

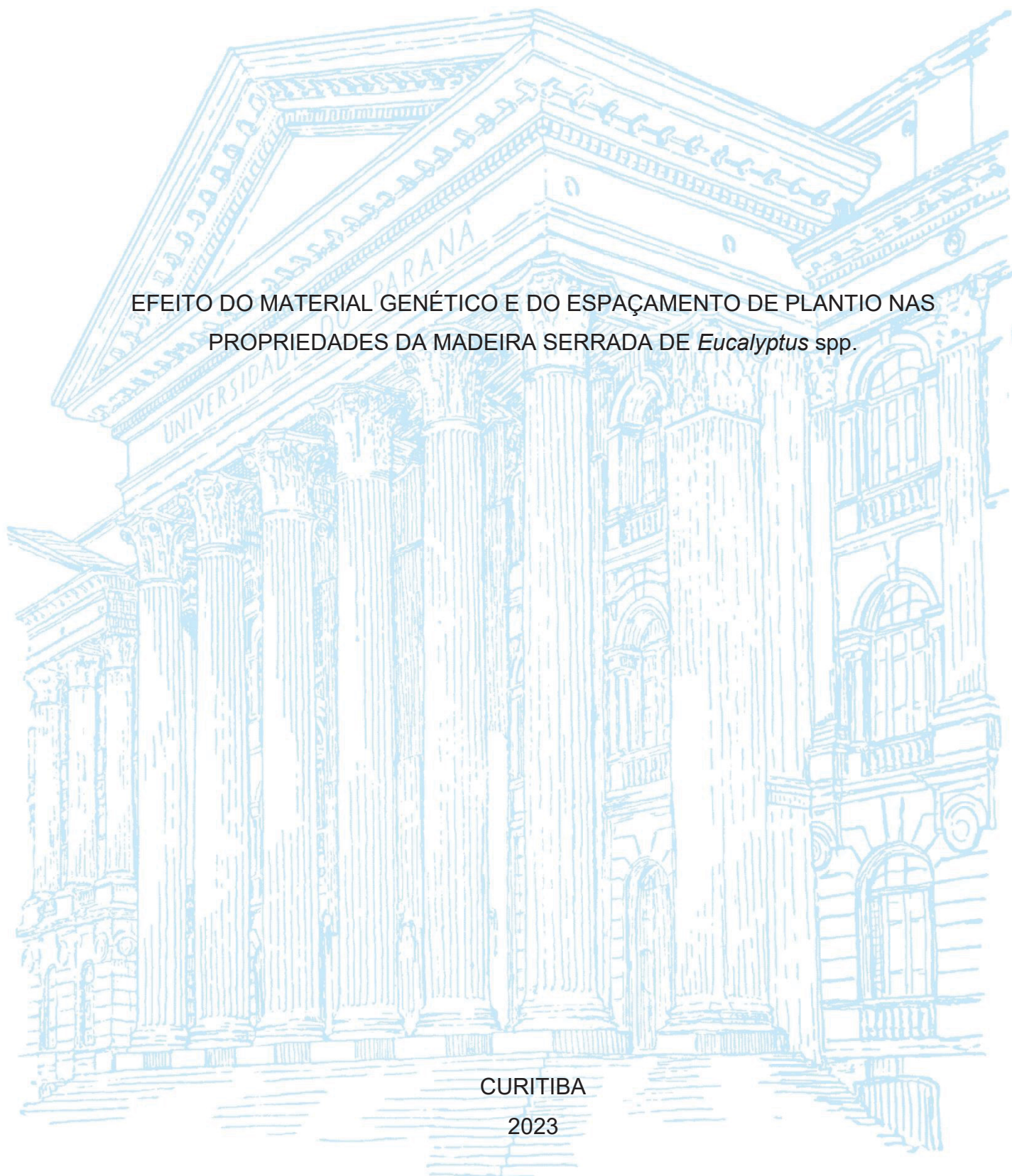
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO CARDOSO SILVA

EFEITO DO MATERIAL GENÉTICO E DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus* spp.

CURITIBA

2023



THIAGO CARDOSO SILVA

EFEITO DO MATERIAL GENÉTICO E DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus* spp.

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke
Prof. Dr. Thiago Campos Monteiro

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Silva, Thiago Cardoso

Efeito do material genético e do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus spp.* / Thiago Cardoso Silva. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. Thiago Campos Monteiro

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 16/02/2023.

1. Madeira - Qualidade. 2. Madeira - Propriedades. 3. Madeira serrada. 4. Eucalipto - Melhoramento genético. 5. *Eucalyptus saligna* - Melhoramento genético. 6. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. II. Klitzke, Ricardo Jorge. III. Monteiro, Thiago Campos. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.851



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **THIAGO CARDOSO SILVA** intitulada: **Efeito do material genético e do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus spp.***, sob orientação do Prof. Dr. MÁRCIO PEREIRA DA ROCHA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 16 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

23/02/2023 13:28:04.0

MÁRCIO PEREIRA DA ROCHA
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

23/02/2023 15:39:26.0

RAQUEL MARCHESAN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE TOCANTINS)

Assinatura Eletrônica

23/02/2023 13:46:38.0

JOSÉ TARCÍSIO LIMA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS)

Assinatura Eletrônica

23/02/2023 13:39:44.0

MARCELO NOGUEIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE
PERNAMBUCO)

Assinatura Eletrônica

23/02/2023 13:03:52.0

UGO LEANDRO BELINI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Dedico mais esta etapa da minha vida à minha
família e amigos, pois sem eles a caminhada
até aqui não seria a mesma.

Dedico também aos milhões de mortos e todos
aqueles afetados pela pandemia da COVID-19.
A CIÊNCIA SALVA VIDAS!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, responsável por tudo, pelas bênçãos proferidas todos os dias e por proporcionar mais uma etapa concluída em minha vida. Sem ti Senhor eu nada seria.

Aos meus pais, José Ferreira da Silva Neto e Claudete Cardoso dos Anjos Silva; ao meu irmão Felipe Cardoso Silva, cunhada Karina Nascimento e sobrinho Joaquin Cardoso; aos meus tios Celina Cardoso, Cláudio Cardoso e Gilson Alves; à Gislayne Luna (Mocinha), Ivson Rodrigues (Ivinho) e Camylle Luna; porque minha família é tudo pra mim. Obrigado pelo apoio em todos os momentos!

Ao meu orientador, professor Márcio Pereira da Rocha, por acreditar nesta pesquisa, pela confiança no meu trabalho e dedicação no meu desenvolvimento e aprendizado científico e profissional.

Aos meus coorientadores, professores Ricardo Jorge Klitzke e Thiago Campos Monteiros, por todas as orientações, conhecimentos e conselhos que contribuíram significativamente para finalização da pesquisa.

À Emmanoella Guaraná agradeço pela companhia e parceria durante mais esta etapa; por passarmos juntos por mais essa aventura; pela amizade, apoio nos estudos e confiança nos trabalhos do passado, presente e futuro. Sem você eu não teria chegado até aqui. Muito obrigado!

Às amigas Tarcila Lins, pela parceria de sempre, por suportar todos os perrengues junto comigo e pelos momentos (principalmente os memes compartilhados) que ajudaram a passar por tudo até aqui; Kyvia Pontes, por simplesmente ser a melhor pessoa que eu poderia ter encontrado aqui em Curitiba, obrigado por fazer parte da minha vida, principalmente em todo e qualquer rolê aleatório que me ajudou a suportar todas as adversidades nesse período; e Cibelle Reis, por todas as conversas e todo o auxílio para que fosse possível a finalização deste trabalho.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Secagem da Madeira, Daiane Moura, Jean Guerra, Linéia Zen, Theonizi Albuês e Thiago Magalhães, por toda ajuda e apoio para realização das análises e avaliações desse projeto e pelos momentos de conversa, café e xadrez que tanto ajudaram a deixar esse período mais leve e descontraído.

Aos amigos e colegas do PPGEF, Ageu Freire, Antonio Woycikiewicz, Cícero Dolácio, Daniela Minini, Darcy Santos, Felipe Manzoni, Fernanda Fonseca, Franciele Alba, Iaci Dandara, Ivana Amorim, João Madi, José Augusto Spiazzi, Kauan Angel, Lucas Moura, Rafael Brown e Vitória Ferreira, pelos momentos de descontração e pela companhia durante esses quatro anos; à Gabriel Orso, pela ajuda nas análises estatísticas e pela companhia durante esse período; à Rudson Oliveira, por disponibilizar tempo e conhecimento para realização de algumas análises, pelos conselhos e momentos que ajudaram a finalização deste trabalho em momento inóspito de pandemia. Meus sinceros agradecimentos a todos!

Aos técnicos do CIFLOMA, Eliane Lopes, Fernando Ferraz, Gisele Gimenes, Mariuci Torres e Mauro Tavora, pelo precioso auxílio na realização das análises e avaliações dessa pesquisa.

À Victor Moreira, simplesmente pela companhia durante todos esses anos e pelo apoio em todos os momentos. Obrigado por se manter por aqui!

À ArborGen Tecnologia Florestal, por acreditar neste trabalho, pela disponibilidade de recursos e por conceder o material necessário para realização da pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa que deu suporte a todas as etapas de elaboração do estudo.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de crescimento profissional.

Aos professores do CIFLOMA com quem tive a oportunidade de desenvolver amizade e absorver seus conhecimentos. Serei sempre grato!

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal por conceder a oportunidade de realização do curso de pós-graduação e consecução do título de Doutor em Engenharia Florestal. À Reinaldo e David, por toda a ajuda durante todo o curso. Muito obrigado!

A todos que, de forma geral, contribuíram para a conclusão dessa etapa.

Estude a si mesmo, observando que o autoconhecimento
traz humildade e sem humildade é impossível ser feliz.

André Luiz

(Chico Xavier, Sinal Verde, 1972, p. 35)

RESUMO

O gênero *Eucalyptus* apresenta destaque para suprir a demanda do setor florestal. A qualidade da sua madeira apresenta elevada variação e ainda é um desafio para as indústrias de madeira serrada. Diversos fatores alteram as propriedades da madeira, dentre eles o espaçamento de plantio e o material genético. Nesse contexto, o presente trabalho investigou a influência destes dois fatores na qualidade da matéria-prima e da madeira serrada de *Eucalyptus* spp. O material utilizado para as avaliações foi proveniente de um plantio experimental, com sete anos de idade, em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Foram escolhidos quatro materiais genéticos de *Eucalyptus*, sendo três de *E. urophylla* x *E. grandis* (denominados *E. urophylla* x *E. grandis* 1, *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. urophylla* x *E. grandis* 3) e um de *E. saligna*, e três espaçamentos de plantio (3,0 m x 3,0 m, 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m). Foram avaliados três aspectos: (a) qualidade da matéria-prima, por meio da avaliação de características dendrométricas e tensões de crescimento nas árvores, qualidade de tora e volume de madeira produzido; (b) propriedades da madeira, avaliando-se as características físicas, mecânicas, anatômicas, organolépticas e químicas; e (c) produção e qualidade da madeira serrada, por meio dos rendimentos e volumes de madeira serrada obtidos e qualificando-a quanto a empenamentos e rachaduras. Por fim, foram realizadas análises de correlações entre variáveis e análises de componentes principais, sendo aplicada uma classificação para determinar o melhor material para uso como madeira serrada. Como resultados, foi possível observar que variáveis dos três aspectos avaliados foram influenciadas pelo material genético, pelo espaçamento de plantio e pela interação entre estes fatores. Os materiais genéticos com sete anos avaliados apresentaram potencial para uso como madeira maciça após processamento em serraria. Apesar da pouca idade, as toras apresentaram características desejadas para a produção de madeira serrada, sobretudo a quantidade de cerne e o formato das toras. As propriedades da madeira sofreram pouca influência do espaçamento e apresentaram maior variação entre os quatro materiais genéticos avaliados. Árvores de *E. urophylla* x *E. grandis* cresceram mais em altura que as de *E. saligna*. Consequentemente, indivíduos de *E. saligna* apresentaram menores volumes de madeira. Entretanto, indivíduos de *E. urophylla* x *E. grandis* tenderam a apresentar tensões de crescimento mais intensas e com maior ocorrência de rachaduras nas toras. Após a avaliação da combinação entre material genético e espaçamento de plantio nas propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus*, pode-se inferir que o material genético representou uma fonte maior de variação na qualidade do material utilizado para essa finalidade que o espaçamento. Este último representou maior influência nas variáveis do plantio, quanto às formas das árvores e das toras a serem utilizadas como matéria-prima para obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus*, sobretudo quanto à forma e o volume de madeira produzido por área. Dessa forma, as características que sofreram maior influência do adensamento do plantio foram as dimensões das toras e os respectivos rendimentos em madeira serrada. Por fim, considera-se que *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 no espaçamento 6,0 m x 3,0 m foram as melhores combinações para produção de madeira serrada de melhor qualidade.

Palavras-chave: Qualidade da madeira. Matéria-prima para serraria. Processamento da madeira. *E. urophylla* x *E. grandis*. *E. saligna*.

ABSTRACT

The genus *Eucalyptus* stands out for supplying the demand of the forestry sector. The quality of its wood shows high variation and is still a challenge for the wood industries. Several factors change the properties of the wood and the planting spacing and the genetic material of the tree represent highlights, in addition to interfering with the quality of the raw material and sawn wood. In this context, the present work seeks to investigate the influence of genetic material and planting spacing on the quality of raw material and sawn wood of *Eucalyptus* spp. The material used for the evaluations came from a seven-year-old experimental plantation in Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Four *Eucalyptus* genetic materials were chosen, three from *E. urophylla* x *E. grandis* (named *E. urophylla* x *E. grandis* 1, *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. urophylla* x *E. grandis* 3) and one from *E. saligna*, and three planting spacings (3.0 m x 3.0 m, 6.0 m x 3.0 m and 8.5 m x 3.0 m). Three aspects were evaluated: (a) quality of the raw material, through the evaluation of dendrometric characteristics and growth stresses in the trees, log quality and volume of wood produced; (b) wood properties, evaluating the physical, mechanical, anatomical, organoleptic and chemical characteristics; and (c) production and quality of sawn wood, determining yields and volumes of sawn wood obtained and qualifying it for warping and cracking. Finally, correlation analyzes were performed between variables and principal component analysis, being a classification of the best material for use as sawn wood was applied. As a result, it was observed that the variables of the three evaluated aspects were influenced by the genetic material, by the planting spacing and by the interaction between these factors. The seven-year-old genetic materials evaluated in this study has satisfactory characteristics for use as solid wood after processing in a sawmill. Despite their young age, the logs already have the desired characteristics for the production of sawn wood, especially the amount of heartwood and the shape of the logs. Wood properties were little influenced by spacing, showing greater variation among the four genetic materials evaluated. Trees of *E. urophylla* x *E. grandis* grow taller than those of *E. saligna*. Consequently, *E. saligna* presents lower production volumes of wood, but *E. urophylla* x *E. grandis* tend to present more intense internal tensions and with a higher occurrence of cracks in the logs. After evaluating the combination between genetic material and planting spacing in the properties of *Eucalyptus* sawn wood, it can be inferred that the genetic material represented a greater source of variation in the quality of the material used for this purpose than the spacing. The last one represented a greater influence on the quality of planting, trees and logs to be used as raw material for obtaining *Eucalyptus* sawn wood, especially regarding the shape and volume of wood produced per area. Thus, the characteristics that showed the greatest influence of planting density were the dimensions of the logs and the respective yields in sawn wood. Finally, it is considered that *E. urophylla* x *E. grandis* 1 and *E. urophylla* x *E. grandis* 2 in the spacing of 6.0 m x 3.0 m were the best combinations for the production of better-quality sawn wood.

Keywords: Wood quality. Raw material for sawmill. Wood processing. *E. urophylla* x *E. grandis*. *E. saligna*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2

- FIGURA 2.1 – POVOAMENTO EXPERIMENTAL DE *Eucalyptus* spp.
DESENVOLVIDO EM DELINEAMENTO DO TIPO NELDER COM
SETE ANOS DE IDADE..... 73
- FIGURA 2.2 – AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)
DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* PLANTADAS EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS. A - FIXAÇÃO DO APARELHO CIRAD-FORÊT; B
– INSERÇÃO DO PERFURADOR PARA MEDIÇÃO DA DRL..... 75
- FIGURA 2.3 – AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS DE TOPO EM TORAS DE
Eucalyptus PLANTADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. A -
MEDIÇÃO DAS ABERTURAS DAS RACHADURAS; B – MEDIÇÃO
DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS..... 77
- FIGURA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO PERIFÉRICA DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL
LONGITUDINAL (DRL) AO REDOR DO TRONCO DE ÁRVORES DE
Eucalyptus PLANTADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM
FUNÇÃO DOS MATERIAS GENÉTICOS..... 87
- FIGURA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO PERIFÉRICA DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL
LONGITUDINAL (DRL) AO REDOR DO TRONCO DE ÁRVORES DE
Eucalyptus EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE
PLANTIO..... 87

CAPÍTULO 3

- FIGURA 3.1 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS
VASOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS
DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – *E. urophylla* x
E. grandis 1; B – *E. urophylla* x *E. grandis* 2; C – *E. urophylla* x *E.*
grandis 3; E D – *E. saligna*..... 128

FIGURA 3.2 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1; B – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2; C – <i>E. urophylla</i> x <i>E.</i> <i>grandis</i> 3; E D – <i>E. saligna</i>	130
FIGURA 3.3 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA OBSERVAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1; B – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2; C – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3; E D – <i>E. saligna</i>	131
FIGURA 3.4 – COLORAÇÃO DAS MADEIRAS DOS MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp.....	135

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1 – MODELO DE DESDOBRO UTILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA A PARTIR DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> spp. OBTIDOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE ÁRVORES.....	154
FIGURA 4.2 – MAQUINÁRIO UTILIZADA NO DESDOBRO DA MADEIRA. A – SERRA DE FITA SIMPLES; E B – SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA.....	154
FIGURA 4.3 – PILHAS DE SECAGEM AO AR DA MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i>	156
FIGURA 4.4 – MADEIRA DE <i>Eucalyptus saligna</i> COM GOMA RESINA. A – TORAS; E B – TÁBUA APÓS DESDOBRO.....	162
FIGURA 4.5 – CURVAS DE SECAGEM AO AR LIVRE DA MADEIRA SERRADA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	167

CAPÍTULO 5

FIGURA 5.1 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA- PRIMA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	188
FIGURA 5.2 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA- PRIMA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	189
FIGURA 5.3 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA- PRIMA E PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	191
FIGURA 5.4 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA- PRIMA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	192
FIGURA 5.5 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA- PRIMA E RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	194
FIGURA 5.6 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	196
FIGURA 5.7 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	198

FIGURA 5.8 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.....	199
FIGURA 5.9 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> spp. COM SETE ANOS.	200

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1.1 – GRUPOS DE CORES DA MADEIRA OBTIDOS NO AGRUPAMENTO DE CLUSTER USANDO VARIÁVEIS CROMÁTICAS.....	44
--	----

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1 – INFORMAÇÕES SOBRE OS MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	74
TABELA 2.2 – DADOS DENDROMÉTRICOS DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	80
TABELA 2.3 – FATOR DE FORMA E VOLUMES DE MADEIRA DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	82
TABELA 2.4 – VALORES MÉDIOS DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) EM ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	85
TABELA 2.5 – PORCENTAGEM DE CERNE E ESPESSURA DE CASCA DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	89
TABELA 2.6 – VOLUMES DE TORAS DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	91
TABELA 2.7 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TORAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	93

CAPÍTULO 3

TABELA 3.1 – METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA.....	109
TABELA 3.2 – METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA.....	111
TABELA 3.3 – VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	112
TABELA 3.4 – VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE APARENTE À 12% DE UMIDADE DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	114
TABELA 3.5 – CONTRAÇÕES DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	116
TABELA 3.6 – COEFICIENTES DE ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	117
TABELA 3.7 – RESULTADOS DO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	118
TABELA 3.8 – RESULTADOS DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	121
TABELA 3.9 – RESULTADOS DO ENSAIO DE DUREZA JANKA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	123

TABELA 3.10 – RESULTADOS DO ENSAIO DE CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS EM MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	125
TABELA 3.11 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DOS VASOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	126
TABELA 3.12 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	129
TABELA 3.13 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DAS FIBRAS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	132
TABELA 3.14 – ÍNDICES COLORIMÉTRICOS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	134
TABELA 3.15 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	135
TABELA 3.16 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	137

CAPÍTULO 4

TABELA 4.1 – NÚMERO DE TÁBUAS OBTIDAS APÓS DESDOBRIO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	159
--	-----

TABELA 4.2 – RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE APÓS DESDOBRIO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	160
TABELA 4.3 – VALORES MÉDIOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	163
TABELA 4.4 – VALORES MÉDIOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SECA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.	168
TABELA 4.5 – RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA SECA E APÓS DESTOPO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	172
TABELA 4.6 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR HECTARE PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.....	174

CAPÍTULO 5

TABELA 5.1 – METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA, DA MADEIRA SERRADA E DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i>	182
TABELA 5.2 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	185
TABELA 5.3 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO DE ACORDO COM OS MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	185

TABELA 5.4 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	202
TABELA 5.5 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE <i>Eucalyptus</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	207
TABELA 5.6 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE <i>Eucalyptus</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	210
TABELA 5.7 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i> E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.....	214
TABELA 5.8 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE <i>Eucalyptus</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.....	217
TABELA 5.9 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE <i>Eucalyptus</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.....	219

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GERAIS DA TESE	25
1 INTRODUÇÃO	25
1.1 OBJETIVOS	27
1.1.1 Objetivo geral	27
1.1.2 Objetivos específicos.....	27
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE TESE	28
2 REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1 PRODUÇÃO DE MADEIRA MACIÇA DE <i>Eucalyptus</i>	29
2.2 MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus</i>	30
2.3 INFLUÊNCIA DOS ESPAÇAMENTOS NA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i>	32
2.4 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i>	34
2.5 PROPRIEDADES DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i>	36
2.5.1 Propriedades físicas da madeira	36
2.5.1.1 Umidade	36
2.5.1.2 Densidade básica e aparente	37
2.5.1.3 Contração	38
2.5.2 Propriedades químicas da madeira	39
2.5.3 Propriedades mecânicas da madeira	41
2.5.4 Propriedades anatômicas e organolépticas da madeira.....	41
2.6 TENSÕES DE CRESCIMENTO	45
3 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS.....	49

CAPÍTULO 2: MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i>: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO.....	71
1 INTRODUÇÃO	71
1.1 OBJETIVOS	72
1.1.1 Objetivo geral	72
1.1.2 Objetivos específicos.....	72
2 MATERIAL E MÉTODOS	73
2.1 ÁREA DO PLANTIO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	73

2.2 AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL).....	74
2.3 FATOR DE FORMA DAS ÁRVORES E VOLUME DOS FUSTES	75
2.4. OBTENÇÃO DO VOLUME E QUALIDADE DAS TORAS	76
2.5. PERCENTUAL DE CERNE E ESPESSURA DE CASCA	77
2.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	78
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.1 AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA	79
3.2 AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL).....	85
3.3 AVALIAÇÃO DE DISCOS E TORAS.....	88
4 CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS.....	98

