



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

GABRIEL COSTA ROCHA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE
PAINÉIS COMPENSADOS**

**GURUPI - TO
2018**



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

GABRIEL COSTA ROCHA

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Bueno de Moraes

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Raquel Marchesan

**GURUPI - TO
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins
***Campus* Universitário de Gurupi**

R672s Rocha, Gabriel Costa
Título: Seleção de genótipos de *Eucalyptus* para produção de painéis compensados / Gabriel Costa Rocha. - Gurupi, TO, 2018.
64 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal do Tocantins – *Campus* Universitário de Gurupi – Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2018.

Linha de pesquisa: Manejo, Silvicultura e Tecnologia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Bueno de Moraes

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Raquel Marchesan

1. Melhoramento florestal. 2. Painéis de madeira 3. Parâmetros genéticos. 4. Seleção clonal. I. Título.

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



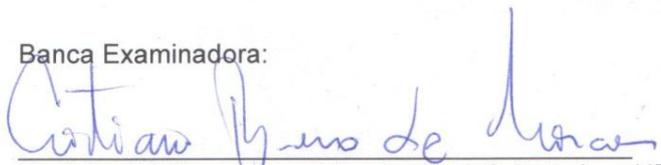
GABRIEL COSTA ROCHA

Seleção de genótipos de *Eucalyptus* para produção de painéis compensados.

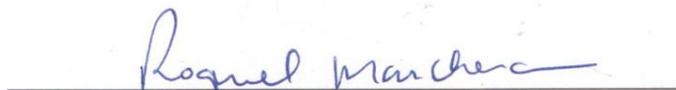
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais em 21/03/2018 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 21/03/2018.

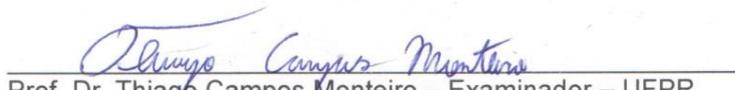
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Cristiano Bueno de Moraes – Orientador - UFT



Prof^a. Dr^a. Raquel Marchesan – Coorientadora e Examinador - UFT



Prof. Dr. Thiago Campos Monteiro – Examinador – UFPR



Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento – Examinador – UFT

Gurupi (TO).
2018.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me capacitado e abençoado durante toda esta trajetória, e por me conceder esse privilégio. A Ele seja dada toda honra, glória e louvor.

À minha esposa, Mayra, agradeço por todas as palavras de incentivo e pelas orações. Por estar sempre ao meu lado me ajudando e me estimulando para que eu continuasse firme em meus objetivos, correndo atrás dos meus sonhos e sem jamais pensar em desistir. Sem você e o seu apoio incondicional nada disso teria sentido. Amo você.

Aos meus pais, Rôney e Dênis, a minha irmã, Amanda, aos meus sogros, Paulo e Nivia, e aos meus cunhados, Gabriela e Mateus, sou imensamente grato por todo amor e confiança que sempre que dedicaram a mim. Suas orações, incentivo e apoio foram de extrema importância para que chegasse até aqui.

A todos os professores que participaram da minha formação e que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento profissional, serei sempre grato. Especialmente à professora Raquel Marchesan, por toda ajuda e atenção que me deu durante essa jornada. Obrigado por suas valiosas e indispensáveis contribuições.

Aos funcionários da Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, que sempre se mostraram solícitos e dispostos.

Ao professor Cristiano Bueno de Moraes, meu orientador, por quem tenho grande consideração e apreço, agradeço pelas contribuições relevantes e apoio constante na realização deste estudo. Seu incentivo, disponibilidade e confiança foram essenciais para a concretização deste propósito.

À Universidade Federal do Tocantins, pela oportunidade da realização desse trabalho. À CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa.

À empresa Palmasola S/A Madeiras e Agricultura pelo financiamento, condução do experimento e concessão dos resultados para publicação.

Aos caros colegas Gustavo Bloise Pieroni e Edson Pinheiro, pela contribuição junto à pesquisa.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos e familiares que acompanharam a minha caminhada, por todo apoio, orações e ajuda que dedicaram a mim.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo selecionar material genético de *Eucalyptus* spp. para produção de painéis compensados e avaliar a qualidade da madeira dos painéis confeccionados a partir de lâminas de *Eucalyptus*, combinadas com *Pinus* e virola, tendo em vista a obtenção de informações sobre o potencial do material avaliado. Para a pesquisa, um teste clonal foi instalado no delineamento estatístico blocos casualizados, composto por 29 clones e seis repetições, totalizando 174 parcelas com seis plantas cada, em espaçamento 3 m x 3 m. A bordadura foi realizada em dupla fileira com material de *Eucalyptus dunnii*. Os caracteres silviculturais diâmetro à altura do peito (DAP), altura total de plantas (ALT) e volume de madeira (VOL) foram avaliados aos 48 meses após o plantio. A estimativa dos parâmetros genéticos foi realizada com base no procedimento estatístico REML/BLUP. Após a confecção dos painéis compensados, foram realizados os testes da qualidade da madeira, avaliando as propriedades físicas (teor de umidade e densidade básica) e mecânicas (cisalhamento, flexão paralela e flexão perpendicular) dos painéis. Variações genéticas significativas foram observadas entre os clones, para os caracteres silviculturais avaliados nas condições ambientais do experimento, havendo possibilidade de obtenção de ganhos pela seleção. Cinco dos clones avaliados apresentaram potencial para serem aproveitados no programa de melhoramento genético da empresa e em plantios comerciais da região onde se encontra o município de Palma Sola – SC. O clone com melhor desempenho foi o USP/IPEF 68 (*E. dunnii*), com valores superiores em quase todos os critérios. Os painéis produzidos com miolo de *Pinus* e virola, onde, nestes casos, apenas a capa e a contracapa eram de lâminas de *Eucalyptus*, apresentaram bom desempenho, quando comparados com os painéis constituídos, exclusivamente, de lâminas de *Eucalyptus*. Destaque para os painéis com miolo de virola, no teste de flexão perpendicular, e para os com miolo de *Pinus*, no teste de flexão paralela. Os painéis constituídos 100% de *Eucalyptus* não contribuíram para o aumento significativo nos valores de MOE e MOR paralelo e perpendicular. Entretanto, os valores foram superiores em clones mais promissores, como o USP/IPEF 68 e USP/IPEF 64. Os resultados da resistência da linha de cola e flexão estática paralela e perpendicular obtidos neste estudo, estão adequados às normas utilizadas. Conclui-se, portanto, que o material USP/IPEF 68 (*E. dunnii*) é recomendado para confecção de painéis compensados devido suas qualidades inerentes à madeira.

Palavras-chave: Melhoramento florestal; painéis de madeira; parâmetros genéticos; seleção clonal.

ABSTRACT

Selection of *Eucalyptus* genotypes for the production of compensated panels. This work aimed to select genetic material of *Eucalyptus* spp. for the production of compensated panels and to evaluate the quality of the wood of panels made from *Eucalyptus* slides, combined with *Pinus* and virola, in order to obtain information on the potential of the evaluated material. For the research, a clonal test was installed in the randomized complete block design, consisting of 29 clones and six replications, totaling 174 plots with six plants each, spaced 3 m x 3 m. The border was made in double row with *Eucalyptus dunnii* material. The silvicultural characteristics diameter at breast height (DBH), total plant height (ALT) and volume of wood (VOL) were evaluated at 48 months after planting. The genetic parameters were estimated based on the statistical procedure REML/BLUP. After the panels were made, the wood quality tests were performed, evaluating the physical properties (moisture content and basic density) and mechanical properties (shearing, parallel bending and perpendicular bending) of the panels. Significant genetic variations were observed among the clones, for the silvicultural characters evaluated in the environmental conditions of the experiment, being possible to obtain gains by selection. Five of the clones evaluated had potential to be used in the breeding program of the company and in commercial plantations of the region where the municipality of Palma Sola - SC is located. The best performing clone was USP/IPEF 68 (*E. dunnii*), with values above almost all criteria. The panels produced with *Pinus* core and virola, where, in these cases, only the cover and the back cover were *Eucalyptus* slides, presented good performance when compared to panels consisting exclusively of *Eucalyptus* slides. The panels with the virola core, the perpendicular flexion test, and those with the *Pinus* core were tested in the parallel flexure test. The panels constituted 100% of *Eucalyptus* did not contribute to the significant increase in the MOE and MOR values parallel and perpendicular. However, the values were higher in more promising clones, such as USP/IPEF 68 and USP/IPEF 64. The results of the glue line resistance and parallel and perpendicular static flexion obtained in this study are adequate to the standards used. It is concluded, therefore, that USP/IPEF 68 (*E. dunnii*) material is recommended for the manufacture of plywood panels due to their inherent qualities in wood.

Keywords: Forest improvement; wood panels; genetic parameters; clonal selection.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 14 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 | MELHORAMENTO FLORESTAL..... | 15 |
| 3.2 | O GÊNERO <i>Eucalyptus</i> | 16 |
| 3.3 | TESTE CLONAL | 16 |
| 3.4 | ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS | 16 |
| 3.5 | QUALIDADE DA MADEIRA | 18 |
| 3.5.1 | <i>Propriedades físicas da madeira</i> | 19 |
| 3.5.2 | <i>Propriedades mecânicas da madeira</i> | 19 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 | MATERIAL GENÉTICO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA..... | 21 |
| 4.2 | INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 21 |
| 4.3 | CARACTERES SILVICULTURAIS | 22 |
| 4.4 | SELEÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO | 22 |
| 4.5 | LAMINAÇÃO E CONFECÇÃO DOS PAINÉIS..... | 22 |
| 4.6 | PROPRIEDADES FÍSICAS DOS PAINÉIS | 24 |
| 4.6.1 | <i>Determinação do teor de umidade</i> | 24 |
| 4.6.2 | <i>Determinação da densidade básica</i> | 25 |
| 4.7 | PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS PAINÉIS | 25 |
| 4.7.1 | <i>Ensaio de cisalhamento</i> | 25 |
| 4.7.2 | <i>Ensaio de flexão estática</i> | 27 |
| 4.7.2.1 | <i>MOR – Módulo de Ruptura</i> | 27 |
| 4.7.2.2 | <i>MOE – Módulo de Elasticidade</i> | 27 |
| 4.8 | ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS | 28 |
| 4.8.1 | SELEGEN..... | 28 |
| 4.8.1.1 | <i>Análise de Deviance</i> | 28 |
| 4.8.1.2 | <i>Parâmetros genéticos</i> | 29 |
| 4.8.2 | <i>Qualidade dos painéis compensados</i> | 31 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 5.1 | SELEGEN | 32 |
| 5.1.1 | <i>Análise de Deviance</i> | 32 |
| 5.1.2 | <i>Parâmetros genéticos</i> | 32 |
| 5.2 | QUALIDADE DOS PAINÉIS COMPENSADOS..... | 41 |
| 5.2.1 | <i>Análise de variância</i> | 41 |
| 5.2.2 | PROPRIEDADES FÍSICAS | 42 |
| 5.2.2.1 | <i>Teor de umidade</i> | 42 |
| 5.2.2.2 | <i>Densidade básica</i> | 44 |
| 5.2.3 | PROPRIEDADES MECÂNICAS..... | 47 |
| 5.2.3.1 | <i>Cisalhamento</i> | 47 |
| 5.2.3.2 | <i>Flexão paralela</i> | 50 |
| 5.2.3.3 | <i>Flexão perpendicular</i> | 53 |
| 6 | CONCLUSÕES | 55 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 56 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Requisitos da Norma Europeia para classificação de painéis de madeira compensada..... | 26 |
| Tabela 2: Análise de <i>Deviance</i> e teste de razão da máxima verossimilhança (LRT) dos caracteres silviculturais para os efeitos: clones, parcelas e modelo. | 32 |
| Tabela 3: Estimativas dos componentes de variância ($\hat{\sigma}_g^2$, $\hat{\sigma}_c^2$ e $\hat{\sigma}_e^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$) e média geral para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m ³) aos 48 meses de idade em teste clonal de <i>Eucalyptus</i> spp. na localidade de Palma Sola – SC..... | 33 |
| Tabela 4: Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m ³) aos 48 meses de idade em teste clonal de <i>Eucalyptus</i> spp. na localidade de Palma Sola – SC..... | 34 |
| Tabela 5: Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m ³) aos 48 meses de idade em teste clonal de <i>Eucalyptus</i> spp. na localidade de Palma Sola – SC..... | 36 |
| Tabela 6: Classificação de clones com base no volume (m ³) aos 48 meses, acurácia das médias $\hat{r}_{aa}\%$ e limites inferior (LI) e superior (LS) do intervalo de confiança a 5% de probabilidade..... | 38 |
| Tabela 7: Estimativas de ganho genético predito para os caracteres diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (ALT) e volume individual com casca (VOL), em clones de <i>Eucalyptus</i> , tendo-se considerado o desempenho médio acima de 85%. | 39 |
| Tabela 8: Análise de variância do teor de umidade (TU), densidade básica dos painéis (DB), falha na madeira (FM), tensão de ruptura, módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), por clone, composição e interação entre ambos..... | 41 |
| Tabela 9: Valores médios de interação do teor de umidade entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado..... | 42 |
| Tabela 10: Valores médios de interação de densidade básica dos painéis entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado..... | 44 |
| Tabela 11: Valores médios de interação do ensaio de cisalhamento da linha de colagem dos painéis compensados entre os clones e suas respectivas composições..... | 47 |
| Tabela 12: Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática paralela entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados..... | 50 |
| Tabela 13: Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática perpendicular entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados | 53 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema de montagem e aplicação do adesivo nos painéis compensados. (Fonte: O autor, 2018 – adaptado)..... | 24 |
|--|----|

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cobertura florestal entre as maiores do mundo (5,44 milhões de km², correspondendo a 66,1% do território brasileiro), ficando atrás apenas da Rússia. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, cerca de 70% dessa cobertura apresenta potencial produtivo, com destaque para as florestas plantadas, principalmente, com espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, 76,6% e 23,4% respectivamente, da área cultivada no país (ABRAF, 2013).

O setor de florestas plantadas apresenta grande importância econômica, pois contribui diretamente na geração de produtos madeireiros e não madeireiros, tributos e empregos no Brasil. Em 2014, os plantios florestais totalizaram 7,74 milhões de hectares (0,9% do território nacional), apresentando aumento significativo de 43% da área plantada no período de 2006 a 2014 (IBÁ, 2015).

Espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam diversas características de interesse e, quando submetidas à tecnologia adequada, geram um rendimento proporcional ao tempo superior às espécies nativas, e isso contribui para a diminuição da pressão sobre as florestas nativas.

A obtenção de múltiplos produtos florestais como para serraria, estacas, lenha, poste, moirão, painéis e celulose, a partir dos povoamentos de florestas plantadas, principalmente de *Eucalyptus* e *Pinus*, contribui para o direcionamento das atividades empresariais, no que tange ao fornecimento de multiprodutos obtidos a partir da tora da madeira dessas espécies (SOARES et al., 2003).

A produção de compensados no Brasil, segundo Almeida et al. (2004a), emprega, em sua maioria, madeiras oriundas de florestas nativas e de *Pinus*, totalizando cerca de 60% de todo o volume nacional (ABIMCI, 2003).

Levando-se em conta a diminuição dos estoques de toras de *Pinus* para laminação e serraria, ocasionada pelas baixas taxas de plantios na década de 80 e 90 (SBS, 2000), é possível inferir que matérias-primas alternativas sejam peças-chave para o suprimento da demanda industrial nesse segmento.

Nesse contexto, as espécies de *Eucalyptus* se tornaram uma opção interessante. O gênero *Eucalyptus*, dentre os diversos atributos que o tornam importante, apresenta potencial produtivo, adaptabilidade a diferentes ambientes e

ampla diversidade de espécies, possibilitando atender os requisitos tecnológicos dos diferentes segmentos da produção industrial madeireira (ASSIS, 1999).

A madeira de eucalipto para laminação e produção de painéis compensados vem sendo estudada no Brasil e, segundo Iwakiri (2000), as lâminas faqueadas de algumas espécies do gênero apresentam grande potencial para utilização como capa de compensados decorativos, primando pelos aspectos estéticos em relação à figura e cor.

Entretanto, a madeira de eucalipto que vem sendo utilizada para laminação e serraria é, em sua maioria, oriunda de plantios cuja finalidade não é específica para tal, havendo assim, necessidade da implementação de programas de melhoramento na qualificação da madeira para este segmento (ASSIS, 2015).

No atual cenário florestal, a busca frenética por fontes de matérias-primas alternativas, somada às vantagens que as madeiras de eucalipto apresentam, indicam a necessidade de se intensificarem as pesquisas sobre as espécies, híbridos e clones deste gênero, bem como sobre a qualidade dos produtos subsequentes (ALMEIDA et al., 2004a).

Com o intuito de suprir essa necessidade, plantios com espécies alternativas de *Eucalyptus* se mostram interessantes por diversos fatores, tais como a existência de variabilidade entre espécies, procedências, famílias e indivíduos, para as características de interesse (MALAN, 1998) e a predominância dos efeitos genéticos envolvidos na expressão da grande maioria dessas características (ZOBEL; JETT, 1995).

Embora o *Eucalyptus* se apresente como um potencial alternativo, ainda há limitações quanto à madeira jovem que dificultam a utilização para fins de laminação em larga escala. Os níveis de tensão de crescimento na maioria das espécies do gênero são elevados, implicando em redução do rendimento industrial e, conseqüentemente, criando uma barreira econômica para a utilização dessas espécies (ASSIS, 2015). As rachaduras associadas às tensões e os defeitos de secagem podem resultar em significativa perda de madeira, causando perdas de até 50% em madeira serrada (WATAI, 1990). Outros aspectos como madeira juvenil e nós, constituem obstáculos adicionais ao uso pleno da madeira de eucalipto (JANKOWSKY, 1995; PONCE, 1997).

Apesar de todas as restrições próprias da madeira jovem, o *Eucalyptus* ainda é uma opção a ser valorizada, pois apresenta características que asseguram a

obtenção de madeira de alta qualidade para laminação e os programas de melhoramento genético para este fim, podem minimizar ou solucionar os problemas já identificados (LELLES; SILVA, 1997; VITAL; TRUGILHO, 1997; PONCE, 1997).

As variações entre as espécies, procedências, famílias e indivíduos podem facilitar o processo de alteração das características importantes na madeira, a fim de produzir materiais mais produtivos e adequados aos processos industriais e seus produtos. As características mais importantes e consideradas limitantes à viabilização do emprego do *Eucalyptus* encontram-se sob moderado a alto controle genético, tornando possível alterar seus valores a fim de encontrar a qualidade necessária para uso industrial. Certas características são mais influenciadas por fatores não genéticos, onde o manejo pode ser mais efetivo na sua melhoria.

A utilização de espécies de *Eucalyptus* em programas de melhoramento florestal voltados para a confecção de painéis compensados, poderá contribuir para a diminuição da pressão sobre as florestas nativas e tornar o gênero mais representativo nesse segmento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo selecionar material genético de *Eucalyptus* spp. para produção de painéis compensados e avaliar a qualidade da madeira dos painéis confeccionados a partir de lâminas de *Eucalyptus*, combinadas com *Pinus* e virola, tendo em vista a obtenção de informações sobre o potencial do material avaliado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar a variabilidade genética e estimar os parâmetros genéticos dos materiais;
2. Selecionar os clones mais produtivos com base nos caracteres silviculturais DAP, ALT e VOL para produção de compensados;
3. Determinar as características físicas e mecânicas dos painéis compensados confeccionados com os melhores clones de *Eucalyptus*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MELHORAMENTO FLORESTAL

O melhoramento de plantas é considerado uma das atividades mais antigas da humanidade (HALLAUER, 2011), sendo considerada uma das mais importantes para a silvicultura mundial (FONSECA et al., 2010). A atividade do melhoramento genético tem como princípios básicos os conhecimentos de genética e estatística (MORAES, 2013) e consiste basicamente no aumento da produtividade e qualidade das espécies cultivadas, de forma sustentável e ecologicamente adequada onde, a cada ciclo de seleção, as características da população sejam mantidas (ODA et al., 1989).

Segundo Resende (2002), o melhoramento florestal para ser eficiente precisa ter à frente um profissional que conheça a espécie de trabalho e os mecanismos envolvidos na herança da característica que se deseja melhorar. De acordo com Fonseca et al. (2010), a estruturação de um programa de melhoramento genético florestal é baseada em uma boa organização, fundamentada em conceitos e métodos eficientes e suficientes para o alcance do objetivo. Moraes (2013) reforça essa ideia, afirmando que com a devida estruturação do programa se torna viável o desenvolvimento de uma nova progênie superior ou clone comercial, colaborando com o estabelecimento de povoamentos mais produtivos e homogêneos.

Fonseca et al. (2010) descreve um programa bem-sucedido com três fundamentos básicos a serem entendidos e adotados: i) conhecimento técnico; ii) aplicação de métodos operacionais e gerenciais corretos; e iii) liderança ou atitudes adequadas.

Como ciência, o melhoramento genético florestal é relativamente novo, tendo seu maior desenvolvimento a nível mundial, a partir de 1950 e, no Brasil, a partir de 1967, com a implantação da lei de incentivos fiscais ao reflorestamento (RESENDE, 1999). Hoje, o Brasil encontra-se entre os líderes em melhoramento genético florestal, sendo referência mundial.

No Brasil, o melhoramento florestal tem sido peça-chave no aumento da competitividade do setor florestal, sobretudo por ser responsável pelos aumentos da produtividade e da qualidade da matéria prima (ASSIS; RESENDE, 2011; ABRAF, 2012).

3.2 O GÊNERO *Eucalyptus*

Eucalyptus é um dos gêneros mais plantados no mundo, somando aproximadamente 900 espécies (BROOKER; KLEINING, 2006) adaptadas às mais diversas condições de clima e solo (MONTAGU et al., 2003). Em sua grande maioria, as espécies são originárias da Austrália, exceto *E. urophylla* que ocorre na Indonésia, e *E. deglupta*, na Indonésia e em Papua Nova Guiné (FONSECA et al., 2010), tendo sido disseminadas no Brasil desde o início do século XIX.

O *Eucalyptus* pertence à divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledonea*, ordem *Myrtales*, família *Myrtaceae*, subfamília *Leptospermoideae* e o principal subgênero *Symphyomyrtus* do qual faz parte a maioria das espécies cultivadas no mundo: *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. saligna*, *E. pellita*, *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. nitens*, *E. smithii* e *E. viminalis* (PRYOR, 1976). Entre as espécies mais importantes para o Brasil, apenas quatro são de ocorrência fora da Austrália: *E. urophylla*, nativa da Indonésia (em sete ilhas: Adonara, Alor, Flores, Lomblen, Pantar, Timor e Wetar); *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. brassiana*, que ocorrem na Austrália e em Papua Nova Guiné (ELDRIDGE et al., 1994; FONSECA et al., 2010).

3.3 TESTE CLONAL

A base da silvicultura clonal para o gênero *Eucalyptus* está na utilização de clones de alta produtividade, normalmente identificados nas avaliações dos testes clonais. Em geral, quanto maior o número de clones avaliados por unidade de tempo, maior a possibilidade de sucesso com a seleção (SILVA et al., 2003).

Entretanto, o fator tempo é um limitante para os programas de melhoramento que, por envolverem espécies florestais de ciclos longos, acabam se tornando onerosos (KAGEYAMA; VENCOSKY, 1983).

Maior rapidez nos programas de melhoramento florestal pode ser obtida diminuindo-se o tempo gasto para realizar o ciclo de seleção, de modo a maximizar os ganhos por unidade de tempo (GONÇALVES et al., 1998). A principal opção para reduzir esse tempo é por meio da seleção precoce.

A avaliação clonal consiste na instalação de testes clonais, os quais deverão ser implantados em condições ambientais que representem a variação dos

ambientes de plantio, os quais podem ser implantados de diferentes formas, de acordo com a estratégia de avaliação (FLAMPTON; FOSTER, 1993; XAVIER et al., 2009).

3.4 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

Características importantes para a produção de madeira para os mais diversos fins, como para papel e celulose, serraria, compensados, dentre outros, são adquiridas com base na seleção de material genético produtivo e de boa qualidade.

Segundo Moraes (2013), a obtenção de indivíduos melhorados que atendam às exigências tanto em produtividade quanto em qualidade de madeira, é mediante o trabalho e habilidade do melhorista em identificar os genótipos na população em estudo. A identificação de genótipos superiores requer métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético em relação às características de interesse.

Programas estatísticos como o SELEGEN-REML/BLUP são ferramentas utilizadas pelos especialistas da área de genética florestal para selecionar as melhores progênies e indivíduos superiores (RESENDE, 2006; RESENDE, 2007b), através dos cálculos das estimativas dos parâmetros genéticos. O programa utiliza uma metodologia que consiste no uso de modelos mistos do tipo REML (máxima verossimilhança restrita) BLUP (melhor predição linear não viciada) na predição de valores genéticos em indivíduos com potencialidade para seleção (RESENDE, 2007b).

O SELEGEN abrange diversos delineamentos experimentais estatísticos, como por exemplo: blocos ao acaso e látice, delineamentos de cruzamento para polinização aberta e controlada, bem como testes clonais, uma ou várias populações, experimentos repetidos em vários locais, uma ou várias plantas por parcela, presença ou ausência de medidas repetidas (RESENDE, 2007b). Ele fornece: a) valores genéticos aditivos preditos; b) valores genotípicos preditos; c) estimativas de componentes de variância; d) ordenamento dos candidatos à seleção, segundo valores genéticos aditivos ou genotípicos; e) estimativas de ganhos genéticos; f) estimativas do tamanho efetivo populacional; g) estimativas da interação genótipos x ambientes e h) estimativas do valor genético de cruzamentos (RESENDE, 2006).

No Brasil, o programa estatístico tem sido utilizado em espécies florestais, principalmente em *Pinus* (FREITAS et al., 2012; ESTOPA et al., 2013; MOREIRA et al., 2013), *Eucalyptus* (CARIGNATO et al., 2011; MORAES et al., 2013; RACHID et al., 2013) e Seringueira (VERARDI et al., 2013; DOURADO et al., 2013).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992) os valores obtidos das variâncias são importantes para os cálculos dos parâmetros genéticos quantitativos, tais como: \hat{C}_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; e CV_e (%): coeficiente de variação residual; CV_{gi} (%): coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} (%): coeficiente de variação genotípica entre progênies; \hat{h}_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{h}_m^2 : herdabilidade da média de progênies; \hat{h}_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_r : coeficiente de variação relativa; \hat{r}_{aa}^2 : acurácia da seleção de progênies entre outros, que auxiliam no planejamento e na continuidade de um programa de melhoramento (FALCONER, 1964).

Os coeficientes de herdabilidade são parâmetros genéticos importantes não estáveis, pois vários fatores podem afetar as estimativas, como por exemplo: o caráter, o método de estimação, a diversidade na população, o nível de endogamia da população, o tamanho da amostra avaliada, o número e tipo de ambientes considerados, a unidade experimental considerada, a precisão na condução do experimento e a coleta de dados (RESENDE; DUARTE, 2007; RAMALHO et al., 2012).

3.5 QUALIDADE DA MADEIRA

A utilização da madeira de *Eucalyptus* para os mais diversos fins tem chamado a atenção do mercado consumidor para questões relacionadas à qualidade e durabilidade dos produtos oriundos desse gênero. Conhecer as propriedades da madeira, bem como as características do produto que se deseja comercializar, é de fundamental importância para que se estabeleça padrões de qualidade superior, conforme as normas utilizadas na produção.

As propriedades físicas e mecânicas dos painéis compensados, por exemplo, atuam como sendo peças-chave na identificação de características inerentes ao produto, podendo lhe conferir aptidão para o mercado ou não.

3.5.1 Propriedades físicas da madeira

A determinação e o controle do teor de umidade na madeira ou subprodutos dela são indispensáveis para que se faça uso de forma adequada, evitando defeitos como empenamentos, defeitos de secagem, fendilhamentos, torções, dentre outros, pela concentração excessiva de umidade.

O teor de umidade da madeira também está relacionado com as propriedades de resistência da madeira (propriedades mecânicas), com a maior ou menor facilidade em trabalhar com este material (trabalhabilidade), com seu poder calorífico, sua suscetibilidade a fungos, entre outras propriedades de importância.

A densidade básica da madeira é resultante da combinação de diversos fatores internos como proporção de cerne e alburno, localização no tronco, idade, vigor e fatores externos à árvore como condições climáticas, tratamentos silviculturais e local de crescimento, sendo considerada uma das mais importantes no estudo da madeira (ROIG et al., 2008; BENJAMIM; BALLARIN, 2009).

