

GLÊISON AUGUSTO DOS SANTOS

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE CLONES E PROGÊNIES DE
Eucalyptus grandis EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237d
2004

Santos, Glêison Augusto dos, 1977-

Desempenho silvicultural de clones e progênies de
Eucalyptus grandis em relação às árvores matrizes / Glêi-
son Augusto dos Santos. – Viçosa : UFV, 2004.
xi, 51f. : il. ; 29cm.

Orientador: Aloísio Xavier.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui referências bibliográficas.

1. Eucalipto - Clonagem. 2. Variação (Genética). 3.
Análise multivariada. I. Universidade Federal de Viçosa.
II.Título.

CDO adapt. CDD 634.91653

GLÉISON AUGUSTO DOS SANTOS

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE CLONES E PROGÊNIES DE
Eucalyptus grandis EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 junho de 2004.

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Prof. Helio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Ismael Eleotério Pires

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva

Prof. Aloisio Xavier
(Orientador)

DEDICO:

“A todos aqueles que acreditam que uma grande nação se faz com investimento em pesquisa, gerando ciência e tecnologia, proporcionando desenvolvimento e emprego para o povo do nosso país”.

E ao,

“Povo brasileiro, que apesar de todas as dificuldades pagou a minha graduação e o mestrado em uma instituição pública e de qualidade”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (Roberto Sebastião dos Santos e Geralda Elizabete Pereira dos Santos) pela ética moral repassada a toda a família, pela presença em todos os momentos e de todas as formas que nunca me deixaram fraquejar durante o caminho.

Aos meus irmãos (Graciene, Roberto Jr. e Wemerson), pela compreensão e apoio durante toda a graduação e o mestrado.

A minha namorada Laine Cristina Fernandes pelos momentos felizes, as boas conversas e a convivência que fizeram o mestrado mais leve e divertido.

Ao Prof. Aloisio Xavier pelos ensinamentos, a paciência e a ética profissional, que moldaram toda a minha formação como Pesquisador, Engenheiro Florestal, Melhorista e Silvicultor Clonal.

Aos conselheiros e membros de banca examinadora: Helio Garcia Leite, Cosme Damião Cruz, Haroldo Nogueira de Paiva e Ismael Eleotério Pires, que tanto contribuíram para o aperfeiçoamento desse trabalho.

A International Paper do Brasil, na pessoa do Engenheiro Florestal Rogério Luiz Silva, pela sessão dos dados e o apoio sem o qual não seria possível a realização dessa dissertação.

A KLABIN S.A. pela confiança no meu trabalho e formação profissional, além do apoio para a defesa e entrega da versão final dessa dissertação.

A CAPES, que apesar das dificuldades impostas pela coordenação de pós-graduação em Ciência Florestal, forneceu a bolsa de mestrado durante um certo período para a realização desse curso.

A Universidade Federal de Viçosa, através do seu Departamento de Engenharia Florestal (DEF/UFV) e a Sociedade de Investigações Florestais (SIF), pelo pioneirismo, tradição e excelência que me fazem encher o peito de orgulho, ao dizer: sou Engenheiro Florestal de Viçosa.

A todos os companheiros do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Silvicultura Clonal (GSC), Ivar, Miranda, Fabiana, Alex, Rogério, Eliza, Marcelo, Rodrigo, Fernanda, Patrícia e Flávio, pela oportunidade de trabalho conjunto e a troca de experiências durante as pesquisas realizadas.

A todos os companheiros da velha e inigualável República Fora Papo Ruim, que se não foi a mais famosa, com certeza foi a mais divertida e controvertida república de Viçosa.

Aos grandes amigos, Pai Xica, Velho Carroceiro, Boca, C.S., Menino, Bené, Caneca, Batata, Marcinho, Zezé's, Marcelão, Prego, Calouro, Agrômo, Magnólia, Zentel, Carlos P.P., Crodô, Cumpadre Lu (Pba) e etc.

A antiga MANNESMAN FIEL FLORESTAL, atual V & M FLORESTAL, na pessoa do biólogo Guilherme Dias de Freitas, pela oportunidade concedida entre 1995 e 1997 de atuar como estagiário na área de Pesquisa Florestal, que me fez conhecer esse grande setor, que tanto contribui para a economia brasileira e despertou o interesse de ir a Viçosa ser Engenheiro Florestal.

Ao eterno Raul Santos Seixas, que assim como eu o Cumpadre Robson e o Rodador sabíamos que o grande segredo do universo está em cada um de nós, e, portanto, cada um tem o seu segredo. **“E viver é ser feliz e nada mais”**.

(Conseguimos)...

BIOGRAFIA

GLÊISON AUGUSTO DOS SANTOS, filho de Roberto Sebastião dos Santos e Geralda Elizabete Pereira dos Santos, nasceu em 11 de Abril de 1977, em Paraopeba, MG.

Em 1991, concluiu o 1º grau na Escola Estadual Padre Augusto Horta, em Paraopeba, MG. Em 1994, concluiu o 2º grau Técnico em Contabilidade na Escola da Comunidade Bernardo Mascarenhas (CNEC), em Caetanópolis, MG.

Entre 1995 e 1997 atuou como estagiário do Centro de Apoio a Pesquisa e Experimentação Florestal (CAPEF) da V & M Florestal em Paraopeba, MG.

Em março de 1998 ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, MG, diplomando-se em setembro de 2002. Nesse mesmo ano, ingressou no Curso de Mestrado em Ciências Florestais na área de Concentração de Genética e Melhoramento Florestal, na UFV, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2004.

Em maio de 2004, foi contratado pela empresa KLABIN S.A. como pesquisador da área de Melhoramento Genético Florestal e Silvicultura Clonal.

ÍNDICE

| | Página |
|---|-----------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT..... | x |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Silvicultura clonal..... | 3 |
| 2.2. Seleção de árvores em <i>Eucalyptus</i> | 4 |
| 2.3. Número de matrizes selecionadas..... | 5 |
| 2.4. Testes clonais..... | 6 |
| 2.5. Testes de progênies | 7 |
| 2.6. Análise multivariada..... | 8 |
| 2.6.1. Análise de agrupamento..... | 8 |
| 2.6.2. Análise de componentes principais | 9 |
| 2.6.3. Análise de discriminante..... | 10 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 11 |
| DESEMPENHO SILVICULTURAL DE CLONES DE <i>Eucalyptus grandis</i> EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES | 15 |
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 2.1. Material experimental | 17 |
| 2.2. Metodologia experimental | 18 |
| 2.2.1. Características avaliadas – Árvores selecionadas | 18 |
| 2.2.2. Análise multivariada – Árvores selecionadas | 19 |
| 2.2.3. Avaliações no teste clonal..... | 20 |
| 2.2.4. Desempenho da árvore selecionada x desempenho do clone..... | 20 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 20 |
| 3.1. Análise multivariada – Árvores selecionadas | 20 |

| | Página |
|--|-----------|
| 3.1.1. Análise de discriminante | 25 |
| 3.2. Avaliações do teste clonal | 26 |
| 3.2.1. Desempenho da árvore selecionada x desempenho do clone..... | 27 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 30 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| DESEMPENHO SILVICULTURAL DE PROGÊNIES DE <i>Eucalyptus grandis</i> EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES | 33 |
| 1. INTRODUÇÃO | 34 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 35 |
| 2.1. Material experimental | 35 |
| 2.2. Metodologia experimental | 36 |
| 2.2.1. Características avaliadas – Árvores selecionadas | 36 |
| 2.2.2. Análise multivariada – Árvores selecionadas | 37 |
| 2.2.3. Análise de discriminante – Árvores selecionadas | 37 |
| 2.3. Avaliações do teste de progênies..... | 38 |
| 2.4. Árvore selecionada x desempenho genético das progênies . | 39 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 39 |
| 3.1. Análise multivariada – Árvores selecionadas | 39 |
| 3.1.1. Análise de discriminante | 43 |
| 3.2. Avaliações do teste de progênies..... | 44 |
| 3.2.1. Árvore selecionada x desempenho da progênie | 46 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 48 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 49 |
| 3. CONCLUSÕES GERAIS | 51 |

RESUMO

SANTOS, Glêison Augusto dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2004. **Desempenho silvicultural de clones e progênies de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes.** Orientador: Aloisio Xavier. Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Helio Garcia Leite.

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência da seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* e o desempenho silvicultural dessas em teste clonal e em teste de progênies. Na seleção das árvores matrizes foram mensuradas as características *dap*, altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), e sem casca (V_{SC}) e o volume de casca (V_C), bem como foram mensuradas as cinco árvores “codominantes” em um raio de 10 metros da matriz selecionada, para verificar a superioridade dessa matriz em relação aos seus pares. O desempenho silvicultural dos clones dessas matrizes foi realizado por meio da instalação de um teste clonal no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas quadradas de 25 plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. O desempenho das progênies também foi realizado através da instalação de um teste de progênies no delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições e parcelas lineares de seis plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. Com base nas avaliações realizadas, pode-se concluir que a medição da superioridade em *Ht* para os clones e, superioridade em *dap* e *Ht* para as progênies, das árvores selecionadas, em relação às árvores

“co-dominantes” do local de seleção é um parâmetro importante para a escolha inicial de árvores matrizes. A análise multivariada é eficaz para a alocação das matrizes em grupos divergentes, bem como para a classificação de árvores matrizes selecionadas posteriormente, dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher. Esses resultados possibilitam a redução do número de materiais genéticos a serem avaliados, no entanto, a instalação dos testes é imprescindível no processo de seleção, principalmente devido à existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais.

ABSTRACT

SANTOS, Glêison Augusto dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2004. ***Eucalyptus grandis* clones and progenies silvicultural performance in relation to the matrix trees.** Adviser: Aloisio Xavier. Committee Members: Cosme Damião Cruz and Helio Garcia Leite.

The objective of the present study was to assay the *Eucalyptus grandis* matrix trees selection and these matrixes silvicultural performances in a clonal test and in progenies tests. In the matrix trees selection the diameter (*dap*) characteristics, total height (*Ht*), volume with the bark (V_{CC}), without the bark (V_{SC}) and bark volume (V_C) were measured as well as the five “co-dominant” trees in a 10 meter range from the selected matrix, to evaluate this matrix superiority in relation to their pairs. The clones from these matrixes silvicultural performance was carried out through a clonal test installation in the delineation in blocks at random, with three repetitions and square parcels of 25 plants, in a 3 x 2 meters spacing. The progenies performance was also carried out through a progenies test installation in the delineation in blocks at random, with eight repetitions and linear parcels of six plants, in a 3 x 2 meters spacing. Based on the evaluations carried out, it could be concluded that the superiority in *Ht* measurement for the clones, and the superiority in *dap* and *Ht* for the progenies, from the selected trees, in relation to the selected site “co-dominant” trees is an important parameter for the matrixes tress initial choosing. The

multi-varied analyzes is efficient for the matrix placing in diverging groups, as well as for the matrixes trees selected afterwards classification, within the groups pre-defined by the Tocher method. These results make the reduction in the genetic material number to be evaluated possible, however, the tests installation is vital in the selection process, especially due to the genotype interaction with the environmental effects.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A silvicultura clonal de *Eucalyptus*, através da seleção e propagação vegetativa de genótipos selecionados, tem permitido o estabelecimento de florestas clonais, proporcionando maior uniformidade da matéria prima florestal, melhor adaptação dos clones aos diferentes ambientes de plantio, maior produção de madeira por unidade de área, racionalização das atividades operacionais e redução na idade de corte (CAMPINHOS e IKEMORI, 1987; FERREIRA, 1992; SILVA, 2001; XAVIER, 2003).

O avanço genético inicial com a clonagem foi excepcional, principalmente porque as empresas dispunham de milhões de plantas oriundas de propagação sexuada que apresentavam grande variabilidade e, evidentemente, aplicaram alta intensidade de seleção (GONÇALVES et al., 2001). Entretanto, fundamentos amostrais indicam que a seleção continuada em uma mesma população não permite obter progressos genéticos adicionais. Comentando a esse respeito, GONÇALVES et al. (2001) e ANDRADE (2002), argumentaram que se várias amostras, de igual tamanho, são retiradas de uma mesma população, a probabilidade de obter indivíduos superiores é a mesma para todas as amostras.

Dessa forma, para que seja possível selecionar indivíduos superiores para os programas de silvicultura clonal nas próximas etapas de seleção há necessidade da condução de programas de melhoramento intra ou interpopulacionais, capazes de ampliar as chances de gerar novas combinações

genotipicamente superiores, bem como se torna igualmente importante o desenvolvimento de metodologias que aumentem a eficiência no processo seletivo (ASSIS, 1996; GONÇALVES et al., 2001; ANDRADE, 2002). Assim, existe atualmente a tendência de selecionar árvores matrizes para clonagem em teste de progênies (XAVIER, 2003), aproveitando os avanços alcançados pelos programas de melhoramento que estão sendo avaliados.

Alguns questionamentos que surgem quando da instalação dos testes para a avaliação de materiais genéticos, seja para testes de clones ou de progênies, versam sobre o número de árvores matrizes que devem ser avaliadas (PATIÑO-VALERA, 1986; XAVIER, 1996; ANDRADE, 2002) e a eficácia no processo de seleção inicial das árvores matrizes (MENCK et al., 1988; BARREIROS et al., 2002). Pois em espécies florestais, a etapa de avaliação geralmente é a mais onerosa e demorada representando um custo considerável no processo de avaliação dos materiais genéticos selecionados (SILVA, 2001; ANDRADE 2002).

Porém em contraste à necessidade de redução de custos nessa fase, geralmente a avaliação de maior número de materiais genéticos aumenta a probabilidade de encontrar um genótipo que se adapte a determinada condição específica. Diante do exposto, observa-se a necessidade de estudos que permitam uma maior acurácia na seleção inicial das árvores matrizes, correlacionando características utilizadas na seleção inicial com o desempenho futuro dos clones e progênies dessas matrizes após a avaliação definitiva dos testes, aumentando o aproveitamento dos materiais genéticos selecionados e em conseqüência reduzindo os custos dos testes avaliativos.

