de variação genética acima de 7% são considerados altos por Sebbenn et al. (1998). A exemplo da σ_a^2 , o $CV_{gp}\%$ foi semelhante nos dois experimentos para a variável forma de fuste, apresentando uma diferença de 0,56% entre as estimativas dos dois experimentos, enquanto que para os outros caracteres, os valores encontrados no EXP2 foram

consideravelmente superiores. Em função disso pode-se afirmar que a diminuição do tamanho da parcela não interferiu na conformação do fuste das progênes, porém apresentou um efeito considerável sobre os caracteres de crescimento, intensificando as variâncias e amplitudes destes caracteres. O mesmo efeito sobre as variâncias e amplitudes foi encontrado por Scarpnati et al. (2009) e Araújo et al. (2015), ambos avaliando diferentes arranjos experimentais em clones de eucalipto.

Tabela 1- Componentes de variância e estimativas de parâmetros genéticos para forma do fuste, diâmetro a altura do peito (DAP), altura total da árvore (ALT) e volume total da árvore (VOL) para os testes de progênes de *E. camaldulensis* com cinco plantas por parcelas (EXP 1) e uma planta por parcela (EXP 2).

Componentes de	FORMA FUSTE		DAP		ALT		VOL	
	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2
Variância								
σ_a^2	0,843	0,742	1,785	4,131	3,392	5,982	0	0,002
σ_{parc}^2	0,526	-	0,051	-	0,612	-	0	-
σ_e^2	4,386	4,026	8,923	8,001	13,618	12,352	0,005	0,005
h_a^2	0,14±0,04	0,16±0,04	0,16±0,04	0,34±0,06	0,19±0,04	0,32±0,06	0,16±0,04	0,37±0,06
h_{mp}^2	0,35	0,45	0,45	0,65	0,46	0,64	0,45	0,67
h_{ad}^2	0,12	0,12	0,13	0,27	0,15	0,26	0,12	0,31
Ac_{prog}	0,59	0,67	0,67	0,8	0,67	0,8	0,67	0,81
$CV_{gp}\%$	5,32	4,76	5,51	8,26	5,38	6,72	13,44	21,33
c_{int}^2	0,0019		0,0101		0,0041		0,0148	
r_{gloc}	0,95		0,84		0,93		0,79	
MG	8,62	9,07	12,12	12,3	17,1	18,19	0,11	0,12
Amplitude	2,56	2,57	4,5	12,18	5,97	9,52	0,09	0,39
GS	0,43	0,45	0,7	1,4	0,99	1,6	0,01	0,03
$GS(\%)$	4,98	4,96	5,77	11,38	5,78	8,79	9,09	25
Ne	246,46	238,36	229,62	247,58	227,44	235,73	226,97	250,6
ρ	0,43		0,47		0,52		0,5	
FC	13		17		15		16	

σ_a^2 : variância genética aditiva. σ_{parc}^2 : variância ambiental entre parcelas, σ_e^2 : variância residual (ambiental + não aditiva), h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito, h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênes, h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela, Ac_{prog} : acurácia da seleção de progênes, $CV_{gp}\%$: coeficiente de variação genotípica entre progênes, c_{int}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes, r_{gloc} : correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes, MG : Média geral do experimento, Amplitude: amplitude do valores genotípicos entre os indivíduos, GS : ganho com a seleção, Ne : tamanho

efetivo, ρ : coeficiente de correlação de Spearman e FC : número de famílias coincidentes entre as 30 melhores.

A herdabilidade em nível de médias de progênies (h_{mp}^2), para os quatro caracteres estudados, tanto no EXP1 como no EXP2, foi maior do que a herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2) (Tabela 1). De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), isso tende a acontecer quando se minimizam os efeitos ambientais pelo número de repetições e de plantas por parcela. Portanto, a seleção pode ser mais eficiente com base nas médias de progênies do que em plantas individuais. Ao comparar os dois experimentos, nota-se que a h_{mp}^2 para os quatro caracteres estudados, foi maior no EXP2 do que no EXP1, sugerindo que um número maior de repetições foi mais eficiente para o controle genético em nível de médias de progênies do que um número maior de plantas por parcela. O coeficiente de herdabilidade é calculado considerando as variâncias genóticas e ambientais, e desta forma o EXP2 apresentou uma combinação de fatores que propiciou uma melhora na estimativa desse parâmetro, seja pela redução das variâncias residuais, ou pelo aumento das variâncias genóticas. Os resultados encontrados para h_{mp}^2 neste trabalho, especialmente no EXP2, foram mais altos do que os encontrados por Costa et al. (2012) ao fazer avaliação genética de *Eucalyptus camaldulensis* no estado de Mato Grosso.

A acurácia da seleção de progênies (Ac_{prog}) ou relação entre os valores genéticos preditos e os verdadeiros, foi adequada para todas as variáveis nos dois experimentos. Acurácia superior a 50%, conforme Resende (2007), pode ser considerada como ideal indicando uma boa precisão na seleção dos genótipos. Ao comparar os dois experimentos, para todas as variáveis, o EXP2 apresentou valores

mais elevados de $A_{C_{prog}}$ em relação ao EXP1 (Tabela 1), indicando que o experimento com uma planta por parcela apresentou melhor precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada.