Rezende (2003) afirma que o estudo da densidade básica e as relações entre as variações dimensionais, umidade e retrações são essenciais para um melhor aproveitamento e qualidade da laminação para produção de painéis. Segundo Batista (2011), a influência das propriedades físico-mecânicas determina a qualidade final de produto.

Madeiras que apresentam menor densidade básica produzem lâminas com menor resistência mecânica e uma maior aderência do adesivo, entretanto, aquelas muito densas acarretam em melhor resistência mecânica, porém, aumentam as chances de defeitos como fendas e rachaduras (TSOUMIS, 1991).

3.5.2 Propriedades mecânicas da madeira

Em relação às propriedades mecânicas da madeira, destacam-se, como as mais analisadas: resistência aos esforços de compressão, flexão, tração, cisalhamento e fendilhamento (KOLLMANN; COTÊ, 1968; SCANAVACA JUNIOR, 2001). Conforme Araújo (2007), é fundamental para definir adequadamente a aplicação da madeira às mais variadas utilizações, especialmente em relação àquelas que requerem uma maior resistência e rigidez.

As propriedades que determinam a elasticidade da madeira são o módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, plasticidade e resiliência. Conforme Pinto

(2007), o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros de grande importância na caracterização tecnológica da madeira, provendo uma boa aproximação da resistência real do material.

Scanavaca Junior e Garcia (2004) também definem o módulo da ruptura (MOR) e o módulo da elasticidade (MOE) como sendo dois parâmetros de grande importância na caracterização tecnológica da madeira.

Klock (2000) afirma que, embora o MOE não proporcione informações completas e reais sobre o comportamento da madeira, pode-se concluir que valores altos de MOE indicam alta resistência e baixa capacidade de deformação do material, qualificando-o para fins construtivos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL GENÉTICO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA

Um teste clonal de *Eucalyptus* foi implantado na Fazenda Piscina da empresa Palmasola, localizada no município de Palma Sola no Estado de Santa Catarina. As mudas clonais utilizadas no teste foram adquiridas do Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais – IPEF, sendo vinte clones de *E. dunnii*, cinco de *E. saligna*, um clone híbrido *Corymbia torelliana* x *C. citriodora*, um clone híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* e dois clones de espécie desconhecida registrados como USP/IPEF 023 e USP/IPEF 054, totalizando 29 clones. O experimento foi instalado em 2008, no delineamento estatístico blocos completos casualizados, contendo os 29 clones, seis plantas/parcela e seis repetições. O espaçamento entre plantas foi de 3 m x 3 m.

O local do experimento, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo Cfa (mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos rigorosos), com temperatura média anual de 17,4°C e precipitação média anual média de 2200 mm (ALVARES et al., 2013).

4.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

A área experimental de aproximadamente 1 hectare, onde, anteriormente, havia sido plantado *Pinus*, foi submetida ao “cultivo mínimo” na entrelinha, em solo classificado como Latossolo Bruno Distrófico, de textura argilosa (classe 2) e relevo ondulado, de acordo com a classificação da Embrapa (2013).

Atividades silviculturais pré-plantio, como combate à formiga, alinhamento e marcação do plantio, e pós-plantio, como irrigação, capina mecânica e adubação de cobertura, foram executadas conforme planejado. A fertilização do solo consistiu nas seguintes aplicações: calcário dolomítico – 2 t/ha (a lanço); N-P-K (05-36-12) – 278 kg/ha ou 250 g/planta em covetas laterais (10-15 cm) junto ao plantio; e N-P-K (33-00-12) – 111 kg/ha ou 100 g/planta, também em covetas laterais (10-15 cm) 40 dias após plantio.

4.3 CARACTERES SILVICULTURAIS

O inventário florestal consistiu em sucessivas avaliações dendrométricas, além da coleta de informações complementares como sinistros, pragas, doenças e deficiências. Os caracteres silviculturais avaliadas foram: diâmetro à altura do peito a 1,3 m do solo (DAP cm) e altura total (ALT m). De posse destes dados, calculou-se o volume total (VOL m³) com casca, aos 48 meses de idade.

Para a coleta em campo, foi utilizada suta para mensuração da DAP e hipsômetro para mensuração da altura total.

Para o cálculo do volume de madeira foi utilizada a Equação 1:

$$VOL = \frac{[0,027196645 \cdot (DAP^{1,752458725}) \cdot (ALT^{1,244704686})]}{1000} \quad (1)$$

Em que: VOL: volume da árvore em metros cúbicos (m³); DAP: diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo) em centímetros (cm); e ALT: altura total da planta em metros (m).

4.4 SELEÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO

Após a realização do inventário florestal aos 48 meses, os dados foram submetidos à estatística adequada, utilizando o Software SELEGEN, a partir do qual pôde-se estimar os parâmetros genéticos e selecionar os melhores clones para os testes de qualidade da madeira para compensado.

4.5 LAMINAÇÃO E CONFECÇÃO DOS PAINÉIS

Após a colheita dos exemplares (aos 48 meses de idade) com melhores médias de volume dos cinco clones de *Eucalyptus* spp. dentre os 29 trabalhados, foram obtidas lâminas para serem combinadas com miolo de *Pinus*, virola e do próprio material de *Eucalyptus*, e formação dos painéis.

As lâminas das madeiras de *Eucalyptus*, *Pinus* e virola foram obtidas em torno laminador na própria empresa, após o aquecimento das toras à temperatura de 66° C, por um período de 24 h em água, de acordo com recomendações de Iwakiri (2005), de forma a amolecer as fibras e favorecer o acabamento na superfície. A espessura nominal das lâminas foi aproximadamente 2,15 mm.

As lâminas foram tabicadas no plano horizontal para secagem natural, em local coberto, até atingirem massa constante, com umidade de equilíbrio entre 10%

e 12%. Posteriormente, tiveram este valor reduzido para 8%, por meio de secagem em estufa com circulação forçada de ar. Anteriormente à manufatura dos painéis, as lâminas secas foram classificadas em categorias de qualidade decrescente (A, B, C e D), conforme a Norma Brasileira NBR 9531 (ABNT, 1986). No presente estudo, foram utilizadas apenas as lâminas de *Eucalyptus* com a classificação A para as capas e contracapas, e lâminas de *Pinus* e virola com classificação C para o miolo dos painéis.

Os painéis compensados foram compostos por sete lâminas cruzadas (capa – *Eucalyptus* (1), miolo – *Pinus*/virola/*Eucalyptus* (5) e contracapa – *Eucalyptus* (1)) com dimensões de 2,15 mm x 480 mm x 480 mm (espessura x largura x comprimento), totalizando 15 mm de espessura. O adesivo utilizado na produção dos painéis foi o resorcinol-formaldeído da marca Hexion, com gramatura de 320 g/m². Este é um adesivo termofixo frequentemente utilizado na produção de painéis compensados e painéis OSB (*oriented strand board*) empregados na construção civil (local de constante exposição à água), pois tem a habilidade de manter estáveis as propriedades mecânicas e dimensionais do compósito, sob condições de umidade (STARK et al., 2010).

Os painéis foram prensados com 1,47 MPa de pressão durante o período de 8 minutos e, em seguida, levados à câmara de climatização sob condições ambientais controladas (temperatura de 20±3°C à umidade relativa de 65±5%), visando obter o teor de umidade de equilíbrio. Após, passaram pelo processo de esquadrejamento para, posteriormente, serem retirados os corpos de prova (CPs) para os testes laboratoriais.

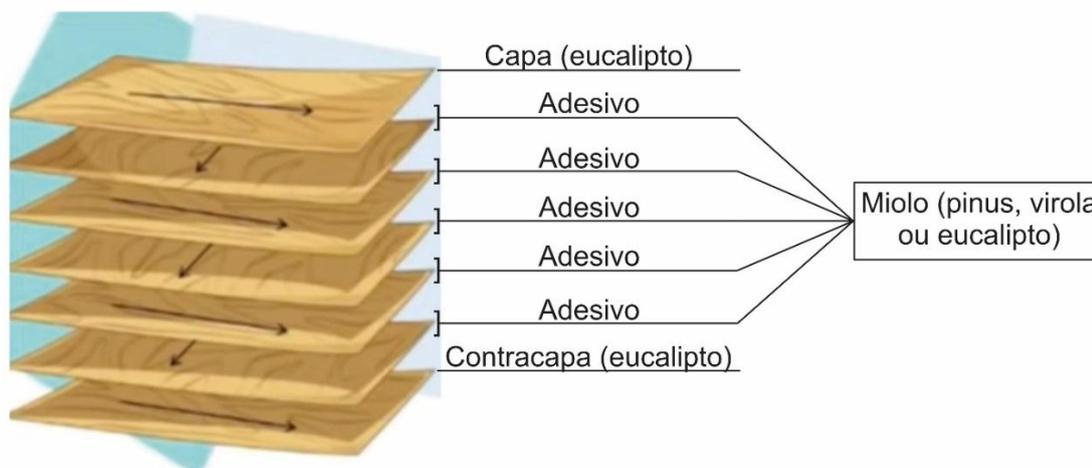


Figura 1: Esquema de montagem e aplicação do adesivo nos painéis compensados.
(Fonte: O autor, 2018 – adaptado)

Para a avaliação das propriedades físicas, foram retirados seis corpos de prova por painel para determinação do teor de umidade, conforme a EN 322 (1994). E para a densidade básica dos painéis, conforme a EN 323 (1994).

Para os ensaios mecânicos, também foram retirados seis corpos de prova por painel para ensaios de cisalhamento (pós fervura) e seis para ensaios de flexão estática.

4.6 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS PAINÉIS

4.6.1 Determinação do teor de umidade

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), o teor de umidade U (%) corresponde à relação entre a massa de água contida no compensado e a massa da madeira seca, expressa em porcentagem. A Equação 2 abaixo fornece a relação para determinação do teor de umidade da madeira:

$$U (\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

U (%): Teor de umidade, %;

m_i : Massa úmida (inicial) do corpo de prova, g;

m_s : Massa seca (final) do corpo de prova, g ($100^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

O ensaio do teor de umidade foi realizado utilizando-se seis corpos de prova para cada painel compensado, conforme a EN 322 (1994). As dimensões nominais dos corpos de prova foram de 50 mm x 50 mm x 15 mm (comprimento x largura x espessura). Cada corpo de prova teve, previamente, sua massa registrada em balança analítica.

Após medições iniciais, os corpos de prova foram secos em estufa ($100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) até massa constante. Posteriormente, foram resfriados em dessecador e pesados novamente, para efetivação dos cálculos conforme a Equação 2.

4.6.2 Determinação da densidade básica

De acordo com a literatura, a densidade básica é a razão entre a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas, e seu volume úmido, em centímetros cúbicos, determinados na mesma condição de umidade. Sua determinação foi realizada de acordo com a EN 323 (1994), pelo método da balança hidrostática.

Os corpos de prova utilizados neste ensaio apresentaram dimensões nominais iguais aos utilizados para o ensaio de determinação do teor de umidade, foram saturados e depois tiveram o volume úmido determinado. Em seguida, acondicionados em estufa e secos a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até massa constante. A densidade básica de cada corpo de prova foi determinada de acordo com a Equação 3.

$$DB = \frac{ms}{vv} \quad (3)$$

Em que:

DB: Densidade básica da madeira, g/cm³;

ms: Massa seca da amostra de madeira, g;

vv: Volume verde da amostra de madeira, cm³.

4.7 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

4.7.1 Ensaio de cisalhamento

O ensaio de cisalhamento na linha de cola é indicado para avaliar a qualidade da união colada em painéis compensados. Para valorização da qualidade da colagem, além da resistência da linha de cola, utiliza-se o aspecto externo da

superfície de ruptura, através de seus valores médios comparados com as exigências da norma de qualidade, para verificar o desfibramento do compensado.

Os ensaios de resistência na linha de cola aos esforços de cisalhamento foram realizados de acordo com a EN 314 (1993).

Para os ensaios, foram confeccionados seis corpos de prova de cada painel. Os corpos de prova foram imersos em água fria por 24 horas para, em seguida, realizar o teste de fervura. No teste de fervura, os corpos de prova foram imersos em água fervente por 4 horas e, em seguida, secos em estufa por um período de 16 a 20 horas a $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Após essa etapa inicial, imergiram-se novamente os corpos de prova em água fervente por mais 4 horas e, em seguida, foram resfriados em água fria por 1 hora a $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. O ensaio foi executado com os corpos de prova úmidos, onde o excesso de umidade superficial foi removido para a realização do ensaio na Máquina Universal de Ensaio (EMIC), célula de carga Trd 24.

A EN 314 (1993) estipula valores de referência para tensão de ruptura no ensaio de cisalhamento e falha na madeira, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Requisitos da Norma Europeia para classificação de painéis de madeira compensada.

| Resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento | |
|---|---------------------------------|
| Tensão de ruptura (TR) kgf/cm ² e MPa | Ruptura ou falha na madeira (%) |
| $2,0 (0,2) \leq \text{TR} < 4,1 (0,4)$ | ≥ 80 |
| $4,1 (0,4) \leq \text{TR} < 6,1 (0,6)$ | ≥ 60 |
| $6,1 (0,6) \leq \text{TR} < 10,2 (1,0)$ | ≥ 40 |
| $10,2 (1,0) \leq \text{TR}$ | Sem exigência |

Fonte: EN 314 (*European Standard*, 1993).

À medida em que aumenta a tensão de ruptura, a exigência em termos de falha na madeira reduz, até atingir valores passíveis de serem desprezados. Em síntese, quando a tensão de ruptura for considerada alta (igual ou superior a 10,2 kgf/cm² ou 1,0 MPa), despreza-se a falha na madeira.

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), a tensão de ruptura, aplicada a corpos de prova livres de defeitos, determina a resistência ou capacidade da matéria de suportar tensões.

Para esse ensaio foram analisados 6 corpos de prova dos painéis compensados. As dimensões dos corpos de prova foram determinadas conforme a EN 314 (1993), tendo-se como referência painéis de madeira com 7 camadas (lâminas), resultando dessa forma, em corpos de prova de 125 mm x 25 mm x 15

mm (comprimento x largura x espessura). O cálculo da resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento na tração foi estimado de acordo com a Equação 4.

$$TC = \frac{F}{lb} \quad (4)$$

Em que:

TC: Tensão de ruptura por cisalhamento, MPa;

F: Força (carga) no momento de ruptura do corpo de prova, N;

l: Comprimento da área sujeita ao cisalhamento, mm;

b: Largura da área sujeita ao cisalhamento, mm.