Contudo, a seleção inicial das matrizes vem sendo realizada através da observação direta de características dendrométricas (*dap*, *Ht* e volume) e de características fenotípicas desejáveis, como: a forma do fuste, o tipo de casca, o tamanho da copa, a espessura e persistência dos ramos, além da presença de pragas e doenças. O que não proporciona informações mais detalhadas sobre a possibilidade da árvore matriz selecionada ser uma das eleitas após a avaliação final dos testes avaliativos.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma abordagem sobre a utilização de técnicas de análise multivariada na seleção inicial de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* e a avaliação do desempenho dessas matrizes após a avaliação final em testes clonais e de progênies.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Silvicultura clonal

A silvicultura clonal pode ser caracterizada como aquela que compreende todo o processo de formação de uma floresta clonal, ou seja, seleção da árvore superior, multiplicação vegetativa, avaliação de árvores selecionadas em teste clonal, produção de mudas e estabelecimento da floresta clonal (XAVIER, 2002).

A utilização de clones na silvicultura permite a manutenção plena das características da planta mãe, de modo a se obter talhões uniformes, de rápido crescimento e de matéria prima homogênea. FERREIRA (1992) relata que a silvicultura clonal intensiva adquire alta importância, em razão de propiciar redução na idade de exploração; maior produção de madeira por unidade de área, e em menor espaço de tempo; racionalização das atividades operacionais; redução nos custos de exploração e transporte e a maior rapidez e eficiência no estabelecimento de características oriundas de programas de melhoramento florestal para os plantios comerciais.

Para *Eucalyptus*, por exemplo, a adoção da silvicultura clonal tem possibilitado a implantação de projetos de reflorestamento em áreas até então não indicadas, devido às limitações dos materiais genéticos de origem seminal para atender a tal propósito (OLIVEIRA, 2003).

Em programas de melhoramento, a clonagem é utilizada principalmente para multiplicar genótipos superiores para formação de pomares de produção de sementes e conservação de materiais genéticos em bancos clonais, Apresentando-se, ainda, como um importante instrumento para explorar o potencial genético de gerações avançadas dos programas de melhoramento, pois, em qualquer geração, quando houver uma combinação genotípica que apresente fenótipos superiores, a clonagem poderá ser o agente multiplicador para os plantios comerciais (MORI, 1995).

2.2. Seleção de árvores em *Eucalyptus*

A obtenção de populações melhoradas que satisfaçam as exigências da produtividade florestal depende da capacidade de identificar genótipos desejados na população sob seleção (SAMPAIO et al., 2000).

No Brasil para o gênero *Eucalyptus* no início da década de 60, foram realizadas introduções de várias espécies, sendo amostrado grande número de procedências dentro de cada uma. Dessa forma, a primeira etapa do programa de seleção foi proceder à avaliação de espécies e procedências visando a identificação das mais promissoras (ANDRADE et al., 1994).

Posteriormente, o trabalho concentrou-se na da seleção massal, nas áreas de coleta e de produção de sementes. Ênfase também foi dada na seleção recorrente intrapopulacional com famílias de meios irmãos através da instalação de teste de progênies para várias espécies, possibilitando a coleta de sementes melhoradas em pomares de sementes por mudas e pomares de sementes clonais (KAGEYAMA, 1980; XAVIER, 1993; PEREIRA, 1996; ASSIS, 1996). Estes trabalhos tiveram contribuição expressiva na sustentabilidade dos povoamentos florestais implantados no decorrer dos anos, possibilitando um aumento expressivo na produtividade de madeira.

Uma outra estratégia de melhoramento que forneceu excelente progresso genético foi a seleção de clones, que permitiu por meio da multiplicação por via assexuada a perpetuação de boas combinações híbridas (ANDRADE, 2001).

2.3. Número de matrizes selecionadas

Segundo GONÇALVES et al. (2001), o avanço genético inicial com a clonagem foi excepcional, principalmente porque as empresas dispunham de milhões de plantas oriundas de propagação sexuada que apresentavam grande variabilidade e, evidentemente, aplicaram alta intensidade de seleção. Entretanto, fundamentos amostrais indicam que a seleção continuada em uma mesma população não permite obter progressos genéticos adicionais. Comentando a esse respeito, GONÇALVES et al. (2001) e ANDRADE (2002), argumentaram que se amostras sucessivas, de igual tamanho, são retiradas de uma mesma população, a probabilidade de obter indivíduos superiores é a mesma para todas as amostras.

Partindo-se desta constatação, de que a variabilidade natural já foi explorada, não adianta mais amostrar as áreas comerciais, sobretudo, pelo fato de que a intensificação dos plantios clonais vem reduzindo a diversidade. Ficando então evidente que para as próximas gerações, para se obter indivíduos superiores, serão necessários a condução de programas de melhoramento estruturados visando a obtenção de novas combinações genéticas, aliado ao teste de um número cada vez maior de materiais genéticos (GONÇALVES, et al., 2001; ANDRADE, 2002).

Dessa forma a seleção inicial da matriz que vai ser levada para teste torna-se muito importante, uma vez que para selecionar efetivamente os melhores materiais genéticos é imprescindível a instalação de testes clonais (KIKUTI 1988; e LAMBETH et al., 1994) e de testes de progênes (ASSIS, 1996).

Assim, geralmente essa etapa de avaliação (seja em teste clonal ou teste de progênes) torna-se a mais onerosa e demorada, devido ao tamanho das parcelas a serem empregadas, em razão do alto custo de implantação, da baixa disponibilidade de mudas, das limitações de área, do aumento da área a ser controlada e das avaliações periódicas, entre outros (PEREIRA, 1996; ANDRADE et al. 1997; SILVA, 2001). Esses fatores implicam na importância de estudos que aumentem a relação entre o número de materiais genéticos avaliados e o número de materiais genéticos realmente eleitos após a avaliação final dos testes clonais e de progênes.

Geralmente nas empresas florestais existe um contraste entre o grande número de árvores selecionadas e o pequeno número de materiais genéticos indicados para o plantio comercial, após as etapas de seleção (IPEF, 1994).

2.4. Testes clonais

O teste clonal consiste no estabelecimento de experimentos, visando a confirmação e comparação de propágulos vegetativos (clones) de árvores selecionadas em condições de campo, devendo ser instalado em delineamento experimental apropriado e em locais representativos da região em que os clones serão plantados posteriormente.

A etapa de avaliação geralmente é a mais cara e demorada representando um custo considerável no processo de implantação clonal (ANDRADE, 2002), porém em contraste a necessidade de redução de custos nessa fase, geralmente a avaliação de maior número de clones aumenta a probabilidade de se encontrar o clone ideal que se adapte a uma condição específica, bem como com maior segurança contra o ataque de pragas e doenças (SILVA, 2001).

Segundo DENISON e KIETZKA (1993), entre as várias estratégias adotadas na avaliação de clones num programa de silvicultura clonal de *Eucalyptus*, têm-se adotado duas etapas de seleção. A etapa inicial ocorre com grande número de clones, em que se adotam parcelas pequenas e em vários locais, com a seleção acontecendo em idade precoce a rotação, com base em características silviculturais e tecnológicas. Na segunda etapa, os clones selecionados, são avaliados em experimentos maiores (escala-piloto), visando avaliar a "performance" representativa em plantio comercial. Esta estratégia tem proporcionado bons resultados na área florestal, tendo sido recomendada como adequada em trabalhos recentes desenvolvidos com dados de campo de empresas florestais (SILVA, 2001; ANDRADE, 2002).

Por fim, o uso futuro de tecnologia de biologia molecular, para inserir sucessões de genes alterando o genoma das árvores, trará certamente novos desafios biológicos e políticos à seleção de árvores para clonagem e aos testes clonais, que terão de evoluir concomitantemente com essas técnicas, tornando-se cada vez mais precisos e capazes de mensurar até mesmo o impacto de uma árvore geneticamente modificada sobre o ambiente que a cerca.

2.5. Testes de progênies

Os testes de progênies são realizados quando se deseja testar a superioridade genética da árvore selecionada. Pelo teste de progênies, é possível saber se certo indivíduo superior aparentemente o é devido a sua constituição genética superior, ou se o é devido a uma condição ambiental favorável (ASSIS, 1996). Desse modo, quando é feita a seleção para formação de pomares clonais, testes de progênies são sempre requeridos para determinar a superioridade genética das árvores selecionadas e, a partir dos resultados, proceder ao desbaste seletivo, eliminando-se representantes das matrizes geneticamente inferiores.

Além de servirem como um meio eficiente de testar a capacidade das matrizes em transmitir suas características às suas descendências, os testes de progênies são um meio recomendado de produção de sementes geneticamente melhoradas. A transformação do teste de progênie em pomar de produção de sementes por mudas consiste em selecionar os melhores indivíduos por algum método seletivo, como por exemplo, a seleção entre e dentro (ASSIS, 1996) ou ainda pela seleção individual com base na predição de seus valores genéticos (RESENDE, 2002).

Os testes de progênies são também úteis aos estudos de herdabilidade e de outros parâmetros genéticos, cujos resultados são de maior importância no desenvolvimento dos programas de melhoramento florestal. Os valores desses parâmetros determinam que artifícios deverão ser utilizados para maior eficiência na obtenção do melhoramento genético das características de interesse (RAMALHO, 1995).

Para CHAPERON (1984) e MENCK et al. (1988) o teste de progênies poderia ainda, atuar como fonte de material genético para o programa de clonagem. Uma vez que proporciona maior informação sobre o valor genético da árvore selecionada e das interações do genótipo com o ambiente, em comparação com a seleção efetuada em plantios comerciais. Estas árvores seriam as mesmas que dariam origem ao pomar de sementes clonais de segunda geração.

2.6. Análise multivariada

As facilidades oferecidas pelo desenvolvimento acelerado dos meios computacionais e dos pacotes estatísticos estão provocando o uso crescente das técnicas de análise multivariada nas diversas áreas da ciência (VALENTIN, 2000). No estudo das afinidades entre diferentes materiais genéticos através de métodos preditivos, CRUZ (1990) relata que vários métodos multivariados podem ser aplicados, entre eles, citam-se: os métodos de agrupamento, a análise por componentes principais e por variáveis canônicas. A escolha do método mais adequado é função da precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos.

Assim, a análise por componentes principais para estudos de diversidade genética é apropriada quando se dispõe de informações sem repetições; a análise por variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições; e os métodos de agrupamento, quando sua aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada (XAVIER, 1996).

2.6.1. Análise de agrupamento

Entre os diferentes métodos de agrupamento, o método de otimização de Tocher é o mais comumente empregado nas pesquisas genéticas (CRUZ e REGAZZI, 1997), devido a sua versatilidade e facilidade de interpretação dos grupos formados. A análise de agrupamento tem por finalidade reunir os diferentes materiais genéticos, por algum critério de classificação, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Esse método requer a obtenção da matriz de dissimilaridades, sobre a qual será identificado o par de indivíduos mais similares. Estes indivíduos formarão o grupo inicial e a partir daí avalia-se a possibilidade de inclusão de novos indivíduos ao grupo, adotando o critério de que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo seja menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos.

Em espécies florestais LOPES (1992) e FERREIRA (1994) relatam que resultados obtidos através da análise de agrupamento podem propiciar um ordenamento de materiais genéticos possível de ser utilizado em testes clonais, facilitando o entendimento das interrelações entre os clones, as condições ambientais e as características tecnológicas da madeira (DEMUNER e BERTOLUCCI, 1994; GARCIA, 1998).

2.6.2. Análise de componentes principais

Segundo Jeffers (1972), citado por XAVIER (1996), a técnica de componentes principais pode atender aos seguintes propósitos: examinar as correlações entre as características estudadas; resumir um número de características em outro de menor dimensão e de sentido biológico; avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daqueles que pouco contribuem, em termos de variação, no grupo de indivíduos avaliados; permitindo ainda o agrupamento de indivíduos com o mais alto grau de similaridade, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

Um dos principais objetivos do uso dos componentes principais é avaliar a dissimilaridade de genótipos, clones etc. em gráficos de dispersão, os quais têm os primeiros componentes como eixo de referência. Este procedimento é satisfatório quando os primeiros componentes utilizados como eixo do sistema cartesiano envolvem uma fração considerável da variação total, normalmente como acima de 80% (CRUZ e REGAZZI, 1997). Nos casos em que o limite não é atingido com os dois primeiros componentes, a análise pode ser complementada com a dispersão gráfica em relação ao terceiro e quarto componentes.

Em espécies florestais a utilização principal da análise de componentes principais estaria na análise da diversidade na seleção inicial de materiais genéticos em plantios comerciais, onde não é possível obter dados oriundos de delineamentos experimentais. Além disso, pelas características inerentes às culturas de ciclo longo, existe a possibilidade do descarte de medições que pouco contribuem para a discriminação do material avaliado, diminuindo custos com mão de obra e tempo dispensados na experimentação (XAVIER, 1996; GARCIA, 1998).

2.6.3. Análise de discriminante

A análise de discriminante é destinada a interpretar grupos de objetos, definidos *a priori* pelos métodos de agrupamento. A técnica não consiste em estabelecer grupos, já que eles são previamente conhecidos, mas interpretá-los com base nas variáveis estudadas (VALENTIN, 2000).

O modelo de análise discriminante de ANDERSON (1958) envolve combinações lineares da forma: $D = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k$, onde D é igual ao escore discriminante, β é o coeficiente ou peso discriminante e X representa a variável preditora ou independente (MALHOTRA 2001). Segundo CRUZ e CARNEIRO (2003) considerando, por exemplo, apenas duas populações, ter-se-ia:

π_1 e π_2 populações 1 e 2, respectivamente. μ_1 e μ_2 vetor de médias dos p caracteres avaliados respectivamente em, π_1 e π_2 .

ω_1 e ω_2 matriz de covariâncias entre os caracteres avaliados em, π_1 e π_2 respectivamente.

ρ_1 e ρ_2 probabilidades, a priori, de os indivíduos pertencerem a, π_1 e π_2 respectivamente.

X : vetor de variáveis representativas dos caracteres envolvidos na análise.

Classifica-se o i -ésimo material genético com vetor de média X_i na população π_j se, e somente se, $D_j(x_i)$ for o maior entre os elementos do conjunto $\{D_1(x_i), D_2(x_i)\}$. Utilizando-se as funções discriminantes e os dados das próprias populações, π_1 e π_2 ainda é possível estimar a taxa de erro aparente que mede a eficiência da função discriminante em classificar os genótipos, corretamente, nas populações previamente estabelecidas.