CAPÍTULO 3: PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus*: RELAÇÃO

MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO	105
1 INTRODUÇÃO	105
1.1 OBJETIVOS	106
1.1.1 Objetivo geral	106
1.1.2 Objetivos específicos.....	106
2 MATERIAL E MÉTODOS	107
2.1 OBTENÇÃO DA MADEIRA PARA CARACTERIZAÇÃO	107
2.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	107
2.2.1 Propriedades físicas da madeira	107
2.2.2 Propriedades mecânicas da madeira	108
2.2.3 Propriedades anatômicas e organolépticas da madeira.....	109
2.2.4 Propriedades químicas da madeira	110
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	111
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	112
3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA.....	112
3.1.1 Densidade básica	112
3.1.2 Densidade aparente a 12% de umidade	114
3.1.3 Contração da madeira	115
3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA	117
3.2.1 Flexão estática	117
3.2.2 Compressão paralela às fibras.....	120

3.2.3 Dureza Janka	122
3.2.4 Cisalhamento paralelo às fibras	124
3.3 PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA.....	126
3.3.1 Avaliação dos vasos.....	126
3.3.2 Avaliação dos raios	128
3.3.3 Avaliação das fibras	131
3.3.4 Cor da madeira.....	133
3.4 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA	136
4 CONCLUSÕES	140
REFERÊNCIAS.....	141

CAPÍTULO 4: RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA E QUALIDADE DE	
TÁBUAS DE <i>Eucalyptus</i>: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO	
DE PLANTIO.....	151
1 INTRODUÇÃO	151
1.1 OBJETIVOS	152
1.1.1 Objetivo geral	152
1.1.2 Objetivos específicos.....	152
2 MATERIAL E MÉTODOS	153
2.1 OBTENÇÃO DAS TORAS PARA PROCESSAMENTO	153
2.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE TORAS.....	153
2.3 DESDOBRO DAS TORAS	153
2.4 RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE	155
2.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE.....	155
2.6 SECAGEM DAS TÁBUAS.....	156
2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA	
SECA.....	156
2.8 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR ÁREA	157
2.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	158
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	160
3.1 RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE	160
3.2 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE.....	162
3.3 SECAGEM DA MADEIRA SERRADA.....	166
3.4 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SECA	167

3.5 RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA SECA E DESTOPADA	171
3.6 PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR ÁREA.....	173
4 CONCLUSÕES	175
REFERÊNCIAS.....	176

CAPÍTULO 5: CORRELAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i>: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO.....	180
1 INTRODUÇÃO	180
1.1 OBJETIVOS	181
1.1.1 Objetivo geral	181
1.1.2 Objetivos específicos.....	181
2 MATERIAL E MÉTODOS	182
2.1 OBTENÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, DA MADEIRA SERRADA E DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	182
2.2 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MADEIRA – MATÉRIA-PRIMA X MADEIRA SERRADA X PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	183
2.3 METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DAS MELHORES MADEIRAS OBTIDAS PELA COMBINAÇÃO MATERIAL GENÉTICO DE <i>Eucalyptus</i> X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO.....	184
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	187
3.1 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS	187
3.1.1 Qualidade da matéria-prima x propriedades físicas da madeira	187
3.1.2 Qualidade da matéria-prima x propriedades mecânicas da madeira	188
3.1.3 Qualidade da matéria-prima x propriedades anatômicas e organolépticas da madeira	190
3.1.4 Qualidade da matéria-prima x propriedades químicas da madeira	192
3.1.5 Qualidade da matéria-prima x rendimento e qualidade da madeira serrada ..	193
3.1.6 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades físicas da madeira	196
3.1.7 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades mecânicas da madeira	197
3.1.8 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades anatômicas e organolépticas da madeira	198

3.1.9 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades químicas da madeira	200
3.2 CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL	201
3.2.1 Classificação baseada na análise estatística	201
3.2.2 Classificação baseada nos valores absolutos de cada variável	212
4 CONCLUSÕES	221
REFERÊNCIAS.....	222
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 228
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	229
REFERÊNCIAS.....	230
 APÊNDICES	 265
APÊNDICE 1 – DENSIDADE BÁSICA DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.....	266
APÊNDICE 2 – DENSIDADE APARENDE DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	267
APÊNDICE 3 – CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.....	268
APÊNDICE 4 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp...269	
APÊNDICE 5 – CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.....	271
APÊNDICE 6 – CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE VASOS DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	272
APÊNDICE 7 – CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE FIBRAS DE MADEIRAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	273
APÊNDICE 8 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i> PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, COM SETE ANOS.	274
APÊNDICE 9 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, COM SETE ANOS.....	276

APÊNDICE 10 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DO RENDIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE <i>Eucalyptus</i> PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, COM SETE ANOS.....	281
APÊNDICE 11 – TESTES DE MÉDIAS DA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS, AVALIANDO COMO FATOR ISOLADO.....	283
APÊNDICE 12 – TESTES DE MÉDIAS DA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> PROVENIENTE DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, AVALIANDO COMO FATOR ISOLADO.....	285

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GERAIS DA TESE

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas possuem elevada capacidade de produtividade, mesmo não atendendo com eficiência a demanda do mercado. O gênero *Eucalyptus* apresenta destaque no mercado madeireiro e a qualidade da sua madeira apresenta elevada variação. Dentre os diversos fatores, essa variabilidade é decorrente da procedência do material genético, das espécies e dos indivíduos matrizes que possuem as características de interesse para o setor madeireiro, visando produção de madeira de boa qualidade (ASSIS et al., 2015). Além do material genético, a qualidade da madeira possui relação com o ambiente onde a árvore é cultivada e também com a interação entre esses dois fatores (ZOBEL; JETT, 1995).

Dentre as características inerentes ao plantio, o espaçamento entre as árvores é um dos fatores que alteram as propriedades da madeira de *Eucalyptus*. Maiores espaçamentos proporcionam o desenvolvimento de madeiras mais densas e com maiores teores de holocelulose e lignina insolúvel, devido às alterações fisiológicas em função dos benefícios silviculturais (HENSKENS et al., 2001; ROCHA et al., 2016). Por outro lado, o espaçamento pode não influenciar significativamente características como a permeabilidade e a formação do cerne (BRITO et al., 2019a).

Além disso, menores diâmetros das árvores são observados em plantios com maiores densidades de plantas (LEITE et al., 2006; REZENDE et al., 2008; HÉBERT et al., 2016). Esse material é comum nos setores de energia da biomassa florestal e produção de celulose de *Eucalyptus* sp. (SIMÕES et al., 1980; BERNARDO et al., 1998; REINER et al., 2011; SILVEIRA et al., 2014; SEREGHETTI et al., 2015).

Apesar do aumento nos custos com tratos silviculturais nos anos iniciais do plantio, a produção de madeira em plantios mais espaçados reduz custos de implantação e aumenta a facilidade da colheita da madeira, além de gerar toras com maiores diâmetros, característica de interesse para o desdobro (BLACKWELL; WALKER, 2006; CASSIDY et al., 2013). O maior espaço entre as árvores também favorece a instalação de sistemas como os de integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF (LUZ et al., 2019). Além de proporcionar melhorias ecológicas nas áreas de produção (OLIVEIRA et al., 2018), fomenta o suprimento dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros e a produção agropecuária nas entrelinhas do plantio

(PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015; ABRANTES et al., 2019). Sendo assim, a produção em sistemas como os ILPFs de madeira destinada à serraria pode ser uma fonte de renda adicional nestas propriedades.

Diversos fatores podem influenciar a produção da madeira serrada, geralmente avaliada em função do rendimento da serraria. Este parâmetro pode ser influenciado pela qualidade das toras, como por exemplo, a quantidade de nós e a conicidade (BERLUND et al., 2013; KOZAKIEWICZ et al., 2018; WANG et al., 2018; SANTOS et al., 2019) e a forma das toras (MANESS; DONALD, 1994; NASSUR et al., 2013). O diâmetro da matéria-prima também influencia na otimização do rendimento, sendo recomendada a organização das toras em classes diamétricas para facilitar o processamento e estabelecimento de modelos de cortes na serraria (BLACKWELL; WALKER, 2006; VITAL, 2008; MÜLLER et al., 2017). Fatores como as técnicas de desdobro (FERREIRA et al., 2004; POPADIĆ et al., 2014), os equipamentos utilizados e a qualificação dos profissionais responsáveis pelo funcionamento das máquinas (ROCHA, 2002; BLACKWELL; WALKER, 2006; VITAL, 2008) também interferem na produção da madeira serrada em uma serraria.

Além destes fatores, a secagem das peças serradas também influencia no volume destas devido as suas contrações (BLACKWELL; WALKER, 2006; AMPARADO et al., 2008) e conseqüentemente no rendimento em madeira seca da serraria. Após esta fase, a madeira serrada pode ser utilizada desta forma ou beneficiada para maior agregação de valor. Uma das formas de agregar valor é realizando a remoção das pontas das peças serradas que apresentaram defeitos. Estas perdas são ocasionadas geralmente por rachaduras provocadas por tensões de crescimento (ARCHER, 1986), decorrentes da secagem (TENORIO et al., 2012) e outras fontes. A produção de peças limpas de defeitos, como os nós, também pode ser realizada, gerando peças com menor comprimento em comparação com as peças brutas, porém com o uso de técnicas de juntas de peças de madeira é possível obter peças maiores, livres de defeitos e com maior valor agregado.

A produção mundial de madeira serrada é dependente das coníferas. Esta realidade, nos últimos anos, também é encontrada no Brasil (FAO, 2021). Porém, também ocorreu um decréscimo nas áreas com plantios de coníferas e um aumento nas áreas com folhosas, principalmente do gênero *Eucalyptus* (IBÁ, 2021).

Um desafio para o uso da madeira de *Eucalyptus* como produto sólido são as tensões de crescimento. Além de ser uma característica inerente às espécies do

gênero, os plantios de *Eucalyptus* para produção de madeira sólida sofrem com o processo de crescimento acelerado, pois como observado anteriormente, estas tensões são responsáveis por manter a árvore em pé e podem provocar rachaduras e empenamentos após derrubada e desdobro das toras. Durante o processamento e sua futura utilização, as madeiras de eucalipto necessitam de uma avaliação das tensões de crescimento para melhor planejamento de seu uso (LIMA et al., 2004; BRAZ et al., 2017). Segundo Lima et al. (2004), tais tensões são forças voltadas a manter os tecidos das árvores rígidos de forma que estas se mantenham em pé, impondo resistência contra a ação de agentes físicos, como a incidência de ventos.

Diante dessas questões, uma das maneiras de avaliar a influência das tensões de crescimento em plantios é a partir da medição das deformações residuais longitudinais (DRL). Além disso, uma maior distância entre árvores pode ser capaz de aumentar a passagem do ar entre as linhas dos plantios, portanto o espaçamento deve ser um dos principais fatores observados para a produção de uma madeira com menores ocorrências de defeitos e rachaduras na matéria-prima e no produto final. Quanto ao material genético, a espécie é um dos fatores limitantes da ocorrência das tensões de crescimento, além do planejamento do plantio em si (TRUGILHO et al., 2006). Logo, compreender a relação do material genético e o espaçamento entre árvores no plantio é essencial para definir e planejar melhor a produção de madeira de *Eucalyptus*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a influência do material genético e do espaçamento de plantio na qualidade da matéria-prima e da madeira serrada de *Eucalyptus* spp.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar as características da matéria-prima, as propriedades e a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus* utilizada para produção de tábuas provenientes de povoamentos implantados com diferentes materiais genéticos e espaçamentos entre árvores;

- Relacionar as propriedades físicas, mecânicas, organolépticas, químicas e anatômicas e a influência na produção de madeira serrada de *Eucalyptus* produzida a partir de diferentes materiais genéticos desenvolvidos em diferentes espaçamentos de plantio; e
- Estabelecer um *ranking* para seleção de material genético e espaçamento entre árvores para obtenção de madeira serrada de melhor qualidade.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE TESE

A fim de alcançar todos os objetivos, o presente trabalho de tese foi organizado em capítulos, seguindo a diagramação:

- Capítulo 1: Introdução; objetivo geral e objetivos específicos; organização do trabalho; revisão de literatura; e conclusões.
- Capítulo 2: Avalia a qualidade da matéria-prima voltada para a produção de madeira serrada.
- Capítulo 3: Descreve a caracterização das propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira.
- Capítulo 4: Avalia a produção e a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus*.
- Capítulo 5: Correlaciona todas as características avaliadas: qualidade da matéria-prima, qualidade da madeira serrada e propriedades da madeira; elaboração de um *ranking* para seleção das melhores combinações entre material genético e espaçamento de plantio para obtenção de madeira serrada.
- Considerações finais, recomendações para trabalhos futuros e referências.

Com exceção do Capítulo 1, os demais estão devidamente organizados em: título do capítulo; introdução; material e métodos; resultados e discussão; e conclusões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO DE MADEIRA MACIÇA DE *Eucalyptus*

Buscando alternativas de substituição do uso de espécies nativas na cadeia produtiva da madeira, os plantios florestais têm suprido as demandas, porém ainda necessitando de mais áreas para alavancar a produtividade do setor florestal. No Brasil, a área destinada para plantios florestais foi equivalente a 9,55 milhões de hectares em 2020 (IBÁ, 2021), produzindo cerca de 143 milhões de m³ de toras (IBGE, 2020). Este montante é destinado para o mercado interno e externo, se destacando como matéria-prima para as indústrias de papel e celulose, de painéis de madeira reconstituída, de bioenergia e biorrefinarias e madeira maciça.

Dentre os produtos obtidos pela produção de madeira maciça no Brasil, destacam-se a produção de molduras, pisos maciços e engenheirados, portas e móveis, além das laminações e painéis de madeira reconstituída (IBÁ, 2021). O uso de madeiras de *Eucalyptus* para esse mercado vem crescendo a cada ano, sendo observado que o destino de plantios do gênero para usos múltiplos ainda é limitado, uma vez que os principais destinos dessas florestas são demandados pelas indústrias de papel e celulose e para geração de energia pelo uso principal de lenha e carvão (ABIMCI, 2019).

Visando um aumento na produção, a densidade de árvores nos plantios florestais é considerada uma das principais características para o manejo visando madeira serrada, pois afeta estratégias de tratamentos silviculturais como a poda e o desbaste (FORRESTER et al., 2010). Estas estratégias são de grande importância para a obtenção de matérias-primas mais propícias para a indústria de serraria, principalmente gerando toras com menos defeitos e que forneçam peças de melhor qualidade (SENTELHAS et al., 2016).

Quando se trata de plantios florestais, principalmente de espécies e materiais genéticos de *Eucalyptus*, tem-se o desafio de obter madeiras com propriedades tecnológicas que permitam seu melhor aproveitamento, principalmente diante de questões como o uso de florestas jovens para aquisição de matéria-prima, consequentemente formada por madeira juvenil, de rápido crescimento e com volumes e dimensões reduzidos (LIMA; GARCIA, 2010). A escolha de materiais genéticos de *Eucalyptus* para compor a rede de produção de madeira sólida se dá por

diversos fatores, destacando-se sua rápida taxa de crescimento, os altos incentivos aos programas de melhoramento genético, adaptabilidade ao ambiente e a ampla aplicação da madeira para diversos fins (STAPE et al., 2010; ASSIS et al., 2015; LATORRACA et al., 2015).

Em um espectro mundial, cerca de 18 milhões de hectares são destinados à produção florestal de *Eucalyptus*, destacando o gênero como a maior produção de madeira entre as folhosas (PENÍN et al., 2020). Em 2020, o incremento médio anual de plantios de *Eucalyptus* no Brasil foi de $36,8 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo registrada uma leve queda quando comparada ao ano anterior ($38,6 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), porém o Brasil ainda se destaca no setor, principalmente por investimentos em pesquisas e aplicação e desenvolvimento de técnicas de manejo florestal, em conjunto com o melhoramento genético de espécies, clones e híbridos do gênero (IBÁ, 2021).

Apesar deste destaque observado para a produção florestal de *Eucalyptus*, o setor nacional ainda é largamente dependente do uso de coníferas para as indústrias madeireiras, porém vem sofrendo com redução de áreas e consequente diminuição da produção de madeira serrada de *Pinus* (FAO, 2021). Mesmo que em muitos casos o eucalipto não substitua o pinus, tal realidade ressalta a importância dos materiais genéticos de *Eucalyptus* para a produção de madeira sólida, visto que plantios do gênero representam cerca de 78% da área florestal brasileira (IBÁ, 2021), fruto de décadas de estudos, melhoramentos e desenvolvimento tecnológico.

Estimativas mundiais apontam uma constância na produção de madeira serrada ao longo dos anos, com o Brasil entre países que mais dedicam as florestas para produtos sólidos de madeira. Para madeira serrada no mercado nacional, foi observada esta constância, sendo registrada uma produção de 10,2 milhões de m^3 anuais de 2017 a 2020 (FAO, 2021). Visando aumentar a produção e o aproveitamento da madeira, há a necessidade de realização de estudos para avaliar o potencial de novas matérias-primas e as características da madeira, direcionando-as para melhores finalidades de uso.

2.2 MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus*

A escolha do melhor material genético de *Eucalyptus* tem grande importância para o planejamento de florestas visando obtenção de matéria-prima para o setor madeireiro. Estudos iniciais que buscaram melhorar as qualidades na produção de

Eucalyptus foram destinados à obtenção de progênes com maior crescimento e sobrevivência em campo, produzindo fustes mais retilíneos (RAYMOND, 2002).

O conhecimento da herdabilidade de características do *Eucalyptus* foi um dos principais fatores que levaram aos estudos de melhoramento genético de materiais do gênero, sobretudo pela adaptação de suas espécies ao ambiente brasileiro. As propriedades e características da madeira sofrem variação de acordo com fatores intrínsecos ao próprio gênero, tanto em função do genótipo quanto do fenótipo, podendo variar também em função do ambiente de crescimento da árvore e pela interação material genético x ambiente (ZOBEL; JETT, 1995).

Uma das formas mais eficazes de melhoramento genético das essências florestais está na hibridação entre espécies, destacando-se o sucesso de vários cruzamentos dentro do gênero *Eucalyptus* (BELTRAME et al., 2012; SANTOS et al., 2013). A obtenção de cruzamentos que gerem materiais genéticos com boas características de desenvolvimento silvicultural e processamento tecnológico tem sido uma das principais finalidades dos programas de melhoramento genético do gênero *Eucalyptus* no Brasil, ampliando as possibilidades de uso de sua madeira (ALZATE et al., 2005; BELTRAME et al., 2012).

O cruzamento entre *E. urophylla* e *E. grandis* se destaca com maior produtividade da floresta, além de ser amplamente utilizado no setor madeireiro do Brasil. Na América do Sul, o híbrido apresenta desenvolvimento satisfatório para uso no setor florestal, sobretudo para a indústria de polpa e papel (BALDIN et al., 2017) e energia de biomassa e produção de carvão vegetal (DIAS JÚNIOR, 2015) cujos testes de progênes iniciaram na década de 1970 e desde os anos 1990 têm contribuído para o crescimento do setor madeireiro no Brasil (SANTOS, 2016).

Além dos híbridos, algumas espécies se destacam pela qualidade da madeira obtida. As madeiras de *E. saligna* desenvolvidas nos plantios florestais brasileiros já apresentam características que proporcionam qualidades para usos múltiplos. Geralmente, apresentam densidade variável de leve a moderadamente pesada, a depender de diversos fatores, como a idade e o processo de desenvolvimento da árvore (MORA; GARCIA, 2000; CARDONA, 2012), sua composição química influencia positivamente a sua resistência à biodeterioração (BRITO et al., 2019b) e apresenta propriedades físicas e mecânicas que auxiliam na seleção da madeira para uso sólido (OLIVEIRA; SILVA, 2003; LUIS et al., 2018), dentre outras características.

2.3 INFLUÊNCIA DOS ESPAÇAMENTOS NA MADEIRA DE *Eucalyptus*

Uma das principais características que definem o desenvolvimento das florestas para produção de madeira é o espaçamento entre as árvores. Além de definir os volumes de madeira, o espaçamento pode influenciar a qualidade da madeira produzida. Para florestas de *Eucalyptus* são observadas algumas relações entre o espaçamento e propriedades da madeira (HENSKENS et al., 2001; ROCHA et al., 2016) porém o melhoramento genético das espécies, clones e híbridos pode reduzir essa variabilidade nas propriedades (BRITO et al., 2019a).

Variações de espaçamentos entre árvores podem influenciar no crescimento, ciclo ou rotação da floresta, nas práticas e tratos silviculturais, no planejamento da floresta e na qualidade da madeira, interferindo diretamente na qualidade da matéria-prima para o setor madeireiro (REIS et al., 2012; MOULIN et al., 2020). Para determinar para qual setor a matéria-prima será designada, é necessário administrar a produção de madeira desde o plantio.

As práticas silviculturais definem qual a melhor maneira de produção e crescimento da floresta, adequando a madeira produzida ao produto final (GOULART et al., 2003). Um dos principais objetivos de definir espaçamentos de plantio é adaptar as árvores a espaços de desenvolvimento que permitam um crescimento desejado, buscando um equilíbrio entre a produção de matéria-prima de melhor qualidade e menores custos de implantação e manutenção dos povoamentos (SILVEIRA et al., 2014). Alguns dos espaçamentos aplicados em florestas de *Eucalyptus* estão listados no QUADRO 1.1.

QUADRO 2.1 – EXEMPLOS DE ESPAÇAMENTOS ENTRE ÁRVORES PARA CULTIVO DE *Eucalyptus* spp. EM FUNÇÃO DA FINALIDADE DA MADEIRA PRODUZIDA

Espaçamento	Número de árvores por hectare	Finalidade
3,0 m x 1,5 m	2.222	Celulose, energia e mourão
3,0 m x 2,0 m	1.667	Celulose, energia e mourão
3,0 m x 2,5 m	1.333	Celulose, energia e mourão
3,0 m x 3,0 m	1.111	Celulose, energia e madeira serrada
14,0 m x 2,0 m	357	Sistema ILPF – energia e palanques de cerca
14,0 m x 4,0 m	179	Sistema ILPF – madeira serrada e laminação
18,0 m x 3,0 m	185	Sistema ILPF – madeira serrada e laminação

FONTE: Wilcken et al. (2008) e Ferreira et al. 2019.

Florestas de *Eucalyptus* geralmente possuem rotações curtas devido ao seu potencial de crescimento acelerado, o que implica em aplicação de suas madeiras para fins diversos que não sólidos. O manejo destas florestas pode propiciar melhores finalidades devido à produção de madeira com dimensões e qualidade que propiciam seu uso como madeira maciça (MONTE et al., 2009). Dessa forma, práticas como desbaste e desrama auxiliam na produção de madeiras para o setor de serrarias, reduzindo a presença de defeitos, principalmente de nós (MONTE et al., 2009; CEZANA et al., 2012; WANG et al., 2018).

A desrama artificial é comumente aplicada em plantios mais espaçados, visto que o adensamento de plantio estimula a desrama natural em povoamentos de *Eucalyptus*. pela rápida produção de ramos que geram defeitos na madeira e que demandam energia da árvore para seu desenvolvimento (CEZANA et al., 2012). Apesar de ser uma prática que encarece o processo de produção de madeiras de *Eucalyptus*, a desrama pode propiciar uma melhor qualidade à matéria-prima e consequentemente ao produto final de madeira (FINGER et al., 2001).

Além da desrama, o desbaste é uma técnica também aplicada em plantios florestais que interfere nas condições e características do local. O desbaste constitui uma forma de aumentar o espaçamento entre árvores no plantio para influenciar num maior crescimento em diâmetro, sendo aplicado após o adensamento induzir um rápido crescimento em altura (TREVISAN et al., 2007; BHANDARI et al., 2021).