A média geral não variou muito entre os dois experimentos. No entanto, a amplitude dos valores genotípicos foi expressivamente maior no EXP2 do que no EXP1 para os caracteres de crescimento (Tabela 1), mais uma vez corroborando que o tamanho da parcela não influencia a forma do fuste, mas tem efeito sobre os caracteres de crescimento, gerando maiores amplitudes e variâncias genéticas aliadas a menores variâncias experimentais, refletindo em ganhos genéticos mais promissores e com acurácias superiores em parcelas de uma planta.

O efeito promissor da adoção de experimentos com parcelas menores e maior número de repetições, fica evidente ao avaliar o ganho de seleção (GS e $GS\%$). Nota-se que o EXP2 destacou-se para as características de crescimento, apresentando superioridade de 5,61 (DAP), 3,01 (altura) e 15,91 (volume) pontos percentuais para $GS\%$, chegando a ser aproximadamente o dobro para os caracteres DAP e volume, em relação ao EXP1 (Tabela 1). Estes resultados indicam que o experimento com uma planta por parcela favoreceu os indivíduos superiores de uma forma geral, refletido nos parâmetros de ganho de seleção e amplitude.

O tamanho efetivo populacional estimado no EXP1 variou de 226,97 (volume) a 246,46 indivíduos (forma de fuste), e no EXP2 de 235,73 (altura) a 250,60 indivíduos (volume) (Tabela 1). Um número efetivo (N_e) igual a 60 é considerado adequado para obtenção de ganhos nos próximos ciclos seletivos (RESENDE, 1990), maior que 30 é considerado satisfatório (PEREIRA; VENCOVSKY, 1988) e entre 50 e 60 é o recomendado pela EMBRAPA FLORESTAS (1991). O resultado

aqui obtido é altamente satisfatório para manutenção dos ganhos ao longo dos ciclos de seleção.

Na análise conjunta dos dois experimentos, o coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes (c_{int}^2), para todas as variáveis analisadas, ficou abaixo de 1,5%, ocasionando estimativas elevadas de correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos dois experimentos (r_{gloc}) (Tabela 1). Isto indica que a interação ocorrida foi, na maioria dos casos, do tipo simples, ou seja, não houve mudança considerável no valor genotípico das progênes nos diferentes arranjos, indicando que a alteração no tamanho da parcela interferiu apenas no desenvolvimento e nas estimativas de parâmetros genéticos dos indivíduos, não influenciando na seleção de famílias.

A forte correlação genotípica não refletiu na correlação de ordenamento das famílias, representado pelo coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre a classificação das famílias nos dois experimentos. Este coeficiente sempre propiciou correlações positivas, mas em magnitudes inferiores as correlações genotípicas entre as famílias, sendo que para forma de fuste a correlação de Spearman foi inferior a metade da correlação genotípica. Esta proporção manteve-se praticamente a mesma para as demais características avaliadas. O número de famílias coincidentes entre as 30 melhores (FC) também indica algumas trocas de posições, sendo que 13 famílias foram coincidentes entre as melhores para forma de fuste, 17 para DAP, 15 para altura e 16 para volume total das árvores (Tabela 1), refletindo que o tamanho de parcelas interfere no ordenamento das famílias selecionadas. No entanto o número total de famílias selecionadas em todos os caracteres foram semelhantes e a coincidência entre essas famílias selecionadas também foi alta.

6 CONCLUSÕES

O tamanho de parcelas não interfere na forma de fuste, mas influencia os caracteres de crescimento;

Experimentos com uma planta por parcela e maior número de repetições permitem maiores estimativas de variância genotípica e/ou menores variâncias ambientais, proporcionando melhores coeficientes de herdabilidade e acurácia seletiva;

O experimento com uma planta por parcela é mais eficiente na seleção de progênes de *E. camaldulensis*, proporcionando ganhos superiores para caracteres de crescimento e similares para forma de fuste, sendo recomendado para testes de progênes do gênero *Eucalyptus*.

CAPÍTULO III: Seleção simultânea de caracteres de progênies de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH

RESUMO

Na seleção de genótipos superiores é necessário que o indivíduo selecionado reúna, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis e confira ganhos totais mais elevados satisfazendo, tanto as exigências do consumidor quanto a dos produtores. Este trabalho teve como objetivo comparar os ganhos obtidos com três índices seleção e seleção direta e indireta aplicados aos valores genotípicos individuais em testes de progênies de *E. camaldulensis*, para as variáveis forma de fuste, DAP e altura total das árvores. Os dois experimentos foram implantados em delineamento de blocos casualizados, com 133 progênies e espaçamento de 3,0 m x 1,8 m. O EXP 1 foi composto por parcelas experimentais de 5 plantas e quatro repetições e no EXP 2 utilizou-se uma planta por parcela e 20 repetições. As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas utilizando o método REML/BLUP. A seleção dos indivíduos foi realizada com base nos valores genéticos aditivos individuais, por meio de seleção direta e indireta dos caracteres e paralelamente por meio dos índices de seleção da soma de postos, dos ganhos genéticos esperados e do somatório Z. Os valores do coeficiente de variação genética aditiva individual mantiveram-se elevados para todos os caracteres nos dois experimentos evidenciando possibilidade de encontrar indivíduos superiores dentro de cada família que proporcionarão ganhos com seleção. Os ganhos genéticos proporcionados pelos índices foram mais equilibrados do que os obtidos com a seleção direta e indireta. No EXP 1 o índice da soma de

postos foi o que propiciou maior ganho total (12,74%), enquanto que no EXP 2, o índice Z foi o que proporcionou maiores ganhos com a seleção simultânea (20,82%). Os índices de seleção Z e soma de postos foram os mais concordantes entre os métodos de seleção testados na seleção individual pelo valor genético aditivo. Em função da maior herdabilidade estimada no EXP 2, este proporcionou maiores ganhos com a seleção.