Nas espécies florestais seu principal emprego está na possibilidade de classificação de novos materiais genéticos dentro de grupos pré-definidos pelos diferentes métodos de aglomeração (LOPES, 2003). Funcionando como uma ferramenta de orientação prévia sobre o comportamento de um material genético, auxiliando a tomada de decisão dos melhoristas florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T. W. **An introduction to multivariate statistical analysis.** New York: John Wiley, 1958. 374 p.

ANDRADE, H. B. Avaliação da eficiência de utilização de bordaduras internas em teste clonais. In. IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador-BA, 1997. **Anais...** Colombo, PR: EMBRAPA/CNPFlorestas, 1997. v. 1. p. 91-94.

ANDRADE, H. B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto.** 2002. 162 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ANDRADE, H. B. et al. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* L'Heriter (Myrtaceae) nas regiões norte e noroeste do estado de Minas Gerais. **Revista árvore**, v. 18, n. 3, p. 215-229, 1994.

ANDRADE, H. B. et al. Contribuição da área de pesquisa e desenvolvimento no aumento da produção de biomassa na V & M Florestal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE USO DA BIOMASSA PLANTADA PARA PRODUÇÃO DE METAIS E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE, 1., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2001.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do Eucalipto. **Informe agropecuário**, v. 18, n. 185. p. 32-21, 1996.

BARREIROS, R. M. et al. Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Scientia forestalis**, n. 61, p. 25-39, 2002.

CAMPINHOS, E. JR. ; IKEMORI, J. K. Clonagem de *Eucalyptus* spp. na Aracruz Florestal S/A. SIMÕES, J. W. Problemática da Produção de Mudanças em Essências Florestais. **IPEF**, v. 4, n. 13, p. 6-11, 1987. (Série Técnica).

CHAPERON, H. Influence of propagation by cuttings on the breeding strategy of forest trees. In: BARNES, R. D.; & GIBSON, G. L. **Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees**. Mutare, IUFRO/Institute of Oxford, 1984. p. 135-148.

CRUZ, C. D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: UFV, 2003. p. 585.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa do eucalipto. **O papel**, v. 55, n. 1, p. 16-23, 1994.

DENISON, N. P.; KIETZKA, J. E. The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. **South Africa Forestry Journal**, n. 165, p. 55-60, 1993.

FERREIRA, M. Características da madeira de espécies/procedências/árvores superiores e clones de *Eucalyptus* – Revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. In: REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM *Eucalyptus*, 1., 1994, Aracruz. **Anais...** Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais, 1994. p. 1-18.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. Piracicaba: **IPEF**, v. 45, p. 22-30, 1992.

GARCIA, S. L. R. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de Eucalipto**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

GONÇALVES, F. et al. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista árvore**, v. 25, n. 3, p. 295-301, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS – IPEF. REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM *Eucalyptus*, 1., 1994, Aracruz. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1994. 87p.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1980.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba, PR.** 1988. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1988.

LAMBETH, et al. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparisons with seedling checkes. **Forest Science**, v. 40, n. 3, p. 397-411, 1994.

LOPES, C. R. **Variação fenotípica e genética em clones de *Eucalyptus urophylla* da ilha das flores (Indonésia).** 1992. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

MENCK, A. L. M. et al. Teste clonal a partir de árvores selecionadas em testes de progênie de *Eucalyptus saligna* (Resultados preliminares). **IPEF**, v. 40, p. 27-31, 1988.

MORI, E. S. Seleção clonal e suas implicações no melhoramento genético de eucalipto. In: WORKSHOP MÉTODOS DE SELEÇÃO. Belo Horizonte. 1995. p. 19-35.

OLIVEIRA, M. L. **Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *eucalyptus* spp.** 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento.** 1986. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.

PEREIRA, A. B. **Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh na região nordeste do estado de Minas Gerais.** 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

RAMALHO, M. A. P. Emprego da seleção recorrente no melhoramento de essências florestais. In: WORKSHOP MÉTODOS DE SELEÇÃO. Belo Horizonte. 1995. p. 1-18.

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

SAMPAIO, P. T. B. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, 2000.

SILVA, R. L. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto**. 2001. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise de dados ecológicos**: Interciência, 2000. 188 p.

XAVIER, A. **Aplicação da análise multivariada da divergência genética no melhoramento de *Eucalyptus* spp.** 1996. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

XAVIER, A. Silvicultura clonal em *Eucalyptus*. **Revista da Madeira**, Edição especial: *Eucalyptus*. Curitiba: PR. 2003. p. 46-53.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 64 p. (Caderno Didático, 92).

XAVIER, A. **Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus citriodora* Hook.** 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE CLONES DE *Eucalyptus grandis* EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES

RESUMO - Objetivando avaliar a eficiência da seleção inicial de treze árvores matrizes para clonagem de *Eucalyptus grandis* e o desempenho dessas em teste clonal, foram mensuradas as características *dap*, altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), sem casca (V_{SC}) e volume de casca (V_C), bem como foram mensuradas as cinco árvores “codominantes” em um raio de 10 metros da matriz selecionada, para verificar a superioridade dessa matriz em relação aos seus pares. O desempenho silvicultural dos clones dessas matrizes foi avaliado aos sete anos de idade em teste clonal instalado no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e parcela quadrada de 25 plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a avaliação da superioridade em *Ht* da árvore matriz em relação às árvores “codominantes” do local de seleção é um parâmetro importante para a escolha inicial de árvores matrizes. A análise multivariada foi eficaz para a alocação das matrizes em grupos divergentes, bem como para a classificação de árvores matrizes selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher. Existe relação significativa entre as características utilizadas para a seleção inicial das árvores matrizes e o desempenho dos clones dessas matrizes na avaliação final do teste clonal. Esses resultados possibilitam a redução do número de materiais genéticos a serem avaliados, no entanto, a instalação dos testes é imprescindível no processo de seleção, principalmente devido à existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais.

Palavras-chave: Melhoramento florestal, seleção de clones, teste clonal, análise multivariada e silvicultura clonal.

Eucalyptus grandis CLONES SILVICULTURAL PERFORMANCE IN RELATION TO THE MATRIXES TREES

ABSTRACT - Having as an objective the thirteen matrixes trees initial selection efficiency evaluation for the *Eucalyptus grandis* cloning and their performance in a clonal test, the diameter (*dap*) characteristics, total height (*Ht*), volume with the bark, (V_{CC}), without the bark (V_{SC}) and bark volume (V_C) were measured as well as the five “co-dominant” trees in a 10 meter range from the selected matrix, to evaluate this matrix superiority in relation to their pairs. These matrixes clones silvicultural performance was evaluated at the age of seven in a clonal test installed in the delineation in blocks at random with three repetitions and a square parcel of 25 plants, in a 3 X 2 spacing. Based on the evaluations carried out in this study, it could be concluded that the superiority in the matrix tree *Ht* in relation to the selected site “co-dominant” trees is an important parameter for the matrix tress initial choosing. The multivaried analyzes is efficient for the matrix placing in diverging groups, as well as for the matrixes trees selected afterwards classification, within the groups pre-defined by the Tocher method. There is a significant relation between the characteristics used for the matrixes trees initial selection and these matrixes clones performances in the clonal test final evaluation. These results make the reduction in the genetic material number to be evaluated possible, however, the tests installation is vital in the selection process, especially due to the genotype interaction with the environmental effects.

Key words: Forest improvement, clones selection, clonal test, multivaried analyses and clonal forestry.

1. INTRODUÇÃO

A silvicultura clonal de *Eucalyptus*, por meio da seleção e propagação vegetativa de genótipos selecionados, tem permitido o estabelecimento de florestas clonais, proporcionando maior uniformidade da matéria prima florestal, melhor adaptação dos clones aos diferentes ambientes de plantio, maior produção de madeira por unidade de área, racionalização das atividades operacionais e redução na idade de corte (CAMPINHOS e IKEMORI, 1987; FERREIRA, 1992; REZENDE et al., 1994; SILVA, 2001; XAVIER, 2003).

Geralmente têm-se adotado duas etapas na seleção e avaliação de clones de *Eucalyptus*. A primeira ocorre com grande número de clones, em que se adotam parcelas pequenas e em vários locais, utilizando a seleção precoce na identificação de clones superiores, com base em características silviculturais e tecnológicas da madeira. Na segunda etapa, os clones selecionados na etapa inicial são avaliados em experimentos maiores (escala-piloto), visando avaliar a "performance" representativa em plantio comercial. Esta estratégia tem fornecido bons resultados na área florestal, tendo sido recomendada como adequada em trabalhos recentes desenvolvidos com dados de campo de empresas florestais (SILVA, 2001; ANDRADE, 2002).

Contudo a seleção inicial das matrizes para a clonagem vem sendo realizada através da observação direta de características dendrométricas (*dap*, *Ht* e volume) e de características fenotípicas desejáveis, como: a forma do fuste, o tipo de casca, o tamanho da copa, a espessura e persistência dos ramos, além da presença de pragas e doenças. Essa metodologia levou as empresas florestais a um contraste entre o grande número de árvores selecionadas para a clonagem e o pequeno número de clones indicados para o plantio comercial, após as etapas de seleção (IPEF, 1994).

A baixa eficiência no processo de seleção inicial de árvores matrizes acarreta aumento no custo da silvicultura clonal, uma vez que, a instalação de testes clonais com as matrizes selecionadas é imprescindível para que se possa selecionar efetivamente os melhores clones (KIKUTI 1988; FRAMPTON e FOSTER 1993; LAMBETH et al., 1994).

BARREIROS et al. (2002) estudando a utilização da programação linear para a seleção de clones em teste clonais, relatam que a maior dificuldade

encontrada, foi a carência de estudos que pudessem fornecer informações prévias mais detalhadas acerca da seleção de árvores matrizes.

Diante do exposto, observa-se a necessidade de estudos que permitam uma maior acurácia na seleção inicial da árvore matriz para clonagem, correlacionando características utilizadas na seleção inicial das árvores matrizes com o desempenho futuro das mesmas após a avaliação definitiva em testes clonais e ou plantios comerciais.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou realizar uma abordagem sobre a utilização de técnicas de análise multivariada na seleção inicial de árvores matrizes para clonagem de *Eucalyptus grandis* e a avaliação do desempenho dos clones dessas matrizes em teste clonal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

A presente pesquisa foi realizada na Inpacel Agroflorestal, empresa pertencente ao Grupo International Paper, no município de Arapoti, Paraná (Latitude: -24° 08' 29"; Longitude: -49° 49' 45"; Altitude 800 metros).

Foram utilizadas 13 árvores matrizes selecionadas em uma população de *Eucalyptus grandis*, plantadas em um latossolo vermelho escuro, no espaçamento de 3 x 2 metros. Essas matrizes foram plantadas entre 1986 e 1987 e selecionadas entre 1992 e 1993, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização das matrizes de *Eucalyptus grandis*, selecionadas no município de Arapoti, PR.

| Ano de plantio | Data da seleção | Área talhão (ha) | Nº das matrizes selecionadas | Média das matrizes selecionadas | | Média do talhão | |
|----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | | | | dap (cm) | Ht (m) | dap (cm) | Ht (m) |
| 1986 | nov/1992 | 29,8 | 27 28 30 31 32 37 38 42 44 46 47 | 26,3 | 32,2 | 15,5 | 26,0 |
| 1987 | jun/1993 | 28,8 | 82 86 | 31,2 | 34,0 | 14,6 | 22,5 |

O desempenho silvicultural dos clones dessas matrizes foi avaliado por meio da instalação de um teste clonal no delineamento em blocos ao acaso,

com três repetições e parcela quadrada de 25 plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. As mudas utilizadas para instalação do teste clonal foram produzidas pela técnica de estaquia e na implantação utilizou-se uma fertilização inicial de NPK (5-30-10) na dosagem de 300 kg/ha na linha de plantio.

2.2. Metodologia experimental

2.2.1. Características avaliadas – Árvores selecionadas

Para a seleção das matrizes foram utilizadas as características dendrométricas: diâmetro a altura de 1,3 metros (dap), altura total (Ht), volume com casca (V_{CC}), volume sem casca (V_{SC}) e volume de casca (V_C). Utilizou-se também, a avaliação das características fenotípicas: forma do fuste, espessura dos ramos, persistência dos ramos (desrama natural), tamanho da copa, tipo de casca e quanto à presença de pragas e doenças.

Para verificar a superioridade (Sup.) da matriz selecionada em relação aos seus pares, em um raio de 10 metros da árvore alvo da seleção, foram avaliadas as mesmas características dendrométricas em outras cinco árvores “codominantes” na área. Dessa forma foram calculadas as superioridades em diâmetro a altura do peito (Sup_{dap}), em altura (Sup_{Ht}), em volume com casca ($Sup_{V_{CC}}$), em volume sem casca ($Sup_{V_{SC}}$) e em volume de casca (Sup_{V_C}), conforme apresentado abaixo:

$$Sup. (\%) = 100[(C_S/C_E) - 1]$$

C_S : Característica silvicultural da árvore selecionada;

C_E : Média das características das cinco árvores “co-dominantes”.

O dap foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a Ht foi obtida com o uso do relascópio. O V_{CC} e o V_{SC} foram calculados através da equação de múltiplos volumes de LEITE et al. (1995), utilizada pela empresa para mensuração de seus povoamentos de *Eucalyptus grandis*, conforme apresentado abaixo:

$$V = 0,000048dap^{1,720483}Ht^{1,180736}e^{(-3,00555)(tx/dap)}\{1 - (d/dap)^{1+0,228531d}\}$$

onde: *dap*: diâmetro a 1,3 metros de altura; *Ht*: altura total; *tx* = 0, para volume com casca e 1 para volume sem casca; *d*: diâmetro comercial superior.

O volume de casca (V_C) foi calculado pela diferença entre o V_{CC} e o V_{SC} .

2.2.2. Análise multivariada – Árvores selecionadas

As matrizes selecionadas foram agrupadas pelo método de Tocher, tendo como base à distância euclidiana média, conforme descrito em CRUZ e REGAZZI, (1997) e VALENTIN (2000).

Para a confirmação do agrupamento e para obtenção das informações em nível de indivíduos realizou-se a dispersão dos escores das variáveis em eixos cartesianos, estabelecidos por componentes principais, conforme metodologia descrita em VALENTIN (2000).