Em plantios que possuem espaçamentos reduzidos entre árvores, observa-se o aumento da competição por luz, nutrientes e área útil, o que reduz ou retarda o crescimento da árvore em volume (SEREGHETTI et al., 2015). A redução no crescimento em diâmetro afeta diretamente a produção de madeira para serrarias, visto que são necessárias toras de diâmetros maiores para este setor.

Plantios mais espaçados produzem árvores que cresceram com menores velocidades quando comparados a plantios adensados. Essa redução do crescimento em altura e diâmetro interfere na anatomia e na composição química, que influenciam diretamente as propriedades físicas e mecânicas (CASSIDY et al., 2013). O desenvolvimento de madeiras de *Eucalyptus* com maiores espaços entre árvores é essencial para a produção de madeira sólida, apresentando potencial uso para serraria, além do fato de que tais madeiras podem ser produzidas em sistemas de integração como ILPFs (CAMPANHA et al., 2018).

Dentre as propriedades e a formação da madeira, maiores espaçamentos em plantios de *Eucalyptus* podem gerar toras com maiores comprimento de fibras e resistências à flexão, porém com menores teores de extrativos (MOULIN et al., 2020). A densidade da madeira é amplamente variável, logo o espaçamento pode influenciar tanto negativamente quanto positivamente nos valores, ficando em função de outras variáveis, como idade e material genético (ROCHA et al., 2016; BRITO et al., 2021).

Segundo Moulin et al. (2020), a relação entre os espaçamentos e os efeitos na qualidade da madeira maciça ainda apresenta resultados escassos. Logo, o estudo sobre as propriedades e qualidade da matéria-prima é essencial para o desenvolvimento do setor de madeira serrada de *Eucalyptus*, resultando em informações sobre espaçamentos indicados para a produção de matéria-prima e quais espécies e materiais genéticos possuem melhores propriedades para uso sólido.

2.4 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*

O crescimento rápido faz com que madeiras do gênero apresentem elevada tensão de crescimento, alterações internas na anatomia e maior quantidade de madeira juvenil obtida e utilizada no processamento (TRUGILHO et al., 2004; TRUGILHO et al., 2007b; KRETSCHMANN, 2008). Estes e outros fatores são responsáveis por influenciar a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus*.

As múltiplas finalidades aplicadas às madeiras do gênero estão intrinsecamente ligadas à qualidade da produção de matéria-prima, além do tipo de processamento que a mesma irá passar até gerar os produtos sólidos. A produção de toras ideais para uso como madeira serrada necessita observar fatores que afetam qualidade das toras, principalmente a conicidade, achatamento, tortuosidade, bifurcações, defeitos na superfície rolante, rachaduras de topo e liberação de tensões de crescimento (VITAL, 2008).

Um dos principais fatores que dificultam o uso de madeira de *Eucalyptus* é a propensão a apresentarem defeitos após o processo de secagem, sendo necessário um melhor conhecimento técnico e operacional para seu uso (MÜLLER et al., 2019; ZEN et al., 2019). Os principais defeitos e imperfeições observados no processamento da madeira juvenil de *Eucalyptus* são os empenamentos, nós, cerne quebradiço próximo à medula e rachaduras (MALAN, 2000; ROCHA et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2019).

Os empenamentos são distorções e deformidades que ocorrem em peças de madeira causadas por fatores como irregularidades anatômicas, contrações, tensões internas, tensões de secagem e por formações irregulares das pilhas de secagem (ABNT, 2020a). Para madeiras de *Eucalyptus*, a liberação das tensões de crescimento e contrações após secagem constituem importantes fatores de causa dos defeitos na madeira serrada. A liberação das tensões de crescimento ocorre desde o corte da árvore por um tempo aproximado de 72 horas, mas os empenamentos tendem a se manifestar após o desdobro das toras e durante a secagem, em função das contrações e tensões de secagem, causando perdas e inviabilizando o uso de algumas peças (CALONEGO; SEVERO, 2005; ROCHA; TRUGILHO, 2006; AMORIM et al., 2021).

A NBR 16864-1 (ABNT, 2020a) e a NBR 16864-2 (ABNT, 2020b) citam o encurvamento, o arqueamento e o encanoamento como as principais ocorrências de empenamentos nos produtos de madeira serrada. Porém, outras imperfeições e defeitos, como os nós, podem interferir diretamente na qualidade da madeira serrada.

Na madeira serrada também podem ocorrer fendilhados, fissuras e rachaduras (ABNT, 2020a). Geralmente estes defeitos são causados por fenômenos como a liberação das tensões de crescimento, a saída de água no processo de secagem e consequentes variações dimensionais das peças (ARCHER, 1986; BORGES; QUIRINO, 2004; TENORIO et al., 2012).

Em madeiras de *Eucalyptus*, as rachaduras são visualizadas no topo das toras após o corte da árvore, além do fato de que a liberação das tensões e a secagem das extremidades das toras agravam o aparecimento desse defeito (NASCIMENTO et al., 2019). A redução do aparecimento de rachaduras na madeira serrada de *Eucalyptus* é uma das principais características desejadas pelos programas de melhoramento genético, principalmente estudando a relação entre as tensões internas, anatomia da madeira e o aparecimento de rachaduras (MONTEIRO et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2019). Como as rachaduras acabam gerando perdas no processamento da madeira, a avaliação destas e a busca por produção de peças sem estes defeitos são essenciais para o desenvolvimento do setor de madeireiro de *Eucalyptus* (ROCHA; TRUGILHO, 2006).

O desenvolvimento de nós no lenho é um processo fisiológico natural da árvore, porém causam desvios anatômicos nos tecidos (VEK et al, 2014). Além do processo natural de desvios da grã que a madeira de *Eucalyptus* apresenta (SILVA et

al., 2016; SILVA et al., 2017), a ocorrência dos nós é a principal característica que influencia negativamente a qualidade da madeira serrada, afetando a resistência das peças e reduzindo o rendimento e aproveitamento de matéria-prima no setor madeireiro (WEST; SMITH, 2020). Quando presentes após o processamento, os nós são considerados imperfeições na anatomia da peça que podem prejudicar seu uso como madeira sólida (ROCHA et al., 2018). Portanto, a madeira livre de nós acaba sendo a ideal para uso como madeira maciça em muitas finalidades.

O cerne quebradiço é uma das características encontradas com frequência em materiais genéticos do gênero *Eucalyptus* e está intrinsecamente relacionado com as tensões de crescimento e a formação de madeira juvenil, bem como ocorrem devido a falhas de compressão das fibras próximo à medula, por deformações na parede celular e pode também estar relacionado com déficit hídrico (CHAFE, 1986; JUIZO et al., 2014). Tal defeito pode, então, gerar madeiras de baixa resistência e interferir na qualidade da madeira maciça (MALAN, 2000).

2.5 PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus*

Para uma caracterização mais completa das propriedades da madeira, tende-se avaliar o máximo possível de características, principalmente para correlacioná-las a fim de compreender melhor suas qualidades tecnológicas. As principais propriedades avaliadas na madeira são as físicas, as mecânicas, as anatômicas e organolépticas e as químicas.

2.5.1 Propriedades físicas da madeira

Considerando as características físicas inerentes às madeiras do gênero *Eucalyptus*, muito se discute sua relação com as demais propriedades, principalmente a anatomia e a mecânica. Levando em consideração apenas as propriedades físicas da madeira, destacam-se a umidade, a densidade e a contração.

2.5.1.1 Umidade

O teor umidade da madeira está relacionada à quantidade de água presente na sua composição. Estando presente na madeira, a água afeta todas as suas

propriedades e interfere nos resultados obtidos pelos métodos de avaliação, sendo necessária uma homogeneização da umidade das amostras de madeira para as análises (ZEN, 2020).

A relação água-madeira regula os processos de entrada e saída de água do material, causando alterações volumétricas na madeira (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). Estes processos interferem diretamente na qualidade da matéria-prima e do produto final, sobretudo de madeiras de *Eucalyptus*, que sofrem com o aparecimento de defeitos causados pela perda volumétrica e saída de água (YANG; LIU, 2018), como rachaduras, empenamentos e colapso durante a secagem.

2.5.1.2 Densidade básica e aparente

Em relação às propriedades físicas da madeira, a densidade é uma das principais variáveis que determinam a sua aplicabilidade, a qualidade final do produto e seu desempenho quando submetida ao processamento mecânico (GONÇALVES, 2000; MÜLLER et al., 2014; RESQUIN et al., 2019). Por se tratar de uma avaliação da massa de material presente na madeira, a densidade está diretamente relacionada com as demais propriedades, principalmente a sua composição química e anatômica (HEIN et al., 2009; LADEIRA et al., 2019) e possui alta herdabilidade entre materiais genéticos (ARANTES et al., 2016). Compreender como a densidade se correlaciona com as demais propriedades da madeira e ao processamento primário para obtenção de madeira serrada é essencial para o melhor gerenciamento do seu uso.

Madeiras sofrem interferência de diversos fatores, como a idade, o posicionamento no tronco, as características ambientais e de sítio e o manejo da floresta (ZOBEL; BUIJTENEN, 1989; HENSKENS et al., 2001; VITAL et al., 2006; ROCHA et al., 2016; RESQUIN et al., 2019). Por geralmente serem avaliadas e utilizadas madeiras juvenis de *Eucalyptus*, estas tendem a apresentar menor densidade e consequentemente menor resistência que o lenho adulto (WU et al., 2007; VIDAURRE et al., 2011).

Alguns valores de densidade básica de espécies e materiais genéticos clonais de *Eucalyptus* podem ser observados na APÊNDICE 1. Assim como a densidade básica, a densidade aparente também é influenciada pelos mesmos fatores, mas, também, pela higroscopicidade da madeira. Alguns valores de densidade aparente para madeiras de *Eucalyptus* podem ser observados na APÊNDICE 2. Madeiras do

gênero podem apresentar classificação variável entre muito leves e muito pesadas, a depender de fatores como variáveis ambientais e genéticas, idade e características físicas e tecnológicas da madeira (ELEOTÉREO et al., 2015).

2.5.1.3 Contração

Uma das principais características físicas da madeira é a anisotropia. A anisotropia é um processo que ocorre devido à diferença entre a organização estrutural dos componentes anatômicos, sobretudo em relação à composição da parede celular, culminando em diferentes comportamentos mecânicos de acordo com o eixo ortotrópico avaliado (PANSIN; ZEEUW, 1980). Alterações das propriedades físico-mecânicas da madeira em função do arranjo celular também são observadas de acordo com o inchamento e a contração da madeira em função da quantidade de água abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) presente no material (KOLLMANN; CÔTÉ JR., 1968). Por isso, a contração é uma das características que pode atuar como limitante ao se determinar qual uso final será aplicado para a madeira.

As variações dimensionais em produtos de madeira podem comprometer o seu uso e qualidade devido ao surgimento de possíveis defeitos nessas peças, principalmente implicando em empenamentos e rachaduras (BORGES; QUIRINO, 2004), resultando num maior desperdício de matéria-prima durante o processamento da madeira (MANHIÇA et al., 2013). Assim, os defeitos causados pelo processo de contração volumétrica podem ocorrer de diversas formas.

As contrações da madeira costumam ocorrer quando a quantidade de água presente no material está abaixo do ponto de saturação das fibras (OLIVEIRA et al., 2010). Sendo assim, o processo de secagem da madeira de *Eucalyptus* também pode alterar as propriedades da madeira e influenciar diretamente sua contração volumétrica, principalmente em função da velocidade de secagem e da temperatura aplicada no processo (ELOY et al., 2020). Os valores de contração das madeiras do gênero podem ser amplamente variáveis (APÊNDICE 3), podendo estas serem classificadas como de baixa a alta contração volumétrica (ELEOTÉREO et al., 2015).

A contração é uma das características que impõem desafios ao uso de madeiras de *Eucalyptus*. Como observado, essas tendem a ter de média a alta instabilidade dimensional, o que propicia o surgimento de defeitos na madeira serrada.

Geralmente, madeiras de *Pinus* tropicais e *P. taeda* também são de média instabilidade em relação às contrações após secagem (TRIANOSKI, 2013), porém as madeiras do gênero tendem a apresentar contração volumétrica baixa, abaixo de 12% (BORTOLETTO JÚNIOR, 2008; BILIK et al., 2020; VIVIAN et al., 2022). Por isso são mais exploradas para uso como madeira serrada que o *Eucalyptus*.

2.5.2 Propriedades químicas da madeira

Diante do uso múltiplo aplicado às madeiras do gênero *Eucalyptus*, as características químicas se correlacionam com as demais propriedades, principalmente variando de acordo com a composição de cada material genético. Levando em consideração apenas as propriedades químicas da madeira, destacam-se a química estrutural (holocelulose, lignina, extrativos e minerais) e a química imediata (materiais voláteis, cinzas e carbono fixo).

A idade é um dos fatores que influenciam o ritmo de produção dos elementos estruturais da madeira, sendo uma tendência observar uma maior produção destes ao longo dos anos (DE PAULA, 1995). Dessa forma, o uso de madeira juvenil de *Eucalyptus* está sujeito a obtenção de materiais quimicamente com mais lignina e menos celulose em sua composição, com madeiras de melhor qualidade sendo geradas por árvores de idades mais avançadas (TOMAZELLO FILHO, 1985; TRUGILHO et al., 1986). A composição química da madeira também colabora com alterações nas propriedades físico-mecânicas, contribuindo principalmente com variações na densidade básica (SANTOS; SANSÍGOLO, 2007).

O crescimento volumétrico do plantio influencia diretamente nas características químicas da madeira, principalmente a quantidade de lignina em *Eucalyptus*, justamente por adaptações ao ambiente e sustentação das árvores (TRUGILHO, 2009). Portanto, o espaçamento de plantio pode constituir um dos principais fatores de influência nas propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus*.

Quimicamente, a madeira é formada por compostos inorgânicos e por compostos orgânicos, como carboidratos, compostos fenólicos, terpenos, ácidos alifáticos, álcoois e proteínas (BROWNING, 1963). A composição mineral da madeira é derivada da absorção de nutrientes do solo utilizados pela árvore para o seu desenvolvimento. Sendo assim, a quantidade de compostos inorgânicos na madeira depende de questões fisiológicas, bem como das condições edáficas e localização do

plantio (BENTO; TANOBE, 2018). Elevados teores de minerais podem deixar a madeira inviável para diferentes fins, sendo que para a madeira serrada pode comprometer o corte por meio de desgastes das ferramentas, principalmente quando há elevadas quantidades de elementos como sílica (VITAL, 2008). Em espécies de *Eucalyptus* é comum observar madeiras com teores de minerais inferiores a 1% da composição química da madeira.

Quanto aos elementos orgânicos, podem ser observados compostos estruturais e aqueles que não compõem estruturalmente células da madeira (BROWNING, 1963). Estes componentes não estruturais são considerados secundários, sendo representados pelos extrativos, que ocorrem expressivamente na madeira em questão de teor, porém não fazem parte da parede celular (MORAIS et al., 2005). Madeiras de *Eucalyptus* possuem teores variados de extrativos, pois algumas espécies apresentam compostos característicos que auxiliam em questões como coloração e durabilidade natural, e podem influenciar nas propriedades físicas e estéticas (GOMIDE; COLODETTE, 2007; FREITAS et al., 2018).

Os elementos estruturais são compostos principalmente por polímeros de celulose e lignina, apresentando também moléculas que compõem as hemiceluloses (SJÖSTRÖM, 1993). Por comporem a parede celular, a quantidade destes compostos pode influenciar diretamente as demais propriedades da madeira.

A celulose é o principal componente molecular das células da madeira, sendo considerado o composto orgânico mais abundante de ocorrência natural (BROWNING, 1963; TRUGILHO et al., 1996). As hemiceluloses constituem um grupo de compostos que ocupam a parede celular e são formados principalmente por polímeros de carboidratos (GOLDSTEIN, 1991). A junção dos teores de celulose e hemiceluloses recebe o nome de holocelulose. Já a lignina ocorre tanto dentro da parede celular quanto entre as células, imprimindo características de rigidez à madeira, principalmente se associando às moléculas de celulose e hemicelulose (BROWNING, 1963; BOWYER et al., 2007).

Dos componentes químicos, os extrativos são os mais variáveis, tanto em questão dos compostos presentes e suas estruturas, quanto em quantidade, sendo frequentemente específicos entre espécies ou gêneros (GOLDSTEIN, 1991). Os componentes estruturais possuem baixa variação em espécies que ocorrem em seus ambientes naturais. Portanto, espécies exóticas podem apresentar variação nesses componentes de acordo com sua adaptação aos diferentes fatores edafoclimáticos.

A química da madeira de *Eucalyptus* é extremamente variada, principalmente com essa variação decorrente dos programas de melhoramento genético, sobretudo de espécies, clones e híbridos desenvolvidos para indústrias químicas e fins energéticos. No APÊNDICE 4 são observados alguns valores da composição química estrutural e componentes secundários da madeira de *Eucalyptus*.

2.5.3 Propriedades mecânicas da madeira

A resistência mecânica da madeira está sujeita a fatores inerentes à própria madeira. A variação nas propriedades mecânicas ocorre devido a fatores como a densidade da madeira, o arranjo anatômico, presença de nós, rachaduras internas, proporção de lenho tardio e inicial, formação dos anéis de crescimento, presença de lenhos de reação, tensões internas e idade (LIMA; FERREIRA, 2018).

A madeira de *Eucalyptus* está sujeita à alta variabilidade nas suas propriedades mecânicas. Esta característica está ligada também ao melhoramento genético das espécies, porém as condições de desenvolvimento de madeiras do gênero acabam influenciando nas demais propriedades, que impactam diretamente na resistência dessas madeiras (CRUZ et al., 2003). Além disso, por ser um material anisotrópico, a madeira está sujeita à variação destas propriedades nos diferentes eixos ortotrópicos, sendo interessante avaliar em diferentes direções quando possível (CRESPO et al., 2020). Porém, dá-se grande importância às análises realizadas no eixo paralelo às fibras (MATOS; MOLINA, 2016).

Dentre as características mecânicas mais avaliadas em madeiras de *Eucalyptus*, estão a resistência à flexão (módulo de elasticidade e módulo de ruptura), a dureza Janka, a resistência ao cisalhamento e resistência à compressão paralela às fibras. Alguns valores podem ser observados na APÊNDICE 5.

2.5.4 Propriedades anatômicas e organolépticas da madeira

Além da composição química e das propriedades físicas e mecânicas da madeira, o arranjo anatômico consiste em um dos principais fatores de avaliação da qualidade do material, destinando as matérias-primas para os diversos usos do setor madeireiro (EVANGELISTA et al., 2010b; SETTE JR., 2012). Uma relação observada é que quanto maior a densidade, maior será a espessura da parede das células e

menor volume do lúmen, afetando a estabilidade dimensional da madeira (POUBEL et al., 2011). Dentre os elementos anatômicos da madeira de folhosas, destacam-se os vasos e as fibras e a formação dos raios (SETTE JR., 2012).

Segundo Alzate (2009), a estrutura anatômica presente em madeiras do gênero *Eucalyptus* se constitui de elementos de vaso, fibras e parênquimas radial e longitudinal. Além disso, Zobel e Van Buijtenen (1989) também destacam haver uma variação anatômica longitudinalmente na árvore, entre árvores e entre espécies e materiais genéticos, impulsionada por fatores ambientais do local de crescimento, processos fisiológicos e a idade. Santos e Nogueira (1974) reforçam que a taxa e crescimento influencia na estabilidade da produção de elementos anatômicos, sobretudo no diâmetro, comprimento e espessura das células como vasos e fibras.

Os vasos constituem um conjunto de células sobrepostas no sentido axial, cuja função é a condução de líquidos no tronco, sendo também uma diferenciação anatômica entre folhosas e coníferas (BURGER; RICHTER, 1991). Dentre as propriedades da madeira, a densidade é a mais afetada pela forma e proporção dos vasos, visto que estes elementos anatômicos regulam a quantidade de espaços vazios e a espessura da parede celular (OLIVEIRA; SILVA, 2003). Madeiras juvenis tendem a apresentar menores comprimentos e frequência de vasos (TRUGILHO et al., 1996).

Madeiras de *Eucalyptus* podem possuir vasos com diâmetros entre 100 e 500 µm, observando-se que madeiras de *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. grandis* e de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* apresentam vasos de tamanho mediano (COUTINHO; FERRAZ, 1988; EVANGELISTA et al. 2010b; BRISOLA; DEMARCO, 2011). Alguns valores para caracterização anatômica de vasos de *Eucalyptus* podem ser observados na APÊNDICE 6.

As fibras das madeiras do gênero *Eucalyptus* são consideradas curtas quando comparadas com as estruturas equivalentes encontradas em coníferas, possuindo comprimentos próximos a 1,0 mm. Os programas de melhoramento genético foram capazes de transformar madeiras de *Eucalyptus* no maior suprimento para a indústria química devido às dimensões das fibras, sobretudo as que utilizam *E. urophylla* x *E. grandis* (COUTINHO; FERRAZ, 1988; HART; SANTOS, 2015). Geralmente madeiras juvenis tendem a apresentar fibras mais curtas, aumentando sua proporção na madeira (TRUGILHO et al., 1996).

Apesar das dimensões das fibras serem indicadores para seu uso na indústria de polpa celulósica e papel, estas podem também indicar fatores de resistência que permitem outros usos a estas madeiras (GONÇALEZ et al., 2014) inclusive como produtos sólidos. O desenvolvimento das fibras em madeira de *Eucalyptus* é influenciado por diversos fatores, sobretudo pelas condições do plantio, observando a topografia do terreno e demais condições ambientais do sítio, resultando em alterações nas dimensões das fibras e consequentemente nas propriedades da madeira (MAURI et al., 2017).

Observa-se na literatura que o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresenta, geralmente, paredes de fibra mais espessas que as madeiras das espécies isoladas. Esta se caracteriza como uma vantagem do uso do híbrido no setor madeireiro, visto que a fração parede, a densidade e as propriedades físico-mecânicas deste material se assemelham ao produzido pelo *E. urophylla*, além do fato de apresentar crescimento rápido no campo, característica do *E. grandis*, reduzindo tempo de produção e o custo do produto final (BRISOLA; DEMARCO, 2011; QUILHÓ, 2006). Alguns valores de medição de fibras de madeiras de *Eucalyptus* podem ser observados no APÊNDICE 7.

As células do parênquima radial, chamadas de raios, apresentam funções de condução, armazenamento e transformação de nutrientes, podendo ser homogêneos ou heterogêneos em questão dos tipos de células das quais são formados e variam quanto ao tipo, forma e número de células presentes na madeira (BURGER; RICHTER, 1991). Os raios presentes nas madeiras de *Eucalyptus*, de maneira geral, variam em frequência e tamanho, largura e comprimento, ao longo dos eixos radial e longitudinal e condições do plantio (FLORSHEIM et al., 2000). A frequência dos raios de madeiras do gênero geralmente são entre 5 e 15 raios por mm linear, com células de alturas de 170 a 310 µm e larguras entre 15 e 30 µm (FLORSHEIM et al., 2000; GONÇALVES et al., 2014; MOTTA et al., 2014; ZANUNCIO et al., 2016).

A cor é uma das características que influenciam o consumo de produtos de maior valor agregado confeccionados a partir da madeira, sendo então caracterizada como uma propriedade organoléptica. A composição química, principalmente destacada pela presença de extrativos que conferem pigmentação, a quantidade de água, a temperatura à qual a mesma foi submetida e os diferentes tipos de acabamento de superfície e tratamento da madeira são uns dos principais fatores que influenciam sua coloração (SANDOVAL-TORRES et al., 2010; SUN et al., 2019).