Palavras-chave: Índice de seleção. Seleção direta. Teste de progênies.

ABSTRACT

In the selection of superior genotypes it is necessary that the individual selected meet simultaneously a number of favorable attributes and gather higher total earnings, satisfying both consumer demands and the producers. This study aimed to compare the gains from three selection indexes, direct and indirect selection applied to individual genotypic values in *E. camaldulensis* progeny tests for the variables shape form, DAP and total height of the trees. The two experiments were established in a randomized complete block design with 133 progenies and spacing of 3.0 m x 1.8 m. The EXP 1 consisted of plots of 5 plants and four replications and EXP 2 used a plant per plot and 20 repetitions. Estimates of variance components and genetic parameters were obtained using the REML / BLUP method. The selection of subjects was based on genetic additive individual values, through direct and indirect selection of characters and parallel through the selection index of rankings, the expected genetic gains and the sum Z. The values of the additive genetic variability coefficient remained high for all the characters in the two experiments showing the possibility of finding superior individuals within each family that will provide gains in the selection. Genetic gains provided by the indexes were more balanced than those obtained with direct and indirect selection. In EXP 1 the index of the sum of points was what produced the largest overall gain (12.74%), while the EXP 2, Z index was which provided greater gains with the simultaneous selection (20.82%). Z selection indexes and the sum of points were the most consistent among the selection of methods tested in the individual selection by additive genetic value. Due to the higher heritability estimates on EXP 2, this resulted in higher gains with the selection.

Keywords: Selection index. Direct selection. Progeny test.

7 INTRODUÇÃO

Nos trabalhos de melhoramento do *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., assim como nas demais espécies florestais, a obtenção de fenótipos superiores para seleção e recombinação de famílias e indivíduos é uma ferramenta de considerável importância. Assim, a seleção baseada em uma ou poucas características pode se mostrar inadequada por não levar a um produto final superior com relação a vários caracteres.

Na maioria dos programas de melhoramento genético de eucalipto o caráter foco é o volume das árvores, e apesar da alta correlação entre os caracteres diâmetro a altura do peito (DAP) e altura das árvores (FARIA et al., 2013; MACEDO et al., 2013), a mensuração indireta do volume a partir do DAP e altura podem acarretar desvios na seleção dos indivíduos já que os erros associados ao volume são consideravelmente superiores como mostra Rocha et al. (2007). Além dos caracteres de crescimento, outro importante que pode influenciar significativamente no valor do produto final das indústrias de eucalipto é a forma do fuste (SOUZA, 2013). Sendo assim, a seleção baseada em um único caráter não atende as necessidades do melhorista.

Nesse sentido, a teoria de índices de seleção seria uma alternativa permitindo combinar as múltiplas informações contidas nas unidades experimentais, de modo a selecionar com base em um grupo de características (MARTINS et al., 2006).

Os índices de seleção são técnicas multivariadas com as quais cria-se um caráter adicional, teórico, resultante da combinação dos caracteres sobre os quais o melhorista deseja realizar a seleção simultânea (CRUZ; REGAZZI, 1994). O primeiro índice de seleção foi proposto por Smith (1936) que posteriormente foi adaptado por Hazel (1943), desde então, surgiram inúmeras alternativas de índices de seleção.

Dentre elas o índice baseado nos ganhos desejados de Pesek e Baker (1969) que tem sido usado em trabalhos com espécies florestais (PAULA et al., 2002; MARTINS et al., 2003), e o índice desenvolvido por Mulamba e Mock (1978), conhecido como índice de soma de postos, no qual não há necessidade de se estabelecer pesos econômicos e de se ter estimativas de variâncias e covariâncias genóticas e fenóticas. O índice da soma de postos tem sido usado satisfatoriamente na seleção de diversas culturas como cana-de-açúcar (PEDROSO et al., 2009), milho-pipoca (SANTOS et al., 2007), pinus (MISSIO et al., 2004) e eucalipto (MARTINS et al., 2006).

Uma alternativa mais recente de índice de seleção é o índice Z proposto por Nunes et al.(2005), também conhecido como “bola cheia ou bola murcha”. Este índice utiliza a padronização das variáveis associada à uma possível visualização gráfica, possibilitando notar em que caracteres a progênie e/ou indivíduo tem fenótipos favoráveis e quais ela é deficiente e permitindo uma rápida e fácil identificação dos indivíduos de melhor performance (MENDES et al., 2009). Reis et al. (2015) utilizaram este índice pela primeira vez no setor florestal, para duas espécies do gênero *Eucalyptus*, onde comparando-o com os índices clássico e soma de postos concluíram que o índice Z foi tão eficiente quanto os demais índices estudados.