Para verificar a importância relativa das características utilizadas para a formação dos grupos, foi utilizado o método proposto por Singh (1981), citado por CRUZ e CARNEIRO (2003).

Para estimar a probabilidade de árvores classificadas corretamente dentro dos diferentes grupos formados pelo método de Tocher e para estabelecer equações de discriminante que permitam classificar árvores matrizes selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher, foi utilizada a análise de discriminante proposta por ANDERSON (1958). Segundo CRUZ e CARNEIRO (2003) considerando, por exemplo, apenas duas populações, ter-se-ia:

π_1 e π_2 populações 1 e 2, respectivamente. μ_1 e μ_2 vetor de médias dos *p* caracteres avaliados em, π_1 e π_2 respectivamente.

ω_1 e ω_2 matriz de covariâncias entre os caracteres avaliados em, π_1 e π_2 respectivamente.

ρ_1 e ρ_2 probabilidades, a priori, de os indivíduos pertencerem a, π_1 e π_2 respectivamente.

X : vetor de variáveis representativas dos caracteres envolvidos na análise.

Classifica-se o *i*-ésimo material genético com vetor de média X_i na população π_j se, e somente se, $D_j(x_i)$ for o maior entre os elementos do conjunto $\{D_1(x_i), D_2(x_i)\}$. Utilizando-se as funções discriminantes e os dados

das próprias populações, π_1 e π_2 ainda é possível estimar a taxa de erro aparente que mede a eficiência da função discriminante em classificar os genótipos, corretamente, nas populações previamente estabelecidas.

2.2.3. Avaliações no teste clonal

Aos sete anos de idade do teste clonal foram mensurados o *dap* e a *Ht* das nove plantas centrais da parcela, com o auxílio de uma fita diamétrica e do relascópio, respectivamente. O V_{CC} e o V_{SC} foram calculados através da equação de múltiplos volumes de LEITE et al. (1995), conforme descrito no item 2.2.1.

O incremento médio anual (IMA) foi calculado de acordo com o estande de plantas no hectare e a idade de avaliação do teste clonal.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias discriminadas pelo teste de Scott e Knott.

2.2.4. Desempenho da árvore selecionada x desempenho do clone

Para verificar o efeito das características utilizadas para formação dos grupos, sobre a produtividade em incremento médio anual (IMA) das matrizes selecionadas após a avaliação do teste clonal, as mesmas foram dispostas em um ranking de classificação e, também, foi realizada a análise de trilha, conforme descrito em CRUZ e REGAZZI (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise multivariada – Árvores selecionadas

A análise de agrupamento das 13 árvores selecionadas foi realizada com base no *dap*, Sup_{dap} , *Ht* e na Sup_{Ht} , uma vez que, a variável volume apresenta forte correlação com essas características para a aplicação da análise de agrupamento (GARCIA, 1998). Após o agrupamento, formaram-se três grupos distintos, indicando a existência de variabilidade entre as matrizes selecionadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Agrupamento das 13 árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*, tendo como base as características, *dap*, *Ht*, Sup_{dap} , Sup_{Ht} , utilizando a distância euclidiana média e o método de otimização de Tocher

| Grupo | Nº de Matrizes | Nº das matrizes |
|-------|----------------|-------------------------|
| I | 8 | 28 30 31 32 37 38 42 44 |
| II | 3 | 27 82 86 |
| III | 2 | 46 47 |

Num programa de silvicultura clonal, a seleção de clones dentro dos diferentes grupos, tende a aumentar a variabilidade genética na área de plantio, diminuindo a susceptibilidade dos plantios clonais, aos possíveis riscos associados aos mesmos, tais como de estreitamento excessivo da base genética, tornando-os pouco flexíveis às mudanças na demanda do mercado consumidor e as variações ambientais (ASSIS, 1996; XAVIER, 2003) e a vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças.

Por outro lado a seleção de indivíduos dentro de um mesmo grupo pode ser útil, caso seja possível prever o comportamento desses grupos no futuro, após as avaliações de sua performance em testes clonais e plantios comerciais, tanto em critérios de produtividade como de qualidade da madeira.

LOPES (1992) e FERREIRA (1994) relatam a falta de estudos básicos sobre o agrupamento de clones em função de suas afinidades, e ressaltam que resultados obtidos através da análise de agrupamento podem propiciar um ordenamento de materiais genéticos possível de ser utilizado em testes clonais, facilitando o entendimento das interrelações entre os clones, as condições ambientais e as características tecnológicas da madeira (DEMUNER e BERTOLUCCI, 1994; GARCIA, 1998).

Em relação à análise de componentes principais, verificou-se que os dois primeiros componentes explicaram 86,89% da variância total das características avaliadas (Quadro 3). Segundo CRUZ e REGAZZI (1997), o estudo da diversidade genética por meio da dispersão gráfica dos escores gerados pelos componentes principais, em espaço bidimensional, é aceitável quando a variância dos dois primeiros componentes, explica acima de 80% da variância total. Dessa forma optou-se por apresentar a dispersão dos escores gerados num gráfico com os dois componentes, em questão.

Quadro 3 - Estimativas das variâncias (autovalores) associados aos componentes principais e os respectivos coeficientes de ponderação (autovetores) das características avaliadas na seleção das árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*, na região de Arapoti, PR

| Componente Principal | Variância (autovalor) | Variância Acumulada (%) | Coeficientes de Ponderação Associados a: | | | |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|--|---------------------------|-----------|--------------------------|
| | | | <i>dap</i> | Sup _{<i>dap</i>} | <i>Ht</i> | Sup _{<i>Ht</i>} |
| CP1 | 2,7863 | 69,65 | 0,5390 | 0,4500 | 0,5081 | 0,4988 |
| CP2 | 0,6890 | 86,89 | 0,2143 | 0,7431 | -0,4859 | -0,4071 |
| CP3 | 0,3509 | 95,66 | -0,4966 | 0,2661 | -0,4120 | 0,7162 |
| CP4 | 0,1735 | 100,00 | 0,6458 | -0,4176 | -0,5796 | 0,2695 |

Segundo critérios adotados por CRUZ e REGAZZI (1997) e PEREIRA et al. (2003), o *dap* e a Sup_{*Ht*}, por apresentarem o maior coeficiente nos últimos componentes principais, que explicam uma pequena parcela da variância total poderiam ser descartados. Porém observa-se que o *dap* e a Sup_{*Ht*} também são relevantes para os primeiros componentes principais, o que segundo comentários de MORAIS (1992), torna questionável o descarte dessas variáveis. Dessa forma optou-se por não proceder ao descarte de variáveis para o restante da análise.

A dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais indica boa relação entre os grupos formados pelo método de Tocher (Quadro 2) e a dispersão dos escores no plano bidimensional (Figura 1).

Quanto à importância relativa das características avaliadas para a separação dos grupos, observa-se que a Sup_{*dap*} foi a que mais contribuiu (Figura 2), evidenciando-se a importância da obtenção de uma estimativa da superioridade das matrizes selecionadas em relação aos seus pares, para a sua separação em grupos divergentes.

No que tange às árvores matrizes mais divergentes pela análise visual, ressalta-se as distâncias entre as matrizes 37 (grupo 1), 46 (Grupo III) e 82 (grupo II). Assim, se o objetivo for aumentar a variabilidade genética na área de plantio, visando reduzir os possíveis riscos de estreitamento da base genética oriundos da clonagem, estas matrizes devem ser consideradas. Ressalta-se que esses materiais genéticos devem ainda, ser avaliados em teste clonal e apresentarem bom desempenho silvicultural e de qualidade da madeira, para serem utilizados comercialmente.

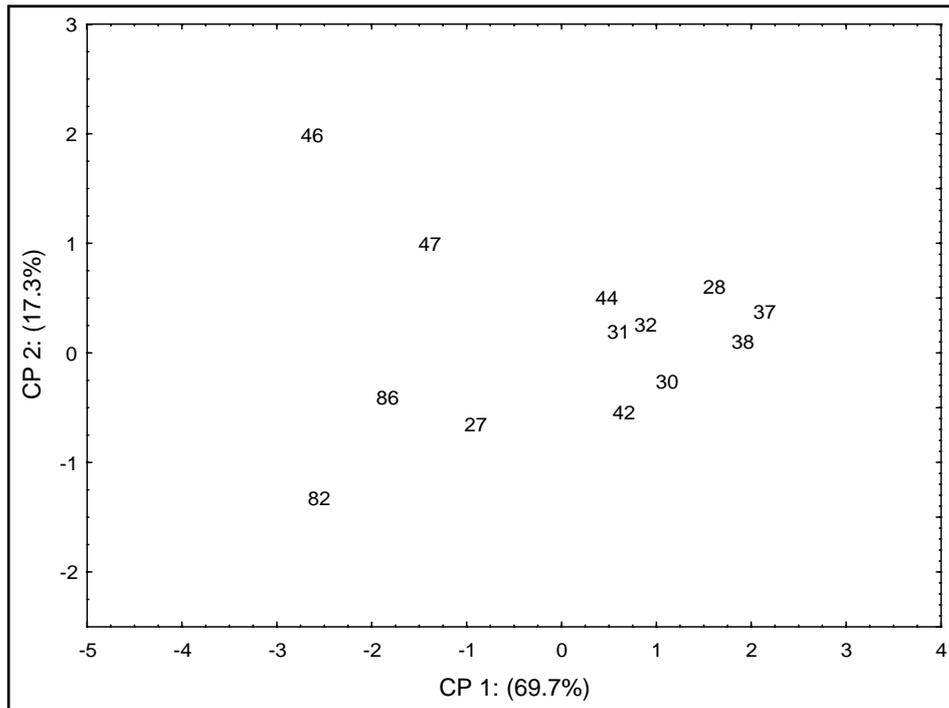


Figura 1 - Dispersão de escores das 13 árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*, selecionadas na região de Arapoti, PR, em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).

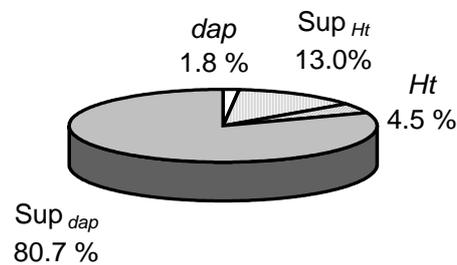


Figura 2 - Importância relativa das características para separação dos grupos utilizando-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana média e o método de agrupamento de Tocher.

Na Figura 3, observam-se os dados das variáveis utilizadas para a separação dos grupos. No que tange ao *dap*, o grupo que obteve a maior média foi o grupo III (30,2 cm).

Com relação a *Sup_{dap}* o grupo III também obteve a melhor performance com 41,6%, indicando que além de ser o melhor grupo em *dap*, a dominância das árvores desse grupo em relação aos seus pares também foi a mais expressiva. Para a característica *Ht* o grupo II que apresentou a maior média (35,1 metros), também se destacou para a característica *Sup_{Ht}* (12,8%).

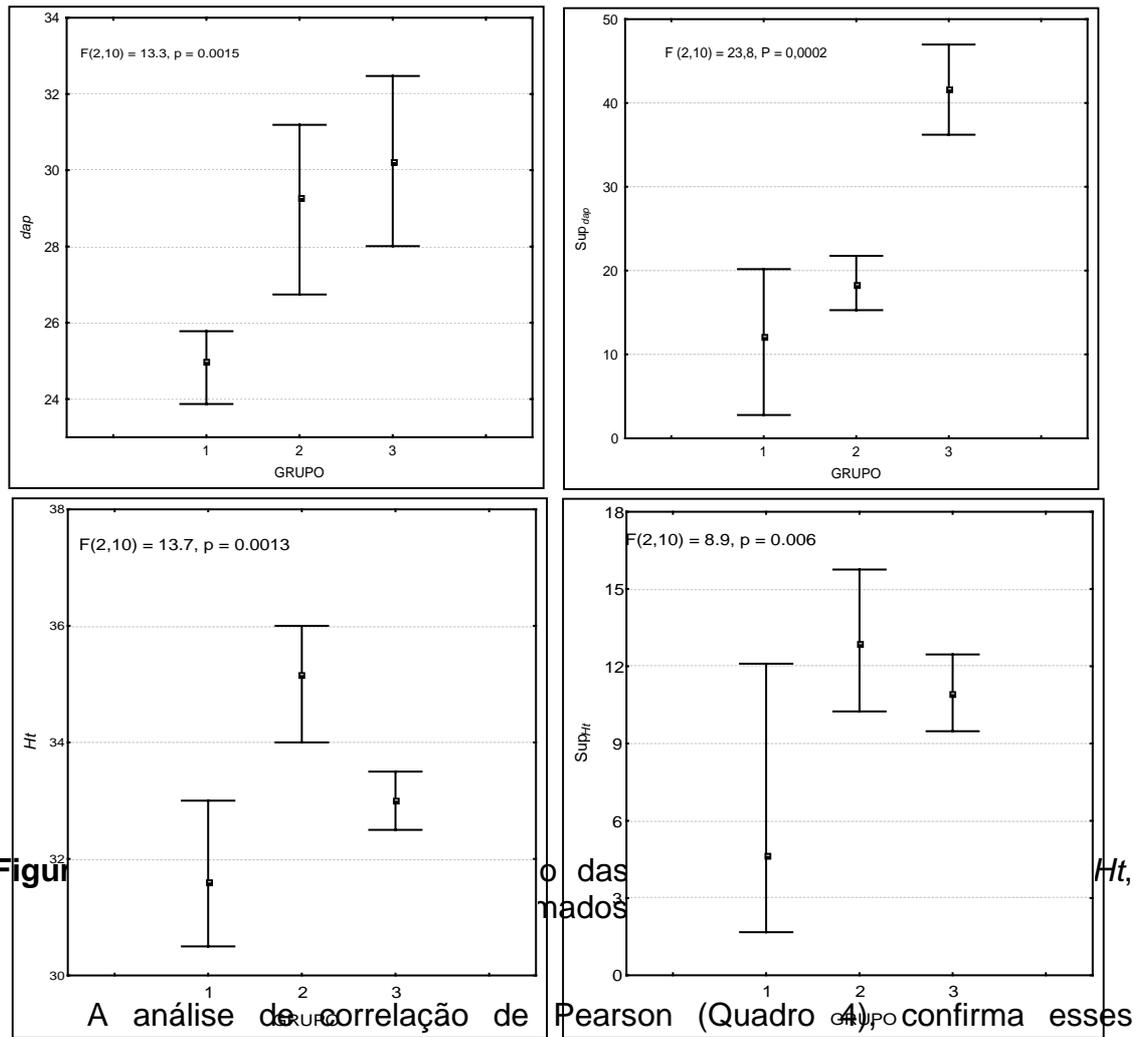


Figura 4 - A análise de correlação de Pearson (Quadro 4) confirma esses resultados, pois demonstra que árvores com maiores valores para *dap* e *Ht* tendem a apresentar maior superioridade para essas características em relação as árvores vizinhas. Provavelmente isso ocorreu por efeitos oriundos da competição entre os diferentes genótipos pelos recursos presentes na área.