Por se tratar de uma variável subjetiva para a classificação da madeira, a colorimetria necessita ser padronizada para estabelecimento dos níveis de qualidade ligados à essa variável (MORI et al., 2004). Para tanto, muitas metodologias podem ser aplicadas para determinação da cor da madeira. Porém, muitas destas levam em consideração a luminosidade ou claridade, a tonalidade e a saturação para padronização da avaliação da cor da madeira (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

Levando em consideração estas variáveis, pode-se fazer avaliação colorimétrica pelo método quantitativo, a partir da medição da cor da madeira (BONFATTI JR.; LENGOWSKI, 2018). O sistema CIEL a^*b^* 1976 é um dos métodos utilizado para qualificar a madeira a partir da análise colorimétrica da superfície do material, na qual utiliza os parâmetros luminosidade (L^*), coordenadas cromáticas das faixas de verde a vermelho (a^*) e de amarelo a azul (b^*), saturação das cores (C^*) e o ângulo de matiz (h) (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001; CARVALHO et al., 2021). A partir destes dados, pode-se correlacionar com a cor da madeira a partir de dados previamente analisados, como os apresentados na TABELA 1.1.

TABELA 1.1 – GRUPOS DE CORES DA MADEIRA OBTIDOS NO AGRUPAMENTO DE CLUSTER USANDO VARIÁVEIS CROMÁTICAS.

Grupo Cluster	Cor	Intervalo das variáveis cromáticas				
		L^*	a^*	b^*	C	h (em °)
01	Amarelo-oliva	64-64	06-06	46-46	47-47	82-82
02	Branco	69-80	04-08	19-27	21-28	71-79
03	Marrom-escuro	38-51	06-11	10-16	12-19	50-61
04	Rosa	55-68	11-27	18-27	23-30	53-64
05	Amarelo-claro	65-76	07-11	26-37	28-38	71-77
06	Roxo	36-39	12-07	03-07	12-16	14-29
07	Preto-avermelhado	28-35	04-08	03-06	05-10	35-44
08	Marrom-arroxado	29-44	08-11	08-12	11-16	34-52
09	Oliva	40-55	05-10	12-22	13-24	60-71
10	Oliva-claro	70-73	01-04	22-26	22-27	81-87
11	Branco-acinzentado	74-86	03-06	16-25	17-26	74-83
12	Marrom-escuro	35-51	11-16	13-18	17-23	43-55
13	Marrom-oliva	48-71	09-13	22-30	25-32	64-72
14	Preto	26-36	01-06	02-08	03-09	49-64
15	Vermelho-escuro	35-38	17-21	13-15	21-26	33-38
16	Cinza-rosado	61-76	04-08	13-20	14-21	67-76
17	Vermelho	37-52	17-24	16-23	24-31	39-52
18	Oliva-amarelado	51-69	06-09	20-27	21-28	69-76
19	Laranja-amarelado	53-54	24-27	34-38	42-46	54-55
20	Amarelo-alaranjado	49-66	12-19	31-36	33-40	61-67
21	Marrom-claro	45-61	10-13	16-25	19-28	54-66
22	Rosa-acinzentado	55-71	07-11	14-22	16-25	59-68
23	Amarelo-amarronzado	45-61	12-19	23-30	27-34	52-65
24	Amarelo	73-76	04-07	38-42	39-42	81-84
25	Marrom-avermelhado	39-57	13-17	18-23	23-29	50-58

FONTE: Camargos e González (2001)

Algumas madeiras de *Eucalyptus* são classificadas como de coloração entre o bege claro a tons avermelhados, possuindo tons claros no alburno e mais escuros no cerne (LUIS et al., 2018; SUN et al., 2019). Quando observadas as espécies *E. grandis* e *E. saligna*, a coloração da madeira do cerne varia entre marrom-avermelhado a tons de vermelho (MORI et al., 2005), enquanto *E. urophylla* sofre interferência da coloração amarela (SANTOS; GARCIA, 2019). Além disso, materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* também sofrem variações para tons de vermelho mais claro pela alta presença de pigmentos amarelos (OLIVEIRA et al., 2014).

Processos como os de modificação térmica da madeira podem ser aplicados para sua melhor aplicabilidade e incrementar valor aos produtos. Porém, considerando a madeira serrada *in natura* como produto final do processo, aplicar a avaliação da cor na caracterização tecnológica justifica a procura de fins mais nobres para a madeira (MORI et al., 2005).

2.6 TENSÕES DE CRESCIMENTO

Tensões de crescimento são forças internas ao vegetal que têm por objetivo sustentar a rigidez dos tecidos do tronco, fazendo com que as árvores se mantenham em pé e suportem o peso da copa (LIMA et al., 2004). Porém, essas tensões apresentam a importância de aplicar resistência ao fuste contra fatores ambientais e ação de agentes físicos, como os desnivelamentos do terreno e a incidência de ventos (LIMA et al., 2004; BELTRAME et al., 2015).

A implantação de povoamentos e o manejo florestal impactam diretamente nas tensões, visto que fatores como a idade, a inclinação do fuste, os tratamentos silviculturais e o material genético influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento da árvore (ZOBEL; JETT, 1995; BRAZ et al., 2017). Com enfoque no material genético, o melhoramento de espécies e genótipos pode ser essencial para reduzir a influência das tensões de crescimento na ocorrência de defeitos na madeira. Além disso, o arranjo e a distância entre árvores nos plantios acabam modificando a fisiologia da árvore, condicionando a matéria-prima a adaptações diferenciadas à presença das tensões que podem sujeitá-la a defeitos e rachaduras advindas da liberação das tensões (TRUGILHO et al., 2007b; VIDAURRE et al., 2015).

Uma das formas de avaliar a ocorrência das tensões de crescimento em árvores é a partir da avaliação da deformação residual longitudinal (DRL). O método mais utilizado nesse tipo de avaliação é o CIRAD-Forêt, que possibilita a determinação das tensões em árvores em pé, sendo um método indireto e não destrutivo, de fácil e rápida aplicação (YANG et al., 2005; BELTRAME et al., 2015). Tal procedimento é aplicado com o uso de um extensômetro que é fixado no tronco, cujos resultados obtidos são diretamente proporcionais às tensões de crescimento na direção longitudinal (BRAZ, 2014).

Segundo Trugilho et al. (2006), a avaliação das tensões em árvores vivas constitui uma necessidade na produção de madeira, principalmente a partir de uma avaliação e vários pontos do tronco, além da recomendação de levar em consideração as tensões de crescimento em programas de melhoramento genético, visando melhores características para produção de madeira. Sendo assim, os valores da DRL podem ser correlacionados com a produção de madeira e suas propriedades.

Além disso, pode-se gerar uma modelagem dos dados de campo para estimativa das tensões de crescimento em plantios florestais, buscando-se compreender como esta variável afeta as propriedades da madeira. Logo, tais fatores podem ser aplicados na seleção de genótipos que apresentem melhor qualidade e menores predisposições a rachaduras e outros defeitos (BRAZ et al., 2016).

Devido ao rápido crescimento dos materiais genéticos de *Eucalyptus* plantados no Brasil, o gênero acabou sendo bastante estudado a fim de compreender o comportamento das tensões de crescimento e a produção e a qualidade da madeira (LISBOA, 1993; PÁDUA et al., 2004; TRUGILHO et al., 2004; TRUGILHO et al., 2006; TRUGILHO et al., 2007b; BELTRAME et al., 2015; BELTRAME et al., 2016; BRAZ et al., 2016; BRAZ et al., 2017). Esses trabalhos, juntamente com vários outros, apresentam variadas informações sobre a influência das tensões de crescimento nas propriedades da madeira de *Eucalyptus*, justificando-se a importância de aplicar essas metodologias em plantios de novas espécies e materiais genéticos. Segundo Beltrame et al. (2015), observa-se uma considerável variabilidade nas correlações entre as tensões e as propriedades da madeira, fazendo-se, portanto, necessária a caracterização e qualificação dos diferentes genótipos para produção de madeira sólida.

Dentre os defeitos que a liberação das tensões proporciona após o corte, podem ser observadas: fendas e rachaduras nos topos das toras e tábuas;

empenamentos e rachadura durante o desdobro e após a secagem da madeira serrada; desvios na grã; e cerne quebradiço na região próxima à medula (NICHOLSON, 1993; PÁDUA et al., 2004; SILVA et al., 2017). Sendo assim, as avaliações das tensões de crescimento são necessárias para compreender a relação entre os fatores de crescimento das árvores e as propriedades da madeira, sobretudo visando a produção de madeira serrada e seus diversos produtos de boa qualidade.

3 CONCLUSÕES

A produção madeireira de *Eucalyptus* depende, dentre outros fatores, do planejamento da floresta implantada de acordo com a finalidade para qual a madeira será destinada. Árvores do gênero estão sujeitas à ocorrência de tensões de crescimento que influenciam diretamente o produto final do desdobro. Essa característica, juntamente com outras intrínsecas à árvore, ao material genético e ao ambiente, define questões como o formato e defeitos nas toras, com consequentes ocorrências de empenamentos e rachaduras nas tábuas produzidas com essa matéria-prima. O estudo da deformação residual longitudinal (DRL) pode contribuir para compreender como se dará o desenvolvimento e o comportamento de madeiras do gênero para produção de madeira serrada.

Para evidenciar essas alterações nas propriedades da madeira, é necessário realizar avaliações qualitativas, sendo determinadas as características físicas, mecânicas, anatômicas e químicas da madeira desenvolvida. Combinações entre material genético e espaçamentos de plantio podem gerar madeiras com características distintas. Dessa forma, é possível determinar quais madeiras se desenvolveram em melhores condições para produção de madeira serrada.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, K. K. B.; PAIVA, L. M.; ALMEIDA, R. G.; URBANO, E. FERREIRA, A. D.; MAZUCHELI, J. Modeling the individual height and volume of two integrated crop-livestock-forest systems of *Eucalyptus* spp. in the Brazilian Savannah. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.
- ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.
- ALMEIDA, D. H.; DIAS, A. A. Comparison between test methods to determine wood embedment strength parallel to the grain. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 741-748, 2016.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; LOUZADA, J. L. P. C.; SILVA, M. E. C. M.; CÂMARA, A. P.; ROCHA, S. M. G.; OLIVEIRA, J. C. L.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R. L.; ALVARES, C. A.; TOMAZZELO-FILHO, M.; FIGUEIREDO, F. M.; OLIVEIRA, R. F. Heartwood variation of *Eucalyptus urophylla* is influenced by climatic conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 458, 2020.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; LOUZADA, J. L. P. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA, J. C. L.; CÂMARA, A. P.; SILVA, M. E. C. M.; BARROS, A. I. R. N. A.; MATOS, C. C.; ALVES, A. M. M.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A. Differences in wood anatomy and chemistry of a *Eucalyptus urophylla* clone explained by site climate conditions. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 52, p. 1-11, 2022.
- ALZATE, B. A. Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus*. **Revista Investigaciones Aplicadas**, n. 5, p. 1-14, 2009.
- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87-95, 2005.
- AMORIM, E. P.; PAES, J. B.; NICACIO, M. A. Anisotropia da contração e inchamento da madeira: Uma abordagem tecnológica. In: EVANGELISTA, W. V. (Org.). **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades**. 1. ed. Guarujá: Editora científica digital, 2021. p. 82-100.
- AMPARADO, K. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Forestal Venezolana**, v. 52, n. 1, p. 71-76, 2008.
- ANDRADE, C. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; QUINHONES, R.; LIMA, J. T. Calibrações NIRS para três propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 16, Suplemento, p. 9-14, 2010.

ANDRADE, F. W. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOUTINHO, V. H. P. Influence of wood physical properties on charcoal from *Eucalyptus* spp. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, e20150176, 2018.

ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CARNEIRO, A. C. O.; ALVES, E.; GUERREIRO, M. C. Longitudinal and radial variation of extractives and total lignin contents in a clone of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 283-291, 2011.

ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; LIMA, J. T.; VIDAURRE, G. B. Densitometria de raios X na madeira e carvão de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 155-162, 2016.

ARCHER, R. R. **Growth stresses and strains in trees**. Berlin: Springer Verlag, 1986. 24p.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. (Eds.) **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2015. p. 225-247.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. Estudo setorial 2019: ano base 2018. Curitiba: ABIMCI, 2019. 160p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16864-1: Madeira serrada - parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2020a. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16864-2: Madeira serrada - parte 2: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2020a. 18p.

BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G.; SACON, V. N. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids. **Scientia Forestalis**, n. 75, p. 19-29, 2007.

BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C.; NISGOSKI, S.; TALGATTI, M.; DENARDI, L. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus* L'Hér. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 2, p. 114-126, 2017.

BATISTA, A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. Influência do sistema de corte basal de miniestacas na propagação clonal de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii*. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1115-1122, 2014.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P.; BATISTA, T. R. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade da secagem convencional da madeira de *Eucalyptus* sp. – parte 2. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 135-141, 2016.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BELTRAME, R.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. SANTOS, G. A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

BELTRAME, R.; CADERMATORI, P. H. G.; DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; SCHNEIDER, P. R. Use of dummy variables to predict growth stresses in *Eucalyptus* spp. clones. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1131-1139, 2016.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, v. 20, p. 4, p. 1061-1074, 2015.

BENITES, P. K. R. M.; LOPES, A. S.; GOUVÊA, A. F. G.; SILVA, F. C.; SOUZA, C. C. B. Caracterização tecnológica da madeira de híbridos de eucalipto irrigados e fertirrigados. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1716-1728, 2018.

BENTO, A. V.; TANOBE, G. R. O. A. Composição química da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 48-56.

BERLUND, A.; BROMAN, O.; GRÖNLUNG, M.; FREDRIKSSON, M. Improved log rotation using information from a computed tomography scanner. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 90, p. 152-158, 2013.

BERNARDO, A. L.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; HARRISON, R. B.; FIRME, D. J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.

BHANDARI, S. K.; VENEKLAAS, E. J.; MCCAW, L.; MAZANEC, R.; WHITFORD, K.; RENTON, M. Effect of thinning and fertilizer on growth and allometry of *Eucalyptus marginata*. **Forest Ecology and Management**, v. 479, 119594, 2021.

BILIK, A. C. B.; KEFFER, J. F.; TRIANOSKI, R. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus palustris* Mill. cultivado no sul do Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 2, p. 113-115, 2020.

BLACKWELL, P.; WALKER, J. C. F. Sawmilling. In: WALKER, J. C. F. (ed). **Primary wood processing: Principles and practice**. Berlin: Springer, 2006. p. 203-250.

BONFATTI JR., E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201601394, p. 1-13, 2018.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BORTOLLETO JÚNIOR, G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 237-243, 2008.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. 558p.

BRAZ, R. L. **Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2014. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M.; ROCHA, M. P.; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. G. L. Deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus* em local sujeito a ventos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e00028013, 2017.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 5, n. 2, p. 127-137, 2014.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; OLIVEIRA, R. F.; DIAS JÚNIOR, A. F.; ARANTES, M. D. C.; MOULIN, J. C.; VALIN, M.; SIQUEIRA, L.; ZAUZA, E. A. V. Interaction between planting spacing and wood properties of *Eucalyptus* clones grown in short rotation. **iForest**, v. 14, p. 12-17, 2021.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; RODRIGUES, B. P.; CARNEIRO, A. C. O. Effect of planting spacing in production and permeability of heartwood and sapwood of *Eucalyptus* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, 2019a.

BRITO, J. O.; DIAS JUNIOR, A. F.; LANA, A. Q.; ANDRADE, C. R.; BERNARDES, F. F. Biological resistance of heat-treated wood of *Pinus caribaea* and *Eucalyptus saligna*. **Maderas. Ciencia y Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2019b.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JR., G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BRITO, J. O.; SILVA, F. G.; LEÃO, M. M.; ALMEIDA, G. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8545-8548, 2008.

BROWNING, B. L. The composition and chemical reactions of wood. In: BROWNING, B. L. (Ed.). **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 1963. p. 58-95.

BRUNO, T. J.; SVORONOS, P. D. N. **CRC Handbook of fundamental spectroscopic correlation charts**. Boca Raton: CRC Press, 2005. 240 p.

BURGER, L. M.; RIEHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Ed. Nobel, 1991. 154 p.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia na Agricultura**, v. 20, n. 2, p. 53-65, 2005.

CÂMARA, A. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BOBADILHA, G. S.; VIDAURRE, G. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; SOLIMAN, E. P. Physiological disorders affecting dendrometric parameters and eucalyptus wood quality for pulping wood. **Cerne**, v. 24, n. 1, p. 27-34, 2018.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. C.; GONTIJO NETO, M. M. Crescimento e rendimento de peças de madeira de eucalipto de um sistema de integração pecuária-floresta implantado na região do cerrado mineiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 176. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 21p.

CARDONA, L. M. V. Estudo experimental da secagem e carbonização do eucalipto saligna para produção de carvão vegetal. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CARMONA, I. N.; SAMPAIO, J. S.; COELHO, S. R. S.; MOUTINHO, V. H. P.; ANDRADE, F. W. C. Caracterização energética do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantados no Oeste do Pará. **Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 57-65, 2019.

CARRASCO, E. V. M.; MANTILLA, J. N. R. Influência da inclinação das fibras da madeira na sua resistência ao cisalhamento. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 535-543, 2016.

- CARVALHO, A. M.; NAHUZ, M. A. R. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 61-76, 2001.
- CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; CADEMARTORI, P. H. G. Colour changes and equilibrium moisture content on thermomechanical densified wood. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 4, e20200109, p. 1-10, 2021.
- CASSIDY, M.; PALMER, G.; SMITH, R. G. B. The effect of wide initial spacing on wood properties in plantation grown *Eucalyptus pilularis*. **New Forests**, v. 44, p. 919-936, 2013.
- CASTRO, V. R.; SURDI, P. G.; SETTE JR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAIX, G.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação do potássio, do sódio e da disponibilidade hídrica na densidade aparente a 12% de umidade do lenho juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 1017-1027, 2017.
- CEZANA, D. P.; CHICHORRO, J. F.; MARTINS, L. T.; COTTA, T. R.; SILVA, J. L. Efeito de diferentes classes de altura e intensidades de desrama artificial sobre o crescimento de um híbrido de eucalipto. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 137-144, 2012.
- CHAFE, S. C. Radial variation of collapse, volumetric shrinkage, moisture content and density in *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Wood Science e Technology**, v. 20, p. 253-262, 1986.
- CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, T. H.; ALMEIDA, D. H.; BALANCO, G. G.; LAHR, F. A. R. Influence of exposure time to operating temperature on shear strength of wood used in roof structures. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 365-369, 2019.
- COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. **IPEF**, n. 38, p. 33-37, 1988.
- CRESPO, J.; MAJANO-MAJANO, A.; LARA-BOCANEGRA, A. J.; GUAITA, M. Mechanical properties of small clear specimens of *Eucalyptus globulus* Labill. **Materials**, v. 13, n. 4, p. 906-918, 2020.
- CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUÑIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33-47, 2003.
- DE PAULA, J. E. Anatomia e dendrometria de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 745-757, 1995.
- DELDOTTI, L. R.; MARTINS, I. Z.; SORIANO, J. Dureza Janka nas diferentes direções anatômicas de madeiras folhosas. **Revista de Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, n. 26, 2018.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, A. M.; SOARES, V. W.; COSTA JÚNIOR, D. S.; FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S. Potencial energético de sete materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Estado do Rio de Janeiro. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 833-843, 2015.

DIAS JÚNIOR, A. F.; COSTA JÚNIOR, D. S.; ANDRADE, A. M.; OLIVEIRA, E.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O. Quality of Eucalyptus Wood grown in Rio de Janeiro state for bioenergy. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 435-442, 2016.

ELEOTÉRIO, J. R.; REICHERT, D.; HORNBERG, K. F.; MENEGUELLI, I. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2015.

ELOY, E.; BANDERA, E.; MANGINI, T.; ZANCHETTA, L. S.; TREVISAN, R.; CARON, B. O.; CANDATEN, L. Influence of drying on the physical and mechanical properties of wood from trees grown in an agroforestry system. **Revista Árvore**, v. 44, e4431, 2020.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; LUCIA, R. M. D.; LOBO, L. M.; SOUZA, M. O. A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no sentido radial e longitudinal. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2010a.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; VALLE, M. L. A.; XAVIER, B. A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 273-284, 2010b.

FAO. **Visualize data on FAOSTAT; Roundwood & Sawnwood**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>. Acesso em: 29/06/2022.

FEBRUARY, E. C.; STOCK, W. D.; BOND, W. J.; LE ROUX, D. J. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. **IAWA Journal**, v. 16, n. 3, p. 269-276, 1995.

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A. M.; BUNGENSTAB, D. J.; LAURA, V. A. Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, C. L.; FERREIRA, A. D. (eds). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 121-142.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.

FERREIRA, M. D.; MELO, R. R.; TONINI, H.; PIMENTA, A. S.; GATTO, D. A.; BELTRAME, R.; STANGERLIN, D. M. Physical–mechanical properties of wood from a eucalyptus clone planted in an integrated croplivestock-forest system. **International Wood Products Journal**, 2019.

FERREIRA, S. **Lenho de tração em *Eucalyptus* spp. cultivado em diferentes topografias**. 2007. 169 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FIGUEIREDO, G. G.; STANGERLIN, D. M.; FERREIRA, M. D.; ZAQUE, L. A. M.; PARIZ, E.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira acetilada de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 905-910, 2020.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; BAZZO, J. L.; KLEIN, J. E. M. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 53-64, 2001.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F. T. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463p.

FORRESTER, D. I.; MEDHURST, J. L.; WOOD, M.; BEADLE, C. L.; VALENCIA, J. C. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from Eucalyptus plantations: An Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1819-1835, 2010.

FRANÇA, F. J. N.; MACIAL, A. P. V.; FRANÇA, T. S. F. A.; SILVA, J. G. M.; BATISTA, D. C. Air-drying of seven clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* wood. **BioResources**, v. 14, n. 3, p. 6591-6607, 2019.

FRANÇA, M. C. **Caracterização tecnológica de clones de *Eucalyptus* para a produção de madeira maciça**. 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FREITAS, D. L.; CARVALHO, D. E.; BELTRAME, R.; SANTOS, G. A.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Estabilidade dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 435-439, 2016.

FREITAS, P. C.; SETTE JR., C. R.; CASTRO, V. R.; CHAIX, G.; LACLAU, J. P.; TOMAZELLO FILHO, M. Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio nas características anatômicas do lenho juvenil de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 405-416, 2015.

FREITAS, T. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; VIDAURRE, G. B.; RODRIGUES, B. P. Environmental effect on chemical composition of eucalyptus clones wood for pulp production. **Cerne**, v. 24, n. 3, p. 219-224, 2018.

GALLIO, E.; SCHULZ, H. R.; CRUZ, N. D.; ACOSTA, A. P.; SILVA JÚNIOR, M. A. P.; BARBOSA, K. T.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Caracterização tecnológica de madeiras de *Eucalyptus* e *Pinus* pagamentos ao ataque de térmitas. *In: Engenharia florestal: Desafios, limites e potencialidades*. 1 ed. [s.l.]: Editora Científica Digital, 2020. p. 224-232.

GALLIO, E.; ZANATTA, P.; MACHADO, S. F.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Caracterização de propriedades tecnológicas de três folhosas deterioradas por térmitas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 4, e-12239, 2018.

GOLDSTEIN, I. S. Overview of the chemical composition of wood. *In: LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. S. (Ed). Wood structure and composition*. New York: International Fiber Science and Technology/11, 1991.