4.7.2 Ensaios de flexão estática

Os ensaios de flexão estática tiveram por finalidade avaliar a resistência (Módulo de Ruptura – MOR) e a rigidez à flexão (Módulo de Elasticidade – MOE) do compensado. Ambas as propriedades são de extrema importância na definição do uso construtivo e estrutural do painel (KAZMIERCZAK, 2012). A rigidez é um indicador de resistência à deformação do material sob tensão, expressa em termos de módulo de elasticidade. Quanto maior o módulo de elasticidade menor é a deformação sob determinada tensão (MEDINA, 1986).

Os módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) foram determinados com base na EN 310 (1993), analisando-se 12 corpos de prova de 210 mm x 25 mm x 15 mm (comprimento x largura x espessura) dos painéis compensados.

Para os ensaios, posicionaram-se as amostras na Máquina Universal de Ensaios (EMIC), célula de carga Trd 27, com distância dos apoios regulada em 20 vezes a espessura do corpo de prova e aplicou-se força constante. Seis corpos de prova foram submetidos ao teste na direção paralela (sentido longitudinal) e seis na direção perpendicular (sentido transversal) à grã das lâminas externas.

A empresa estabelece valores mínimos de 20 MPa para o sentido longitudinal da grã e 15 MPa para o sentido transversal.

4.7.2.1 MOR – Módulo de Ruptura

O Módulo de Ruptura (MOR) foi calculado através da Equação 5.

$$MOR = \frac{3 \cdot F_{m\acute{a}x} \cdot L}{2 \cdot l \cdot e^2} \quad (5)$$

Em que:

MOR: Módulo de ruptura, MPa;

F_{máx}: Força (carga máxima) no momento de ruptura do corpo de prova, N;

L: Distância entre os centros dos apoios (vão), mm;

l: Largura real do corpo de prova, mm;

e: Espessura real do corpo de prova, mm.

4.7.2.2 MOE – Módulo de Elasticidade

O Módulo de Elasticidade (MOE) foi calculado pela Equação 6.

$$MOE = \frac{L^3 \cdot (F2 - F1)}{4 \cdot l \cdot e^3(S2 - S1)} \quad (6)$$

Em que:

MOE: Módulo de elasticidade, MPa;

L: Distância entre os centros dos apoios (vão), mm;

l: Largura real do corpo de prova, mm;

e: Espessura real do corpo de prova, mm;

F2 – F1: Incremento de carga no trecho reto da curva carga-deformação, determinado em MPa, com precisão de 1%;

S2 – S1: Incremento de deflexão no ponto central do vão, correspondente à *F2 – F1*, determinado em mm, com precisão mínima de 0,01 mm.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

4.8.1 SELEGEN

4.8.1.1 Análise de Deviance

A significância estatística entre os tratamentos foi avaliada através do método de Análise de *Deviance*, cuja composição se baseia nos seguintes passos, conforme Resende e Duarte (2007):

- a) Obtenção do ponto de máximo do logaritmo da função de verossimilhança residual (LogL) para os modelos com ou sem efeitos a serem testados;

- b) cálculo da *Deviance* ($D = -2\text{Log}L$) para modelos com e sem o efeito a ser testado;
- c) obtenção da razão de verossimilhança (LR, do inglês Likelihood Ratio), por meio das diferenças entre as *Deviances* para modelos sem e com o efeito a ser testado;
- d) teste, via LRT (do inglês *Likelihood Ratio Test*), da significância da diferença usando o teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

4.8.1.2 Parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos foram realizadas pelo programa SELEGEN (Resende, 2007b), utilizando o modelo 94: $y = Xb + Zg + Wc + e$, em que y , b , g , c e e : vetores de dados, dos efeitos de blocos (fixos), dos efeitos genotípicos (aleatórios), de efeitos de parcela (aleatórios) e dos erros aleatórios, respectivamente. X , Z e W : matrizes de incidência para b , g e c , respectivamente. Segue abaixo as distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$y|b, V \sim N(Xb, V)$$

$$g | \sigma_g^2 \sim N(0, \sigma_g^2)$$

$$c | \sigma_c^2 \sim N(0, I \sigma_c^2)$$

$$e | \sigma_e^2 \sim N(0, I \sigma_e^2)$$

$$\text{Cov}(g, c') = 0; \quad \text{Cov}(g, e') = 0; \quad \text{Cov}(c, e') = 0$$

ou seja:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad e \quad \text{Var} \begin{bmatrix} y \\ g \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & WC & R \\ GZ' & G & 0 & 0 \\ CW' & 0 & C & 0 \\ R & 0 & 0 & R \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$G = I \sigma_g^2$$

$$R = I \sigma_c^2$$

$$C = I \sigma_e^2$$

$$V = ZI \sigma_g^2 Z' + WI \sigma_c^2 W' + I \sigma_e^2 = ZGZ' + WCW' + R.$$

Equações de modelo misto

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{g} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{1-h^2-c^2}{h^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_c^2} = \frac{1-h^2-c^2}{c^2}$$

$$h_{mc}^2(\%) = \frac{\sigma_g^2 \cdot 100}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_c^2}{b} + \frac{\sigma_e^2}{nb}}: \text{ herdabilidade média de clones;}$$

$$CV_{exp}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_e^2}{n} + \sigma_c^2}}{\hat{m}} \cdot 100: \text{ coeficiente de variação experimental;}$$

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\hat{m}} \cdot 100: \text{ coeficiente de variação genética;}$$

$$CV_r = \frac{CV_g(\%)}{CV_{exp}(\%)}: \text{ relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental;}$$

Em que:

$$c^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2): \text{ correlação devida ao ambiente comum da parcela;}$$

σ_g^2 : variância genotípica entre clones;

σ_c^2 : variância ambiental entre parcelas;

σ_e^2 : variância residual (ambiental dentro de parcelas + não aditiva);

n: número de plantas por parcela;

b: número de blocos.

Estimadores iterativos dos componentes de variância por REML via algoritmo EM

$$\hat{\sigma}_g^2 = [\hat{g}'\hat{g} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(C^{22})] / q$$

$$\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}'\hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(C^{33})] / s, \text{ em que: } C^{22} \text{ e } C^{33} \text{ advêm de:}$$

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & C^{13} \\ C^{21} & C^{22} & C^{23} \\ C^{31} & C^{32} & C^{33} \end{bmatrix}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{b}' X'y - \hat{g}' Z'y - \hat{c}' W'y] / [N - r(x)]$$

C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto.

tr: operador traço matricial.

r(x): posto da matriz X.

N , q , s : número total de dados, número de clones e número de parcelas, respectivamente.

4.8.2 Qualidade dos painéis compensados

Foi utilizado, para todos os parâmetros da qualidade da madeira, o delineamento de blocos casualizados, com arranjo fatorial 5 x 3, considerando dois fatores: clone e composição do painel compensado, com seis repetições por painel. Primeiramente, foi testada a homogeneidade (Bartlett) das variâncias, por meio da ANOVA, para verificar a existência ou não de diferença entre os fatores. Em seguida, foram realizados os testes de normalidade Shapiro-Wilk (W) e Kolmogorov-Smirnov (D). Para a hipótese de nulidade da ANOVA rejeitada, realizou-se o teste Tukey (comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade) para os dados paramétricos e Kruskal Wallis para os dados não paramétricos. O programa estatístico utilizado foi o ASSISTAT 7.7 pt 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SELEGEN

5.1.1 Análise de Deviance

A significância dos efeitos genéticos foi avaliada por meio da análise de razão de verossimilhança (LRT) para os caracteres DAP, ALT e VOL, conforme a Tabela 2.

Os resultados evidenciaram variação genética entre os clones estudados e foram significativos aos níveis de 1% para os três efeitos, indicando possibilidade de se obter ganhos genéticos com a seleção clonal (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de *Deviance* e teste de razão da máxima verossimilhança (LRT) dos caracteres silviculturais para os efeitos: clones, parcelas e modelo.

| Caracteres | Efeito | Deviance | LRT (x²) |
|-------------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| DAP | Clones | 3006,02 | 82,86** |
| | Parcela | 2963,75 | 40,59** |
| | Modelo | 2923,16 | |
| ALT | Clones | 2826,59 | 48,76** |
| | Parcela | 2848,59 | 70,76** |
| | Modelo | 2777,83 | |
| VOL | Clones | -2722,07 | 100,01** |
| | Parcela | -2801,08 | 21,00** |
| | Modelo | -2822,08 | |

Legenda: LRT (x²): teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade. Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, (p < 0.01).

5.1.2 Parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos são indispensáveis para o direcionamento dos programas de melhoramento, auxiliando no processo de seleção e servindo de referencial teórico para suporte às recomendações dos materiais comerciais (MAIA et al., 2009).

Os resultados dos componentes de variância para os caracteres de crescimento: altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m³), são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância ($\hat{\sigma}_g^2$, $\hat{\sigma}_c^2$ e $\hat{\sigma}_e^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$) e média geral para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m³) aos 48 meses de idade em teste clonal de *Eucalyptus* spp. na localidade de Palma Sola – SC.

| Caracteres | Variâncias | 48 meses |
|------------|-------------------------|----------|
| DAP | $\hat{\sigma}_g^2$ | 7,8830 |
| | $\hat{\sigma}_c^2$ | 2,6636 |
| | $\hat{\sigma}_e^2$ | 10,1130 |
| | $\hat{\sigma}_f^2$ | 20,6600 |
| | Média (cm) | 16,1900 |
| ALT | $\hat{\sigma}_g^2$ | 5,1195 |
| | $\hat{\sigma}_c^2$ | 3,1767 |
| | $\hat{\sigma}_e^2$ | 8,1934 |
| | $\hat{\sigma}_f^2$ | 16,4900 |
| | Média (m) | 18,6600 |
| VOL | $\hat{\sigma}_g^2$ | 0,0068 |
| | $\hat{\sigma}_c^2$ | 0,0015 |
| | $\hat{\sigma}_e^2$ | 0,0090 |
| | $\hat{\sigma}_f^2$ | 0,0174 |
| | Média (m ³) | 0,2240 |

$\hat{\sigma}_g^2 = V_g$ = variância genotípica entre clones; $\hat{\sigma}_c^2 = V_{\text{parc}}$ = variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_e^2 = V_e$ = variância residual (ambiental + não aditiva) e $\hat{\sigma}_f^2 = V_f$ = variância fenotípica individual. Médias aos 48 meses de idade para altura de plantas de metros (ALT m), diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo) em centímetros (DAP cm) e volume em metros cúbicos (VOL m³). V_g ; V_{parc} ; V_e ; V_f = nomenclatura fornecida pelo programa estatístico SELEGEN.

As estimativas das variâncias genotípicas ($\hat{\sigma}_g^2$) mostraram que os três caracteres avaliados no ambiente em estudo apresentaram taxas de controle genético similares, salvas as devidas escalas (Tabela 3), por serem caracteres correlacionados. Como essas estimativas foram elevadas, fica evidente a existência de variação genética entre os clones, podendo-se afirmar que há grande possibilidade de seleção, levando-se em conta os três caracteres avaliados (ROSADO et al., 2012).

De acordo com Silva (2005), é comum utilizar-se do caráter de maior importância como objeto de seleção, entretanto, deve-se levar em consideração também aqueles cuja avaliação esteja menos sujeita a erros, como o DAP.

As variáveis dendrométricas DAP, ALT e VOL tiveram médias gerais de 16,19 cm, 19,66 m e 0,224 m³ aos 48 meses de idade, respectivamente.

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentados os resultados dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m³) aos 48 meses de idade em teste clonal de *Eucalyptus* spp. na localidade de Palma Sola – SC.

| Caracteres | Parâmetros genéticos | |
|------------|---------------------------|--------|
| DAP | \hat{C}_{parc}^2 | 0,129 |
| | CV_e (%) | 12,880 |
| | CV_{gi} (%) | 17,340 |
| | *Média (cm) | 16,190 |
| ALT | \hat{C}_{parc}^2 | 0,193 |
| | CV_e (%) | 11,420 |
| | CV_{gi} (%) | 12,130 |
| | Média (m) | 18,660 |
| VOL | \hat{C}_{parc}^2 | 0,087 |
| | CV_e (%) | 24,460 |
| | CV_{gi} (%) | 36,720 |
| | Média (m ³) | 0,224 |

*Média aos 48 meses de idade; \hat{C}_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; CV_e : coeficiente de variação experimental; CV_{gi} : coeficiente de variação genética aditiva individual.

A média geral do experimento instalado na localidade de Palma Sola – SC foi influenciada pela incidência de geadas ao longo de três primeiros anos de condução do teste clonal, onde, segundo dados coletados pela empresa Palmasola, as temperaturas mínimas nas semanas mais frias atingiram -8°C, -7°C e -10°C, nos anos de 2008, 2009 e 2010, respectivamente. Santos (2008), trabalhando com reflorestamento de *E. benthamii*, observou valores similares para a região de Guarapuava - PR, em 2008.

Os valores de coeficiente de variação experimental (CV_e) para DAP e ALT, por não terem sido elevados, são adequados para uma possível seleção indireta para o caractere volume, havendo correlação genética consistente (MORAES et al., 2014). Já o valor de CV_e para VOL mostrou-se elevado, mas ainda está adequado para as condições de campo em experimentos com clones de *Eucalyptus* spp..

Em geral, os resultados para CV_e demonstraram boa precisão na condução do experimento de campo. Segundo Garcia (1989): DAP (12,88%), ALT (11,42%) e VOL (24,46%). Resultados semelhantes foram encontrados por Garcia e Nogueira (2005), estudando outras espécies florestais, e Rocha et al. (2007), Freitas et al.

(2009) e Miranda (2012), estudando outras *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* em regiões sem ocorrências de geadas.

Gomes (1990) classifica o coeficiente de variação experimental como baixo, quando os valores são inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30%, e muito altos superiores a 30%. Deste modo, os valores encontrados para o referido estudo, estão adequados.

O coeficiente de variação genético (CV_{gi}), parâmetro comumente utilizado para comparar a variabilidade genética inerente a cada caráter, conforme Resende (2000) expressa, em porcentagem da média geral, a quantidade de variação genética entre os clones. Segundo Resende (2002), quanto maior o valor do CV_{gi} , maiores as chances de se obterem ganhos genéticos adicionais na seleção dos clones.

Os valores para CV_{gi} foram elevados para os três caracteres, caracterizando a existência de variabilidade genética entre os clones, além de reforçar os indicativos de que grande parte da variação total é de natureza genética (ROSADO, et al. 2009).