Quadro 4 - Correlação de Pearson entre as características avaliadas para a seleção da árvore matriz (*dap*, *Sup_{dap}*, *Ht* e *Sup_{Ht}*)

| Características | <i>Sup_{dap}</i> | <i>Ht</i> | <i>Sup_{Ht}</i> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|
| <i>dap</i> | 0,69* | 0,69* | 0,59* |
| <i>Sup_{dap}</i> | | 0,39 ^{ns} | 0,46 ^{ns} |
| <i>Ht</i> | | | 0,62* |

* , ^{ns} Significativo e não significativo pelo teste de t a 5% de probabilidade.

3.1.1. Análise de discriminante

Com base na análise de discriminante observa-se que todos os indivíduos foram classificados dentro dos respectivos grupos (Quadro 5), indicando a precisão da técnica de agrupamento utilizada, no caso o método de Tocher. Com isso, as funções discriminantes obtidas (Quadro 6), podem ser utilizadas para classificar novas árvores entre os grupos em futuras seleções de árvores matrizes (LOPES, 2003).

Segundo MALHOTRA (2001), o modelo de análise discriminante de ANDERSON (1958) envolve combinações lineares da forma: $D = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \dots + \beta_kX_k$, onde D é igual ao escore discriminante, β é o coeficiente ou peso discriminante e X representa a i-ésima variável preditora ou independente. Sendo assim, para classificar um novo indivíduo dentro de um dos grupos, deverão ser mensuradas as quatro variáveis (dap , Sup_{dap} , Ht e Sup_{Ht}), substituindo-se os valores na função de discriminante referente a cada grupo e o grupo que obtiver o maior valor D é o aquele que a nova árvore deverá ser alocada.

Dessa forma, com a possibilidade de alocar novas árvores dentro dos diferentes grupos formados pelo método de Tocher, em futuras seleções de matrizes para clonagem, será possível ter um indicativo das afinidades genéticas entre as mesmas. Com base nestas informações pode-se orientar a distribuição espacial das árvores mais divergentes em pomares de sementes clonais, visando aumentar o efeito da heterose, oriunda do cruzamento entre materiais geneticamente divergentes e com bom desempenho silvicultural.

Quadro 5 - Número de casos e percentagens de classificação das árvores nos três grupos obtidos pelo método de Tocher

| Grupo | Nº de árvores/(%) | Grupo | | |
|-----------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | I | II | III |
| I | 8 100% | 8 100% | - - | - - |
| II | 3 100% | - - | 3 100% | - - |
| III | 2 100% | - - | - - | 2 100% |
| Taxa de erro aparente = 0% | | | | |

Quadro 6 - Equações de discriminante para os grupos formados pelo método de Tocher

| Grupo | Equações |
|-------|---|
| I | $D = -0,538dap - 0,107Sup_{dap} + 20,1Ht - 4,8Sup_{Ht} - 301,2$ |
| II | $D = -0,236dap - 0,181Sup_{dap} + 20,8Ht - 4,6Sup_{Ht} - 332,4$ |
| III | $D = -0,248dap - 0,065Sup_{dap} + 19,5Ht - 4,7Sup_{Ht} - 295,9$ |

3.2. Avaliações do teste clonal

Com base no Quadro 7, observa-se um comportamento diferenciado entre os clones para todas as características avaliadas, evidenciando diferenças significativas entre os diferentes materiais genéticos utilizados no teste clonal.

Quadro 7 - Análise de variância para as características diâmetro a altura do peito (*dap*), altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), volume sem casca (V_{SC}), volume de casca (V_C) e incremento médio anual em $m^3/ha/ano$ sem casca (IMA), para clones de *Eucalyptus grandis*, avaliados em teste clonal aos 7 anos de idade

| FV | GL | Quadrado Médio | | | | | |
|------------------------|----|--------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|
| | | <i>dap</i> (cm) | <i>Ht</i> (m) | V_{CC} (m^3) | V_{SC} (m^3) | V_C (m^3) | IMA ($m^3/ha/ano$) |
| Bloco | 2 | 6,2 | 11,6 | 0,011 | 0,009 | 0,0001 | 538,6 |
| Clone | 12 | 9,5* | 18,9* | 0,031* | 0,025* | 0,0002* | 1.469,6* |
| Resíduo | 24 | 2,4 | 7,3 | 0,007 | 0,005 | 0,007 | 337,6 |
| Média geral | - | 18,2 | 29,8 | 0,4481 | 0,3863 | 0,0611 | 91,9 |
| CV _{exp.} (%) | - | 8,5 | 9,0 | 19,0 | 19,9 | 14,3 | 19,9 |

* Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

No Quadro 8, observa-se que os clones 28, 47 e 82 se destacaram em relação aos demais para as características avaliadas. Esses três clones além de apresentarem o melhor desempenho silvicultural *per si*, pertencem a grupos diferentes (Quadro 2) apresentando, portanto, divergência genética. Devido a essa divergência aliada a alta produtividade, esses clones seriam ainda os prioritários para a alocação dentro de um pomar de semente, visando aproveitar a heterose manifestada no cruzamento de genitores divergentes.

Quadro 8 - Média das características diâmetro a altura do peito (*dap*), altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), volume sem casca (V_{SC}), volume de casca e incremento médio anual de madeira sem casca (IMA), para clones de *Eucalyptus grandis*, avaliados aos 7 anos de idade

| Clone | <i>dap</i> (cm) | <i>Ht</i> (m) | V_{CC} (m ³) | V_{SC} (m ³) | V_C (m ³) | IMA (m ³ /ha/ano) |
|-------|--------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 27 | 18,4 b | 30,7 a | 0,4445 b | 0,3812 b | 0,0633 b | 90,7 b |
| 28 | 21,8 a | 32,8 a | 0,6382 a | 0,5603 a | 0,0779 a | 133,3 a |
| 30 | 17,4 b | 31,7 a | 0,4140 b | 0,3513 b | 0,0626 b | 83,6 b |
| 31 | 16,8 b | 28,0 a | 0,3902 b | 0,3348 b | 0,0555 b | 79,7 b |
| 32 | 16,0 b | 25,6 a | 0,3368 b | 0,2881 b | 0,0487 b | 68,6 b |
| 37 | 16,6 b | 25,3 a | 0,3208 b | 0,2728 b | 0,0480 b | 64,9 b |
| 38 | 16,0 b | 29,1 a | 0,3146 b | 0,2622 b | 0,0524 b | 62,4 b |
| 42 | 18,1 b | 29,8 a | 0,4701 b | 0,4071 b | 0,0631 b | 96,9 b |
| 44 | 18,9 a | 29,0 a | 0,4641 b | 0,4028 b | 0,0613 b | 95,9 b |
| 46 | 18,6 b | 31,5 a | 0,4617 b | 0,3964 b | 0,0653 b | 94,3 b |
| 47 | 19,8 a | 33,9 a | 0,5664 a | 0,4914 a | 0,0750 a | 116,9 a |
| 82 | 20,6 a | 30,8 a | 0,5990 a | 0,5267 a | 0,0723 a | 125,3 a |
| 86 | 16,8 b | 29,2 a | 0,4302 b | 0,3707 b | 0,0594 b | 88,2 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna constituem um grupo homogêneo segundo critério de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

3.2.1. Desempenho da árvore selecionada x desempenho do clone

De acordo com a posição dos materiais genéticos no ranking de classificação (Quadro 9) observa-se que, com exceção das matrizes 28 e 46, existe certa concordância entre as características avaliadas na seleção inicial das árvores matrizes (*dap*, Sup_{dap} , *Ht*, Sup_{Ht}) e o seu desempenho no teste clonal em incremento médio anual (IMA). Esse fato também é comprovado na análise de trilha.

Já o fato de não se verificar esse comportamento para todos os materiais genéticos e não haver relação maior entre as características pode estar relacionado a fatores da interação clone x ambiente, tais como: padrão de qualidade de mudas, locais diferentes de seleção da árvore matriz e plantio do clone, variações climáticas ao longo da rotação da cultura, efeitos oriundos da competição intraclonal e variações no manejo silvicultural empregado pela empresa. O que torna indispensável a avaliação dos materiais genéticos em testes clonais, para que efetivamente possam ser selecionados os melhores clones.

Quadro 9 - Ranking das características utilizadas para a seleção das treze árvores matrizes, (dap , Ht , Sup_{dap} , Sup_{Ht}) e o desempenho dessas matrizes no teste clonal em incremento médio anual (IMA)

| Clone | Posição no Ranking | | | | Clone IMA ¹ |
|-------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| | Árvore Seleccionada | | | | |
| | dap | Sup_{dap} | Ht | Sup_{Ht} | |
| 27 | 5 ^o | 5 ^o | 3 ^o | 2 ^o | 7 ^o |
| 28 | 6 ^o | 11 ^o | 11 ^o | 11 ^o | 1 ^o |
| 30 | 12 ^o | 10 ^o | 5 ^o | 9 ^o | 9 ^o |
| 31 | 10 ^o | 6 ^o | 6 ^o | 8 ^o | 10 ^o |
| 32 | 9 ^o | 8 ^o | 7 ^o | 10 ^o | 11 ^o |
| 37 | 11 ^o | 12 ^o | 12 ^o | 13 ^o | 12 ^o |
| 38 | 7 ^o | 13 ^o | 13 ^o | 12 ^o | 13 ^o |
| 42 | 13 ^o | 9 ^o | 10 ^o | 4 ^o | 4 ^o |
| 44 | 8 ^o | 4 ^o | 9 ^o | 7 ^o | 5 ^o |
| 46 | 1 ^o | 1 ^o | 4 ^o | 6 ^o | 6 ^o |
| 47 | 4 ^o | 2 ^o | 8 ^o | 3 ^o | 3 ^o |
| 82 | 2 ^o | 7 ^o | 1 ^o | 1 ^o | 2 ^o |
| 86 | 3 ^o | 3 ^o | 2 ^o | 5 ^o | 8 ^o |

¹ Incremento médio anual em metro cúbico de madeira sem casca.

A análise de trilha evidenciou relação significativa entre as características avaliadas para a seleção da árvore matriz e o seu desempenho no teste clonal (Quadro 10). Nota-se que a variável Sup_{Ht} apresentou predomínio sobre as demais para o estabelecimento da correlação, sugerindo que dentro da amplitude dos valores mensurados na seleção inicial das árvores matrizes (Figura 3), o fato de selecionar uma árvore com maior valor para essa característica é um bom indicativo do seu bom desempenho após a sua avaliação em teste clonal.

Além de apresentar a maior correlação total, a Sup_{Ht} também apresentou o maior efeito direto sobre o incremento médio anual (IMA), superando as demais características avaliadas. Com relação aos efeitos indiretos a Sup_{Ht} , também apresentou os maiores valores e positivos, o que implica uma correlação de caracteres em sentido favorável. Dessa forma, a seleção simultânea via indireta, realizada com base nessa característica, aponta para uma alta eficiência no processo seletivo, (KUREK et al., 2001).

Quadro 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das características utilizadas para seleção inicial da árvore matriz (dap , Sup_{dap} , Ht , Sup_{Ht}) e o desempenho dessas matrizes no teste clonal em incremento médio anual em volume sem casca (IMA). Obtidas a partir dos dados transformados para a escala logarítmica

| Caracteres | | Estimativa |
|---------------------------------|-------|------------|
| <i>dap</i> | | |
| Efeito direto sobre IMA | 0.13 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0.09 | |
| Efeito indireto via Ht | -0.09 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0.45 | |
| Total | | 0.58 |
| Sup_{dap} | | |
| Efeito direto sobre IMA | 0.24 | |
| Efeito indireto via dap | 0.05 | |
| Efeito indireto via Ht | -0.06 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0.47 | |
| Total | | 0.70 |
| Ht | | |
| Efeito direto sobre IMA | -0.12 | |
| Efeito indireto via dap | 0.10 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0.13 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0.50 | |
| Total | | 0.61 |
| Sup_{Ht} | | |
| Efeito direto sobre IMA | 0.73 | |
| Efeito indireto via dap | 0.08 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0.15 | |
| Efeito indireto via Ht | -0.08 | |
| Total | | 0.88 |
| Coefficiente de determinação | | 0.82 |
| Efeito residual | | 0.42 |

Assim, em futuras seleções de árvores matrizes para clonagem, pode-se dar preferência a seleção de árvores que sejam alocadas para grupos que apresentem melhor desempenho para a característica Sup_{Ht} , o que nesse trabalho, pode ser feito pelas equações de discriminante do Quadro 6.

Dessa forma, mesmo com a necessidade de avaliação das matrizes selecionadas em teste clonal a aplicação da metodologia proposta poderá diminuir substancialmente o número de clones a serem avaliados em teste, racionalizando o uso da clonagem nas empresas florestais. Uma vez que, a etapa de avaliação das matrizes selecionadas para clonagem tende a

apresentar-se como a mais onerosa e demorada, para a silvicultura clonal, devido ao tamanho das parcelas a serem empregadas, em razão do alto custo de implantação, da baixa disponibilidade de mudas, das limitações de área, do aumento da área a ser controlada e das avaliações periódicas, entre outros (PEREIRA, 1996; ANDRADE et al. 1997; SILVA, 2001).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que principalmente a avaliação da superioridade em Ht (Sup_{Ht}) da árvore matriz em relação às árvores “codominantes” do local de seleção é um procedimento importante para a escolha inicial de árvores matrizes. No entanto, a instalação de testes clonais é imprescindível para a silvicultura clonal, principalmente devido à existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais.

A análise multivariada é eficaz para a alocação das matrizes em grupos divergentes, bem como para a classificação de árvores matrizes selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T. W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: John Wiley, 1958. 374 p.