No entanto, todos os índices foram testados para seleção de famílias, porém no melhoramento florestal a prática de seleção individual pelo valor genotípico do indivíduo é comum. Costa et al. (2015) testando métodos de seleção obtiveram ganhos superiores quando adotaram a seleção individual em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*, Freitas et al. (2009) encontraram melhores ganhos quando adotaram a seleção individual combinada para progênies de polinização aberta de

híbridos de eucalipto. Entretanto, a utilização de índices de seleção aplicados aos valores genotípicos dos indivíduos ainda é pouco utilizada e sua eficiência não comprovada.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi comparar os ganhos obtidos com três índices seleção e seleção direta e indireta aplicados aos valores genotípicos individuais para caracteres de crescimento (DAP e altura das árvores) e forma de fuste em dois testes de progênes de *Eucalyptus camaldulensis*.

8 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram usados dados de dois testes de progênes das mesmas famílias de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* instalados em outubro de 2008 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) localizada no município de Selvíria – MS, a 20°20'25" de latitude Sul e 51°24'33" de longitude Oeste, a 371 m acima do nível do mar. O delineamento experimental utilizado, em ambos os testes, foi o de blocos casualizados, com 133 tratamentos (famílias) e espaçamento de 3,0 m x 1,8 m. O Experimento 1 (EXP1) foi composto por parcelas experimentais de 5 plantas e quatro repetições, e o Experimento 2 (EXP2) composto por uma planta por parcela e 20 repetições.

As árvores que constituem os testes de progênes são provenientes da polinização livre entre 250 árvores selecionadas no ano de 2007 em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis*, originária de 25 matrizes procedentes da Austrália (SILVA, 2010).

Foram mensurados, aos seis anos de idade os caracteres de crescimento: circunferência a altura do peito (CAP, cm) e altura total das árvores (ALT, m). A partir da variável CAP obteve-se o diâmetro a altura do peito (DAP, cm) utilizando a

seguinte fórmula: $DAP = \frac{CAP}{\pi}$. Paralelamente, avaliou-se a forma de fuste das árvores, com base em uma escala de notas de 1 (muito bifurcada) a 7 (sem bifurcações) para bifurcação das árvores, e outra escala para tortuosidade das árvores com notas de 1 (tortuosidade acentuada) a 7 (sem tortuosidade). As notas dadas para bifurcação e tortuosidade das árvores foram somadas gerando notas de 2 a 14 para a variável forma de fuste.

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram preditos para cada variável por meio de análises individuais para os dois testes de progênes, utilizando o do software genético-estatístico SELEGEN, desenvolvido por Resende (2007) por meio do procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada).

Para a análise do EXP 1 assumiu-se as progênes como sendo de meios-irmãos com várias observações por parcela, seguindo o modelo proposto por Resende (2007): $y = Xr + Za + Wp + e$, 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). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Na análise do EXP 2 assumiu-se as progênes como sendo de meios-irmãos com uma observação por parcela, seguindo o modelo proposto por Resende (2007): $y = Xr + Za + e$, que é semelhante ao primeiro modelo porém sem o vetor p .

Os parâmetros genéticos e componentes de variância estudados foram: herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2), coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$), coeficiente de variação residual ($CV_e\%$) e Média do experimento (MG).

Para a seleção individual das árvores foram adotados quatro critérios de seleção realizados com base nos valores genéticos aditivos: seleção direta sobre cada uma das características avaliadas, na qual avaliou-se também a consequente mudança nos demais caracteres não selecionados diretamente; seleção com base em Soma de Postos ou “ranks”, proposta por Mulamba e Mock (1978) pelo qual classificou-se as árvores em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento e posteriormente somou-se as ordens de cada genótipo referente a cada caráter, resultando uma medida adicional tomada como índice de seleção (CRUZ; REGAZZI, 1994), descrito da seguinte maneira: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo que I é o valor do índice para determinado indivíduo; r_j é a classificação (ou “rank”) de um indivíduo em relação ao j -ésimo caráter; n é o número de caracteres considerado no índice; seleção mediante o índice dos ganhos desejados (PESEK; BAKER, 1969) no qual se considera o desvio-padrão genético entre os indivíduos, relativo a cada característica, como vetor de ganhos desejados, este índice foi realizado com auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 1997), considerando a seguinte expressão: $b = G^{-1}\Delta g_d$, sendo Δg_d é o vetor de ganhos desejados estabelecido pelo melhorista, G é a matriz de variâncias e co-variâncias genéticas entre os caracteres e b é o vetor $n \times 1$ de coeficientes do índice; e seleção pelo índice somatório Z que foi estimada pelo seguinte estimador: $Z_i = \frac{a_i}{s}$, em que, Z é o valor da variável padronizada correspondente ao indivíduo i , a é o valor genético aditivo do caráter considerado do indivíduo i , e s é o desvio padrão da média. A intensidade de seleção praticada entre as árvores foi de 33%, que corresponde a 860 árvores selecionadas, com a intenção de selecionar os melhores indivíduos mantendo uma boa base genética.

Os ganhos obtidos com a seleção direta e indireta e com os índices de seleção foram calculados tanto em valores absolutos quanto em porcentagem a partir da média do valor genético aditivo individual das árvores selecionadas em cada situação.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação residual ($CV_e\%$) encontrados apresentaram valores que variaram de 11,44 (ALT) a 14,34 (forma de fuste) no EXP 1 e de 22,56 (ALT) a 27,08 (DAP) no EXP 2 (Tabela 2). Estes valores estão próximos dos encontrados por Costa et al. (2015) e abaixo dos encontrados por Moraes et al. (2007), ambos ao avaliarem progênies de *E. camaldulensis*.

O coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$), que expressa em porcentagem da média geral, a quantidade de variação genética herdável existente entre indivíduos, variou no EXP 1 de 10,65% (forma de fuste) a 11,03% (DAP), e no EXP 2 de 9,53% (forma de fuste) a 16,52% (DAP) (Tabela 2). Segundo Sebbenn et al. (1998) coeficientes de variação acima de 7% são considerados altos, portanto, nesse caso, há a possibilidade de encontrar indivíduos superiores dentro de cada família que proporcionarão ganhos com seleção. Estes valores encontrados são condizentes com os valores obtidos por Costa et al. (2015) ao avaliarem as mesmas progênies de *Eucaliptus camaldulensis* avaliadas neste trabalho, em um teste de progênies implantado no município de Santo Antônio do Leverger – MS. Zaruma (2014) também encontrou valores próximos para este coeficiente ao estudar *Dipteryx alata* Vogel.

O coeficiente de variação relativa variou no EXP 1 de 0,742 (forma de fuste) a 0,941 (ALT) e no EXP 2 variou de 0,411 (forma de fuste) a 0,610 (DAP) (Tabela 2).

Segundo Vencovsky (1987), quanto mais próximo de 1 forem as relações CV_{gi}/CV_e , melhores as chances de ganhos com a aplicação de seleção, sugerindo que a característica pode ser trabalhada facilmente no melhoramento.

Tabela 2- Estimativas de herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2), coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$), coeficiente de variação residual ($CV_e\%$), coeficiente de variação relativa ($CV_r\%$) e Média do experimento (MG) para forma do fuste, diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total da árvore (ALT) para os testes de progênies de *E. camaldulensis* com cinco plantas por parcelas (EXP 1) e uma planta por parcela (EXP 2).

Componentes de	FORMA FUSTE		DAP		ALT	
	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2
Variância						
h_a^2	0,14±0,04	0,16±0,04	0,16±0,04	0,34±0,06	0,19±0,04	0,32±0,06
$CV_{gi}\%$	10,65	9,53	11,03	16,52	10,77	13,45
$CV_e\%$	14,35	23,15	11,97	27,08	11,45	22,56
$CV_r\%$	0,742	0,411	0,921	0,61	0,941	0,596
MG	8,62	9,00	12,12	12,3	17,1	18,19

A herdabilidade estimada no sentido restrito (h_a^2) é a mais útil entre as herdabilidades, pois quantifica a importância relativa da proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração (BORÉM; MIRANDA 2009). Para Resende (1995), herdabilidades de 0,15 a 0,50 são consideradas medianas, e todos os valores encontrados para esse parâmetro neste trabalho se mantiveram dentro dessa faixa, variando de 0,14±0,04 (forma de fuste – EXP 1) a 0,34±0,06 (DAP – EXP 2). Os valores encontrados neste trabalho para h_a^2 foram superiores aos encontrados por Costa et al. (2015) na avaliação das mesmas progênies em um teste implantado em outra localidade, e superiores também aos encontrados por Macedo et al. (2013) ao avaliar progênies de *Eucalyptus tereticornis*.

Na seleção direta dos caracteres (Tabela 3), os maiores ganhos obtidos no EXP 1 ocorreram para o caráter ALT (11,78%) e no EXP 2 para o caráter DAP (11,67%). Já a seleção direta do caráter forma de fuste foi a que proporcionou os

menores ganhos individuais tanto no EXP 1 (5,17%) como no EXP 2 (5,10%), o que já era esperado já que o caráter apresentou os menores coeficientes de variação genotípica (Tabela 2).

Considerando a seleção direta e indireta dos caracteres, no EXP 1 os maiores valores de ganhos totais foram encontrados através da seleção sobre ALT (17,31%) seguido pelo DAP (10,59%) e pela forma de fuste (6,94%). Já no EXP 2 a seleção direta do caráter DAP foi a que propiciou maiores ganhos totais (19,52%), seguido por ALT (19,43%) e forma de fuste (5,97%).

De maneira geral, o EXP 2 proporcionou maiores ganhos totais para os caracteres de crescimento com a seleção direta quando comparado aos ganhos obtidos com esses caracteres no EXP 1. Já para o caráter forma de fuste, os ganhos totais foram maiores no EXP 1.

Nas seleções direta e indireta (Tabela 3), entre os três caracteres avaliados, ALT e DAP foram os que proporcionaram resultados conjuntos mais satisfatórios em ganhos nos dois experimentos, uma vez que o objetivo era, ao realizar a seleção direta em uma das características, obter o maior ganho indireto possível nas demais. Os ganhos indiretos estimados para ALT ao selecionar diretamente o caráter DAP e vice-versa, foram elevados principalmente devido à alta correlação genética existente entre os caracteres (COSTA et al., 2012). Resultados semelhantes para esses dois caracteres foram encontrados por Martins et al. (2006) ao testarem a eficiência da seleção direta e indireta em *Eucalyptus grandis*.

Os ganhos obtidos para o caráter forma de fuste pela seleção direta do mesmo, mantiveram-se acima de 5% nos dois experimentos (Tabela 3), entretanto, ao contrário do que aconteceu entre as características ALT e DAP, a correlação das respostas das características de crescimento com as respostas encontradas para

forma de fuste não foram satisfatórias. A seleção direta na forma de fuste chegou a provocar valores negativos para ganhos com DAP no EXP 2.