GOMES, M. F.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; PAULA, M. O.; FREITAS, F. P. Influência do congelamento nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith. *In: VANGELISTA, W. V. (Org.). Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades*. [s.l.]: Editora Científica, 2021. p. 162-176.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. *In: BOREM, A. (Ed.). Biotecnologia florestal*. Viçosa: UFV, 2007. p. 25-54.

GOMINHO, J.; FIGUEIRA, J.; RODRIGUES, J. C.; PEREIRA, H. Within-tree variation of heartwood, extractives and wood density in the eucalypt hybrid urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2001.

GONÇALEZ, J. C.; BREDÁ, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

GONÇALEZ, J. C.; SANTOS, G. L.; SILVA JUNIOR, F. G.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009a.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009b.

- GONÇALVES, T. A. P.; BALLARIN, A. W.; NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil I – anatomical characterization of corymbia and eucalyptus. **Maderas. Ciencia y tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 323-336, 2014.
- GOULART, M.; HASELEIN, C. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.
- GOVINA, J. K.; EBANYENLE, E.; APPIAH-KUBI, E.; OWUSU, F. W.; KORANG, J.; SEIDU, H.; NÉMETH, R.; MENSAH, R. W.; AMUZU, R. Tissue proportion, fibre, and vessel characteristics of young *Eucalyptus* hybrid grown as exotic hardwood for wood utilization. **Acta Silvatica et Lignaria Hungarica**, v. 17, n. 2, p. 121-133, 2021.
- GUARIENTI, A.; ROSA, C. A. B.; PEDRAZZI, C.; CARDOSO, G. V.; SOUZA, M. C. H.; FOELKEL, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B. Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *E. globulus* para determinação de lignina klason e extrativos totais. In: Congresso Nacional de Celulose e Papel, 2000, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: ABTCP-TAPPI, 2000.
- GUIMARÃES, I. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; LISBOA, F. J. N.; ANDRADE, C. R.; SIQUEIRA, H. F. Caracterização química e física da madeira de procedências de *Eucalyptus*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 636-645, 2013.
- HART, P. W.; SANTOS, R. B. Changing the face of short fiber – a review of the eucalyptus revolution. **Tappi Journal**, v. 14, n. 6, p. 353-359, 2015.
- HÉBERT, F.; KRAUDE, C.; PLOURDE, P. Y.; ACHIM, A.; PRÉSENT, G.; MÉNÉTRIER, J. Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-year-old *Pinus banksiana* plantation in the Boreal Forest of Quebec. **Forests**, v. 7, n. 11, p. 276-292, 2016.
- HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CHAIX, G. Near infrared spectroscopy for estimating wood basic density in *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 15, n. 2, p. 133-141, 2009.
- HENSKENS, F. L.; BATTAGLIA, M.; CHERRY, M. L.; BEADLE, C. L. Physiological basis of spacing effects on tree growth and form in *Eucalyptus globulus*. **Trees**, v. 15, p. 365-377, 2001.
- HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 273-283, 2016.
- IBÁ. **Relatório anual IBÁ 2021**. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2021. 176 p.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques>; Acesso em: 13 jul 2022.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; STÜPP, A. M.; CABRAL, B. M.; GAYER, J. A. C. A. The use of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus urophylla* wood in the production of edge glued panels. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 317-324, 2019.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR., W. A. **Principles of wood science and technology: Solid wood I**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 326 p.

KOZAKIEWICZ, P.; RĘBKOWSKI, B.; KOCZAN, G.; KRZOSEK, S. Influence of machining technologies and quality of logs on material losses of typical supply of Scots pine wood (*Pinus sylvestris* L.) destined for layered floorboards. **Folia Forestalia Polonica**, v. 60, n. 4, p. 241-247, 2018.

KRETSCHMANN, D. E. The influence of juvenile wood content on shear parallel, compression, and tension perpendicular to grain strength and mode I fracture toughness of loblolly pine at various ring orientation. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 7/8, p. 89-96, 2008.

LADEIRA, L. A.; REIS, A. B.; COUTO, L. C. Determination of physical properties of *Eucalyptus cloeziana* sp. wood in different dimensions. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 6, n. 11, p. 119-122, 2019.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LATORRACA, J. V. F.; DIAS JÚNIOR, A. F.; SILVA, G. C.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 273-279, 2015.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

LIMA, B. M.; CAPPA, E. P.; SILVA-JUNIOR, O. B.; GARCIA, C.; MANSFIELD, S. D.; GRATTAPAGLIA, D. Quantitative genetic parameters for growth and wood properties in *Eucalyptus* “urograndis” hybrid using near-infrared phenotyping and genome-wide SNP-based relationships. **PlosOne**, v. 14, n. 6, e0218747, 2019.

LIMA, G. S.; FERREIRA, J. B. Propriedades mecânicas da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 66-76.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTINI JUNIOR, L.; GARCIA, J. N.; FLORSHEIM, S. M. B. Effect of fertilization on cell size in wood of *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 465-472, 2010.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

LIU, H.; GAO, J.; CHEN, Y. Effects of pre-freezing prior to drying upon some physical and mechanical properties of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* wood. **BioResources**, v. 10, n. 4, p. 6417-6427, 2015.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R.; RANGEL, A.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JR., F. G.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

LUIS, R. C. G.; NISGOSKI, S.; KLITZKE, R. J. Effect of steaming on the colorimetric properties of *Eucalyptus saligna* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e00101414, 2018.

LUZ, O. S. L.; TERRA, T. G. R.; LIMA, S. O.; SIEBENEICHLET, S. C.; MORAES, C. B.; LEAL, T. C. A. B. Luminous interception of eucalyptus clones at different structural arrangements for integrated production systems. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 227-236, 2019.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn board quality of the *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid. **South African Forestry Journal**, n. 188, p. 29-35, 2000.

MANESS, T. C.; DONALD, W. S. The effect of log rotation on value recovery in chip and saw sawmills. **Wood and Fiber Science**, v. 26, n. 14, p. 546-555, 1994.

MANHIÇA, A. A.; ROCHA, M. P.; JUNIOR, R. T. Eficiência operacional no desdobro de *Pinus* utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 339-346, 2013.

MARCHESAN, R.; OLIVEIRA, D. N.; SILVA, R. C.; CARVALHO, L. A.; GOMES, R. T.; ALMEIDA, V. C. Quality of charcoal from three species of the *Eucalyptus* and the *Corymbia citriodora* species planted in the south of Tocantins. **Floresta**, v. 50, n. 3, p. 1643-1652, 2020.

MATOS, G. S.; MOLINA, J. C. Resistência da madeira ao cisalhamento paralelo às fibras segundo as normas ABNT NBR 7190:1997 e ISO 13910:2005. **Revista Matéria**, v. 21, n. 4, p. 1069-1079, 2016.

MAURI, R.; ALVES, J. A.; OLIVEIRA, J. T. S.; LIMA, J. T.; TOMAZELLO FILHO, M.; CALEGARIO, N. Morfologia das fibras do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes topografias e altitudes. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 77-87, 2017.

MEDEIROS, B. L. M. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; RIBEIRO, M. X.; LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, I. L.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 403-407, 2016.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; CACAU, F. V.; ALVES, F. F. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 777-787, 2009.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 493-505, 2017.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, R. V.; LIMA, J. T.; BARAÚNA, E. E. P.; CARVALHO, D. M.; LIMA, M. T. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 1, n. 1, p. 6-11, 2010.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p.461-470, 2005.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2186-2192, 2014.

MOULIN, J. C.; SILVA, S. R.; NUTTO, L.; VIDAURRE, G. B. Influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de eucalipto. *In*: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 171-196.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO JUNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 305-314, 2012.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 535-542, 2014.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; CUNHA, A. B.; SILVA, J. R. M.; FRANÇA, M. C.; NICOLETTI, M. F. Qualidade da madeira serrada de cinco espécies de *Eucalyptus* resistentes à geada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 57-70, 2019.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CUNHA, A. B. Produção de madeira serrada com cinco espécies de eucalipto resistentes à geada. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 195-201, 2017.

NASCIMENTO, T. M.; MONTEIRO, T. C.; BARAÚNA, E. E. P.; MOULIN, J. C.; AZEVEDO, A. M. Drying influence on the development of cracks in *Eucalyptus* log. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, P. M. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, v. 19, n. 1, 2013.

NEIVA, D.; FERNANDES, F.; ARAÚJO, S.; LOURENÇO, A.; GOMINHO, J.; SIMÕES, R.; PEREIRA, H. Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 89-95, 2015.

NICHOLSON, J. E. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. **Forest Science**, v. 9, n. 3, p. 169-174, 1973.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; ALMEIDA, D. H.; ARAUJO, V. A.; VASCONCELOS, J. S.; CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, T. H.; LAHR, F. A. R. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus saligna* for timber structures. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 233-239, 2019.

OLIVEIRA, E. M.; BRAGA, J. W. B.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C. Aplicação da fluorescência molecular e da colorimetria para discriminar espécies madeiras. *In*: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 8., 2014, Recife. **Anais [...]** Recife: VIII Simpós, 2014.

OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, M. F. V.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 59-68, 2012a.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; PALERMO, G. P. M.; CARVALHO, A. M.; PASTRO, M. S. Microdensitometria de raios X aplicada na determinação da variação da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2012b.

OLIVEIRA J. M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. M.; ASSIS, P. C. R.; SILVEIRA, A. L. R.; LIMA, M. L.; WRUCK, F. J.; MEDEIROS, J. C.; MACHADO, P. L. O. A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 105-116, 2018.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

OREA-IGARZA, U.; CARBALLO-ABREU, L. R.; CORDERO-MACHADO, E. Composición química de tres maderas en la Provincia de Pinar Del Río, Cuba, a tres alturas del fuste comercial - Parte 3: *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-75, 2004.

PÁDUA, F. A.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; CARDOSO JR., A. A.; OLIVEIRA, A. C. Estimativa de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 152-160, 2004.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. Textbook of wood technology: Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 4. Ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Company, 1980. 722p.

PENÍN, L.; LÓPEZ, M.; SANTOS, V.; ALONSO, J. L.; PARAJO, J. C. Technologies for *Eucalyptus* wood processing in the scope of biorefineries: A comprehensive review. **Bioresource Technology**, v. 311, 123528, 2020.

PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; MAGALHÃES, M. A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 545-557, 2016.

PFEIL, W.; PFEIL, M. S. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003. 224p.

POPADIĆ, R.; ŠOŠKIĆ, B.; MILIĆ, G.; TODOROVIĆ, N.; FURTULA, M. Influence of the sawing method on yield of beech logs with red heartwood. **Drvna Industrija**, v. 65, n. 1, p. 35-42, 2014.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Ideótipo de espécie arbórea para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: ALVES, F. V. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 134-147

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M. Estrutura Anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004.

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2006.

RAAD, T. J.; PINHEIRO, P. C. C.; YOSHIDA, M. I. Equação geral de mecanismos cinéticos da carbonização do *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 93-106, 2006.

RAYMOND, C. A. Genetics of *Eucalyptus* wood properties. **Annals of Forest Science**, v. 59, p. 525-531, 2002.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região Sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 1, 2011.

REIS, A. A.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de local e espaçamento na qualidade do carvão vegetal de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 5, p. 497-505, 2012.

REQUEJO, A.; RODRÍGUEZ, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; JIMÉNEZ, L. Comparative study of *Olea europea* and *Eucalyptus urograndis* kraft pulps. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 46, n. 7-8, p. 517-524, 2012.

REZENDE, M. A.; ARONI, A. S.; COSTA, V. E.; SEVERO, E. T. D.; LATORRACA, J. V. F. Densidade e produtividade da madeira de híbrido e seminal de *Pinus caribaea*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v.1 5, n. 2, p. 08-17, 2008.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Wood permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e20150228, 2018.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROCHA, M. F. V.; COSTA, L. R.; COSTA, L. J.; ARAÚJO, A. C. C.; SOARES, B. C. D.; HEIN, P. R. G. Wood knots influence the modulus of elasticity and resistance to compression. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, e201709062018, 2018.

ROCHA, M. F. V.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARDOSO, M. T.; HEIN, P. G. R. Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of *Eucalyptus* wood and bark. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, n. 3, p. 243-248, 2016.

ROCHA, S. M. G.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. R. M.; ALMEIDA, M. N. F.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O. C.; SCOLFORO, H. F.; ALVARES, C. A.; NEVES, J. C. L.; XAVIER, A. C.; FIGURA, M. A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. **Forest Ecology and Management**, v. 473, n. 118290, 2020.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF - Série Didática nº 01/02, 2002. 121p.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

SANDOVAL-TORRES, S.; JOMAA, W.; MARC, F.; PUIGGALI, J-R. Causes of color changes in wood during drying. **Forestry Studies in China**, v. 12, n. 4, p. 167-175, 2010.

SANTOS, B. M. **Cultivo de *Eucalyptus urograndis* em atmosfera enriquecida com CO₂: Mudanças no proteoma cloroplastidial**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. A idade adulta do *Eucalyptus saligna* Smith em, Rio Claro estado de São Paulo, determinada pelas dimensões das fibras. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 28, p. 165-175, 1971.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. Diferenças entre as dimensões das fibras nos anéis de crescimento determinados no D. A. P. e em níveis diferentes do fuste de árvores adultas de *Eucalyptus saligna* Smith. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 31, p. 269-287, 1974.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. Dimensões dos vasos e aumento no comprimento das fibras lenhosas em relação às cambiais fusiformes nos anéis de crescimento do *Eucalyptus saligna* Smith. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 34, p. 307-315, 1977.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; ASSIS, T. F. Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 759-769, 2013.

SANTOS, M. F.; GAMA, J. R. V.; FIGUEIREDO FILHO, A. F.; COSTA, D. L.; RETSLAFF, F. A. S.; SILVA-RIBEIRO, R. B.; RODE, R. Conicity and yield for lumber from commercial species from the Amazon. **Cerne**, v. 25, n. 4, p. 439-450, 2019.

SANTOS, R. B.; CAPANEMA, E. A.; BALAKSHIN, M. Y.; CHANG, H-M.; JAMEEL, H. Effect of hardwoods characteristics on kraft pulping process: Emphasis on lignina structure. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 3623-3637, 2011.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 53-63, 2007.

SANTOS, W. A.; GARCIA, R. A. Efeito da densidade e da cor na molhabilidade da superfície de madeiras de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 245-255, 2019.

SEGUNDINHO, P. G. A.; OLIVEIRA, R. G. E.; GONÇALVES, F. G.; LOPES, N. F.; ALVES, R. C.; AZEVEDO, M. S. Avaliação da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para utilização em madeira lamelada colada. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, e13030, 2021.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; MONTEIRO, L. A.; DUARTE, Y. C. N.; VISSÉS, F. A. Yield gap: Conceitos, definições e exemplos. **Informações Agronômicas**, n. 155, p. 9-12, 2016.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SERENINI JR.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; PIMENTA, A. S. Wood quality of six eucalyptus clones planted in Northern Mato Grosso state, Brazil. **Wood Research**, v. 65, n. 4, p. 543-554, 2020.

SETTE JR., C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.

SETTE JR., C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; CHAGAS, M. P.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W.Hill, aos 24 meses de idade. **Floresta**, v. 39, n. 3, p. 535-546, 2009.

- SHARMA, S. K.; SHUKLA, S. R.; SHASHIKALA, S.; SRI POORNIMA, V. Axial variations in anatomical properties and basic density of *Eucalypt urograndis* hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) clones. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 3, p. 739-744, 2015.
- SILVA, F. A. V.; SILVA, J. R. M.; MOULIN, J. C.; NOBRE, J. R. C.; ANDRADE, A. C. A.; CASTRO, J. P. Qualidade da superfície usinada em pisos de madeira de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 397-403, 2016.
- SILVA, F. T. M.; ATAÍDE, C. H. Valorization of eucalyptus urograndis wood via carbonization: Product yields and characterization. **Energy**, v. 172, p. 509-516, 2019.
- SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *E. grandis* de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2002.
- SILVA, J. C.; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Endocarpos de babaçu e de macaúba comparados a madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. **IPEF**, n. 34, p. 31-34, 1986.
- SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M L.; FARIA, B. F. H. F. Methods for alleviation and reduction of the effects of growth stresses in *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, e410403, 2017.
- SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 803-810, 2006.
- SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.
- SILVA, M. R.; MACHADO, G. O.; DEINER, J.; CALIL JUNIOR, C. Permeability measurements of Brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**, v. 13, n. 3, p. 281-286, 2010.
- SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na Região Sudoeste do Paraná. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 2, p. 1-9, 2014.
- SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; COUTO, H. T. Z. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. **IPEF**, n. 20, p. 77-97, 1980.
- SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: Fundamentals and applications**. 2 ed. Londres: Academic Press, 1993. 293 p.
- SORIANO, J.; GONÇALVES, R.; BERTOLDO, C.; TRINCA, A. J. Aplicações do método de ensaio esclerométrico em peças de eucalipto saligna sm. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 322-328, 2011.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. V.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil *Eucalyptus* potential productivity project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

SUN, B.; WANG, Z.; LIU, J. Study on color and surface chemical properties of *Eucalyptus pellita* wood subjected to thermo-vacuum treatment. **Wood Research**, v. 64, n. 1, p. 1-12, 2019.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; GORSKI, L.; BALDIN, T.; VALCORTE, G. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 434-442, 2018.

TENORIO, C.; MOYA, R.; QUESADA-PINEDA. Kiln drying of *Acacia mangium* wood: colour, shrinkage, warp, split and check in dried lumber. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 1, p. 125-139, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, n. 29, p. 37-45, 1985.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, p. 377-387, 2007.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 398-406, 2013.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, 2009.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 73, p. 55-62, 2007a.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, G. C. O.; COUTO, F. B. S.; ALVES, I. C. N.; PROTÁSIO, T. P.; NAPOLI, A. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 661-666, 2015.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 725-731, 2004.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SORAGI, L. C.; ANDRADE, C. R. Deformação Residual Longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, p. 279-286, 2006.

TRUGILHO, P. F. ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SOUZA, M. A. M. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore de clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2007b.

VEK, V.; OVEN, P.; TERS, T.; POLJANŠEK, I.; HINTERSTOISSER, B. Extractives of mechanically wounded wood and knots in beech. **Holzforschung**, v. 68, n. 5, p. 529-539, 2014.

VIDAURRE, G. B; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 469-480, 2011.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua relação com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 408-415, 2015.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. S.; LUCIA, R. M. D. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 637-644, 2006.

VIVIAN, M. A.; DOBNER JÚNIOR, M.; MODES, K. S.; BELINIL, U. L.; VAZ, D. R. Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 573-596, 2022.

WANG, X.; THOMAS, E.; XU, F.; LIU, Y. BRASHAW, B. K.; ROSS, R. J. Defect detection and quality assessment of hardwood logs: part 2 - combined acoustic and laser scanning system. **Wood and Fiber Science**, v. 50, n. 3, p. 310-322, 2018.

WEST, P. W.; SMITH, R. G. B. Effects of tree spacing on branch-size development during early growth of an experimental plantation of *Eucalyptus pilularis* in subtropical Australia. **Australian Forestry**, p. 1-7, 2020.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P. J.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008. 19p.

WU, H. X.; ELDRIDGE, K. G.; MATHESON, A. C.; POWELL, M. P.; MCRAE, T. A.; BUTCHER, T. B.; JOHNSON, I. G. Achievement in forest tree improvement in Australia and New Zealand 8. Successful introduction and breeding of radiata pine to Australia. **Australian Forestry**, v. 70, n. 4, p. 215-225, 2007.

XIAN-GING, X.; YING, Y.; YI-TING, N.; LIANG-TING, Z. Development of a cornstarch adhesive for laminated veneer lumber bonding for use in engineered wood flooring. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 98, n. 102534, 2020.

YANG, J. L.; BAILLÈRES, H.; OKUYAMA, T.; MUNERI, A.; DOWNES, G. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 1, p. 34-43, 2005.

YANG, L.; LIU, H. A review of *Eucalyptus* wood collapse and its control during drying. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L.; ROCHA, M. F. V. Chemical and energetic characterization of *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones subject to wind damage. **Revista Árvore**, v. 43, n. 4, e430401, 2019.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. C. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; VALENZUELA, P.; GACITÚA, W.; COLODETTE, J. L. Anatomical, ultrastructural, physical and mechanical wood properties of two-year-old *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, e420201, 2018.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, B. S.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L. Relationship between the anatomy and drying in *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* wood. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 723-729, 2016.

ZEN, L. R. Movimentação de água e ar na madeira de *Eucalyptus* e sua correlação com as propriedades da madeira. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

ZEN, L. R.; MONTEIRO, T. C.; SCHAEFFER, W.; KAMINSKI, J. M.; KLITZKE, R. J. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019.

ZOBEL, B.; BUIJTENEN, J. van. **Wood variation, its causes and control**. Berlin: Springer, 1989. 363p.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.

CAPÍTULO 2: MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

1 INTRODUÇÃO

Para obtenção de toras com maiores diâmetros, o desenvolvimento de árvores em plantios com maiores espaçamentos é uma das principais medidas de planejamento das florestas de *Eucalyptus* para o processamento em serrarias. O adensamento dos plantios acaba afetando nas decisões de manejo das florestas plantadas, principalmente em função dos tratos silviculturais a serem aplicados. Busca-se, portanto, a geração de uma matéria-prima que apresente menos defeitos e que sejam capazes de aprovisionarem a obtenção de uma madeira serrada com alta qualidade (SENTELHAS et al., 2016).

Maiores espaçamentos entre as árvores favorecem a formação de uma menor quantidade de biomassa por área (ARAUJO et al., 2021), porém produzem árvores com maiores diâmetros do que as plantadas em menores espaçamentos. Para a obtenção de madeira serrada, maiores diâmetros podem facilitar o processamento das toras, principalmente para a aquisição de peças com menores incidências de defeitos e com maior quantidade de cerne.

Quando submetidas ao desenvolvimento em diferentes espaçamentos, espera-se que sejam observados comportamentos distintos tanto na qualidade da matéria-prima, quanto nas propriedades da madeira serrada obtida. Tal comportamento é esperado justamente pelas variações no diâmetro e pelas diferentes estratégias fisiológicas que as árvores irão tomar para a geração da biomassa do fuste (MATTOS et al., 2020), interferindo na anatomia e na composição química da madeira, com consequentes influências nas propriedades físico-mecânicas da madeira serrada (CASSIDY et al., 2013; VALVERDE et al., 2022).

A produção de florestas de *Eucalyptus* desenvolvidas em espaçamentos maiores é imprescindível para a aquisição de matéria-prima para madeira serrada, visto o destaque das espécies desse gênero na indústria madeireira mundial (FAO, 2021). As diversas aplicações das madeiras de *Eucalyptus* derivam dos programas de melhoramento genético que objetivaram a melhoria da qualidade da matéria-prima para serraria, conjuntamente com o tipo de processamento a ser aplicado para obtenção das peças serradas.

A forma de desenvolvimento das árvores e características fenotípicas das espécies e materiais genéticos são essenciais para avaliar a produção de toras para serraria. O crescimento em diâmetro e a forma das árvores afetam diretamente a qualidade das toras, influenciando características como conicidade, achatamento, tortuosidade, bifurcações, defeitos na superfície rolante, rachaduras de topo e liberação de tensões de crescimento (VITAL, 2008).