ANDRADE, H. B. Avaliação da eficiência de utilização de bordaduras internas em teste clonais. In. IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador-BA, 1997. **Anais...** Colombo, PR: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1997. v. 1. p. 91-94.

ANDRADE, H. B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto**. 2002. 162 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do Eucalipto. **Informe agropecuário**, v. 18, n. 185. p. 32-21, 1996.

BARREIROS, R. M. et al. Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Scientia forestalis**, n. 61, p. 25-39, 2002.

CAMPINHOS, E. JR. ; IKEMORI, J. K. Clonagem de *Eucalyptus* spp. na Aracruz Florestal S/A. SIMÕES, J. W. Problemática da Produção de Mudas em Essências Florestais. **IPEF**, v. 4, n. 13, p. 6-11, 1987. (Série Técnica).

CRUZ, C. D. **Programa GENES** – versão windows. Viçosa, MG: Editora UFV. 2001. 642 p.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: UFV, 2003. p. 585.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa do eucalipto. **O papel**, v. 55, n. 1, p. 16-23, 1994.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. Piracicaba: **IPEF**, v. 45, p. 22-30, 1992.

FERREIRA M. Características da madeira de espécies/procedências/árvores superiores e clones de *Eucalyptus* – Revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. In: REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM *Eucalyptus*, 1., 1994, Aracruz. **Anais...** Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais, 1994. p. 1-18.

FRAMPTON, L. J. JR.; FOSTER, G. S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. (Eds.) **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p. 110-134.

GARCIA, S. L. R. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de Eucalipto**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS – IPEF. REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM *Eucalyptus*, 1., 1994, Aracruz. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1994. 87p.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba, PR**. 1988. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1988.

KUREK, A. J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Rev. Bras. de Agrociência**, v. 7. n. 1, p. 29-32, 2001.

LAMBETH, et al. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparisons with seedling checkes. **Forest Science**, v. 40, n. 3, p. 397-411, 1994.

LEITE, H. G. et al. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v.19, n.1, p. 75-79, 1995.

LOPES, C. R. **Variação fenotípica e genética em clones de *Eucalyptus urophylla* da ilha das flores (Indonésia)**. 1992. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MORAIS, O. P. **Análise multivariada da divergência genética dos progenitores, índices de seleção e seleção combinada numa população de arroz oriunda de intercruzamento, usando macho-esterilidade**. 1992. 251 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.

PEREIRA, A. B. **Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh na região nordeste do estado de Minas Gerais**. 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

PEREIRA, F. H. F. et al. Divergência genética entre acessos de taro utilizando caracteres morfo-qualitativos de inflorescência. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 520-524, 2003.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucaliptos avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **CERNE**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 1994.

SILVA, R. L. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto**. 2001. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise de dados ecológicos**: Interciência, 2000. 188 p.

XAVIER, A. Silvicultura clonal em *Eucalyptus*. **Revista da Madeira**, Edição especial: *Eucalyptus*. Curitiba: PR. 2003. p. 46-53.

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus grandis* EM RELAÇÃO ÀS ÁRVORES MATRIZES

RESUMO - Objetivando avaliar a eficiência da seleção inicial de 71 matrizes de *Eucalyptus grandis* e o desempenho dessas em teste de progênie, foram mensuradas as características *dap*, altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), sem casca (V_{SC}) e volume de casca (V_C), bem como foram mensuradas as cinco árvores “codominantes” em um raio de 10 metros da matriz selecionada, para verificar a superioridade dessa matriz em relação aos seus pares. O desempenho silvicultural dessas matrizes foi realizado por meio da instalação de um teste de progênie no delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições e parcela linear de seis plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a avaliação da superioridade em *dap* e *Ht* da árvore matriz em relação às árvores “co-dominantes” do local de seleção é um parâmetro importante para a escolha inicial de árvores matrizes. A análise multivariada demonstrou-se eficaz para a alocação das matrizes em grupos divergentes, bem como para a classificação de árvores matrizes selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher. Existe relação significativa entre as características utilizadas para a seleção inicial das árvores matrizes e o desempenho das progênies na avaliação final do teste. No entanto, a instalação do teste de progênies é imprescindível no processo de seleção, principalmente devido a existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais.

Palavras-chave: Melhoramento florestal, teste de progênie, análise multivariada.

Eucalyptus grandis PROGENIES SILVICULTURAL PERFORMANCE IN RELATION TO THE MATRIXES TREES

ABSTRACT - Having as an objective the *Eucalyptus grandis* 71 matrixes initial efficiency evaluation and their performance in the progeny test, the diameter (*dap*) characteristics, total height (*Ht*), volume with the bark, (V_{CC}), without the bark (V_{SC}) and the bark volume (V_C) were measured as well as the five “co-dominant” trees in a 10 meter range from the selected matrix, to evaluate this matrix superiority in relation to their pairs. These matrixes silvicultural performance was carried out through the progeny tests installation in the delineation in blocks at random, with eight repetitions in six plants linear parcels, in a 3 x 2 meters spacing. Based on the evaluations carried out in this study, it could be concluded that the superiority in the matrix tree *Ht* in relation to the selected site “co-dominant” trees is an important parameter for the matrix tress initial choosing. The multi-varied analyzes proved to be efficient for the matrix placing in diverging groups, as well as for the afterwards selected matrixes trees classification, within the groups pre-defined by the Tocher method. There is a significant relation between the characteristics used for the matrixes trees initial selection and the progeny performance in the final test evaluation. However, the progeny test installation is vital in the selection process, especially due to the genotype interaction with the environmental effects.

Key words: Forest improvement, progeny test and multivaried analyzes.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores avanços genéticos, no melhoramento de plantas, de que se tem conhecimento foi obtido no Brasil, com a seleção massal, seguida da propagação vegetativa de indivíduos superiores de diferentes espécies de *Eucalyptus* (GONÇALVES et al., 2001). Esses avanços ocorreram principalmente devido à seleção intensiva de árvores fenotipicamente superiores, justificada pela existência de uma ampla variabilidade genética nas populações implantadas a partir de sementes.

Geralmente na primeira etapa de seleção em uma população que apresenta diversidade genética é fácil identificar os indivíduos superiores. Porém após a primeira amostragem dessa população, numa próxima etapa de seleção, torna-se mais difícil identificar árvores superiores àquelas selecionadas anteriormente (COMSTOCK, 1964; STELL et al., 1997; GONÇALVES, et al., 2001; ANDRADE, 2002).

Dessa forma, para que seja possível selecionar indivíduos superiores nas próximas etapas de seleção há necessidade da condução de programas de melhoramento intra ou interpopulacionais, capazes de ampliar as chances de gerar novas combinações genotipicamente superiores, bem como se torna igualmente importante o desenvolvimento de metodologias que aumentem a eficiência no processo seletivo (ASSIS, 1996; GONÇALVES 2001; ANDRADE, 2002).

Assim, existe atualmente a tendência de selecionar árvores matrizes para clonagem em teste de progênies, aproveitando os avanços alcançados pelos programas de melhoramento que estão sendo avaliados, assim como, essas árvores selecionadas são utilizadas na implantação de pomares de sementes clonais da próxima geração.

Um questionamento que surge quando da instalação do teste de progênies é sobre o número de árvores matrizes que devem ser testadas (PATIÑO-VALERA, 1986; XAVIER, 1996). Pois em espécies florestais, a etapa de avaliação geralmente é a mais onerosa e demorada representando um custo considerável no processo de avaliação de materiais genéticos (SILVA, 2001; ANDRADE, 2002).

Porém, em contraste à necessidade de redução de custos nessa fase, geralmente a avaliação de maior número de materiais genéticos aumenta a probabilidade de encontrar um genótipo que se adapte a determinada condição específica. Dessa forma torna-se necessário maior acurácia na seleção inicial das árvores matrizes que irão compor o teste de progênes, aumentando o aproveitamento dos materiais genéticos testados.

Contudo, a seleção inicial das matrizes vem sendo realizada através da observação direta de características dendrométricas (*dap*, *Ht* e volume) e de características fenotípicas desejáveis, como: a forma do fuste, o tipo de casca, o tamanho da copa, a espessura e persistência dos ramos, além da presença de pragas e doenças, o que não proporciona informações mais detalhadas sobre a possibilidade da árvore matriz selecionada ser uma das eleitas após a avaliação final do teste de progênes.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma abordagem sobre a utilização de técnicas de análise multivariada na seleção inicial de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* e avaliação do desempenho dessas matrizes após a avaliação final do teste de progênes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

A presente pesquisa foi realizada na Inpacel Agroflorestal, empresa pertencente ao Grupo International Paper, no município de Arapoti, Paraná (Latitude: -24° 08' 29"; Longitude: -49° 49' 45"; Altitude 800 metros).

Foram utilizadas 71 árvores matrizes selecionadas em uma população de *Eucalyptus grandis*, plantadas no espaçamento de 3 x 2 metros, em um latossolo vermelho escuro. Essas matrizes foram plantadas entre 1984 e 1986 e a coleta de sementes nas matrizes selecionadas ocorreu entre 1992 e 1993, conforme apresentado no Quadro 1.

O desempenho dessas matrizes foi avaliado por meio da instalação de um teste de progênes no delineamento de blocos ao acaso, com oito repetições e parcelas lineares de seis plantas, em espaçamento de 3 x 2 metros. Utilizou-se uma fertilização inicial de NPK 5-30-10 na dosagem de 300 kg/ha na linha de plantio.

Quadro 1 - Caracterização das árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*, selecionadas no município de Arapoti, PR

| Ano de Plantio | Época de Seleção | Área talhão (ha) | Nº de matrizes selecionadas/talhão | Média das árvores selecionadas | | Média do talhão | |
|----------------|------------------|------------------|---|--------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | | | | dap (cm) | Ht (m) | dap (cm) | Ht (m) |
| 84 | set/92 | 18,0 | 11 (1 2 3 4 6 7 8 9 10 12 13) | 30,0 | 36,9 | 15,0 | 24,4 |
| 84 | out/92 | 27,1 | 2 (14 e 15) | 26,4 | 35,2 | 15,0 | 25,2 |
| 84 | out/92 | 31,6 | 2 (16 e 22) | 24,4 | 32,8 | 15,5 | 25,3 |
| 86 | nov/92 | 29,8 | 17 (25 26 28 29 30 34 36 38 40 42 43 44 45 46 48 49 50) | 26,4 | 32,3 | 15,5 | 26,0 |
| 86 | jun/93 | 37,1 | 17 (52 54 57 58 60 63 66 67 68 73 74 75 76 77 78 79 80) | 28,4 | 34,1 | 15,0 | 24,6 |
| 87 | jun/93 | 28,8 | 8 (82 83 84 85 92 93 94 95) | 30,8 | 33,6 | 14,6 | 22,5 |
| 86 | jul/93 | 32,0 | 14 (99 100 102 105 107 109 112 115 116 118 119 120 122 123) | 32,9 | 38,5 | 15,0 | 24,0 |

2.2. Metodologia experimental

2.2.1. Características avaliadas – Árvores selecionadas

Para a seleção dessas matrizes foram utilizadas as características dendrométricas: diâmetro a altura do peito (*dap*), altura total (*Ht*), volume com casca (V_{CC}), volume sem casca (V_{SC}) e volume de casca (V_C). Utilizou-se também, a avaliação das características fenotípicas: forma do fuste, espessura dos ramos, persistência dos ramos (desrama natural), tamanho da copa, tipo de casca e avaliação quanto à presença de pragas e doenças.

Para verificar a superioridade da matriz selecionada em relação aos seus pares, em um raio de 10 metros da árvore alvo da seleção, foram avaliadas as mesmas características dendrométricas em outras cinco árvores “codominantes” na área. Dessa forma, foram calculadas as superioridades em diâmetro a altura do peito (Sup_{dap}), em altura (Sup_{Ht}), em volume com casca ($Sup_{V_{CC}}$), em volume sem casca ($Sup_{V_{SC}}$) e em volume de casca (sup_{V_C}), conforme apresentado abaixo:

$$Sup. (\%) = 100[(C_S/C_E) - 1]$$

C_S : Característica silvicultural da árvore selecionada;

C_E: Média das características dendométricas das cinco árvores “co-dominantes”.

O *dap* foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a *Ht* foi obtida com o uso do relascópio. O V_{CC} e o V_{SC} foram calculados através da equação de múltiplos volumes de LEITE et al. (1995), utilizada pela empresa para mensuração de seus povoamentos de *Eucalyptus grandis*, conforme apresentado abaixo:

$$V = 0,000048dap^{1,720483}Ht^{1,180736}e^{(-3,00555)(tx/dap)}\{1 - (d/dap)^{1+0,228531d}\}$$

onde: *dap* - diâmetro a 1,3 metros de altura; *Ht* - altura total; tx = 0, para volume com casca e 1 para volume sem casca; d: diâmetro comercial superior.

O volume de casca (V_C) foi calculado pela diferença entre o V_{CC} e o V_{SC} .

2.2.2. Análise multivariada – Árvores selecionadas

As matrizes selecionadas foram agrupadas pelo método de Tocher, tendo como base a distância euclidiana média, conforme descrito em CRUZ e REGAZZI, (1997) e VALENTIN (2000).

Para a confirmação do agrupamento e para obter as informações em nível de indivíduos realizou-se a dispersão dos escores das variáveis em eixos cartesianos, estabelecidos por componentes principais, conforme metodologia descrita em VALENTIN (2000).

Para verificar a importância relativa das características utilizadas para a formação dos grupos, foi utilizado o método proposto por Singh (1981), citado por CRUZ e CARNEIRO (2003).

2.2.3. Análise de discriminante – Árvores selecionadas

Para estimar a probabilidade de árvores classificadas corretamente dentro dos diferentes grupos formados pelo método de Tocher e para estabelecer equações de discriminante que permitam classificar árvores matrizes selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de

Tocher, foi utilizada a análise de discriminante proposta por ANDERSON (1958). Segundo CRUZ e CARNEIRO (2003) considerando, por exemplo, apenas duas populações, ter-se-ia:

π_1 e π_2 populações 1 e 2, respectivamente. π_1 e π_2 vetor de médias dos p caracteres avaliados em, π_1 e π_2 respectivamente.

ω_1 e ω_2 matriz de covariâncias entre os caracteres avaliados em, π_1 e π_2 respectivamente.