Tabela 3- Estimativas dos progressos genéticos com a seleção direta e indireta, entre progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 6 anos de idade, em Selvíria, MS.

EXPERIMENTO	CÁRATER SELECIONADO	RESPOSTA ESPERADA			
		ALT	DAP	FF	TOTAIS (%)
EXP 1	ALT	1,016 (11,78%)	0,533 (4,39%)	0,099 (1,14%)	17,31%
	DAP	0,732 (4,28%)	0,721 (5,94%)	0,032 (0,37%)	10,59%
	FF	0,207 (1,21%)	0,068 (0,56%)	0,446 (5,17%)	6,94%
EXP 2	ALT	1,637 (8,99%)	1,185 (9,63%)	0,074 (0,81%)	19,43%
	DAP	1,376 (7,56%)	1,436 (11,67%)	0,027 (0,29%)	19,52%
	FF	0,161 (0,88%)	-0,0007 (-0,005%)	0,463 (5,10%)	5,97%

ALT – altura total das árvores; DAP – diâmetro a altura do peito; FF – forma de fuste.

De maneira geral, os ganhos totais obtidos com a seleção direta dos caracteres tiveram valores próximos aos obtidos com os índices de seleção (Tabela 4). No EXP 1, por exemplo, o maior ganho total obtido entre todas as estratégias de seleção foi com a seleção direta do caráter ALT (17,31%), entretanto, a distribuição dos ganhos entre os caracteres foi mais equilibrada com os índices de seleção do que com a seleção direta e indireta dos caracteres, e uma vez que tanto os caracteres de crescimento como a forma de fuste das árvores refletem no valor final do produto, um método de seleção que permita obter ganho em múltiplas características é mais viável para o melhorista. Resultados semelhantes foram encontrados por Missio et al. (2004) ao estudarem progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*.

No EXP 1 o índice da soma de postos foi o que propiciou maior ganho total (12,74%), seguido pelo índice Z (11,76%) e pelo índice dos ganhos desejados (10,77%) (Tabela 4). Considerando que a distribuição dos ganhos entre os caracteres estudados no EXP 1 foi semelhante para os três índices, pode-se afirmar que o índice proposto por Mulamba e Mock (1978) foi o mais eficiente para a

seleção simultânea de caracteres no EXP 1. Já no EXP 2, o índice Z foi o que proporcionou maiores ganhos com a seleção simultânea (20,82%) seguido pelo índice da soma de postos (20,33%) e pelo índice dos ganhos desejados (7,40%). Sendo assim o índice Z foi o mais eficiente no EXP 2. O índice dos ganhos desejados foi, portanto, o que permitiu menores ganhos totais nos dois experimentos.

Comparando os ganhos totais obtidos com os três índices de seleção entre os dois experimentos, nota-se que para os índices da soma de postos e do somatório Z os ganhos obtidos no EXP 2 foram consideravelmente maiores do que os ganhos obtidos no EXP 1. Já para o índice dos ganhos desejados, o maiores ganhos totais foram obtidos no EXP 1.

Tabela 4- Estimativas dos progressos genéticos com três índices de seleção entre progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 6 anos de idade, em Selvíria, MS.

EXPERIMENTO	ÍNDICE	CARACTERES			TOTALS (%)
		ALT	DAP	FF	
EXP 1	MM	0,885 (5,17%)	0,58 (4,78%)	0,241 (2,79%)	12,74%
	PB	0,51 (2,98%)	0,587 (4,84%)	0,255 (2,95%)	10,77%
	Z	0,817 (4,77%)	0,518 (4,27%)	0,23 (2,66%)	11,76%
EXP 2	MM	1,491 (8,19%)	1,21 (9,83%)	0,21 (2,31%)	20,33%
	PB	0,233 (1,28%)	0,136 (1,10%)	0,456 (5,02%)	7,40%
	Z	1,548 (8,51%)	1,328 (10,79%)	0,138 (1,52%)	20,82%

ALT – altura total das árvores; DAP – diâmetro a altura do peito; FF – forma de fuste; o índice das somas de postos (MM), índice dos ganhos desejados (PB) e índice somatório Z (Z).

Com base nos ganhos obtidos com os três índices de seleção nos dois experimentos, pode-se afirmar que os índices da soma de postos e o índice somatório Z foram os mais concordantes na seleção dos indivíduos. Reis et al. (2015) também observaram boa concordância entre esses dois índices ao estudar estratégias de seleção simultânea em híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla*. No entanto, pela facilidade de obtenção e ganhos moderadamente mais equilibrados, o

índice de soma postos pode ser considerado adequado para trabalhos de melhoramento florestal para caracteres estudados.

Os ganhos estimados nos dois experimentos demonstram maior eficiência da seleção quando aplicadas em experimentos de uma planta por parcela, justificado pelas maiores herdabilidades. Scarpinati et al. (2009) relatou maior eficiência de experimentos com muitas repetições e uma planta parcela em testes clonais de eucalipto.

10 CONCLUSÕES

Os índices de seleção proporcionaram ganhos genéticos mais equilibrados entre os caracteres estudados do que a seleção direta e indireta;

Os índices de seleção Z e soma de postos foram semelhantes e mais eficientes na seleção individual pelo valor genético aditivo do que os demais métodos testados, sendo que o índice de soma de postos pode ser considerado o mais adequado visto sua facilidade de obtenção e pelos ganhos estimados nos dois testes; e

Experimento com uma planta por parcela proporcionou maiores ganhos com a seleção devido à maior herdabilidade estimada.