Para DAP e ALT, os CV_{gi} foram de 17,34 e 12,13%, respectivamente. Já para VOL, o valor confirma a boa variação genética (36,72%), ficando evidente o potencial para seleção entre os clones, ainda que em condições de geadas. Neste caso, o que justifica a grande magnitude do valor para CV_{gi} é o fato de que a variável volume é calculada indiretamente, ou seja, através das outras variáveis mensuráveis (DAP e ALT), podendo haver erros experimentais nestas.

Segundo Vencovsky (1987), quando a relação entre o coeficiente de variação genético (CV_{gi}) e o coeficiente de variação ambiental (CV_e) tende a um ou mais, há uma situação favorável para a prática de seleção e obtenção de ganhos, pois a variação genética supera a ambiental.

Os valores obtidos para o coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas (\hat{C}_{parc}^2) foram moderados para os caracteres (DAP: 0,129; ALT: 0,193; e VOL: 0,087), indicando que os fatores ambientais pouco atuaram entre as parcelas, resultando na baixa variação ambiental entre elas. Sendo assim, pode-se inferir que o delineamento estatístico experimental utilizado foi eficiente e a capacidade de teste adequada para minimizar os efeitos ambientais.

Rocha et al. (2006), trabalhando com *Eucalyptus*, observaram resultados similares para \hat{C}_{parc}^2 para os caracteres avaliados neste trabalho. Segundo Resende (2002), o \hat{C}_{parc}^2 quantifica a variabilidade das parcelas dentro dos blocos, sendo que uma estimativa de até 10% não chega a interferir na estimativa dos parâmetros genéticos.

Os resultados dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento: altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m³), são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento em altura de planta (ALT m), diâmetro à altura do peito (DAP cm) e volume de madeira (VOL m³) aos 48 meses de idade em teste clonal de *Eucalyptus* spp. na localidade de Palma Sola – SC.

| Caracteres | Parâmetros genéticos | |
|------------|----------------------|------|
| DAP | \hat{h}_g^2 (%) | 38 |
| | \hat{h}_{mc}^2 (%) | 92 |
| | CV_r | 1,35 |
| | \hat{r}_{aa} (%) | 95 |
| ALT | \hat{h}_g^2 (%) | 31 |
| | \hat{h}_{mc}^2 (%) | 87 |
| | CV_r | 1,06 |
| | \hat{r}_{aa} (%) | 91 |
| VOL | \hat{h}_g^2 (%) | 39 |
| | \hat{h}_{mc}^2 (%) | 93 |
| | CV_r | 1,50 |
| | \hat{r}_{aa} (%) | 96 |

\hat{h}_g^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{h}_{mc}^2 : herdabilidade da média de clones; CV_r : coeficiente de variação relativa (relação entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental); \hat{r}_{aa} : acurácia seletiva.

Analisando as estimativas de herdabilidade em conjunto, conclui-se que foram elevadas, o que indica alto controle genético (pequena influência ambiental) e condições favoráveis para a seleção com base nos três caracteres estudados.

A herdabilidade individual no sentido restrito ($\hat{h}_g^2 = 38\%$; 31% ; e 39%) para DAP, ALT e VOL, respectivamente, evidencia o baixo efeito do ambiente sobre os caracteres, sugerindo grande possibilidade de sucesso na seleção.

O coeficiente de herdabilidade da média de clones (\hat{h}_{mc}^2) é estimado quando se usam médias como unidade de avaliação/seleção. Em razão da diminuição dos erros experimentais, devido o número de repetições, o coeficiente atinge nível de boa precisão. Deste modo, este parâmetro assume destaque no melhoramento

genético, no que diz respeito à seleção de clones, em que os valores genéticos são preditos com base nas médias fenotípicas das repetições (MAIA et al., 2009; ROSADO et al., 2012).

Os valores de \hat{h}_{mc}^2 estimados aos 48 meses foram elevados para os três caracteres avaliados (DAP: 92%; ALT: 87%; VOL: 93%), indicando alto controle genético na expressão dos caracteres. Sendo assim, pode-se afirmar que há grande potencial para seleção dos clones de *Eucalyptus* de alta produtividade.

Essa estimativa se assemelha à de outros estudos, como o de Paula et al., 2002 (*E. camaldulensis*), Rosado et al., 2009 (*E. urophylla*) e Zanata et al., 2010 (*E. pellita*).

Massaro et al. (2010), trabalhando com clones de *Eucalyptus* spp. no Espírito Santo, encontraram valores de 73 a 94%, em várias idades para os mesmos caracteres avaliados, ficando evidente que o fator geodas não foi determinante para que fossem obtidos bons resultados no presente trabalho.

Garcia e Nogueira (2005), em condições experimentais semelhantes às deste trabalho, obtiveram também valores mais altos para este parâmetro, caracterizando o arranjo experimental como adequado para controlar os efeitos ambientais e estimar os valores genéticos dos caracteres avaliados.

A herdabilidade é um dos mais importantes parâmetros genéticos, pois atua na quantificação da fração da variação fenotípica de natureza herdável, podendo ser explorada na seleção clonal (ROSADO et al., 2012).

Ainda na Tabela 5, os coeficientes de variação relativa (CV_r) obtidos neste estudo são considerados moderados para DAP (1,35) e VOL (1,50). Para ALT (1,06) o valor está adequado, levando-se em conta que o ideal deve ser próximo de 1 para este parâmetro. Valores adequados para o CV_r reforçam o bom desempenho do delineamento experimental empregado no ensaio.

A acurácia seletiva (\hat{r}_{aa}) para os caracteres avaliados foi de 95% para DAP, 91% para ALT e 96% para VOL. Tais resultados indicam boa relação entre os valores genéticos reais e os preditos, tornando segura a seleção de clones superiores (RESENDE; DUARTE, 2007). De acordo com Resende (2007a), valores de acurácia seletiva (\hat{r}_{aa}) superiores a 50% estão adequados.

Santos et al. (2008) obtiveram, em população base de *E. camaldulensis* aos 21 anos de idade, acurácias de 82% (DAP), 76% (ALT) e 76% (VOL), indicando alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica

observada para os caracteres avaliados, próximas aos valores encontrados para o presente estudo.

Rosado et al. (2012) constataram valores próximos aos deste estudo, trabalhando com *E. urophylla* na região leste de Minas Gerais, em locais próximos à Belo Horizonte (DAP: 93%; ALT: 88% e VOL: 93%).

Miranda (2012) observou valores de acurácia seletiva acima de 85% para progênies de polinização aberta de *E. grandis* aos dois anos de idade, em quatro condições edafoclimáticas, atestando boa precisão e controle ambiental.

Na tabela 6 estão os clones USP/IPEF que apresentaram melhor potencial para a região de Palma Sola para o caractere volume aos 48 meses: 78, 64, 74, 52, 68, 49, 75 e 59. Três são da espécie *E. saligna* (78, 74 e 75) e cinco da espécie *E. dunnii* (64, 52, 68, 49 e 59).

Tabela 6. Classificação dos clones com base no volume de madeira (m³) aos 48 meses, acurácia das médias (\hat{r}_{aa} %) e limites inferior (LI) e superior (LS) do intervalo de confiança a 5% de probabilidade.

| Ordem | Clones USP/IPEF | Origem | Média | r_{aa} % | LI | LS |
|-------|-----------------|-------------------|-------|------------|-------|-------|
| 1 | 78 | <i>E. saligna</i> | 0,379 | 95 | 0,317 | 0,421 |
| 2 | 64 | <i>E. dunnii</i> | 0,353 | 95 | 0,294 | 0,397 |
| 3 | 74 | <i>E. saligna</i> | 0,350 | 95 | 0,289 | 0,393 |
| 4 | 52 | <i>E. dunnii</i> | 0,333 | 95 | 0,274 | 0,378 |
| 5 | 68 | <i>E. dunnii</i> | 0,321 | 95 | 0,265 | 0,370 |
| 6 | 49 | <i>E. dunnii</i> | 0,313 | 94 | 0,253 | 0,363 |
| 7 | 75 | <i>E. saligna</i> | 0,313 | 95 | 0,254 | 0,359 |
| 8 | 59 | <i>E. dunnii</i> | 0,304 | 94 | 0,246 | 0,352 |
| 9 | 58 | <i>E. dunnii</i> | 0,289 | 94 | 0,228 | 0,337 |
| 10 | 70 | <i>E. saligna</i> | 0,278 | 95 | 0,221 | 0,326 |
| 11 | 53 | <i>E. dunnii</i> | 0,282 | 93 | 0,210 | 0,327 |
| 12 | 55 | <i>E. dunnii</i> | 0,228 | 94 | 0,171 | 0,277 |
| 13 | 42 | <i>E. dunnii</i> | 0,221 | 94 | 0,169 | 0,276 |
| 14 | 63 | <i>E. dunnii</i> | 0,212 | 94 | 0,160 | 0,267 |
| 15 | 50 | <i>E. dunnii</i> | 0,198 | 94 | 0,146 | 0,252 |
| 16 | 23 | Desconhecido | 0,188 | 86 | 0,118 | 0,280 |
| 17 | 46 | <i>E. dunnii</i> | 0,189 | 94 | 0,138 | 0,244 |
| 18 | 76 | <i>E. saligna</i> | 0,176 | 90 | 0,114 | 0,252 |
| 19 | 43 | <i>E. dunnii</i> | 0,179 | 95 | 0,130 | 0,234 |
| 20 | 54 | Desconhecido | 0,176 | 94 | 0,124 | 0,238 |
| 21 | 45 | <i>E. dunnii</i> | 0,171 | 94 | 0,123 | 0,230 |
| 22 | 65 | <i>E. dunnii</i> | 0,174 | 95 | 0,120 | 0,225 |
| 23 | 51 | <i>E. dunnii</i> | 0,163 | 95 | 0,116 | 0,221 |

| | | | | | | |
|----|-----|---|-------|----|-------|-------|
| 24 | 57 | <i>E. dunnii</i> | 0,159 | 95 | 0,111 | 0,216 |
| 25 | 125 | <i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i> | 0,152 | 94 | 0,107 | 0,213 |
| 26 | 44 | <i>E. dunnii</i> | 0,128 | 94 | 0,082 | 0,187 |
| 27 | 47 | <i>E. dunnii</i> | 0,119 | 95 | 0,074 | 0,180 |
| 28 | 62 | <i>E. dunnii</i> | 0,098 | 94 | 0,050 | 0,161 |
| 29 | 69 | <i>C. torelliana</i> x <i>C. citriodora</i> | 0,043 | 93 | 0,011 | 0,134 |

O melhor clone (78), aos 48 meses de idade, não diferiu estatisticamente a 5% de probabilidade dos sete clones seguintes.

Do total de 29 clones USP/IPEF foram selecionados 5: 78 (*E. saligna*), 64 (*E. dunnii*), 52 (*E. dunnii*), 68 (*E. dunnii*) e 59 (*E. dunnii*). A seleção destes materiais correspondeu a 17% do material testado.

A Tabela 7 apresenta os efeitos genotípicos preditos, os valores genotípicos e a média da população melhorada. A seleção dos cinco melhores clones foi feita com base no desempenho médio no local do experimento, sendo superior a 85% para todos.

Tabela 7. Estimativas de ganho genético predito para os caracteres diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (ALT) e volume individual com casca (VOL), em clones de *Eucalyptus*, tendo-se considerado o desempenho médio acima de 85%.

| Ordem | Genótipo | g | u + g | Ganho | Nova Média | Desempenho Relativo (%) |
|-------|-------------|--------|---------|--------|------------|-------------------------|
| DAP | | | | | | |
| 1 | USP/IPEF 78 | 4,5535 | 20,7466 | 4,5535 | 20,7466 | 100% |
| 2 | USP/IPEF 64 | 3,8821 | 20,0752 | 4,1191 | 20,3121 | 97,9% |
| 3 | USP/IPEF 68 | 2,8814 | 19,0744 | 3,6517 | 19,8448 | 95,7% |
| 4 | USP/IPEF 59 | 2,6384 | 18,8315 | 3,4828 | 19,6759 | 94,8% |
| 5 | USP/IPEF 52 | 2,5813 | 18,7744 | 3,3540 | 19,5471 | 94,2% |
| ALT | | | | | | |
| 1 | USP/IPEF 78 | 2,5283 | 21,1859 | 2,5283 | 21,1859 | 100% |
| 2 | USP/IPEF 64 | 2,3607 | 21,0183 | 2,4335 | 21,0911 | 99,6% |
| 3 | USP/IPEF 68 | 1,8101 | 20,4677 | 2,2331 | 20,8907 | 98,6% |
| 4 | USP/IPEF 59 | 1,6791 | 20,3368 | 2,1539 | 20,8115 | 98,2% |
| 5 | USP/IPEF 52 | 1,2105 | 19,8682 | 2,0360 | 20,6936 | 97,7% |
| VOL | | | | | | |
| 1 | USP/IPEF 78 | 0,1442 | 0,3687 | 0,1442 | 0,3687 | 100% |
| 2 | USP/IPEF 64 | 0,1210 | 0,3454 | 0,1326 | 0,3571 | 96,9% |
| 3 | USP/IPEF 68 | 0,1013 | 0,3258 | 0,1208 | 0,3453 | 93,7% |
| 4 | USP/IPEF 59 | 0,0927 | 0,3172 | 0,1152 | 0,3397 | 92,1% |
| 5 | USP/IPEF 52 | 0,0747 | 0,2992 | 0,1019 | 0,3264 | 88,5% |

g: efeito genotípico; u+g: valor genotípico predito.

Os valores genotípicos de cada clone foram obtidos através da soma de cada efeito genotípico à média geral do experimento para cada caractere. O ganho genético corresponde à média dos vetores dos efeitos genéticos preditos para os clones selecionados. A média geral somada ao ganho genético resulta na média da população melhorada (nova média). O desempenho relativo (%) de cada clone foi obtido pela relação entre as médias da população melhorada de cada clone e a média do clone de maior valor genético.

De acordo com a Tabela 7, o clone USP/IPEF 78 apresentou maiores valores para DAP, ALT e VOL. O ganho genético predito desse clone foi superior aos demais. As magnitudes dos valores de ganho genético podem ser consideradas para recomendações de clones como base na seleção de material genético com desempenho médio, no local do experimento (ROSADO et al., 2012).

Embora o clone USP/IPEF 78 tenha apresentado os melhores resultados, os demais clones também são aptos para serem trabalhados em programa de melhoramento, podendo contribuir no processo de seleção de indivíduos superiores.