ρ_1 e ρ_2 probabilidades, a priori, de os indivíduos pertencerem a, π_1 e π_2 respectivamente.

X : vetor de variáveis representativas dos caracteres envolvidos na análise.

Classifica-se o i -ésimo material genético com vetor de média X_i na população π_j se, e somente se, $D_j(x_i)$ for o maior entre os elementos do conjunto $\{D_1(x_i), D_2(x_i)\}$. Utilizando-se as funções discriminantes e os dados das próprias populações, π_1 e π_2 ainda é possível estimar a taxa de erro aparente que mede a eficiência da função discriminante em classificar os genótipos, corretamente, nas populações previamente estabelecidas.

2.3. Avaliações do teste de progênies

Aos seis anos de idade do teste de progênies foram mensurados o dap e a Ht de todas as plantas da parcela, com o auxílio de uma fita diamétrica e do relascópio. O V_{CC} foi calculado através da equação de múltiplos volumes de LEITE et al. (1995), conforme descrito no item 2.2.1.

Em plantas perenes, a seleção propriamente dita deve basear-se nos valores genéticos aditivos (quando o interesse é a propagação sexuada dos indivíduos selecionados), para tanto com o objetivo de selecionar entre as 71 progênies as 20 melhores foi utilizado o procedimento REML/BLUP como relatado por RESENDE e HIGA (1994), utilizando para tanto o software SELEGEN (RESENDE et al., 1994).

2.4. Árvore selecionada x desempenho genético das progênes

Para verificar o efeito das características utilizadas para formação dos grupos sobre o valor genético aditivo para V_{CC} previsto pela metodologia REML/BLUP após a avaliação do teste de progênie, as mesmas foram dispostas em um ranking de classificação e também foi realizada a análise de trilha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise multivariada – Árvores selecionadas

A análise de agrupamento foi realizada com base no dap , Sup_{dap} , Ht e na Sup_{Ht} , uma vez que, a variável volume apresenta forte correlação com as características dap e Ht para a aplicação da análise de agrupamento (GARCIA, 1998). Após o agrupamento formaram-se seis grupos distintos, indicando a existência de variabilidade entre as progênes selecionadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Agrupamento de 71 progênes de *Eucalyptus grandis*, tendo como base as características dap , Ht , Sup_{dap} e Sup_{Ht} , utilizando a distância euclidiana média e o método de otimização de Tocher

| Grupo | Nº de Matrizes | Nº das matrizes |
|-------|----------------|--|
| I | 38 | 1 2 4 6 8 9 10 12 34 36 49 50 52 60 66 67 68 73 75 77 78 79 80 83 84 85 94 95 99 102 105 109 112 115 116 119 120 122 |
| II | 21 | 3 14 15 16 22 25 26 28 29 30 38 40 43 44 48 54 57 58 74 76 95 |
| III | 5 | 42 63 82 92 93 |
| IV | 3 | 107 118 123 |
| V | 3 | 7 45 46 |
| VI | 1 | 13 |

Essa variabilidade entre progênes pode ser indicativo de perspectivas de ganho genético pela condução dessa população em gerações avançadas de melhoramento (XAVIER, 1996). Neste contexto, a separação em grupos divergentes pode orientar a distribuição espacial das mesmas no delineamento utilizado para a instalação do teste de progênes.

Para ASSIS (1996) após sua avaliação final, o teste de progênies pode ser desbastado e transformado em pomar de sementes por muda para a produção comercial de sementes melhoradas. Dessa forma a informação prévia que possibilite a alocação espacial das progênies na área de teste pode evitar problemas relacionados à endogamia provocada por cruzamentos entre indivíduos aparentados. CRUZ (1990) relata que não é recomendável o cruzamento entre matrizes de um mesmo grupo, para que a variabilidade, indispensável em qualquer programa de melhoramento, não seja restrita de modo a inviabilizar os ganhos a serem obtidos.

Em relação à análise de componentes principais, verifica-se que os dois primeiros componentes explicam 79,79% da variância total das características avaliadas (Quadro 3). Segundo CRUZ e REGAZZI (1997), o estudo da diversidade genética por meio da dispersão gráfica dos escores gerados pelos componentes principais, em espaço bidimensional, é aceitável quando a variância dos dois primeiros componentes, explica aproximadamente 80% da variância total. Dessa forma optou-se por apresentar a dispersão dos escores gerados num gráfico com os dois primeiros componentes.

Quadro 3 - Estimativas das variâncias (autovalores) associados aos componentes principais e os respectivos coeficientes de ponderação (autovetores) das características avaliadas na seleção das progênies de *Eucalyptus grandis*, na região de Arapoti, PR

| Componente Principal | Variância (autovalor) | Variância Acumulada (%) | Coeficientes de Ponderação associados a: | | | |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|--|---------------------------|-----------|--------------------------|
| | | | <i>dap</i> | Sup _{<i>dap</i>} | <i>Ht</i> | Sup _{<i>Ht</i>} |
| CP1 | 2,4193 | 60,48 | 0,5910 | 0,4954 | 0,5120 | 0,3783 |
| CP2 | 0,7723 | 79,79 | -0,2790 | 0,0095 | -0,3483 | 0,8949 |
| CP3 | 0,6431 | 95,87 | 0,0229 | 0,7675 | -0,5967 | -0,2332 |
| CP4 | 0,1651 | 100,00 | -0,7566 | 0,4068 | 0,5103 | -0,0415 |

A dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais indica boa relação entre os grupos formados pelo método de Tocher (Quadro 2) e a dispersão dos escores no plano bidimensional (Figura 1).

No que tange às matrizes mais divergentes pela análise visual, ressaltam-se as distâncias entre as matrizes 13 (grupo VI), 29 (Grupo II), 63 (grupo

III) e 107 (grupo IV), devendo ser estas as progênies consideradas para cruzamentos, visando aumentar o efeito da heterose em programas de cruzamento controlado ou de polinização livre. Ressalta-se que esses materiais genéticos devem ainda, ser avaliados em testes de progênies e apresentarem valor genético satisfatório para serem alvo da seleção.

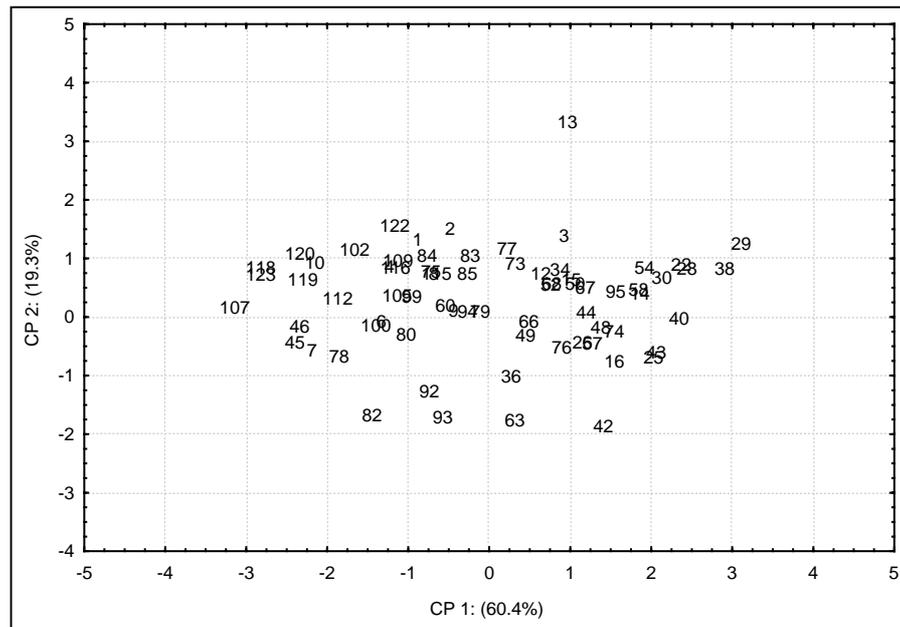


Figura 1 - Dispersão dos escores das 71 progênies de *Eucalyptus grandis*, selecionadas na região de Arapoti, PR, em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).

Na Figura 2, observa-se a importância relativa das características avaliadas para a separação dos grupos. A característica que mais contribuiu para a separação foi a Sup_{dap} , evidenciando-se a importância da obtenção de uma estimativa da superioridade das progênies selecionadas em relação aos seus pares, para a sua separação em grupos divergentes.

Na Figura 3, observam-se os dados das variáveis utilizadas para a separação dos grupos. No que tange ao dap , o grupo que obteve a maior média foi o IV (34,9 cm), para a Sup_{dap} o grupo V obteve a melhor performance com 40,5% de superioridade. Para a característica Ht o grupo IV apresentou a maior média (40,1 metros) e para Sup_{Ht} , o grupo III apresentou 13,7% de superioridade.

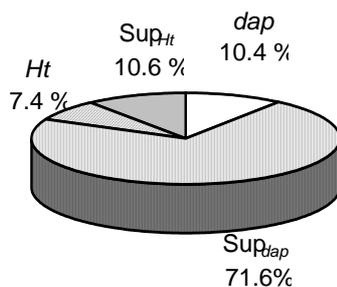


Figura 2 - Importância relativa das características para separação dos grupos utilizando-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana média e o método de agrupamento de Tocher.

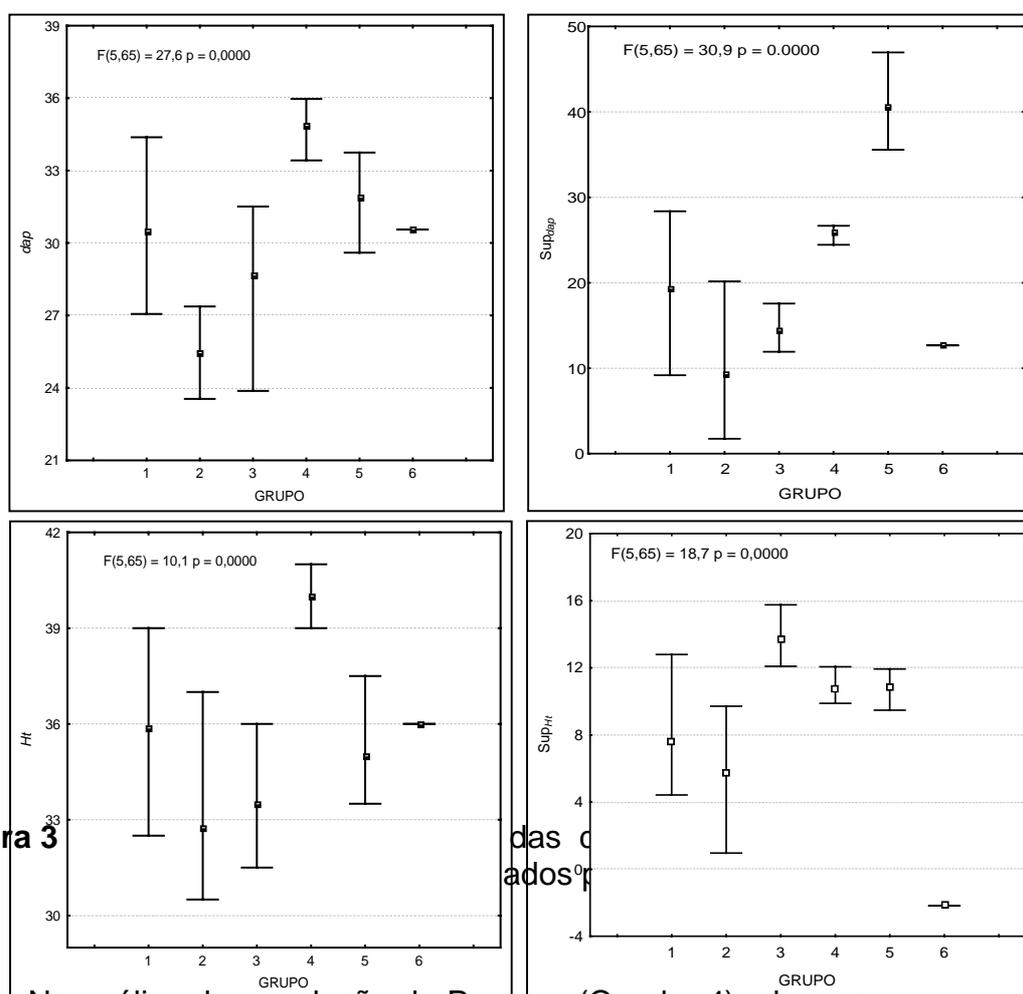


Figura 3

das características de crescimento das plantas

Na análise de correlação de Pearson (Quadro 4), observa-se que existe tendência de árvores com maiores valores para *dap* apresentarem maior *Sup_{dap}* e maior *Ht*. Provavelmente isso ocorre por efeitos oriundos da competição entre os diferentes genótipos pelos recursos presentes na área.

Esta competição intergenotípica pode favorecer as plantas que apresentam um crescimento inicial mais rápido, particularmente, durante e

após o fechamento de copas, tendendo a se perpetuar e se tornar cada vez mais expressivo (FRAMPTON e FOSTER, 1993).

Quadro 4 - Correlação de Pearson entre as características avaliadas para a seleção das progênes (*dap*, Sup_{dap} , *Ht* e Sup_{Ht})

| | Sup_{dap} | <i>Ht</i> | Sup_{Ht} |
|-------------|-------------|-----------|------------|
| <i>dap</i> | 0,67* | 0,73* | 0,35* |
| Sup_{dap} | | 0,35* | 0,34* |
| <i>Ht</i> | | | 0,31* |

* Significativo pelo teste de t a 5% de probabilidade.

3.1.1. Análise de discriminante

Com base na análise de discriminante observa-se que 83,1% das progênes foram corretamente classificadas dentro dos grupos (Quadro 5), indicando boa precisão da técnica de agrupamento utilizada, no caso o método de Tocher. Com isso, as funções discriminantes obtidas (Quadro 6), podem ser utilizadas para classificar novas árvores entre os grupos em futuras seleções de árvores matrizes.