REFERÊNCIAS

ARANTES, F. C.; GONÇALVES, P. S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MORAES, M. L. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Ganho genético com base no tamanho efetivo populacional de progênie de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 12, p. 1419-1424. 2010.

ARAÚJO, M. J. de; DIAS, D. C.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. de. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 923-931. 2015.

BARROS, N. F.; NOVAES, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. p 268-269.

BAUER, A. M.; REETZ, T. C.; LÉON, J. Estimation of breeding values of inbred lines using best linear unbiased prediction (BLUP) and genetic similarities. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 2685-2691, 2006.

BAZANI, J. H.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; MELO, E. S. A. C.; PRIETO, M. Nutrição fosfatada em plantações de eucalipto. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 1411-11. 2014.

BOOTH, T. H. Eucalypt plantations and climate change. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 301, p. 28-34. 2013.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2009. 529 p.

BRUM, B.; LOPES, S.J.; STORCK, L.; SANTOS, V. J. DOS; BENZ, V.; LOVATO, C. Tamanho ótimo de parcela para ensaios com sorgo granífero em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 315-320, mar-abr, 2008.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M. BURIN, C.; CASAROTTO, G.; FICK, A. L. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p.1890-1898 nov, 2011.

COSTA, R. B. da; AZEVEDO, L. P. A.; MARTINEZ, D. T.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; FERNANDES, D. A.; OLIVEIRA, O. E. de; RESENDE, M. D. V. de. Avaliação genética de *Eucalyptus camaldulensis* no Estado de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 165-173,. 2012.

COSTA, R. B. da; MARTINEZ, D. T.; SILVA, J. C. da; ALMEIDA, B. C. de. Variabilidade e ganhos genéticos com diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Ciências Agrárias.**, Belém, v. 58, n. 1, p. 69-74, jan./mar. 2015.

CROSSBIE, T. M.; MOCK, J. J.; SMITH, D. S. Comparison of gains predicted by several selections methods for cold tolerance traits for two maize populations. **Crop Sciences**, Madison, v. 20, p. 649-655, 1980.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa universitária, 1994. 390 p.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa- UFV, 1997. 422 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: biometria. Viçosa; Editora UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.

DIAS, T. C. **Forma e tamanho ótimos de parcelas experimentais de eucalipto clonal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

DONATO, S. L. R. **Estimativas do tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação de escritores fenotípicos em bananeira (*Musa spp.*)**. 2007. 188 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1993. 288 p.

ELSTON, R. C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, Tucson, v. 19, p. 85-97, 1963.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA- EMBRAPA. **Relatório de cooperação técnica**: (EMBRAPA/CENIBRA) em melhoramento genético de *Eucalyptus grandis*. Colombo: CNPF, 1991. 20 p.

FALKENHAGEN, E. R. Understanding multiple trait index selection and its problems. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 137, p. 26-32, 1986.

FARIA, J. R.; SILVA, J. F.; NERIS, K. P.; LOPES, F. L. R.; SILVA, M. C.; LISBOA, E. S.; RODRIGUES, J.; CENTENO, A. J.; LOPES, F. M. Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 17, n. 2. p. 9-, 2013.

FARIAS NETO, J. T. de; LINS, P. M. P.; RESENDE, M. D. V. de; MULLER, A. A. Seleção genética em progênies híbridas de coqueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n.1 p.190-196, 2009.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal de *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON 90 SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1, p. 14-34.

FREITAS, R. G. VASCONCELOS, E. S. de; CRUZ, C. D.; ROSADO, A. M.; ROCHA, R. B.; TAKAM, L. K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 33, n. 2, p. 255-263, mar.-abr. 2009.

GARCIA, C. H.; NOGUEIRA, M. C. S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 107-112, ago. 2005.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: 2ª aproximação**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).

GOMES, F. P. O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 178, p. 1-5, maio 1991.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, p. 476-490, 1943.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ. **Anuário estatístico da indústria brasileira de árvores**: ano base 2014. Brasília, DF: IBA, 2015. 97 p. Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

LIMA, P. C. F. Espécies potenciais para reflorestamento em regiões semiáridas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 10, n. 37, p. 28-32, 1984.

LOPES, P. S.; MARTINS, E. N.; SILVA, M. A.; REGAZZI, A. J. Estimação de componentes de variância. **Cadernos Didáticos**, Viçosa, n. 39, 1998.

MACEDO, H. R.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T. de; ZANATA, M.; SEBEN, A. M. Variação, herdabilidade e ganhos genéticos em progênies de *Eucalyptus tereticornis* aos 25 anos de idade em Batatais-SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 533-540, dez. 2013.

MARTINEZ, H. **Camaldulensis (*Eucalyptus camaldulensis*)**: especie de arbol de uso multiple en America Central. Turrialba: CATIE, 1990. 68 p. (Informe Tecnico, 158).

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E.; MARTINS, R. C. C. Avaliação de critérios multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n.1, p. 38 - 47, jan.- jul. 2003.

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C.; PINHO, D. S. Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 287-291, jul.- set. 2006.

MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. de. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, out.-dez., 2010.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes do feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1312-1318, 2009.