A alta incidência de tensões de crescimento em *Eucalyptus*, seja pelo seu rápido crescimento ou por características intrínsecas às árvores do gênero, é responsável pelo aparecimento de rachaduras e outros defeitos após o corte. Sendo assim, avaliar as matérias-primas de *Eucalyptus* destinadas à geração de madeira serrada é essencial para selecionar os melhores materiais para esta finalidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Caracterizar a matéria-prima para produção de madeira serrada proveniente de árvores de quatro materiais genéticos de *Eucalyptus* spp. plantadas em diferentes espaçamentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar árvores e toras de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* spp. plantados em diferentes espaçamentos visando a produção de madeira serrada.
- Avaliar a deformação residual longitudinal (DRL) das árvores e correlacionar com a combinação material genético x espaçamento entre árvores.

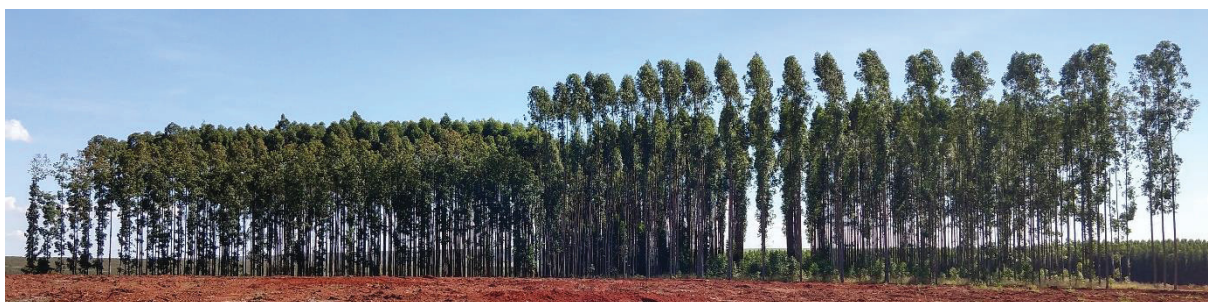
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DO PLANTIO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As árvores foram obtidas em um plantio experimental clonal conduzido pela ArborGen Tecnologia Florestal no projeto TECHS (*Tolerance of Eucalyptus Clones to Hydric, Thermal and Biotic Stresses*, www.ipef.br/techs/en), no município de Chapadão do Sul, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil (Latitude 18°48'08"S, Longitude 52°36'10"W), com altitude de 820 m, em um povoamento com idade de 7 anos. A região apresenta clima tropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen, temperatura anual entre 13°C e 29°C e precipitação média anual de 1.850 mm, com chuvas concentradas no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013; CUNHA et al., 2013).

No geral, o experimento era constituído por um plantio em delineamento sistemático do tipo Nelder, apresentando espaçamento fixo nas linhas de 3,0 m e 20 diferentes espaçamentos nas entrelinhas (FIGURA 2.1). Possuía ao todo 12 materiais genéticos plantados em 20 diferentes espaçamentos nas entrelinhas, com cinco árvores em cada linha.

FIGURA 2.1 – POVOAMENTO EXPERIMENTAL DE *Eucalyptus* spp. DESENVOLVIDO EM DELINEAMENTO DO TIPO NELDER COM SETE ANOS DE IDADE



FONTE: O autor (2023).

Destes materiais, foram selecionados quatro materiais genéticos do povoamento, sendo três clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e um de *Eucalyptus saligna*, conduzidos em três espaçamentos entre as árvores, constituindo 12 tratamentos (TABELA 2.1). Em cada tratamento foram selecionadas três árvores, totalizando 36 árvores.

TABELA 2.1 – INFORMAÇÕES SOBRE OS MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Tratamento	Material Genético	Espaçamento (m ²)
1	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> 1	3,0 x 3,0
2		6,0 x 3,0
3		8,5 x 3,0
4	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> 2	3,0 x 3,0
5		6,0 x 3,0
6		8,5 x 3,0
7	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> 3	3,0 x 3,0
8		6,0 x 3,0
9		8,5 x 3,0
10	<i>Eucalyptus saligna</i>	3,0 x 3,0
11		6,0 x 3,0
12		8,5 x 3,0

FONTE: O autor (2023).

As árvores selecionadas apresentavam visualmente boa qualidade de fuste, tanto em relação à forma, quanto em função da fitossanidade, sendo também desconsiderados os materiais genéticos influenciados pelo efeito de borda. Após seleção, as árvores tiveram os diâmetros à altura do peito (DAP) medidos utilizando fita métrica (mm), e logo em seguida foram avaliadas as deformações residuais longitudinais (DRL). A altura das árvores foi obtida após a derrubada utilizando trena (mm), sendo medidas as alturas comerciais e totais.

2.2 AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)

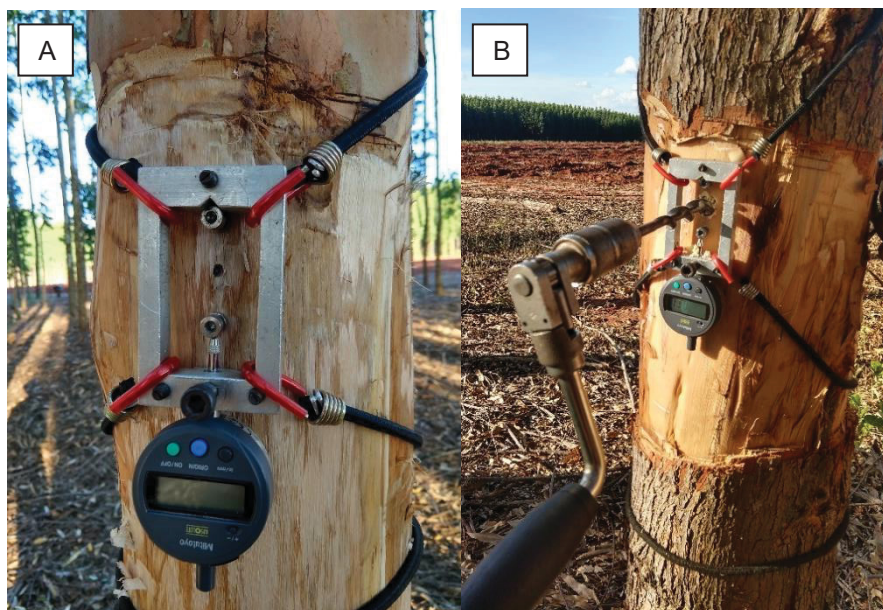
Para a avaliação da DRL, observou-se que o terreno no qual as árvores se desenvolveram era plano, portanto este não foi um fator levado em consideração como condicionante para alteração da DRL. Dessa forma, o vento foi considerado o principal fator de geração da DRL, sendo utilizadas informações disponíveis em Flumignan et al. (2015).

Em cada árvore foram realizadas aferições da DRL nos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste), objetivando observar as variações das deformações em torno do caule e correlacionar com a incidência dos ventos. A DRL foi obtida utilizando o equipamento *CIRAD-Forêt - Growth Strain Gauge*, conforme metodologias de Yang et al. (2005) e Valencia et al. (2011).

A fim de acoplar o equipamento na árvore, as cascas no entorno da circunferência foram removidas para fixação de dois pinos na superfície do lenho (FIGURA 2.2A). As medições foram realizadas na altura de 1,3 m do solo (DAP).

Basicamente, o CIRAD-Forêt mede o deslocamento longitudinal da madeira após a liberação das tensões de crescimento, que ocorre quando realizada uma perfuração entre os dois pinos de fixação do equipamento (FIGURA 2.2B).

FIGURA 2.2 – AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* PLANTADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. A - FIXAÇÃO DO APARELHO CIRAD-FORÊT; B – INSERÇÃO DO PERFURADOR PARA MEDIÇÃO DA DRL



FONTE: O autor (2023).

2.3 FATOR DE FORMA DAS ÁRVORES E VOLUME DOS FUSTES

A fim de observar variáveis de caracterização do desenvolvimento das árvores, foram avaliados o fator de forma e os volumes dos fustes. O volume dos fustes foi obtido a partir do método de Meyer com modificação (MENDES, 1988), recomendado para plantios de *Eucalyptus* de várias idades e espaçamentos no Mato Grosso do Sul, segundo Figueiredo Filho et al. (2014). O fator de forma foi obtido conforme a EQUAÇÃO 2.1.

$$f_{1,3} = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{cilindro}}} \quad \text{EQUAÇÃO 2.1.}$$

Em que: $f_{1,3}$ = Fator de forma do fuste; V_{real} = Volume do fuste obtido em função do diâmetro médio do fuste até a altura comercial, em m^3 ; V_{cilindro} = Volume de um cilindro perfeito utilizando o DAP e a altura comercial, em m^3 .

2.4. OBTENÇÃO DO VOLUME E QUALIDADE DAS TORAS

Após a derrubada das árvores, o fuste foi traçado em quatro toras, sendo a tora da base de 2,0 m de comprimento e as demais sequenciais com 2,5 m de comprimento. Ao todo, foram obtidas 144 toras; as com 2,0 m de comprimento foram destinadas à avaliação das propriedades da madeira e as que possuíam 2,5 m de comprimento foram encaminhadas para uma serraria local para realização de desdobro.

O volume das toras foi determinado por meio da medição dos comprimentos, utilizando trena, e as circunferências do topo e base das toras foram obtidas com auxílio de uma fita métrica. O volume de cada tora foi calculado pelo método de Smalian (EQUAÇÃO 2.2).

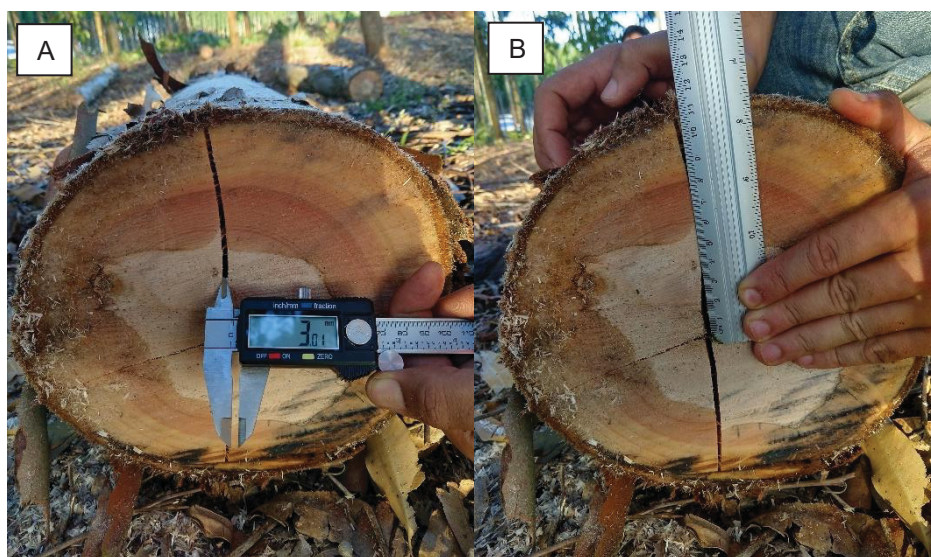
$$V_{tora} = \frac{At+Ab}{2} * L \quad \text{EQUAÇÃO 2.2.}$$

Em que: V_{tora} = Volume da tora, em m^3 ; At = Área da seção transversal de diâmetro menor, em m^2 ; Ab = Área da seção transversal de diâmetro maior, em m^2 ; e L = Comprimento da tora, em m.

A qualidade das toras foi avaliada a partir da conicidade, do achatamento e do índice de rachadura de topo. Para avaliar a forma das toras foram obtidos seus comprimentos e os diâmetros das extremidades utilizando trena e fita métrica (mm). A conicidade foi avaliada a partir da redução do diâmetro entre as extremidades da tora, pela razão entre o diâmetro menor e o diâmetro maior, em $cm.m^{-1}$. O achatamento foi avaliado por meio da medição de dois diâmetros perpendiculares utilizando régua (mm) e calculado a partir da razão entre o diâmetro menor e o diâmetro maior, em %.

O índice de rachadura de topo das toras foi obtido a partir da medição dos comprimentos e espessuras de cada rachadura nas extremidades (FIGURA 2.3), de acordo com metodologia proposta por Lima et al. (2007). O cálculo foi realizado a fim de obtenção do índice médio de rachadura por tora, como descrito na EQUAÇÃO 3.

FIGURA 2.3 – AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS DE TOPO EM TORAS DE *Eucalyptus* PLANTADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. A - MEDIÇÃO DAS ABERTURAS DAS RACHADURAS; B – MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS



FONTE: O autor (2023).

$$\%IRT = 200 \frac{\sum_{i=1}^n e_i * C_i}{\pi * D^2} \quad \text{EQUAÇÃO 2.3.}$$

Em que: %IRT = Índice de rachadura de topo das toras, em %; e_i = Espessura máxima de abertura da rachadura i ($i = 1, 2... n$), em cm; C_i = Comprimento da rachadura i , em cm; e D = Diâmetro médio da extremidade da tora avaliada, em cm.

2.5. PERCENTUAL DE CERNE E ESPESSURA DE CASCA

Para cada árvore foram obtidos cinco discos da seção transversal, sendo um retirado da base da árvore e os demais retirados imediatamente após cada tora. Destes discos foram obtidas a porcentagem de cerne e espessura de casca.

Para a determinação da porcentagem de cerne, foram medidos dois diâmetros de acordo com o método de Frankon, utilizando régua graduada (mm). A espessura da casca foi obtida a partir da medição da casca das extremidades dos diâmetros previamente avaliados, utilizando paquímetro digital (mm). Após medições, os discos foram saturados em água para posterior obtenção da densidade básica da madeira.

2.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental consistiu em um fatorial de dois fatores (4 x 3), cujo primeiro fator seria o material genético (quatro clones) e o segundo fator o espaçamento entre árvores (três espaçamentos), totalizando 12 tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) e ao teste de homogeneidade de variância de Cochran.

Em seguida, foi realizada uma análise estatística inteiramente casualizada em fatorial 4 x 3, com teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação entre as médias dos fatores (fator 1: quatro materiais genéticos; fator 2: três espaçamentos entre árvores), por meio do programa RStudio versão 1.1.463 (R CORE TEAM, 2021), a fim de determinar qual tratamento apresenta as melhores características de matéria-prima para produção de madeira serrada de *Eucalyptus* sp. Para cada parâmetro também foram realizadas análises de variância e desvio padrão da média. Os resultados da ANOVA estão apresentados no APÊNDICE 8.

Os dados de DRL foram utilizados para confecção de gráficos para avaliação da influência do material genético, do espaçamento entre árvores e da localização de avaliação nos quatro pontos cardeais. Logo, a análise estatística também corresponde a um delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4 x 3 x 4, de três fatores (fator 1: quatro materiais genéticos; fator 2: três espaçamentos entre árvores; fator 3: quatro pontos cardeais). Em seguida também foi aplicado o teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação entre as médias dos fatores, utilizando o RStudio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA

Estatisticamente, o DAP das árvores não sofreu variação em relação aos quatro materiais genéticos de *Eucalyptus* avaliados, porém variou em relação ao espaçamento entre árvores no plantio. Apesar disso, a altura das árvores foi influenciada pela combinação entre os materiais genéticos e os espaçamentos. Os dados avaliados foram normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados da avaliação dendrométrica podem ser observados na TABELA 2.2.

O efeito do espaçamento no desenvolvimento das árvores, sobretudo em plantios de florestas com *Eucalyptus* de rápido crescimento, é um dos principais fatores de observação para o planejamento destas florestas para geração de matéria-prima para o setor madeireiro. Como esperado, as árvores plantadas no maior espaçamento (8,5 m x 3,0 m) apresentaram os maiores diâmetros. Sendo assim, levando em consideração apenas o DAP, neste espaçamento é possível produzir toras de maiores diâmetros, matéria-prima demandada para o processamento para obtenção de madeira serrada.

Quanto às alturas totais e comerciais, as árvores do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 se desenvolveram mais que as demais, destacando-se as plantadas nos espaçamentos maiores (Tabela 2.2). Observou-se também que as árvores de *E. saligna* cresceram menos que *E. urophylla* x *E. grandis*, provavelmente devido à contribuição de características genéticas do *E. grandis* nestes híbridos. Além disso, relacionando as alturas totais e as comerciais, o *E. saligna* apresentou um potencial maior para a formação de copa, resultando em árvores com fustes menores com menos volumes de madeira.

TABELA 2.2 – DADOS DENDROMÉTRICOS DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
DAP médio (cm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	19,8	25,5	27,0	24,1 a
	(8,46)*	(11,82)	(3,14)	(15,61)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	19,6	23,4	28,0	23,6 a
	(8,46)	(0,52)	(3,64)	(16,00)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	20,1	24,1	29,5	24,6 a
	(4,59)	(3,10)	(4,00)	(17,08)
<i>E. saligna</i>	18,9	24,1	28,2	23,7 a
	(8,55)	(10,92)	(4,33)	(18,42)
Média	19,6 C	24,2 B	28,2 A	
	(6,91)	(7,85)	(4,64)	
Altura total média (m)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	27,4 bB	30,9 bA	29,4 bAB	29,2
	(4,76)	(5,79)	(2,36)	(14,97)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	31,9 aB	34,3 aA	33,4 aAB	33,2
	(5,72)	(0,15)	(0,98)	(12,07)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	27,9 bB	29,2 bAB	30,9 bA	29,3
	(2,48)	(0,91)	(1,35)	(2,56)
<i>E. saligna</i>	27,4 bA	26,6 cA	25,7 cA	26,6
	(3,59)	(2,30)	(5,10)	(12,57)
Média	28,6	30,2	29,8	
	(7,79)	(10,01)	(9,98)	
Altura comercial média (m)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	23,7 abA	26,0 bA	25,9 bA	25,2
	(8,01)	(6,04)	(0,72)	(2,19)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	25,2 aB	30,3 aA	30,4 aA	28,6
	(5,84)	(0,75)	(4,26)	(3,33)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	22,2 bB	23,8 bcB	26,9 bA	24,3
	(4,82)	(2,88)	(2,06)	(0,89)
<i>E. saligna</i>	21,7 bA	21,1 cA	21,1 cA	21,3
	(6,04)	(8,01)	(3,76)	(1,64)
Média	23,2	25,3	26,1	
	(8,16)	(14,54)	(13,52)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

As árvores dos três materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* se desenvolveram de acordo com o esperado (Tabela 2.2), comparando-se os DAPs e as alturas com resultados observados em outras pesquisas. Para espaçamentos menores (3,0 m x 2,5 m), dois plantios com sete anos no Paraná apresentaram árvores com DAPs variando entre 17,80 cm e 18,01 cm e alturas entre 27,3 m e 28,7 m (SALVADOR et al., 2015). Em outro plantio, com o mesmo espaçamento e idade, no sul da Amazônia foi observado um desenvolvimento menor das árvores, pois estas apresentaram DAP entre 10,50 cm e 13,21 cm e alturas entre 17,70 m e 22,20 m

(VERÃO et al., 2016). Em Minas Gerais, árvores com sete anos em um plantio com espaçamento 3,0 m x 3,0 m apresentaram DAP médio de 17,99 cm e altura média de 25,59 m (SOUZA et al., 2015). Observa-se, portanto, que os materiais genéticos plantados no Mato Grosso do Sul avaliados neste trabalho apresentam um bom potencial para geração de biomassa de fuste.

Quanto aos plantios de *E. saligna*, observou-se um avanço no melhoramento genético da espécie ao longo do tempo. Árvores com 10 anos plantadas em pequenos espaçamentos (3,0 m x 2,5 m) chegavam a apresentar DAP próximo a 14 cm e alturas inferiores a 20 metros (GARCIA et al., 1991). Alguns anos à frente, observou-se que árvores desenvolvidas em um plantio com sete anos em espaçamento 3,0 m x 3,0 m possuíam DAP e alturas de aproximadamente 20 cm e 25 m, respectivamente (BERGER et al., 2002). Como questões ambientais e características de sítio influenciam diretamente o desenvolvimento das árvores, leva-se também em consideração as particularidades do local de plantio (PISSININ; SCHNEIDER, 2017). Portanto, apesar das árvores de *E. saligna* se desenvolverem menos que os materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis*, foi registrado um comportamento de crescimento em altura esperado para espécie, também apresentando potencial para a produção de madeira.

Avaliando o padrão de desenvolvimento das árvores, a forma destas não foi afetada pelas características dos materiais genéticos, mas sofreram interferência direta do espaçamento, sendo observados aumento da conicidade na ordem de cerca de 10% do menor espaçamento para o intermediário e do intermediário para o maior espaçamento. Quanto aos volumes do fuste, houve influência do material genético e do espaçamento isoladamente. Não foi registrada interação entre os materiais genéticos e o espaçamento de plantio no fator de forma das árvores e nos volumes de fuste. Os dados avaliados foram normais e apresentam variâncias homogêneas. Os valores do fator de forma e volumes das árvores estão apresentados na TABELA 2.3.

TABELA 2.3 – FATOR DE FORMA E VOLUMES DE MADEIRA DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Fator de forma com casca				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,45	0,39	0,39	0,41 a
	(5,21)*	(9,15)	(1,19)	(9,24)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,43	0,46	0,37	0,42 a
	(6,22)	(4,13)	(6,58)	(10,80)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,46	0,40	0,33	0,40 a
	(11,58)	(2,55)	(20,45)	(17,93)
<i>E. saligna</i>	0,47	0,39	0,39	0,42 a
	(10,45)	(18,51)	(9,64)	(14,80)
Média	0,45 A	0,41 B	0,37 B	
	(8,32)	(11,43)	(11,64)	
Volume do fuste (m³.árvore ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,330	0,519	0,585	0,478 ab
	(16,97)	(27,04)	(6,23)	(28,94)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,327	0,597	0,687	0,537 a
	(16,28)	(5,19)	(7,34)	(31,15)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,324	0,432	0,604	0,453 bc
	(12,41)	(6,91)	(11,67)	(28,57)
<i>E. saligna</i>	0,284	0,368	0,514	0,389 c
	(12,27)	(13,66)	(2,07)	(27,06)
Média	0,316 C	0,479 B	0,597 A	
	(14,04)	(23,35)	(12,71)	
Volume de fuste por área (m³.ha ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	366,44	287,77	229,20	294,47 a
	(16,97)	(27,04)	(6,23)	(26,50)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	362,76	331,08	269,26	321,04 a
	(16,28)	(5,19)	(7,34)	(16,30)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	360,16	239,69	236,64	278,83 ab
	(12,41)	(6,91)	(11,67)	(24,01)
<i>E. saligna</i>	316,00	204,48	201,47	240,65 b
	(12,27)	(13,66)	(2,07)	(25,52)
Média	351,34 A	265,76 B	234,14 B	
	(14,04)	(23,35)	(12,71)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

A forma do fuste é afetada diretamente pelo crescimento das árvores, pelas condições ambientais das áreas dos plantios e pelas características genéticas das espécies de *Eucalyptus*, cujos efeitos genéticos são transmitidos diretamente para o desenvolvimento das árvores (GOMAT et al., 2011). Por isso, as árvores que se desenvolvem com disponibilidade diferente de espaço possuem formas distintas de tronco e copa.

O espaçamento de plantio interferiu diretamente na forma das árvores (Tabela 2.3). Geralmente, espaçamentos menores tendem a apresentar árvores menos

cônicas (SOARES et al., 2011). Essa observação foi constatada neste trabalho, visto que as árvores plantadas nos espaçamentos de 3,0 m x 3,0 m apresentaram as árvores com o fuste mais cilíndrico. Porém, a maior conicidade do fuste das árvores plantadas nos maiores espaçamentos se deu pelo maior desenvolvimento dos diâmetros e pela baixa variação das alturas das árvores dos três espaçamentos avaliados.