Quadro 5 - Número de casos e percentagens de classificação das árvores nos seis grupos obtidos pelo método de Tocher

| Grupo | Nº de árvores/(%) | Grupo | | | | | |
|-------|-------------------|-------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| I | 38 100% | 26 68,4% | 4 10,5% | 1 2,6% | 7 18,5% | - | - |
| II | 21 100% | - | 21 100% | - | - | - | - |
| III | 5 100% | - | - | 5 100% | - | - | - |
| IV | 3 100% | - | - | - | 3 100% | - | - |
| V | 3 100% | - | - | - | - | 3 100% | - |
| VI | 1 100% | - | - | - | - | - | 1 100% |

Taxa de erro aparente = 16,9%

Segundo MALHOTRA (2001), o modelo de análise discriminante de ANDERSON (1958) envolve combinações lineares da forma: $D = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \dots + \beta_kX_k$, onde D é igual ao escore discriminante, β é o coeficiente ou peso discriminante e X representa a variável preditora ou

independente. Sendo assim para classificar um novo indivíduo dentro de um dos grupos, deverão ser mensuradas as quatro variáveis (dap , Sup_{dap} , Ht e Sup_{Ht}), substituindo-se os valores na função de discriminante referente a cada grupo e o grupo que obtiver o maior valor D, é o grupo que a nova árvore deverá ser alocada.

Quadro 6 - Equações de discriminante para os grupos formados pelo método de Tocher

| Grupo | Equação |
|-------|---|
| I | $D = 1,001dap - 0,456Sup_{dap} + 4,791Ht - 0,457Sup_{Ht} - 96,8$ |
| II | $D = 0,581dap - 0,493Sup_{dap} + 4,763Ht - 0,457Sup_{Ht} - 83,6$ |
| III | $D = 1,188dap - 0,615Sup_{dap} + 4,152Ht + 0,397Sup_{Ht} - 86,6$ |
| IV | $D = 1,145dap - 0,466Sup_{dap} + 5,191Ht - 0,295Sup_{Ht} - 117,9$ |
| V | $D = 0,345dap + 0,006Sup_{dap} + 4,676Ht - 0,290Sup_{Ht} - 87,7$ |
| VI | $D = 1,462dap - 0,543Sup_{dap} + 4,903Ht - 1,538Sup_{Ht} - 110,6$ |

Assim, com a possibilidade de alocar novas árvores matrizes dentro dos diferentes grupos formados pelo método de Tocher, em futuras seleções iniciais de matrizes para testes de progênies, será possível ter um indicativo das afinidades genéticas entre as mesmas.

3.2. Avaliações do teste de progênies

Considerando-se que um teste de progênie, com a eliminação dos indivíduos inferiores, pode-se tornar uma fonte de coleta de sementes para plantios comerciais. Nesse estudo efetuou-se uma seleção de 28,2% entre as famílias e de 12,5% dentro das famílias, adotando-se como unidade de recombinação apenas os indivíduos selecionados. Esse esquema seletivo deixaria o pomar de sementes por mudas com uma população aproximada de 160 árvores, onde estariam presentes 20 progênies selecionadas, conforme Quadro 7.

Quadro 7 - Famílias selecionadas, percentagem de progênies selecionadas por grupo formado pelo método de Tocher das 20 melhores progênies, eleitas pela metodologia REML/BLUP

| Grupo | Famílias | Percentagem |
|-------|----------|-------------|
|-------|----------|-------------|

| selecionadas | | |
|--------------|-----|--------------|
| | 34 | |
| | 36 | |
| | 49 | |
| | 50 | |
| | 67 | |
| I | 73 | 28,9% |
| | 102 | |
| | 105 | |
| | 116 | |
| | 120 | |
| | 122 | |
| <hr/> | | |
| | 16 | |
| | 30 | |
| II | 40 | 23,8% |
| | 44 | |
| | 58 | |
| <hr/> | | |
| | 63 | |
| III | 82 | 60,0% |
| | 93 | |
| <hr/> | | |
| IV | 107 | 33,3% |

Constata-se que a maior percentagem de progênies selecionadas, dentro dos diferentes grupos, de acordo com o seu valor genético aditivo pertenceram ao grupo III. Enquanto que as progênies dos grupos V e VI não foram selecionadas.

A análise da seleção dessas progênies levando-se em conta o grupo a que pertencem, como comentado, torna-se bastante importante para nortear o desbaste do teste de progênie. Além disso, os indivíduos geneticamente superiores em testes de progênies podem ser propagados vegetativamente e arranjados em delineamento próprio, de modo a assegurar cruzamentos não aparentados, formando os pomares de sementes clonais (ASSIS, 1996).

Dessa forma, caso sejam selecionadas muitas progênies de um mesmo grupo o melhorista pode tomar a decisão de utilizar apenas algumas progênies desse grupo e continuar a seleção dando preferência a progênies de outros grupos que tenham valor genético satisfatório, para que o pomar contenha um maior número de matrizes divergentes.

Essas árvores selecionadas no teste de progênie podem ainda, servir como fonte de material genético para o programa de clonagem (MENCK et al. 1988) e a sua classificação quanto ao grupo a que pertencem pode ser um indicativo da variabilidade genética entre os clones selecionados.

3.2.1. Árvore selecionada x desempenho da progênie

De acordo com o Quadro 8, observa-se que existe certa concordância entre a posição no ranking das características avaliadas na seleção inicial das árvores matrizes (*dap*, Sup_{dap} , *Ht*, Sup_{Ht}) e o seu valor genético aditivo para V_{CC} predito pela metodologia REML/BLUP. Esse fato também é comprovado na análise de trilha entre essas características (Quadro 9).

Quadro 8 - Ranking das características utilizadas para a seleção inicial das progênie (*dap*, Sup_{dap} , *Ht*, Sup_{Ht}) e para o valor genético aditivo para V_{CC} predito pela metodologia REML/BLUP para as vinte melhores progênie selecionadas

| PROGÊNIE | Posição no Ranking | | | | |
|----------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Árvore Selecionada | | | | Progênie |
| | <i>dap</i> | Sup_{dap} | <i>Ht</i> | Sup_{Ht} | a^1 |
| 16 | 19 ^o | 20 ^o | 9 ^o | 7 ^o | 12 ^o |
| 30 | 20 ^o | 16 ^o | 13 ^o | 20 ^o | 11 ^o |
| 34 | 12 ^o | 6 ^o | 14 ^o | 18 ^o | 16 ^o |
| 36 | 13 ^o | 7 ^o | 15 ^o | 5 ^o | 8 ^o |
| 40 | 18 ^o | 17 ^o | 19 ^o | 16 ^o | 19 ^o |
| 44 | 17 ^o | 5 ^o | 18 ^o | 13 ^o | 6 ^o |
| 49 | 14 ^o | 3 ^o | 17 ^o | 9 ^o | 18 ^o |
| 50 | 11 ^o | 19 ^o | 10 ^o | 14 ^o | 13 ^o |
| 58 | 16 ^o | 14 ^o | 20 ^o | 19 ^o | 20 ^o |
| 63 | 15 ^o | 15 ^o | 11 ^o | 3 ^o | 14 ^o |
| 67 | 10 ^o | 18 ^o | 16 ^o | 15 ^o | 17 ^o |
| 73 | 9 ^o | 8 ^o | 8 ^o | 17 ^o | 7 ^o |
| 82 | 6 ^o | 11 ^o | 7 ^o | 1 ^o | 5 ^o |
| 93 | 8 ^o | 10 ^o | 12 ^o | 2 ^o | 15 ^o |
| 102 | 3 ^o | 4 ^o | 5 ^o | 11 ^o | 3 ^o |
| 105 | 7 ^o | 12 ^o | 4 ^o | 6 ^o | 10 ^o |
| 107 | 1 ^o | 1 ^o | 1 ^o | 4 ^o | 1 ^o |
| 116 | 5 ^o | 9 ^o | 6 ^o | 10 ^o | 4 ^o |
| 120 | 2 ^o | 2 ^o | 2 ^o | 8 ^o | 2 ^o |
| 122 | 4 ^o | 13 ^o | 3 ^o | 12 ^o | 9 ^o |

¹ Valor genético aditivo para V_{CC} predito pela metodologia REML/BLUP.

Quadro 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das características utilizadas para seleção inicial da árvore matriz (*dap*, Sup_{dap} , *Ht*, Sup_{Ht}) e o valor genético aditivo (*a*) para V_{CC} predito pela

metodologia REML/BLUP para as vinte melhores progênies selecionadas

| Caracteres | | Estimativa |
|---------------------------------|-------|------------|
| <i>dap</i> | | |
| Efeito direto sobre (a) | -0,33 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0,35 | |
| Efeito indireto via Ht | 0,56 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0,02 | |
| Total | | 0,60 |
| Sup_{dap} | | |
| Efeito direto sobre (a) | 0,58 | |
| Efeito indireto via <i>dap</i> | -0,20 | |
| Efeito indireto via Ht | 0,26 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0,01 | |
| Total | | 0,65 |
| Ht | | |
| Efeito direto sobre (a) | 0,63 | |
| Efeito indireto via <i>dap</i> | -0,29 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0,24 | |
| Efeito indireto via Sup_{Ht} | 0,02 | |
| Total | | 0,60 |
| Sup_{Ht} | | |
| Efeito direto sobre (a) | 0,06 | |
| Efeito indireto via <i>dap</i> | -0,11 | |
| Efeito indireto via Sup_{dap} | 0,07 | |
| Efeito indireto via Ht | 0,18 | |
| Total | | 0,20 |
| Coefficiente de determinação | | 0,57 |
| Efeito residual | | 0,66 |

Já o fato de não se verificar uma concordância maior no ranking de características pode estar relacionado a fatores da interação genótipo x ambiente, tais como: locais diferentes de seleção da árvore matriz e plantio da progênie, qualidade de mudas, variações climáticas ao longo da rotação da cultura, efeitos oriundos da competição intergenotípica pelos recursos presentes na área e variações no manejo silvicultural empregado pela empresa, o que torna indispensável a avaliação dos materiais genéticos em teste de progênies, para que efetivamente sejam selecionados os melhores materiais genéticos.

A análise de trilha revelou a existência de correlação entre as características avaliadas para a seleção da árvore matriz e o seu desempenho genético no teste de progênies (Quadro 9). A característica Ht foi responsável

pelo maior efeito direto sobre o valor genético aditivo (a), superando as demais características avaliadas.

Com relação aos efeitos indiretos a Ht , também apresentou os maiores valores e positivos, o que implica uma correlação de caracteres em sentido favorável. Dessa forma, a seleção simultânea via indireta, realizada com base nessa característica, aponta para uma alta eficiência no processo seletivo, (KUREK, et al. 2001).

O que sugere que, dentro da amplitude dos valores mensurados na seleção das árvores matrizes (Figura 3), o fato de selecionar uma árvore com maiores valores para essas características, é um indicativo do melhor desempenho da mesma após a sua avaliação em teste de progênies.

Assim, em futuras seleções de árvores matrizes, mesmo com a necessidade de avaliação em teste de progênies, pode-se dar preferência a seleção de árvores que sejam alocadas para grupos que apresentem melhor desempenho para essas características, o que nesse trabalho, pode ser feito pelas equações de discriminante do Quadro 6. Essa metodologia poderia aumentar o aproveitamento das árvores levadas para testes de progênies, diminuindo os custos de avaliação dos materiais genéticos na condução dos programas de melhoramento florestal.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a avaliação da superioridade em dap e Ht da árvore matriz em relação às árvores “co-dominantes” do local de seleção é um parâmetro importante para a escolha inicial de árvores matrizes. No entanto, a instalação do teste de progênies é imprescindível no processo de seleção, principalmente devido à existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais.

A análise multivariada se demonstrou eficaz para a alocação das progênies em grupos divergentes, bem como para a classificação de progênies selecionadas posteriormente dentro dos grupos pré-definidos pelo método de Tocher.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T. W. **An introduction to multivariate statistical analysis.** New York: John Wiley, 1958. 374 p.

ANDRADE, H. B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto.** 2002. 162 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do Eucalipto. **Informe agropecuário**, v. 18, n. 185. p. 32-21, 1996.

COMSTOCK, R. E. Selection procedures in corn improvement. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 19., 1964, Washington. **Proceedings...** Washington: 1964. n. 19, p. 87-94.

CRUZ, C. D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** – versão windows. Viçosa, MG: Editora UFV. 2001. 642 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético.** v. 2. Viçosa: UFV, 2003. p. 585.

FRAMPTON, L. J. JR.; FOSTER, G. S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. (Eds.) **Clonal forestry I, genetics and biotechnology.** Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p. 110-134.

GARCIA, S. L. R. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de Eucalipto.** 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

GONÇALVES, F. et al. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista árvore**, v. 25, n. 3, p. 295-301, 2001.

KUREK, A. J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7. n. 1, p. 29-32, 2001.

LEITE, H. G. et al. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 75-79, 1995.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

MENCK, A. L. M. et al. Teste clonal a partir de árvores selecionadas em testes de progênie de *Eucalyptus saligna* (Resultados preliminares). **IPEF**, v. 40, p. 27-31, 1988.

PATIÑO-VALERA, F. **Varição genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento**. 1986. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 28/29, p. 37-55, 1994.

RESENDE, M. D. V. et al. **SELEGEN - Seleção Genética Computadorizada: manual do usuário**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 31 p.

SILVA, R. L. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto**. 2001. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics; a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1997. 666 p.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise de dados ecológicos**: Interciência, 2000. 188 p.

XAVIER, A. **Aplicação da análise multivariada da divergência genética no melhoramento de *Eucalyptus* spp.** 1996. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos objetivos definidos neste trabalho, buscando avaliar o emprego de técnicas de análise multivariada na seleção inicial de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* e o desempenho dessas matrizes em teste clonal e de progênies, conclui-se que a análise multivariada é eficiente na seleção inicial de árvores matrizes, fornecendo informações importantes sobre as afinidades entre os materiais genéticos selecionados e proporcionando uma informação prévia do comportamento de matérias genéticos selecionados posteriormente, através da utilização da análise de discriminante.

Observou-se que existe relação significativa entre as características utilizadas para a seleção inicial das árvores matrizes (dap , Sup_{dap} , Ht , Sup_{Ht}) e o desempenho das mesmas após a avaliação final do teste clonal e de progênies. Esses resultados possibilitam a redução do número de materiais genéticos a serem avaliados, no entanto, a instalação dos testes é imprescindível no processo de seleção, principalmente devido à existência da interação do genótipo com os efeitos ambientais. De forma geral, percebeu-se a existência de uma maior relação das características avaliadas na seleção inicial das árvores matrizes com os resultados dos testes clonais do que com os testes de progênies.