Como previsto pelos coeficientes de herdabilidade, os resultados dos ganhos esperados para a seleção foram altos, levando-se em conta que o material genético estudado se encontra em fase inicial do programa de melhoramento.

Vale ressaltar que, à medida em que ocorrem sucessivas gerações de melhoramento e a seleção artificial é realizada para caracteres importantes (ALT, DAP e VOL) para o programa de melhoramento, a tendência é que com o tempo os valores do ganho genético diminuam (MORAES et al., 2013).

5.2 QUALIDADE DOS PAINÉIS COMPENSADOS

5.2.1 Análise de variância

Na Tabela 8 é apresentada a Análise de Variância realizada para as propriedades físicas e mecânicas dos painéis compensados.

Tabela 8. Análise de variância do teor de umidade (U%), densidade básica dos painéis (DB), falha na madeira (FM), tensão de ruptura, módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), por clone, composição e interação entre ambos.

| Parâmetros | Significância do rendimento | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
| | Clone | Composição | Clone x Composição |
| | U% | NÃO PARAMÉTRICA | |
| | DB | ** | ** |
| | FM | NÃO PARAMÉTRICA | |
| Cisalhamento | Tensão de ruptura | ** | ** |
| Flexão paralela | MOR | ** | ns |
| | MOE | ** | ns |
| Flexão perpendicular | MOR | ** | ** |
| | MOE | ** | ** |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, ($p < 0.01$).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$).

^{ns} Não significativo. ($p \geq 0.05$).

As análises de variância apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade entre os tratamentos para densidade básica da madeira (DB), tensão de ruptura (cisalhamento) e, MOR e MOE (flexão perpendicular às fibras). As médias para MOR no teste de flexão paralela às fibras também demonstraram diferenças no fator clone, e para MOE (flexão paralela) também houve diferenças nos fatores clone e, clone x composição.

Não houve diferença significativa na análise das médias para MOR e MOE (flexão paralela) no fator composições. Entretanto, ao nível de 5% de probabilidade, houve diferença significativa para MOR (flexão paralela) para o fator interação clone x composição.

5.2.2 PROPRIEDADES FÍSICAS

5.2.2.1 Teor de umidade

Na Tabela 9, apresentam-se os resultados do teor de umidade para todos os tratamentos. Entre os valores médios para essa propriedade foi utilizada a estatística não paramétrica, aplicando-se o teste de Kruskal Wallis, onde verificou-se diferença estatística entre todos os fatores. Os resultados variaram de 3,74 a 10,17%, estando dentro aceitável para painéis compensados.

Tabela 9. Valores médios de interação do teor de umidade entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado.

| Parâmetro | Clone USP/IPEF | Composição dos painéis | | | Média geral |
|-----------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| | | <i>Pinus</i> | Virola | Clone | |
| U (%) | 52 | 8,68 ABCD (1,34; 15,50) | 9,72 BCD (0,36; 3,72) | 8,37 ABCD (1,10; 13,20) | 6,58 |
| | 59 | 9,85 CD (1,04; 10,50) | 9,12 ABCD (1,26; 13,80) | 10,17 D (0,91; 8,95) | |
| | 64 | 3,74 A (0,84; 22,50) | 5,80 ABCD (2,05; 35,4) | 4,03 A (0,97; 24,00) | |
| | 68 | 3,95 A (1,68; 42,60) | 4,29 ABCD (1,34; 31,10) | 7,89 ABCD (2,53; 32,10) | |
| | 78 | 4,14 AB (1,72; 41,50) | 4,70 ABCD (1,09; 23,20) | 4,26 ABC (0,49; 11,60) | |

Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores mais elevados foram encontrados para os painéis compostos por miolo de virola no clone USP/IPEF 52 (9,72%), *Pinus* no clone USP/IPEF 59 (9,85%) e 100% *Eucalyptus* também no clone USP/IPEF 59 (10,17%), sendo estes valores estatisticamente diferentes dos demais. A ampla variação nos resultados pode indicar que o período de climatização dos painéis, antes dos ensaios, não teve boa precisão para tornar constantes os seus teores de umidade. Entretanto, em relação aos clones USP/IPEF 52 e USP/IPEF 59, pode-se dizer que tais valores, mesmo superiores aos demais, ainda são considerados coerentes, estando próximos do esperado para materiais nas condições descritas, que é de até 10%.

Os valores médios do teor de umidade dos painéis compensados compostos por lâminas dos clones USP/IPEF 52 e USP/IPEF 59, observados neste estudo, se

aproximam dos valores médios encontrados por diversos autores, bem como são compatíveis com os de outros estudos que abordaram a manufatura de compensados a partir de espécies de *Eucalyptus*, como os de Pereyra (1994), Pio (1996) e Interamnense (1998).

Porém, se comparados aos de compensados fenólicos de várias espécies de *Eucalyptus* estudados por Bortoletto Júnior (2003) e aos de LVL de *Eucalyptus urophylla* estudados por Guimarães Júnior et al. (2015), são inferiores, fato justificado pelo tipo de adesivo e pelos parâmetros de processo vinculados a cada caso (ALMEIDA et al., 2004a).

Os valores obtidos para a determinação do teor de umidade, de modo geral, foram inferiores aos apresentados por Iwakiri et al. (2006), que variaram entre 11 e 12%, por Morais (2008) e Campos et al. (2014), que encontraram, também, valores de teor de umidade de 12,54%. Por outro lado, Ferreira (2011) encontrou resultados similares à média geral deste estudo, entre 5 e 7%, que correspondem aos resultados encontrados para os painéis formados por lâminas dos clones USP/IPEF 64, USP/IPEF 68 e USP/IPEF 78, com miolo de *Pinus*, virola e 100% *Eucalyptus* (próprio clone).

Os painéis compensados que apresentaram os menores resultados para o teor de umidade têm em sua composição miolo de *Pinus* e, capa e contracapa de *Eucalyptus* dos clones USP/IPEF 64 e USP/IPEF 68 (3,74 e 3,95%, respectivamente). Outra composição, cujo valor foi estatisticamente semelhante aos anteriores, foi a do painel constituído 100% do clone USP/IPEF 64 (4,03%).

De modo geral, as médias para o parâmetro avaliado estão adequadas e são justificadas pelas altas temperaturas no processo de secagem das lâminas e na etapa de prensagem do compensado (BORTOLETTO JÚNIOR; GARCIA, 2004), e ao adesivo empregado.

Segundo Currier (1961), a umidade influencia diretamente os mecanismos de ação do adesivo, como o escoamento, a transferência e a capacidade de penetração. Teores de umidade considerados muito baixos reduzem o escoamento e a penetração do adesivo na madeira, afetando negativamente a resistência da colagem, enquanto umidades muito elevadas normalmente conferem ao adesivo poder de penetração excessiva para o interior da madeira, reduzindo a resistência da linha de cola (FERREIRA, 2011).

5.2.2.2 Densidade básica

Na tabela a seguir (Tabela 10) são apresentados os resultados da densidade básica dos painéis obtidos a partir do teste de média realizado com os corpos de prova anteriormente descritos.

Tabela 10. Valores médios de interação de densidade básica dos painéis entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado.

| Parâmetro | Clone USP/IPEF | Composição dos painéis | | | Média geral |
|--|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| | | <i>Pinus</i> | <i>Virola</i> | Clone | |
| Densidade básica dos painéis (g/cm ³) | 52 | 0,53 bB (20,77; 3,91) | 0,58 bA (16,89; 2,89) | 0,57 bA (43,23; 7,52) | 0,58 |
| | 59 | 0,57 abA (33,37; 5,87) | 0,54 cA (8,42; 1,55) | 0,55 bA (17,85; 3,26) | |
| | 64 | 0,59 aA (30,26; 5,16) | 0,58 bA (13,03; 2,24) | 0,58 bA (5,12; 0,87) | |
| | 68 | 0,59 aB (28,19; 4,81) | 0,63 aA (8,81; 1,39) | 0,63 aA (22,52; 3,60) | |
| | 78 | 0,58 aA (31,43; 5,43) | 0,61 aA (18,97; 3,12) | 0,58 bA (17,21; 2,95) | |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores médios obtidos para a densidade básica dos painéis compensados foram de, no mínimo 0,53 g/cm³, e, máximo 0,63 g/cm³, com média geral de 0,58 g/cm³, podendo-se concluir que os painéis são considerados de média densidade, conforme especificações normativas que indicam de 0,5 a 0,8 g/cm³.

Não houve diferença estatística entre os valores de densidade básica dos painéis constituídos por lâminas de *Pinus* com *Eucalyptus* para os clones USP/IPEF 59, USP/IPEF 64, USP/IPEF 68 e USP/IPEF 78 (0,57; 0,59; 0,59; e 0,58 g/cm³, respectivamente). De igual modo, as médias dos painéis em que se utilizou lâminas de *Pinus* com lâminas do clone USP/IPEF 52, não diferem estatisticamente das médias obtidas pelos painéis com lâminas do clone USP/IPEF 59, embora apresente o menor valor para densidade (0,53 g/cm³).

Para os painéis constituídos por lâminas de virola combinadas com lâminas de *Eucalyptus* dos cinco clones testados, pode-se inferir que aqueles em que foram combinados com lâminas dos clones USP/IPEF 68 e USP/IPEF 78 (0,63 e 0,61

g/cm³, respectivamente) não diferem entre si estatisticamente, apresentando medidas semelhantes. Já as médias entre os painéis referentes aos clones USP/IPEF 52 e USP/IPEF 64 (0,58 e 0,58 g/cm³), embora tenham sido inferiores, também não diferem entre si estatisticamente.

Painéis constituídos 100% com lâminas de *Eucalyptus* dos clones USP/IPEF 52, USP/IPEF 59, USP/IPEF 64 e USP/IPEF 78 (0,57; 0,55; 0,68; e 0,58 g/cm³, respectivamente), não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O clone USP/IPEF 68 apresentou maior média de densidade básica (0,63 g/cm³), diferindo dos demais. Campos et al. (2014) encontraram valores próximos de 0,60 g/cm³ para painéis compensados de *Eucalyptus* sp. e Iwakiri et al (2012), para as lâminas de *Eucalyptus*, obteve valores para densidades médias variando de 0,436 g/cm³ para *Eucalyptus grandis* e 0,687 g/cm³ para *Eucalyptus saligna*. Para *Eucalyptus dunnii*, o valor encontrado foi de 0,561 g/cm³.

Guimarães Júnior et al. (2009), estudando diferentes procedências de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. saligna* e *E. cloeziana*) aos 31 anos de idade obtiveram valores de densidade dos painéis variando em torno de 0,72 e 0,98 g/cm³. Portanto, os resultados encontrados neste trabalho ficaram abaixo daqueles observados na literatura. O que pode explicar tais resultados é o fato de a densidade básica dos painéis compensados ser uma variável dependente da densidade e da umidade da madeira que os originou, além das variáveis do ciclo de prensagem utilizado na manufatura dos mesmos (KOLLMANN et al., 1975). Neste trabalho, o fator idade também contribuiu para que fossem obtidos valores de densidade inferiores aos encontrados na literatura.

Trabalhando com painéis de madeira de *Eucalyptus urophylla* com 8 anos de idade, Mendes et al. (2011) obtiveram resultados para densidade dos painéis acima do valor nominal (1,20 g/cm³), fato que, segundo os autores, se justifica por terem considerado 10% a mais de materiais para suprir possíveis perdas geradas durante o processo de manuseio dos componentes dos painéis no momento da homogeneização na betoneira e na divisão para a determinação da massa correspondente a cada painel antes de serem levados para a prensa.

Sobre a análise individualizada (cada clone em relação a cada composição), pode-se afirmar que o clone USP/IPEF 68 foi o que apresentou maiores valores para todas as composições 0,59; 0,63 e 0,63 g/cm³ (*Pinus*, *virola* e *Eucalyptus*). Os resultados obtidos para este material não diferem entre si, ao nível de 5%, nas

composições com virola e lâminas do próprio clone, indicando que os painéis compostos por essas lâminas tiveram baixo teor de umidade. Da mesma forma, os demais clones não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, permitindo concluir que todos foram semelhantes entre si nas composições mencionadas acima. Por outro lado, o clone que apresentou o menor coeficiente de variação foi o USP/IPEF 64, indicando que sua madeira é mais homogênea nesse aspecto.

De acordo com Scanavaca Junior e Garcia (2004) a densidade básica, por ser um parâmetro de fácil mensuração e apresentar boa correlação com as propriedades mecânicas, é uma das propriedades físicas mais analisadas em estudos, sendo uma das mais importantes no que concerne à caracterização tecnológica da madeira, haja vista que sua variação afeta diretamente a resistência e a estabilidade dimensional da madeira.

De modo geral, quanto maior a densidade básica da madeira maiores serão os parâmetros de resistência (módulo de ruptura à flexão estática, compressões paralela e perpendicular) e de rigidez (módulo de elasticidade à flexão estática) (MORAES NETO et al., 2009).

Sendo assim, em relação a composição dos painéis com lâminas de *Pinus*, virola ou 100% *Eucalyptus*, pode-se afirmar que, exceto para os painéis com miolo de *Pinus* e capa e contracapa do clone USP/IPEF 52, os demais não diferem entre si, sendo, portanto, considerados de densidade recomendada.

5.2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS

5.2.3.1 Cisalhamento

A Tabela 11 apresenta os valores médios das propriedades mecânicas dos compensados, por clone e por composições entre espécies.