Apesar de tenderem a gerar toras menos cônicas, as árvores com fustes mais cilíndricos (espaçamento 3,0 m x 3,0 m) apresentaram os menores diâmetros, sendo então menos recomendadas para o processamento e produção de madeira serrada que as toras dos demais espaçamentos. Em contrapartida, a conicidade das árvores de maiores diâmetros pode ser reduzida a partir do seccionamento do fuste em toras de menores dimensões, reduzindo a variação dos diâmetros das extremidades.

Os fatores de forma foram semelhantes aos avaliados em vários plantios de *Eucalyptus*, sendo observadas variações de acordo com a idade, o espaçamento de plantio e o material genéticos. Alguns valores observados em outras pesquisas estão apresentados na QUADRO 2.1.

QUADRO 2.1 – FATORES DE FORMA COM CASCA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Espaçamento	Fator de forma com casca	Referências
<i>E. grandis</i>	7,0	3,0 m x 2,0 m	0,47	Miguel et al. (2010)
	8,0	-	0,35	Pedrosa et al. (2013)
<i>E. urophylla</i>	5,0	-	0,49 – 0,51	Azevedo et al. (2011)
	-	Vários	0,42	Vera et al. (2022)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2,5	4,0 m x 2,0 m	0,46	Miranda et al. (2015)
	7,0	2,5 m x 4,0 m	0,36 – 0,57	Santana et al. (2021)
	-	3,0 m x 2,0 m	0,49	Venturoli e Morales (2014)
<i>E. saligna</i>	6,1	3,0 m x 2,0 m	0,42 – 0,46	Gama et al. (2010)
	6,5	2,5 m x 2,5 m	0,51	Cabacinha et al. (2003)
	10	2,14 m x 3,0 m	0,48	Momolli et al. (2019)
	-	-	0,46 – 0,47	Lara et al. (2021)

FONTE: O autor (2023).

Por gerar árvores com toras de maiores diâmetros e as alturas não apresentarem grandes variações entre os espaçamentos, os volumes de madeira por árvore obtidos no espaçamento maior (8,5 m x 3,0 m) foram maiores que os outros dois espaçamentos (Tabela 2.3). Portanto, como já discutido na avaliação diamétrica, as árvores de *Eucalyptus* spp. desenvolvidas em maiores espaçamentos são mais indicadas para obtenção de madeira serrada, em decorrência de seus maiores

diâmetros. Além disso, o *E. urophylla* x *E. grandis* 2 se destacou dentre os demais, sendo o material genético que gerou maior volume de madeira nos fustes. Em contrapartida, o *E. saligna* apresentou árvores com menores volumes de toras, se diferenciando do *E. urophylla* x *E. grandis* na geração de biomassa de fuste.

Pela quantidade de árvores plantadas no espaçamento 3,0 m x 3,0 m, foi observada uma maior produção em volume de madeira quando comparado com os espaçamentos maiores (Tabela 2.3). Em espaçamentos mais adensados foi possível obter cerca de 400 m³ de fuste por hectare em plantios de *E. urophylla* x *E. grandis*, com sete anos que se desenvolveram inicialmente no espaçamento 3,0 m x 2,5 m, contendo 1333 árvores por hectare (SALVADOR et al., 2015). Portanto, ao possuir cerca de 1111 árvores por hectare, o espaçamento 3,0 m x 3,0 m gerou uma quantidade satisfatória de madeira.

Os volumes de fustes por hectare do espaçamento intermediário foram estatisticamente iguais aos desenvolvidos em maior espaçamento, com médias de 234 e 265 m³.ha⁻¹ (Tabela 2.3). Tais valores correspondem a uma quantidade superior ao encontrado em um plantio de sete anos de *E. urophylla* x *E. grandis* num espaçamento de 4,0 m x 2,5 m, portanto mais adensado e com um número de árvores por hectare próximo ao desenvolvido num espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, sendo produzidos em média 172,583 m³.ha⁻¹ (SANTANA et al., 2021). Essa diferença de adensamento de árvores pode afetar a qualidade das toras, com consequente influência nas propriedades da madeira, principalmente por gerarem modificações em níveis microclimáticos na floresta, possibilitando uma tendência de desenvolvimento das árvores influenciada pela interação entre material genético e espaçamento de plantio (ANDRÉ et al., 2021).

Árvores que crescem com um maior espaço disponível sofrem menos com estresses fisiológicos, principalmente em função de competições por luz, espaço, água e nutrientes (SEREGHETTI et al., 2015). Por isso, a forma de desenvolvimento dessas árvores pode gerar madeiras com diferentes qualidades de acordo com as diferenças dimensionais e formação do lenho. Sendo assim, a geração de toras de maiores diâmetros infere uma preferência do espaçamento 8,5 m x 3,0 m para produção de matéria-prima para serraria.

Quanto aos materiais genéticos, o *E. saligna* apresentou um potencial inferior à geração de madeira por área que os materiais de *E. urophylla* x *E. grandis*. Logo, o

maior desenvolvimento do *E. urophylla* x *E. grandis* pode propiciar um maior suprimento em volume de matéria-prima para a obtenção de madeira serrada.

3.2 AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)

A deformação residual longitudinal (DRL) não foi afetada pelo espaçamento em que as árvores se desenvolveram, não havendo também interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos. Porém, o material genético foi um fator de variação significativo entre os valores observados para as tensões de crescimento das árvores. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os resultados da avaliação das tensões de crescimento podem ser observados na TABELA 2.4.

TABELA 2.4 – VALORES MÉDIOS DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) EM ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
DRL média (mm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,111 (27,60)*	0,089 (28,07)	0,108 (21,04)	0,102 b (26,63)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,088 (20,75)	0,073 (34,56)	0,088 (20,17)	0,083 a (25,60)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,103 (29,45)	0,103 (31,79)	0,100 (24,49)	0,102 b (28,02)
<i>E. saligna</i>	0,076 (33,01)	0,069 (34,02)	0,071 (15,30)	0,072 a (28,35)
Média	0,094 A (30,81)	0,084 A (35,15)	0,091 A (25,81)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

As árvores de *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. saligna* foram os materiais genéticos que apresentaram os menores valores de DRL (Tabela 2.5). Neste caso, os fatores de crescimento intrínsecos a este híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* e o clone de *E. saligna* seriam os principais responsáveis por gerarem menos tensões internas no fuste. Portanto, espera-se que estes materiais genéticos liberem menos tensões após o corte e formem menos empenamentos, rachaduras e fendas nas toras.

Segundo Beltrame et al. (2012), a composição físico-química do fuste, a formação dos diferentes lenhos e proporção de madeira juvenil são fatores que geram variação na formação de tensões internas das árvores. Além disso, tratamentos silviculturais, como desbaste e podas, e características ambientais, como desníveis de terreno e incidência de ventos, também podem alterar as distribuições das forças internas de crescimento (BRAZ et al., 2016; FRANÇA et al., 2017).

Os espaçamentos de plantio não foram capazes de alterar os valores da DRL nas árvores dos diferentes materiais avaliados (Tabela 2.4). Resultados como este também foram observados anteriormente (CARDOSO JUNIOR et al., 2005), indicando que o crescimento das árvores em espaços mais amplos ou em densidades de plantios mais agrupadas não foram um fator de intensificação ou minimização das tensões de crescimento. Em outro estudo, o espaçamento constituiu uma fonte de variação para o desenvolvimento das tensões em árvores de *Eucalyptus* sp. (VIDAURRE et al., 2015). Como neste caso os materiais se encontravam em condições semelhantes de sítio, a hipótese de que a variação nos resultados da DRL é produto de uma característica própria dos materiais genéticos é a que pode explicar melhor a ocorrência de intensidades diferentes de tensões.

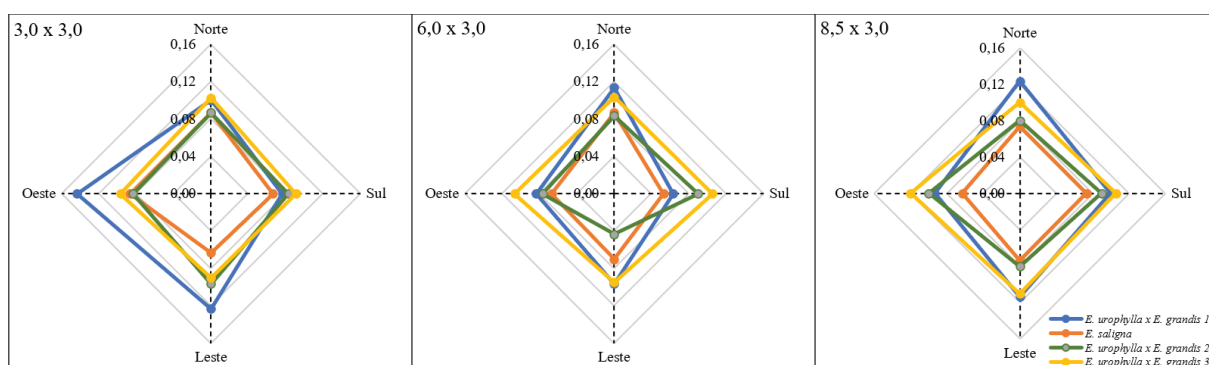
As médias das combinações entre materiais genéticos e espaçamentos entre árvores variaram entre 0,069 e 0,111 mm (Tabela 2.4). Tais resultados estão de acordo com o encontrado para a avaliação das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp., sendo encontradas avaliações de DRL numa faixa entre 0,037 e 0,202 mm para árvores entre 6 e 19 anos (SOUZA et al., 2003; CARDOSO JUNIOR et al., 2005; TRUGILHO et al., 2007; TRUGILHO; OLIVEIRA, 2008; CARVALHO et al., 2010; BELTRAME et al., 2012; FRANÇA et al., 2017).

França et al. (2017) indicaram que árvores com 13 anos de um híbrido clonal de *E. grandis* x *E. urophylla* que apresentaram valores de DRL de até 0,116 mm podem ser destinados à produção de madeira serrada. Já Beltrame et al. (2012) indicam que um clone de *E. urophylla* x *E. dunni* com 9 anos, que apresentou 0,076 mm de DRL, seria indicado para obtenção de madeira serrada. Sendo assim, os quatro materiais genéticos avaliados neste trabalho têm potencial para serem destinados à indústria de serrarias, baseando-se nos valores de DRL.

Algumas pesquisas indicam que a avaliação das tensões ao redor do tronco de árvores de *Eucalyptus* sp. pode apresentar diferença entre os pontos de obtenção dos valores da DRL (GONÇALVES et al., 2007; CARVALHO et al., 2010), como

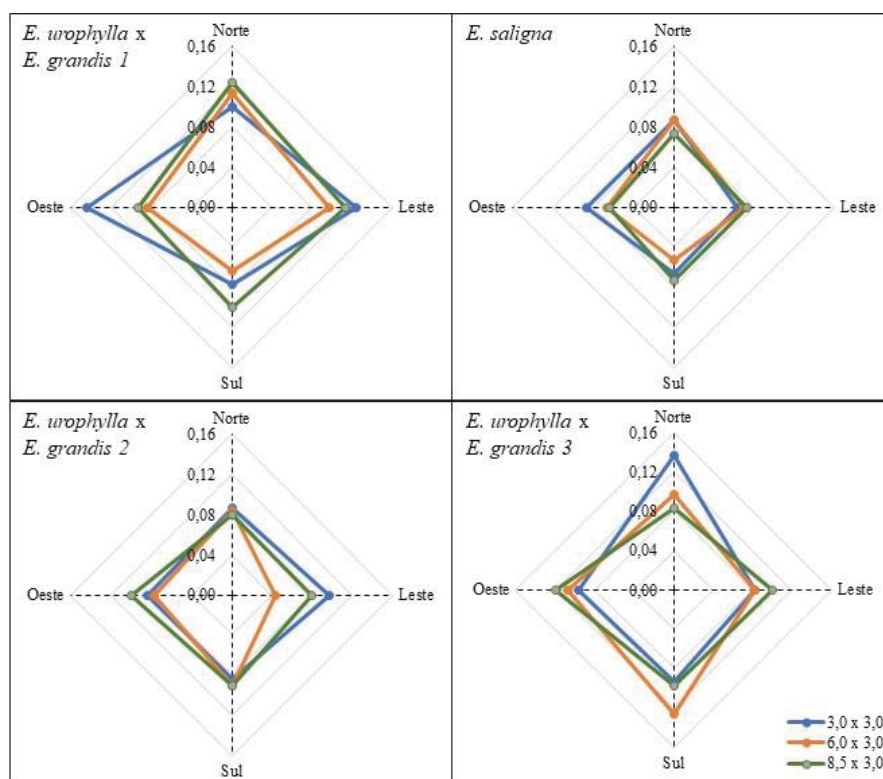
também podem não diferir (CARDOSO JUNIOR et al., 2005; BRAZ, 2014; FRANÇA et al., 2017). A avaliação periférica da ocorrência das tensões ao redor do tronco permitiu observar quais foram as maiores variações considerando os diferentes materiais genéticos em cada espaçamento de plantio (FIGURA 2.4) e a influência do espaçamento na DRL nos quatro pontos avaliados (FIGURA 2.5).

FIGURA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO PERIFÉRICA DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) AO REDOR DO TRONCO DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* PLANTADAS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM FUNÇÃO DOS MATERIAIS GENÉTICOS



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO PERIFÉRICA DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) AO REDOR DO TRONCO DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO



FONTE: O autor (2023).

Avaliando o comportamento dos materiais genéticos em cada espaçamento, o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* 1 apresentou uma maior variação nos valores de DRL ao redor do fuste das árvores plantadas no espaçamento 3,0 m x 3,0 m, principalmente a oeste e leste (Figura 2.5). Já nos demais espaçamentos, houve alta variação nos dados nos quatro pontos de todos os materiais genéticos. O *E. urophylla* x *E. grandis* 3 foi o material genético que apresentou valores mais homogêneos ao redor do fuste das árvores, porém apresentou valores mais altos que o *E. saligna*.

Além de apresentar os menores valores de DRL, o *E. saligna* foi o material que conseguiu manter as tensões de crescimento mais equilibradas ao redor do tronco em relação aos diferentes espaçamentos avaliados (Figura 2.5). Como já discutido anteriormente, este deve ser um fator a ser avaliado como um diferencial entre essa espécie e os híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*. Para avaliação da matéria-prima voltada à obtenção de madeira serrada, esta variabilidade nos dados de DRL pode servir como ponto de avaliação dos diferentes materiais, principalmente por estas tensões estarem associadas à formação de defeitos nas toras e nos produtos serrados (TRUGILHO et al., 2004; CARVALHO et al., 2010).

Não foi observada uma homogeneização no comportamento da DRL ao redor do tronco dos três híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* avaliados em função do espaçamento de plantio (Figura 2.5). Porém, percebe-se que os valores de DRL das árvores plantadas no espaçamento 3,0 m x 3,0 m sofreram as maiores variações, sendo observadas influências em pontos diferentes do tronco para os três híbridos, principalmente a oeste, leste e norte. Como os ventos na área são de origem do leste, nordeste e sudeste, a variação pode ter sido um fator de equilíbrio e sustentação da árvore frente a essa variável.

3.3 AVALIAÇÃO DE DISCOS E TORAS

Não foi observada diferença estatística para a interação entre o material genético e o espaçamento em relação à porcentagem de cerne e à espessura de casca. Porém, houve diferença entre as variáveis analisadas isoladamente. Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados da avaliação da seção transversal das árvores podem ser observados na TABELA 2.5.

TABELA 2.5 – PORCENTAGEM DE CERNE E ESPESSURA DE CASCA DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Porcentagem de cerne (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	61,69 (0,74)*	61,98 (4,95)	63,62 (2,79)	62,43 a (3,20)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	55,17 (9,45)	64,49 (2,53)	63,37 (5,88)	60,01 a (9,03)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	48,16 (3,24)	55,28 (3,26)	53,39 (2,18)	52,28 b (6,62)
<i>E. saligna</i>	59,40 (6,15)	61,33 (5,90)	61,11 (2,98)	60,61 a (4,74)
Média	56,10 B (10,81)	60,77 A (6,91)	60,37 A (7,89)	
Espessura de casca (mm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	3,51 (25,02)	4,18 (8,19)	4,40 (3,90)	4,03 a (15,49)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	3,21 (10,56)	4,13 (29,90)	4,26 (13,18)	3,87 a (16,94)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	3,73 (9,84)	4,35 (7,83)	4,16 (6,88)	4,08 a (22,16)
<i>E. saligna</i>	3,84 (7,22)	4,99 (7,98)	5,58 (3,99)	4,80 b (9,73)
Média	3,57 A (14,32)	4,41 B (15,64)	4,60 B (14,46)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Os maiores espaçamentos foram responsáveis pelas maiores quantidades de cerne nas toras, apresentando mais que 60% de cerne (Tabela 2.5). Tal tendência pode ser observada para árvores de *Eucalyptus*, observando um crescimento da quantidade de cerne em função da disponibilidade de maiores áreas úteis para o seu desenvolvimento (BRITO et al., 2019). Assim, como esperado, toras com maiores diâmetros são capazes de apresentar maiores áreas de cerne na seção transversal (SANTOS et al., 2004; ARANTES et al., 2013). Além disso, como o processo de cernificação da madeira acompanha o desenvolvimento da árvore de acordo com a idade da mesma (PEREIRA et al., 2013), estes materiais sendo jovens (sete anos) podem desenvolver mais cerne com o aumento do tempo para a colheita.

Em relação aos materiais genéticos, também foram observados valores de cerne superiores a 60%, exceto para o *E. urophylla* x *E. grandis* 3, que apresentou a menor porcentagem de cerne (Tabela 2.5). Sendo assim, observa-se que diferentes

materiais genéticos de *Eucalyptus*, mesmo que formem o mesmo híbrido, são capazes de desenvolver toras com diferentes quantidades de cerne.

A formação do cerne em árvores de *Eucalyptus* se inicia entre os três e cinco anos iniciais do plantio (KUMAR; DHILLON, 2014). Ao possuir idades inferiores ou iguais a sete anos, toras de *E. urophylla* x *E. grandis* podem apresentar valores próximos a 50% de cerne (GOMINHO et al., 2001; BRITO et al., 2019; LIMA et al., 2019; ALVES; PAULA, 2020). Sendo assim, os materiais que possuem valores acima de 60% apresentam crescimento satisfatório para a formação de matéria-prima com mais cerne. Já árvores de *E. urophylla* x *E. grandis* com idades acima de 10 anos podem tender a apresentar uma quantidade de cerne superior a 65%, apesar de alguns materiais poderem apresentar valores inferiores a 60% (FRANÇA et al., 2019). Logo, como discutido anteriormente, o material genético constitui um fator de importância para o desenvolvimento do cerne em árvores de *Eucalyptus*.

As características da seção transversal das toras sofreram influência do material genético e dos diferentes espaçamentos entre árvores, isoladamente. Avaliando os dados, as árvores plantadas no menor espaçamento (3,0 m x 3,0 m) apresentaram casca menos espessa (Tabela 2.5). Logo, observa-se que árvores de *Eucalyptus* que possuem diâmetros menores geram cascas mais finas.

Quanto aos materiais genéticos, as árvores do *E. saligna* apresentaram as maiores espessuras de casca, diferindo dos materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* (Tabela 2.5). Portanto, a partir desta observação, este seria o menos indicado para produção de madeira serrada.

Levando em consideração apenas a espessura de casca, os híbridos *E. urophylla* x *E. grandis* poderiam ser destinados à produção de madeira serrada, porém a menor formação de cerne do *E. urophylla* x *E. grandis* 3 o torna menos viável para tal fim, principalmente pela necessidade de tratamento da madeira de alburno para aumentar sua durabilidade e maior preservação. Recomenda-se, portanto, que matérias-primas destinadas à produção de madeira serrada para uso sólido apresentem maiores proporções de cerne (GONÇALVES et al., 2010).

A espessura de casca em toras representa uma característica negativa para as indústrias de serrarias, pois afetam diretamente o rendimento em madeira serrada e são responsáveis pela geração de produtos secundários, principalmente biomassa para uso energético (BEAUSSIER et al., 2022), por meio do uso de materiais como o

cavaco com casca. Portanto, quanto menor a espessura da casca nas toras, melhor será o aproveitamento para as serrarias e formação de peças de madeira serrada.

Os volumes de toras obtidas não foram afetados pelas características dos materiais genéticos, mas sofreram interferência direta do espaçamento. Não foi registrada interação entre os materiais genéticos e o espaçamento de plantio no volume de toras por árvore e por hectare. Os dados apresentam variâncias homogêneas e foram normalizados transformando pela função $y = \text{sen } x$ antes da realização da análise. Os resultados da avaliação dos volumes de toras estão apresentados na TABELA 2.6.

TABELA 2.6 – VOLUMES DE TORAS DE ÁRVORES DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Volume de toras por árvore (m³.árvore ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,244 (20,50)*	0,409 (21,90)	0,453 (5,84)	0,369 a (29,53)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,240 (16,64)	0,394 (7,14)	0,501 (3,84)	0,378 a (30,82)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,255 (5,55)	0,308 (8,32)	0,445 (11,01)	0,336 a (26,68)
<i>E. saligna</i>	0,209 (13,69)	0,368 (21,07)	0,506 (6,21)	0,361 a (37,75)
Média	0,237 C (14,93)	0,370 B (17,97)	0,476 A (8,48)	
Volume de toras por área (m³.ha ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	271,74 (20,50)	226,88 (21,90)	177,68 (5,84)	225,43 a (24,62)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	266,46 (16,64)	218,59 (7,14)	196,26 (3,84)	227,10 a (17,23)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	283,03 (5,55)	171,14 (8,32)	174,22 (11,01)	206,54 a (27,18)
<i>E. saligna</i>	232,02 (13,69)	204,34 (21,07)	198,50 (6,21)	211,62 a (14,90)
Média	263,31 A (14,93)	205,24 B (17,97)	186,73 B (8,48)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Como os materiais genéticos não diferiram estatisticamente quanto aos volumes de toras obtidas, é possível observar apenas a influência do espaçamento no suprimento de toras. Os três espaçamentos diferiram quanto ao volume, como esperado pela diferença de diâmetros das árvores e das toras (Tabela 2.6).

As toras obtidas das árvores que se desenvolveram no maior espaçamento (8,5 m x 3,0 m) apresentaram maiores volumes que as demais (Tabela 2.6). Logo, é possível obter cerca de 0,45 m³ de toras por árvore a partir de espécies de *Eucalyptus* com sete anos, sendo esse resultado quase o dobro do obtido no espaçamento mais adensado (3,0 m x 3,0 m).

Apesar de apresentar menores volumes por árvore, o menor espaçamento gera um maior volume de toras por área (Tabela 2.6), justamente pela quantidade de árvores que são plantadas. Porém, são toras de menores diâmetros e consequentemente menores volumes. As toras com menores volumes e diâmetros tendem a apresentar menores rendimentos em madeira serrada (ANJOS; FONTE, 2017; MONTEIRO et al., 2017; CARVALHO et al., 2019). Nesse caso, a escolha de um dos maiores espaçamentos apresentaria a produção de matéria-prima de maiores diâmetros para desdobro e obtenção de madeira serrada.