MISSIO, R. F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T. de; PAULA, R. C. de. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia forestalis**, Piracicaba n. 66, p. 161-168, dez. 2004.

MORAES, M. L. T.; HIGA, A. R.; CAVENAGE, A.; KANO, N. K. Avaliação da densidade básica da madeira e de sua relação com os caracteres de crescimento, em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: CONFERENCE

ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS = CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS- IUFRO, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 3. p. 43-47.

MORAES, M. A.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; SEBBEBB, A. M.; FREITAS, M.L. M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em. **Revista Instituto Florestal**, , Luiz Antônio, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. de; SIMPLÍCIO, E.; SOARES, A. R. Estudo do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill, usando parcelas lineares. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1002-1010, jul.- ago. 2009.

NIETO, V. M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus camaldulensis* dehn. In: VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**. Santafé de Bogotá: Corporacion Nacional de Investigacion of Forestal, 2003. p. 466-467.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Cooperative, Fort Collins**, East Lansing, v.48, p.182-183, 2005.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M. de; LIMA, R. R. de; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 327-338, jul.- set. 2011.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of interblock information when block sizes are unequal. **Biometrika**, London, v. 58, p. 545-554, 1971.

PAULA, R. C.; PIRES, I. E.; BORGES, R. D. C. G.; CRUZ, C. D. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PAVAN, B. E.; PAULA, R. C. de, PERECIN, D.; CANDIDO, L. S.; SCARPINATI, E. A. Efeito competitivo em testes de progênies de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 433-443. 2012.

PAVAN, B. E.; PAULA, R. C. de, PERECIN, D.; CANDIDO, L. S.; SCARPINATI, E. A.; CANDIDO, L. S. Early selection in open-pollinated *Eucalyptus* families based on competition covariates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 6, p. 483-492, jun. 2014.

PEDROZO, C. A.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V. de; SILVA, F.L. da. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 31-36, jan.- feb. 2009.

PEREIRA, M. B.; VENCOSKY, R. Limites da seleção recorrente: 1- fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 7, p. 769-780, 1988.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.

PINTO, D. S.; RESENDE, R. T.; MESQUITA, A. G. G.; ROSADO, A. M.; CRUZ, C. D. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 251-257, jun. 2014.

PRYOR, L. **Biology of eucalyptus**. London: Edward Arnold, 1976. 82 p.

PUPIN, S.; ARIELEN SANTOS, V. A. dos; ZARUMA, D. U. G.; MIRANDA, A. C.; SILVA, P. H. M. da; MARINO, C. L.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. de. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 127-134, mar. 2015.

QUISEN, R. C. **Transformação genética de eucalyptus camaldulensis via co-cultivo com Agrobacterium tumefaciens**. 2007. 125 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **A Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2000. 326 p.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 457-467, abr.-jun. 2015.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estratégias de melhoramento para eucaliptos visando a seleção de híbridos. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 49-60, 1990.

RESENDE, M. D. V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 470-500, 1995.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Seleger-reml/blup**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* E DE *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/ BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

RODRIGUEZ, L. C. E. (Coord.). Melhoramento e conservação genética. In: **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro**: diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2002. 187 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/mct>>. Acesso em: 6 dez 2015.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, dez. 2009.

SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RANGEL, R. M.; PEREIRA, M. G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca unb-2u sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SANTOS, G. O. dos; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAU, J. A.; NEU, I. M. M.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 1, jan 2016.

SCARPINATI, E. A.; PERECIN, D.; PAULA, R. C. de; VALENCISE, C. A.; PAVAN, B. E.; CANDIDO, L. S. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 769-776, 2009.

SCOLFORO, J. R. S.; CHAVES, A. L.; MELLO, J. M. Definição de tamanho de parcela para inventário florestal em floresta semidecídua montana. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p. 333-337.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SILVA, R. L.; XAVIER, A.; LEITE, H. G.; PIRES, I. E. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 669-676, 2003.

SILVA, J. M. **Avaliação da variabilidade genética em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. para fins de conservação e melhoramento genético.** 2010. 153 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2010.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, p. 240-250, 1936.

SOERIANEGARA, I.; LEMMENS, R. H. M. J. (Ed). **Timber trees:** mayor comercial timbers. Bogor: PROSEA, 1994. 610 p. (Plant resources of South-East Asia Prosea 5, 1).

SOUZA, R. R. **Estudo da forma do fuste de árvores de eucalipto em diferentes espaçamentos.** 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, 2013.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2011. 200 p.

VALLE, C. F. do. **Análise silvicultural de lotes de sementes de eucalyptus camaldulensis Dehn. visando a implantação de populações-base**. 1991. 11 f. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 1991.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fito-melhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V. de; COSTA, R. B. da; GONÇALVES, P. de S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1277-1282, 2009.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T. ; CECON, P.R.; LOPES, S. C.; SEDIYAMA, M. A. N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 58-63, mar. 2002.

VIEIRA, J. V. **Herdabilidade, correlações genéticas e índices de seleção em uma população de cenoura (*Daucus carota* L.)**. 1988. 86 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Madison, v. 18, p. 375-393, 1962.

ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith em dois estádios de desenvolvimento. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 104-111, jul.- dez. 2000.

ZARUMA, D. U. G. **Variações genéticas para caracteres silviculturais em progênies e procedências de *Dipteryx alata* Vogel**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências Agrônômicas Universidade Estadual Paulista-UNESP, Botucatu, 2014.