Tabela 11. Valores médios de interação do ensaio de cisalhamento da linha de colagem dos painéis compensados entre os clones e suas respectivas composições.

| Parâmetro (Cisalhamento) | Clone USP/IPEF | Composição dos painéis | | | Média geral |
|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| | | <i>Pinus</i> | <i>Virola</i> | Clone | |
| Tensão de ruptura (MPa) | 52 | 1,65 aA (0,41; 24,95) | 1,62 aA (0,17; 10,69) | 1,77 aA (0,29; 16,50) | 1,47 |
| | 59 | 1,66 aA (0,23; 14,06) | 1,55 aA (0,18; 11,50) | 1,04 bB (0,28; 27,19) | |
| | 64 | 1,16 bB (0,32; 27,80) | 1,57 aA (0,23; 14,71) | 1,30 bAB (0,15; 11,25) | |
| | 68 | 1,40 abB (0,33; 23,35) | 1,93 aA (0,34; 17,52) | 1,13 bB (0,31; 27,59) | |
| | 78 | 1,18 bB (0,22; 18,91) | 1,57 aA (0,29; 18,20) | 1,48 abAB (0,23; 15,73) | |
| Falha na madeira* (%) | 52 | 70 (17,22; 24,61) | 60 (10,49; 17,48) | 80 (14,72; 18,40) | 80 |
| | 59 | 80 (13,29; 16,61) | 90 (6,32; 7,03) | 30 (15,06; 50,18) | |
| | 64 | 70 (19,41; 27,73) | 100 (8,16; 8,16) | 70 (8,37; 11,95) | |
| | 68 | 90 (4,08; 4,54) | 90 (8,94; 9,94) | 80 (16,02; 20,03) | |
| | 78 | 80 (7,53; 9,41) | 100 (5,16; 5,16) | 60 (13,66; 22,77) | |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A análise de variância (Tabela 7) realizada para a variável cisalhamento mostrou que houve efeito significativo dos fatores de tratamento sobre o cisalhamento, no parâmetro tensão de ruptura. O resultado do teste de médias dessa variável, para o fator clone e composição, pode ser observado na Tabela 10.

Os dados da Tabela 10 mostram que os valores médios da tensão de ruptura dos corpos de prova foram maiores entre os compensados produzidos a partir de lâminas dos cinco clones de *Eucalyptus* combinadas com miolo de virola, sendo estatisticamente semelhantes entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, todos os valores, inclusive para o clone USP/IPEF 68, cujo valor médio da tensão de ruptura foi superior aos demais (1,93 MPa). A amplitude das médias de tensão de ruptura foi de 1,04 MPa (clone USP/IPEF 59) a 1,93 MPa (clone USP/IPEF 68).

Analisando as composições dos compensados em cada clone específico, pode-se inferir que os valores da tensão de ruptura para o clone USP/IPEF 68, combinado com miolo de *Pinus* e virola (1,40 e 1,93 MPa, respectivamente), conferem vantagem ao material e demonstram que a interação entre o adesivo e a madeira foi melhor para esses casos.

Valores de densidade baixos, relacionados à maior porosidade, implicam em maior penetração do adesivo na madeira e, conseqüentemente, enfraquecimento da linha de colagem dos painéis (IWAKIRI et al., 2012). Portanto, conclui-se que todas as composições, exceto o compensado constituído a partir de miolo de *Eucalyptus* do clone USP/IPEF 59, foram classificadas como adequadas.

Os valores médios da tensão de ruptura obtidos no presente estudo, que se referem ao ensaio pós-fervura, quando comparados aos obtidos nos trabalhos de Gaiotto (1993), Pio (1996) e Interamnense (1998), cujos compensados foram colados com adesivo à base de fenolformaldeído e gramatura igual ou próxima (360 g/m², 360 g/m² e 350 g/m², respectivamente) à empregada no presente estudo (360 g/m²), são compatíveis.

Aqueles mesmos valores, quando comparados aos obtidos por Pereyra (1994), que também utilizou adesivo à base de fenol-formaldeído com gramatura do adesivo menor (330 g/m²), são superiores. Em relação aos dados de Campos et al. (2014), são inferiores.

Silva (2010), estudando compensados de três lâminas, fabricados com madeira de *Pinus* e adesivos à base de taninos, obteve 1,72 MPa para o valor médio de cisalhamento na linha de cola, resultado superior ao máximo encontrado neste trabalho, para miolo de *Pinus* (1,66 MPa).

Iwakiri et al. (2012) avaliando o potencial de uso de espécies de *Pinus* tropicais e *Eucalyptus* na produção de painéis compensados uréicos, encontraram

valores médios de tensões de cisalhamento da linha de cola na faixa de 1,48 MPa a 2,61 MPa.

Entre os valores médios para falha na madeira nos fatores de tratamento, é possível inferir que os resultados não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Kruskal Wallis, e foram condizentes com a literatura, que prevê valores acima de 60% como sendo adequados.

Para fins de comparação, os valores para falha na madeira se comportaram de maneira semelhante para todos os tratamentos, exceto para os painéis constituídos 100% de *Eucalyptus* do clone USP/IPEF 59, cujo valor médio encontrado foi de 30%, fato explicado pelo alto teor de umidade do painel (10,17%), vide Tabela 8.

De acordo com a Norma Europeia EN 314-2 (1993), conclui-se que os resultados de resistência da linha de colagem – cujo requisito mínimo é de 1,0 N/mm² – e de falha na madeira obtidos em todos os tratamentos, foram satisfatórios. Isso é justificado pela formulação do adesivo (baixo grau de extensão) e à interação adesivo e madeira (ALMEIDA et al., 2004b). A norma utilizada relaciona o valor médio da resistência da linha de colagem ao valor médio da percentagem de falha na madeira, que também se relaciona com o processo de prensagem.

Quanto maior o valor da resistência, menor a exigência em termos de falha na madeira. Para valores iguais ou superiores a 10 kg/cm² não há mais exigência para percentagem de falha na madeira (ALMEIDA et al., 2004b).

5.2.3.2 Flexão paralela

Esse ensaio teve como objetivo avaliar a resistência (Módulo de Ruptura - MOR) à flexão paralela e a rigidez (Módulo de Elasticidade - MOE) do compensado. Estas propriedades são consideradas as mais importantes no uso construtivo e estrutural do painel (BORTOLETTO JÚNIOR, 2003).

Na Tabela 12 apresentam-se os resultados obtidos para o teste de flexão paralela.

Tabela 12. Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática paralela entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados.

| Parâmetro | Clone USP/IPEF | Composição dos painéis | | | Média geral | |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------|
| | | <i>Pinus</i> | <i>Virola</i> | Clone | | |
| Flexão paralela (MPa) | M O R | 52 | 41,64 aA (9,07; 21,79) | 39,40 bA (8,14; 20,66) | 32,13 cA (5,71; 17,78) | 44,48 |
| | | 59 | 42,35 aA (2,03; 4,80) | 29,88 bB (10,98; 36,75) | 41,69 bA (4,00; 9,60) | |
| | | 64 | 52,19 aA (6,44; 12,35) | 51,72 aA (5,82; 11,25) | 49,35 abA (7,96; 16,14) | |
| | | 68 | 49,50 aA (11,85; 23,94) | 52,54 aA (6,35; 12,10) | 55,18 aA (3,70; 6,71) | |
| | | 78 | 44,84 aA (3,07; 6,84) | 39,89 bA (2,60; 6,52) | 44,84 aA (6,19; 13,82) | |
| | M O E | 52 | 5021,47 cA (770,57; 15,34) | 5064,98 cA (577,76; 11,40) | 4783,33 bA (518,26; 10,83) | 5648,62 |
| | | 59 | 5226,80 bcA (291,90; 5,60) | 4195,16 dB (716,84; 17,08) | 5053,75 bA (370,16; 7,32) | |
| | | 64 | 5891,41 abB (663,70; 11,26) | 6296,95 abAB (217,88; 3,46) | 6615,17 aA (685,64; 10,36) | |
| | | 68 | 6313,00 aA (446,93; 7,07) | 6571,41 aA (219,60; 3,34) | 6168,74 aA (400,75; 6,49) | |
| | | 78 | 5716,78 abcA (543,30; 9,50) | 5621,55 bcA (400,92; 7,13) | 6188,85 aA (508,12; 8,21) | |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente. Valores para MOR e MOE em MPa.

Como pode ser observado na Tabela 12, os valores médios do MOR paralelo para os painéis compensados de 15 mm foram levemente superiores entre as peças combinadas com miolo de *Pinus* em ambos os clones, variando de 41,64 a 52,19 MPa (clones USP/IPEF 52 e USP/IPEF 64, respectivamente), não diferindo entre si estatisticamente, indicando claramente que a colagem entre peças foi eficiente no sentido de se obter um valor de resistência aceitável. De igual modo, 90% dos valores para as outras composições, em ambos os clones, também não diferiram entre si, evidenciando boa resistência da composição entre as espécies.

Quando analisadas sob o aspecto composições em um clone específico, os melhores valores foram encontrados para o clone USP/IPEF 68, sem diferenças estatísticas entre si, cujo maior resultado foi obtido em painel constituído 100% de clone de *Eucalyptus* (55,18 MPa).

Os resultados obtidos para MOR paralelo, no geral, variaram de 29,88 a 55,18 MPa, e foram inferiores aos obtidos por Interamnense (1998), para compensados de *Eucalyptus cloeziana* (92,2 MPa) e *Eucalyptus maculata* (81,9 MPa), Keinert Júnior (1994) para *Eucalyptus grandis* (64,2 MPa) e Pedrosa (2003) para *Eucalyptus dunnii* (65,5 MPa).

A norma NBR 31.000.001/2 (ABNT, 2001) estabelece valores mínimos de MOR paralelo para compensados tipo forma de concreto (FOR) de, no mínimo, 45 MPa. Somente os clones USP/IPEF 64 e USP/IPEF 68 atenderam ao mínimo exigido, com os respectivos valores: 49,35 MPa na composição com lâminas do próprio clone (USP/IPEF 64) e 49,50 MPa na composição com miolo de *Pinus*.

Para o MOE paralelo, os valores foram estatisticamente semelhantes entre os clones apenas para a composição com *Eucalyptus* (clones USP/IPEF 64, USP/IPEF 68 e USP/IPEF 78), variando de 6168,74 a 6615,17 MPa), e, quando comparados os valores de MOE obtidos por Bortoletto Júnior (2003), que variaram entre 12500 a 19600 MPa para painéis também produzidos com *Eucalyptus*, verifica-se que os valores encontrados neste estudo foram inferiores. Os painéis constituídos 100% de *Eucalyptus* dos clones USP/IPEF 52 e USP/IPEF 59 não diferem entre si, embora apresentem valores ainda mais inferiores aos demais clones (4783,33 e 5053,75 MPa, respectivamente).

Analisando cada clone específico e suas composições, verifica-se que apenas para o clone USP/IPEF 68 não houve diferenças estatísticas entre si,

embora o maior valor para MOE paralelo tenha sido obtido para o clone USP/IPEF 64 em painel constituído com lâminas do próprio clone (6615,17 MPa).

Os resultados obtidos para o teste de flexão paralela, foram inferiores aos valores encontrados por Keinert Júnior (1994) para compensados de *Eucalyptus grandis* (15297,21 MPa), Iwakiri et al. (2000) para *Eucalyptus saligna* (11957,66 MPa) e Pedrosa (2003) para *Eucalyptus dunnii* (13015,77 MPa).

A NBR 31.000.001/2 (ABNT, 2001) estabelece valores de MOE paralelo para compensado do tipo forma de concreto (FOR), com a utilização de cinco lâminas na sua constituição, de, no mínimo 4998 MPa. Desse modo, observa-se que 86% das composições atingiram o mínimo estabelecido para módulo de elasticidade paralelo, com valor mínimo de 5021,47 MPa na composição do clone USP/IPEF 52 com *Pinus*, e máximo de 6615,17 MPa no painel com 100% de lâminas do clone USP/IPEF 64.

Ao contrário do que ocorreu com os painéis constituídos em *Pinus*, as composições com as espécies virola e/ou *Eucalyptus* (mesmo clone) durante o ensaio de flexão, apresentaram falhas em alguns corpos de prova, onde descolaram na intercessão entre o painel e o adesivo, possivelmente provocado pelo efeito de cisalhamento ou mesmo falha no processo mecânico do teste. Estes corpos de prova foram excluídos da análise estatística realizada.

5.2.3.3 Flexão perpendicular

Esse ensaio teve como objetivo avaliar a resistência (Módulo de Ruptura - MOR) à flexão perpendicular e a rigidez (Módulo de Elasticidade - MOE) do compensado.

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados obtidos para o teste de flexão perpendicular.

Tabela 13. Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática perpendicular entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados.

| Parâmetro | Clone USP/IPEF | Composição dos painéis | | | Média geral | |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| | | <i>Pinus</i> | <i>Virola</i> | Clone | | |
| Flexão perpendicular (MPa) | M O R | 52 | 53,70 aC (1,21; 2,26) | 58,21 bB (1,21; 2,07) | 63,93 bA (2,73; 4,28) | 55,18 |
| | | 59 | 44,57 bB (3,40; 7,63) | 52,75 dA (2,25; 4,27) | 45,54 dB (1,22; 2,69) | |
| | | 64 | 46,41 bB (2,81; 6,06) | 56,59 bcA (1,86; 3,30) | 55,96 cA (3,18; 5,68) | |
| | | 68 | 57,32 aB (2,79; 4,87) | 71,47 aA (2,61; 3,65) | 68,29 aA (2,09; 3,06) | |
| | | 78 | 44,14 bB (2,68; 6,06) | 53,58 cdA (1,32; 2,46) | 52,24 aA (2,29; 4,14) | |
| | M O E | 52 | 5381,89 abA (331,59; 6,16) | 6033,48 aA (534,11; 8,85) | 5768,84 abA (360,76; 6,25) | 5335,69 |
| | | 59 | 4334,92 cB (235,54; 5,43) | 5198,58 bA (499,46; 9,61) | 4226,06 cB (35,09; 0,86) | |
| | | 64 | 5623,89 aA (262,82; 4,67) | 6004,49 aA (315,67; 5,26) | 5742,43 abA (646,01; 11,25) | |
| | | 68 | 4635,83 bcB (893,02; 19,26) | 6209,90 aA (849,84; 13,69) | 6430,22 aA (365,50; 5,68) | |
| | | 78 | 4097,00 cB (109,36; 2,67) | 5183,22 bA (519,19; 10,02) | 5164,57 bA (384,82; 7,45) | |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente. Valores para MOR e MOE em MPa.

No ensaio para MOR, no sentido perpendicular, houve diferença estatística entre os clones para todas as composições. A amplitude dos resultados variou de

44,12 a 71,47 MPa. Os valores encontrados foram semelhantes aos observados por Bortoletto Júnior (2003) e Guimarães Júnior et al. (2009), onde, em seus trabalhos com diversas procedências de *Eucalyptus*, encontraram valores entre de 36,43 a 64,80 MPa.

Os painéis constituídos por lâminas de virola e aqueles 100% de *Eucalyptus*, apresentaram valores de MOR superiores aos valores encontrados para os painéis com miolo de *Pinus* em todos os clones.

Pode-se afirmar que a propriedade de MOR, no sentido perpendicular, sofreu uma influência significativa da espécie, onde *Pinus* mostrou-se estatisticamente inferior às espécies de *Eucalyptus* e virola.

Por outro lado, a análise com base nas composições em um clone específico, evidencia que os melhores valores foram encontrados para o clone USP/IPEF 68, sem diferenças estatísticas entre si para os painéis com virola e 100% de *Eucalyptus*, cujo maior resultado foi obtido em painel constituído por miolo de virola (71,47 MPa).

A NBR 31.000.001/2 (ABNT, 2001) estabelece valores mínimos de MOR perpendicular 15,59 MPa. Todos os clones estudados e suas respectivas composições apresentaram valores acima daquele exigido pela norma.

Entre os valores das médias para MOE na posição perpendicular obteve-se F significativo para os tratamentos. Os dados apresentaram amplitude de 4097,00 e 6430,22 MPa. O clone USP/IPEF 68 se destacou por apresentar os maiores valores para essa propriedade, nas composições com miolo de virola e de *Eucalyptus* 100% (6209,90 e 6430,22 MPa, respectivamente). A norma NBR 31.000.001/2 (ABNT, 2001) estabelece valores de MOE perpendicular para compensado de, no mínimo, 2499,3 MPa.

Guimarães Júnior et al. (2009), estudando diferentes procedências de *Eucalyptus*, observaram valores médios de MOE perpendicular de 5702,81 MPa para compensados.

O módulo de elasticidade, quando o mínimo exigido pelas normas, atua como medidor de pressão do painel, conferindo ao material, determinado grau de flexibilidade, o que implica em boas características para uso. Quanto mais alta é a resistência da madeira, mais baixa será a sua deformabilidade e melhor qualidade terão os painéis para diversos fins.

6 CONCLUSÕES

Há variações genéticas significativas entre os clones, para os caracteres dendrométricas avaliados nas condições ambientais do experimento, havendo, portanto, possibilidade de se obter ganhos pela seleção.

A herdabilidade média dos genótipos para os três caracteres avaliados no ambiente de experimento, apresenta valores de alta magnitude, o que indica condição favorável à seleção de clones com alta acurácia.

Parte dos clones avaliados (USP/IPEF 78, USP/IPEF 64, USP/IPEF 68, USP/IPEF 59 e USP/IPEF 52) apresentam potencial para serem aproveitados no programa de melhoramento genético da empresa e em plantios comerciais na região onde se encontra o município de Palma Sola – SC.

Em relação às propriedades físicas e mecânicas dos painéis, o clone com melhor desempenho foi o USP/IPEF 68 (*E. dunni*), com valores superiores em quase todos os critérios.

Os painéis produzidos com lâminas de *Pinus* e virola, apresentaram bom desempenho, quando comparados com os painéis constituídos exclusivamente com lâminas de *Eucalyptus*. Destaque para os painéis com lâminas de virola no teste de flexão perpendicular e para os de lâminas de *Pinus* no teste de flexão paralela.

A composição dos painéis com lâminas exclusivamente de *Eucalyptus* (capa, miolo e contracapa), de forma intercalada, não contribuiu para aumento significativo nos valores de MOE e MOR paralelo e perpendicular. Entretanto, os valores foram superiores em clones mais promissores, como o USP/IPEF 68 e USP/IPEF 64.

Os resultados da resistência da linha de cola e flexão estática paralela e perpendicular obtidos neste estudo foram compatíveis com os valores de referência das normas utilizadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Produtos de madeira sólida: estudo setorial**. Curitiba, 2003. 67 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: classificação**. Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR-9531).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997 (Norma Brasileira NBR 7190).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada**. Rio de Janeiro, 2001 (Norma Brasileira NBR 31.000.001/2).
- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2012. **Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011**. Brasília: 2012. 150 p.
- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. 74 p.
- ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 49-58, 2004.
- ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 14-24, 2004.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 399-416, 2007.
- ASSIS, T. F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para a obtenção de produtos sólidos da madeira. In: UFV, SIF AND IEF (ED.) ANAIS DO WORKSHOP SOBRE TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 61-72.
- ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento Genético do Eucalipto. In: **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**, 1. ed. Santa Maria: UFSM, 2015. Cap. 7, p. 225-242.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, p. 44-49, 2011.

BATISTA, W. R.; DOS SANTOS, J. E. G.; SEVERO, E. T. D.; KLAR, A. E. Calibração de um equipamento TDR (reflectometria por domínio do tempo) para a determinação da umidade da madeira de *Grevillea robusta* (Cunn.). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 129-145, 2011.

BENJAMIM, C. S.; BALLARIN, A. W. Variação radial da densidade aparente da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* com 29 anos de idade. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 29-46, 2009.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com II espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 65-78, 2003.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 563-570, 2004.

BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to Eucalyptus**. South-eastern Australia, 3 ed. vol. 1. Bloomings, Melbourne, 2006, 356 p.

CAMPOS, C. I.; FERREIRA, B. S.; PRATES, G. A.; GOUVEIA, D.; VALENTINA, L. V. O. D. Utilização de adesivo PVA em compensados de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2014.

CARIGNATO, A.; DE PIERI, C.; FRAGOSO, A. M.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* para resistência a *Puccinia psidii*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 23, 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2011. CD-ROM.

CURRIER, R. A. The importance of lumber seasoning in wood gluing. Western Dry Kiln Clubs, Corvallis, OR. 4 p. 1961; Disponível em:

<http://ir.library.oregonstate.edu/dspace/bitstream/1957/4872/1/Importance_Lumber_ocr.pdf>. Acesso em 3 fev. 2018.

DOURADO, C. L.; MOREIRA, J. P.; CAMBUIM, J.; SOUZA, F. B.; SILVA, A. A.; MOREIRA, B. P.; MORAES, S. M. B.; MORAES, M. L. T. Melhoramento em população natural de seringueira proveniente de Rio Branco-AC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. p. 457-460.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYCK, G.V. **Eucalypt domestication and breeding**. New York: Oxford University Press, 1994. 288 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

ESTOPA, R. A.; COSTA, R. M. L.; BIERNASKI, F. A.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. Seleção visando a produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. p. 411-414.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. New York, Ronald Press, 1964. 365 p.

FERREIRA, B. S. **Produção e caracterização físico-mecânica de painel de compensado de *Eucalyptus* sp. e adesivo PVA**. 2011. 65 p. Monografia (Graduação) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Itapeva, 2011.

FLAMPTON L. J. JR.; FOSTER G. S. Field testing vegetative propagules. In: M. R. Ahuja y W.J. Libby. Clonal forestry I: **Genetics and Biotechnology**. Springer-Verlag: Berlin, v. 1, p. 110-134, 1993.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do Eucalipto**. Editora UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2010. 200 p.

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

FREITAS, T. C. M.; RODRIGUES, D. P.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. Variabilidade genética em progênies de polinização aberta de *Pinus*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 24, 2012, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2012. CD-ROM.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular Técnica, 171).

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

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

GONÇALVES, P. S.; BORTOLETTO, F. S. F.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 620-630, 1998.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; MORI, F. A. Painéis compensado de eucalipto: estudo de caso de espécie e procedências. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 10-18, 2009.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; PROTÁSIO, T. P.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES, B. M. R.; SIQUEIRA, H. F. Qualidade de painéis LVL produzidos com madeira de clones de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 307-313, 2015.

HALLAUER, A.R. Evolution of plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 197-206, 2011.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2015. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

INTERAMNENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados**. 1998. 82 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

IWAKIRI, S.; NIELSEN, I. R.; ALBERTI, R. A. R. Avaliação da influência de diferentes composições de lâminas em compensados estruturais de *Pinus elliotti* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 19-24, 2000.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; da SILVA, J. R. M.; ALVES, C. R.; PUEHRINGER, C. A. Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 371-375, 2002.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

IWAKIRI, S.; RAZERA NETO, A.; ALMEIDA, B. C.; BIASI, C. P.; CHIES, D.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; RIGATTO, P. A.; BETTEGA, W. P. Avaliação da qualidade do compensado fenólico de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 437-443, 2006.

IWAKIRI, S.; SANCHES, F. G.; POTULSK, D. C.; SILVA, J. B.; ANDRADE, M.; MARCHESAN, R. Avaliação do potencial de uso de espécies de pinus tropicais e eucalipto na produção de painéis compensados uréicos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 277-284, 2012.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995, p. 109-118.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, 1983.

KAZMIERCZAK, S. **Qualidade de painéis de madeira compensada fabricados com lâminas de madeira de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus urograndis***. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro, Irati, 2012.

KEINERT JÚNIOR, S. **Laminação, produção e testes de compensados a partir de *Eucalyptus* spp.**. Curitiba: UFPR, 1994. 93 p. Relatório de pesquisa apresentado ao CNPq.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v. 2, 703 p.

LELLES, J. G.; SILVA, J. C. Problemas e soluções sobre rachaduras de topo de madeiras de *Eucalyptus* spp. Nas fases de desdobro e secagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 62-69, 1997.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. B. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genótípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 43-50, 2009.

MALAN, F. S. Properties, processing and utilization of eucalypts. The south african experience. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRADO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1. ed., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998, p.134-143.

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

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliotti* Engelm.** 1986. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

MENDES, L. M.; LOSCHI, F. A. P.; RAMOS E PAULA, L. E.; MENDES, R. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MORI, F. A. Potencial de utilização da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* na produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 69-75, 2011.

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production: a review. **Forest Ecology and Management**, Sydney, v.179, n.1, p.1-13, 2003.

MORAES, C. B. **Variabilidade genética em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* para tolerância ao frio**. 2013. 110 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

MORAES, C. B.; ABÍLIO, F. M.; RACHID, L. V.; ZIMBACK, L.; COSTA, R. M. L.; RESENDE, M. D. V.; MORI, E. S. Variabilidade genética em progênies de irmãos completos de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. p. 2921-2013.

MORAES, C. B.; FREITAS, T. C. M.; PIERONI, G. B.; RESENDE, M. D. V.; ZIMBACK, L.; MORI, E. S. Estimativas de parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 219-227, 2014.

MORAES NETO, S. P.; TELES, R. F.; RODRIGUES, T. O.; VALE, A. T.; SOUZA, M. R. **Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantadas no cerrado do Distrito Federal, DF.** Brasília: Embrapa Cerrados, 2009. 20 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.

MORAIS, R. D. V. **Produção e caracterização físico-mecânica do painel de compensado de *Pinus* sp. produzido com resina poliuretana bi-componente.** 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Itapeva, 2008.

MOREIRA, J. P.; PAGLIARINI, M. K.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V. Estimativas de parâmetros genéticos em um teste de progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. p. 418-421.

NP EN 310. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Plywood - Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending**, 1993. (NORMA EUROPEIA NP EN 310).

NP EN 314. EUROPEAN STANDARD. **Part. 1 Plywood – bonding quality: Pretreatment according to 5.1.1 and 5.1.3**, 1993. (Norma Europeia NP EN 314-1).

NP EN 322. **Wood-based panels - Determination of moisture content**, 1994. (Norma Europeia NP EN 322).

NP EN 323. **Wood-based panels - Determination of density**, 1994. (Norma Europeia NP EN 323).

ODA, S.; MENCK, A. L. M.; VENCOVSKY, R. Problemas no melhoramento genético clássico do eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 8-17, 1989.

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

PEDROSA, A. L. **Desempenho estrutural de vigas “i” constituídas por PLP e compensado de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden e OSB de *Pinus* spp.** 2003. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

- PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados**. 1994. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- PINTO, M. DE L. **Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. 2007. 131 p. Tese (Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- PIO, N.S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados**. 1996. 101 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- PONCE, R. H. Eucalipto: uso alternativo da madeira. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 52-57, 1997.
- PRYOR, L. D. **The biology of eucalypts**. London: Edward, 1976. 82 p.
- RACHID, L. V.; MORAES, C. B.; ABÍLIO, F. M.; ZIMBACK, L.; COSTA, R. M. L.; MORI, E. S. Variabilidade genética em progênies de polinização controlada de *Eucalyptus* para resistência à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. Uberlândia, 2013. p. 399-402.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1. Ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 552 p.
- RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 589-647.
- RESENDE, M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 47).
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**. Campo Grande: Embrapa Florestas, 2006. 299 p.
- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561 p.
- RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão de controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 37, p. 182-194, 2007.

REZENDE, M. A. Retratibilidade da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com a umidade e densidade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 120-127, 2003.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis* por meio dos procedimentos REML/BLUP e da ANOVA. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 99-107, 2006.

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

ROIG, F. A.; CALDERÓN, A.; NAVES, N.; SOMOZA, A.; LISI, C. S., FO, M. T.; IANIGLA-CCT-CONICET, C. C. **Poplar Wood Density Assessed by X-Ray Densitometry: New Insights for Inferring Wood**. Quality, Chile, 2008.

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

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SANTOS, P.E.T. Espécies de *Eucalyptus* tolerantes à geada. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2008. Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/eventos/2008/ebs2008/08-paulo.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

SCANAVACA JÚNIOR, I. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para a utilização em serraria**. 2001. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 120-129, 2004.

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

SILVA, J. M. **Análises genéticas em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* por caracteres quantitativos e marcadores moleculares**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

SILVA, B. C. **Avaliação da qualidade de compensados fabricados com adesivos à base de taninos de *Pinus oocarpa* e fenol-formaldeído**. 2010. 33 p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VALE, A. B. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 689-694, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Estatísticas do Setor Florestal Brasileiro**. São Paulo, 2000 e 2001. Disponível em: <http://www.sbs@sbs.org>. Acesso em 2000, 2001.

STARK, N. M.; CAI, Z.; CARLL, C. Wood-Based Composite Materials: Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood-Nonwood Composite Materials. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 11.

TSOUMIS, G. Science and technology of wood. Structure, properties, utilization. **Van Nostrand Reinhold**, New York, v. 65, p. 359-360, 1991.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e a produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416 p.

VERARDI, C. K.; OLIVEIRA, A. L. B.; SILVA, G. A. P.; GOUVÊA, L. R. L.; GONÇALVES, P. S. Comparação entre ganhos genéticos em progênies de seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2013. p. 403-406.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 57-61, 1997.

WATAI, L. T. Substituição de espécies de madeiras nativas por madeiras de reflorestamento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos de Jordão, 1990. São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 1, p. 131-133.

XAVIER A.; WENDLING I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, 2009. ed. UFV. 272 p.

ZANATA, M.; FREITAS, M. L. M.; SILVA, M. T.; MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S.; SEBENN, A. M. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais – SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 233-242, 2010.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of Wood Production**. Syracuse: Springer-Verlag, U.S.A., 1995. 337 p.