Além das dimensões das toras e posterior avaliação do volume, que consiste num dos principais meios de estimativa do rendimento em madeira serrada, a qualidade das toras afeta diretamente também afeta o rendimento da serraria. O suprimento de toras com diferentes diâmetros advindas de florestas de crescimento rápido de *Eucalyptus* é uma realidade para obtenção de madeira serrada do gênero. Nesses casos, faz-se necessária uma classificação adequada das toras, levando em consideração a qualidade e dimensões do material, pois são características que afetam diretamente o processamento de toras com diferentes diâmetros e a produção de madeira serrada (BALASSO et al., 2022).

As melhorias na qualidade da madeira advindas dos programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* objetivam a produção de maiores volumes de madeira, em menor tempo e com boa qualidade. Como o uso de madeira juvenil influencia na qualidade da madeira, busca-se utilizar como matéria-prima madeiras menos jovens para processamento e obtenção de madeira serrada.

Na avaliação da conicidade das toras, não houve interação significativa entre os materiais genéticos e os espaçamentos, bem como os espaçamentos não diferiram entre si, sendo observadas diferenças estatísticas entre os materiais genéticos. Já para o achatamento e o índice de rachadura de topo foram observadas interações entre as variáveis. Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados da avaliação da qualidade das toras podem ser observados na TABELA 2.7.

TABELA 2.7 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TORAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Conicidade média das toras (cm.m ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,87 (8,78)*	0,95 (10,14)	0,92 (27,93)	0,91 ab (16,04)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,76 (29,04)	0,58 (41,52)	0,87 (25,14)	0,74 a (31,87)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	1,06 (12,00)	1,02 (10,78)	1,03 (24,95)	1,04 b (14,94)
<i>E. saligna</i>	0,64 (51,71)	0,74 (5,86)	0,92 (4,62)	0,77 a (27,20)
Média	0,83 A (29,19)	0,82 A (26,55)	0,94 A (20,49)	
Achatamento médio das toras (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	94,32 aA (4,17)	97,16 aA (0,71)	94,59 abA (0,88)	95,36 (2,57)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	97,28 aA (0,92)	97,66 aA (0,91)	97,60 aA (1,10)	97,52 (0,87)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	97,10 aA (1,29)	92,60 bB (1,33)	97,58 aA (0,64)	95,76 (2,67)
<i>E. saligna</i>	96,62 aA (2,56)	91,67 bB (1,22)	92,08 bB (3,19)	93,45 (3,32)
Média	96,33 (2,52)	94,77 (3,07)	95,46 (2,92)	
Índice de rachadura do topo das toras (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,81 bAB (6,58)	0,72 abA (21,85)	0,98 bB (12,46)	0,83 (18,39)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,81 bB (15,96)	0,74 abB (6,99)	0,78 bB (5,86)	0,78 (10,24)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,97 bB (18,13)	0,90 bB (6,31)	0,96 bB (12,59)	0,94 (12,15)
<i>E. saligna</i>	0,82 bB (14,99)	0,51 aA (8,33)	0,45 aA (15,57)	0,59 (31,94)
Média	0,85 (15,22)	0,72 (23,13)	0,79 (29,83)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Em relação à conicidade das toras, o espaçamento não influenciou significativamente nesta característica. Os valores médios ficaram entre 0,82 e 0,94 (Tabela 2.7). Comumente em plantios jovens podem ser observadas conicidades próximas a 1 cm.m⁻¹ em toras de *Eucalyptus* (FERREIRA et al., 2004; GONÇALVES et al., 2010; ANJOS et al., 2016; CARVALHO et al., 2019).

Em espaçamentos amplos podem ser observadas toras de *Eucalyptus* com conicidades acima de 1,2 cm.m⁻¹, em povoamentos entre 7 e 7,5 anos. Em espaçamentos como 10 m x 4 m, as toras podem apresentar até 2,1 cm.m⁻¹ de

conicidade, enquanto em espaçamentos curtos ou intermediários como 3,5 m x 3 m e 6 m x 4 m podem ser observadas conicidades entre 0,8 e 1,5 cm.m⁻¹ e 1,07 e 1,54 cm.m⁻¹, respectivamente (FERREIRA et al., 2004; GONÇALVES et al., 2010; ANJOS et al., 2016).

A conicidade obtida para esses materiais encontra-se de acordo com o recomendado para o processamento em serrarias. Preferencialmente, estas devem apresentar conicidade inferior a 3,0 cm.m⁻¹ para que não haja comprometimento no rendimento em madeira serrada ou interfira nas propriedades físico-mecânicas da madeira, sendo classificadas como de Classe I (IBDF, 1984). As toras de *E. saligna* e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentaram as menores conicidades, sendo então as mais indicadas para produção de madeira serrada.

Quanto ao achatamento, o *E. saligna* apresentou os menores valores, principalmente os plantados nos maiores espaçamentos, assim como o *E. urophylla* x *E. grandis* 3 implantado no espaçamento intermediário (Tabela 2.7). Apesar disso, ainda podem ser utilizados para a produção de madeira serrada, por serem de classe superior (OLIVEIRA et al., 1990).

Observa-se, portanto, que a combinação entre os fatores material genético e espaçamento de plantio é capaz de influenciar no achatamento das toras de *Eucalyptus*. Uma das principais características influenciadas pelo achatamento das toras é o deslocamento da medula longitudinalmente na árvore (FERREIRA et al., 2008), afetando diretamente a obtenção de peças serradas livres de defeitos. O achatamento das toras combinado com a excentricidade da medula e as rachaduras de topo são os principais defeitos encontrados em matérias-primas destinadas à serraria (LUZ et al., 2021).

Para a produção de madeira serrada recomenda-se o uso de toras com achatamento acima de 90% (IBDF, 1984). Portanto, apesar da diferença estatística observada nas toras, o achatamento destes materiais encontra-se de acordo com o recomendado para o processamento em serrarias, classificadas como de classe I ou classe superior (OLIVEIRA et al., 1990). Tal comportamento pode ser observado em vários materiais de *Eucalyptus*, independentemente da idade ou espaçamento ao qual os povoamentos foram implantados (POLLI et al., 2006; PALERMO, 2010).

Assim como o achatamento, as rachaduras nos topos das toras foram afetadas diretamente pela relação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio. Como discutido anteriormente, as tensões de crescimento constituem uma

das principais características que levam à propensão do aparecimento de empenamentos e de rachaduras em toras de *Eucalyptus*. Grande parte das toras apresentou índices médios de rachaduras de topo entre 0,70% e 1,0% (Tabela 2.7). Algumas pesquisas indicam ser uma faixa normal de ocorrência de rachaduras em *Eucalyptus* (LIMA et al., 2000; LIMA et al., 2007; BELTRAME et al., 2015; FRANÇA et al., 2019).

Como exceção, as árvores de *E. saligna* foram responsáveis pela produção das toras que apresentaram menores índices de rachaduras de topo, sobretudo aquelas que se desenvolveram nos espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m, que apresentaram 0,51% e 0,45%, respectivamente (Tabela 2.7). Como o desenvolvimento das árvores e as tensões internas intrínsecas aos diferentes materiais genéticos podem constituir as principais características responsáveis pelo desenvolvimento das rachaduras após o corte, estas seriam as principais respostas para as variações observadas neste trabalho.

Comumente podem ser observados valores acima de 1,0% de índice de rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus*, como encontrado em pesquisas com toras do gênero (CARDOSO JÚNIOR et al., 2010; TREVISAN et al., 2013; TREVISAN et al., 2014; BELTRAME et al., 2015). Portanto, o comportamento das rachaduras nas toras avaliadas a partir dos materiais avaliados neste trabalho podem ser considerados satisfatórios. França et al. (2019) indicam que valores inferiores ou próximos a 0,80% são considerados baixos para matérias-primas para madeira serrada, recomendando-se que estes podem ser destinados a indústrias de serrarias para uso como madeira maciça.

Avaliando o crescimento em diâmetro desses materiais, observa-se que estes se desenvolveram de maneira semelhante em cada espaçamento (Tabela 2.7). Esta observação é interessante de ser avaliada, visto que há uma relação positiva entre o desenvolvimento das árvores em diâmetro, que proporciona o surgimento das tensões internas de crescimento, e o processo de aparecimento das rachaduras após o corte das árvores e seccionamento em toras, ocorrendo as liberações das tensões e início da saída de água (BRAZ et al., 2016; SILVA et al., 2017; MAGALHÃES et al., 2019). Além disso, por apresentarem idades iguais, a propensão ao aparecimento de rachaduras variou exclusivamente de acordo com as tensões que ocorrem naturalmente nas árvores destes materiais genéticos de *Eucalyptus*.

Para uso em serraria, o desenvolvimento destas rachaduras pode comprometer o rendimento líquido em madeira serrada, visto que após o corte as rachaduras passam a fazer parte das extremidades das peças serradas. Além disso, as tensões de secagem também favorecem o surgimento de rachaduras e fissuras na madeira de *Eucalyptus*, principalmente porque são classificadas como de difícil saída de água e podem apresentar um grande número de defeitos após o processo de secagem (KÄLLBOM et al. 2020; SALINAS et al. 2020). Sendo assim, a avaliação das rachaduras seria um dos principais destaques para a escolha da melhor matéria-prima para obtenção de madeira serrada.

4 CONCLUSÕES

As características das árvores de *Eucalyptus* com sete anos e qualidade das toras obtidas destas sofreram influência do material genético, do espaçamento de plantio e da interação entre estes fatores.

O fator material genético afetou as árvores de *Eucalyptus* quanto aos volumes do fuste, tensões de crescimento (deformações residuais longitudinais), porcentagem de cerne e espessura de casca e as toras quanto à conicidade.

O fator espaçamento de plantio afetou o diâmetro, a forma, os volumes dos fustes, a porcentagem de cerne e a espessura de casca e consequentemente o volume de toras obtidas.

A interação entre material genético e espaçamento de plantio para florestas de *Eucalyptus* afetou a altura das árvores, além do achatamento e do índice de rachadura de topos de toras.

As árvores de *E. urophylla* x *E. grandis* com sete anos cresceram mais em altura que as de *E. saligna*. Consequentemente, o *E. saligna* apresentou menores produções de volumes de madeira, porém *E. urophylla* x *E. grandis* tendem a apresentar tensões internas mais intensas e com maior ocorrência de rachaduras nas toras.

O material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentou árvores e toras com melhores características para produção de madeira serrada.

Em espaçamento 3,0 m x 3,0 m foi possível produzir um maior volume de madeira por área, porém gerou árvores e toras com menores volumes e dimensões individuais.

O espaçamento 6,0 m x 3,0 m gerou árvores com formas semelhantes às que crescem em espaçamento 8,5 m x 3,0 m, formando toras com semelhantes conicidades, espessura de casca, porcentagem de cerne e volumes por área. Portanto, indica-se um destes maiores espaçamentos para a produção de madeira de *Eucalyptus* spp. para serrarias.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, G. M.; PAULA, N. F. Formação de cerne em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v. 12, n. 1, 2020.
- ANDRÉ, J. L.; OLIVEIRA, R. S.; SETTE JR., C. R.; ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; SIQUEIRA, L.; NOVAES, E. Wood volume of *Eucalyptus* clones established under different spacings in the Brazilian Cerrado. **Forest Science**, v. 67, p. 478-489, 2021.
- ANJOS, A. F. T.; SARTORI, W. W.; TONINI, H.; MORALES, M. M.; SILVA, V. P. Performance and quality of wood in a clone of *Eucalyptus* in monoculture and silvipastoral system. **Nativa**, v. 4, n.2, p.77-81, 2016.
- ANJOS, R. A. M.; FONTE, A. P. N. Rendimento de madeira serrada de espécies de *Eucalyptus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 26-32, 2017.
- ARANTES, M. D. D.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R. Características do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 423-431, 2013.
- ARAUJO, E. C. G.; SILVA, T. C.; SANQUETTA, C. R.; ROCHA, M. P. Estoque de carbono na madeira de eucalipto: relação material genético x espaçamento entre árvores. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, e7998, 2021.
- AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; BARRETO, P. A. B.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 309-318, 2011.
- BALASSO, M.; HUNT, M.; JACOBS, A.; O'REILLY-WAPSTRA, J. Quality traits of plantation *Eucalyptus nitens* logs impacting volume and value recovery of structural sawn boards. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 80, p. 657-668, 2022.
- BEAUSSIER, T.; CAURLA, S.; BELLHO-MAUREL, V.; DELACOTE, P.; LOISEAU, E. Deepening the territorial Life Cycle Assessment approach with partial equilibrium modelling: First insights from an application to a wood energy incentive in a French region. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 179, e. 106024, 2022.
- BELTRAME, R.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; AGUIAR, A. M. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; LAZAROTTO, M.; GATTO, D. A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C. R. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BRAZ, R. L. **Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2014. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M.; ROCHA, M. P.; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; RODRIGUES, B. P.; CARNEIRO, A. C. O. Effect of planting spacing in production and permeability of heartwood and sapwood of *Eucalyptus* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, 2019.

CABACINHA, C. D.; MELLO, J. M.; DALANESI, P. E. Acuracidade nas estimativas volumétricas de *Eucalyptus saligna*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano 1, n. 2, p. 1-4, 2003.

CARDOSO JUNIOR, A. A.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; MENDES, L. M. Deformação residual longitudinal em diferentes espaçamentos e idades em clone de híbrido de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 218-224, 2005.

CARDOSO JÚNIOR, A. A.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Relação entre a deformação residual longitudinal e o índice de rachadura em genótipos de eucalyptus. In: ENCONTRO BRASILEIROS DE MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: EBRAMEM, 2010.

CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corimbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010.

CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; KLITZKE, R. J. Rendimento e variedade de produtos no desdobro de toras de *Eucalyptus* spp. **TECNO-LÓGICA**, v. 23, n. 1, p. 08-13, 2019.

CASSIDY, M.; PALMER, G.; SMITH, R. G. B. The effect of wide initial spacing on wood properties in plantation grown *Eucalyptus pilularis*. **New Forests**, v. 44, p. 919-936, 2013.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Revista Engenharia Na Agricultura – REVENG**, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.

FAO. **Visualize data on FAOSTAT; Roundwood & Sawnwood**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>. Acesso em: 29/06/2022.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSA, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; TRUGILHO P. F.; MONTEIRO, T. C. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 335- 340, 2008.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; MIRANDA, R. O. V.; RETSLAFF, F. A. S. **Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil**. Curitiba: Os autores, 2014. 306p.

FLUMIGNAN, D. L.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E. **O Clima na Região do Bólsão de Mato Grosso do Sul**. Documentos 127. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 42 p.

FRANÇA, F. J. N.; VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; ABAD, J. I. M.; BATISTA, D. C.; MOULIN, J. C. Relation between dendrometric variables and growth stress in *Eucalyptus*. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 24, e00128215, 2017.

FRANÇA, M. C.; JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CONTI JUNIOR, J. L. F.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria de madeira serrada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 8-17, 2019.

GAMA, F. F.; SANTOS, J. R.; MURA, J. C. *Eucalyptus* biomass and volume estimation using interferometric and polarimetric SAR Data. **Remote Sensing**, v. 2, p. 939-956, 2010.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **IPEF**, Circular Técnica nº 179, 1991.

GOMAT, H. Y.; DELEPORTE, P.; MOUKINI, R.; MIALOUNGUILA, G.; OGNOUABI, N.; SAYA, A. R.; VIGNERON, P.; SAINT-ANDRE, L. What factors influence the stem taper of *Eucalyptus*: growth, environmental conditions, or genetics? **Annals of Forest Science**, v. 68, p. 109-120, 2011.

GOMINHO, J.; FIGUEIRA, J.; RODRIGUES, J. C.; PEREIRA, H. Within-tree variation of heartwood, extractives and wood density in the eucalypt hybrid urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2001.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; NAPPO, M. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 947-959, 2010.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; SARTÓRIO, R. C. Deformações residuais longitudinais de crescimento em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 13, Suplemento, p. 5-10, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília: IBDF, 1984. 42p.

KÄLLBOM, S.; LILLQVIST, K.; SPOLJARIC, S.; SEPPÄLÄ, J.; SEGERHOLM, K.; RAUTKARI, L.; HUGHES, M.; WÄLINDER, M. Effects of water soaking–drying cycles on thermally modified spruce wood–plastic composites. **Wood and Fiber Science**, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2020.

KUMAR, A.; DHILLON, G. P. S. Variation of sapwood and heartwood content in half-sib properties of *Eucalyptus tereticornis* Sm. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, v. 5, n. 4, p. 338-344, 2014.

LARA, N.; GUALLPA, M.; ACOSTA, F.; BARAHONA, Á. Form factor of *Eucalyptus saligna* species in a commercial forest plantation. **ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.**, v. 1, n. 4, p. 1155-1165, 2021.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *E. grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 58, p. 111-125, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, P. A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.

LUZ, E. S.; SOARES, A. A. V.; GOULART, S. L.; CARVALHO, A. G.; MONTEIRO, T. C.; PROTÁSIO, T. P. Challenges of the lumber production in the Amazon region: relation between sustainability of sawmills, process yield and logs quality. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 4924-4948, 2021.

MATTOS, E. M.; BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L. Variation in canopy structure, leaf area, light interception and light use efficiency among *Eucalyptus* clones. **Forest Ecology and Management**, v. 463, 118038, 2020.

MENDES, J. B. **Desenvolvimento de um sistema de inventário florestal por computador**. 1988. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-13, 2010.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 030202, 2015.

MOMOLLI, D. R.; SCHUMACHER, M. V.; LUDVICHAK, A. A.; ARAÚJO, E. F. Modeling and biomass quantification in *Eucalyptus saligna* Smith stand at the end rotation in the South of Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 33, n. 3, p. 1-10, 2019.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; BARAÚNA, E. E. P. Energy balance in sawing *Eucalyptus grandis* logs. **BioResources**, v. 12, n. 3, p. 5790-5800, 2017.

NASCIMENTO, T. M.; MONTEIRO, T. C.; BARAÚNA, E. E. P.; MOULIN, J. C.; AZEVEDO, A. M. Drying influence on the development of cracks in *Eucalyptus* log. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; VALENTE, O. F.; GOMIDE, J. L. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, **Boletim Técnico da SIF**, n. 2, p. 1-9, 1990.

PALERMO, G. P. M. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden visando a sua utilização em produtos de maior valor agregado**. 2010. 237f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

PEDROSA, T. D.; MASCARENHASM, A. R. P.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 059906, 2013.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação cerne/alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

PISSININ, L. Z.; SCHNEIDER, P. R. Dominant height growth trends of two *Eucalyptus saligna* Smith clones implanted on different soil conditions. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 263-275, 2017.

POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557-566, 2006.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

SALINAS, C. H.; CHÁVEZ, C. A.; PÉREZ-PEÑA, N.; VARGAS, H.; ANANÍAS, R. A. Two-dimensional simulation of mechanical stresses during isothermal drying of *Eucalyptus nitens* wood. **Wood Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 187-201, 2020.

SALVADOR, S. M.; SCHUMACHER, M. V.; STAHL, J.; SANTOS, J. C. Biomassa arbórea e de sub-bosque e da serapilheira acumulada em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 3, p. 82-93, 2015.

SANTANA, T. T. C.; ANDRADE, D. L.; COELHO, M. C. B.; ERPEN, M. L.; PEREIRA, J. P.; SILVA, M. V. C.; LIMEIRA, M. M. C.; VARAVALLO, M. A. Equações volumétricas para *Eucalyptus* sp no cerrado tocantinense. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 3, p. 252-260, 2021.

SANTOS, P. E. T. GARCIA, J. N. GERALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 142-151, 2004.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; MONTEIRO, L. A.; DUARTE, Y. C. N.; VISSÉS, F. A. Yield gap: Conceitos, definições e exemplos. **Informações Agronômicas**, n. 155, p. 9-12, 2016.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M L.; FARIA, B. F. H. F. Methods for alleviation and reduction of the effects of growth stresses in *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, e410403, 2017.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2 ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 272p.

SOUZA, M. A. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 33, n. 3, p. 275-284, 2003.

TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 075-081, 2013.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; DENARDI, L.; GATTO, D. A. Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 193-204, 2014.

TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, J. T. S. Relationships and estimates of longitudinal growth stress in *Eucalyptus dunnii* at different ages. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 723-729, 2008.

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SOUZA, M. A. M. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2007.

VALENCIA, J.; HARDWOOD, C.; WASHUSEN, R.; MORROW, A.; WOOD, M.; VOLKER, P. Longitudinal growth strain as a log and wood quality predictor for plantation-grown *Eucalyptus nitens* sawlogs. **Wood Science and Technology**, v. 45, p. 15-34, 2011.

VALVERDE, J. C.; ARIAS, D.; CAMPOS, R.; JIMÉNEZ, L. D.; MORALES, J. P. Effects of planting spacing on chemical, physical and energetic properties of biomass accumulation in a plantation of *Eucalyptus tereticornis* Sm. **CERNE**, v. 28, e-102930, 2022.

VENTUROLI, F.; MORALES, M. M. Volumetria de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* no cerrado: similaridade de estimativas. **Agrotrópica**, v. 26, n. 3, p. 167-174, 2014.

VERA, D. E.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D.; COUTO, A. M. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 504-522, 2022.

VERÃO, D. S.; BLEICH, M. E.; MARTINS, N. P.; BASSOTTO, J. M.; MORTAT, A. F.; SANTOS, A. F. A. Concentração de nutrientes em *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T Blake) com sete anos de idade na borda sul da Amazônia. **Biodiversidade**, v. 15, n. 3, p. 35-44, 2016.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua relação com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 408-415, 2015.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

YANG, J. L.; BAILLÈRES, H.; OKUYAMA, T.; MUNERI, A.; DOWNES, G. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 1, p. 34-43, 2005.

CAPÍTULO 3: PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus*: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

1 INTRODUÇÃO

Devido à heterogeneidade e complexidade da composição do lenho, são observadas variações nas suas propriedades entre as diferentes espécies e materiais genéticos, entre árvores da mesma espécie e dentro da mesma árvore. Internamente, no fuste das árvores, podem-se observar variações tanto do sentido base-topo quanto na direção medula-casca. Estas variações são observadas de acordo com as características desenvolvidas pela combinação de fatores genéticos, ambientais e sua interação durante o crescimento das árvores (ZOBEL; JETT, 1995) como o espaçamento de plantio.

Em árvores do gênero *Eucalyptus*, as propriedades físicas apresentam uma variação de maior intensidade no sentido medula-casca quando comparada ao sentido longitudinal (CRUZ et al., 2003). Essas variações devem-se à formação dos lenhos juvenil e adulto, que afeta diretamente o processo de cernificação e de desenvolvimento da árvore. As diferenças entre esses tipos de lenho contribuem para o efeito da heterogeneidade da madeira nos sentidos medula-casca e base-topo do fuste (SILVA et al., 2020).

A formação dos diferentes lenhos nas árvores acaba gerando alguns defeitos na madeira de espécies do gênero *Eucalyptus*. O cerne quebradiço é uma das características encontradas com frequência em materiais genéticos desse gênero, sendo uma resposta à ocorrência das tensões internas de crescimento e a formação de madeira juvenil, bem como ocorrem devido a falhas de compressão das fibras próximo à medula (CHAFE, 1986; JUIZO et al., 2014). Tal defeito pode, então, gerar madeiras de baixa resistência e menor densidade, interferindo na qualidade da madeira maciça (MALAN, 2000; VIDAURRE et al., 2011).

Para madeiras de *Eucalyptus*, a principal propriedade influenciada pela instabilidade no fuste é a densidade. A partir dela, muitas outras propriedades sofrem influência. O uso de madeira juvenil pode comprometer a aplicabilidade da matéria-prima (TRUGILHO et al., 1996) principalmente devido à instabilidade observada na obtenção de madeira para uso sólido, sendo a contração também afetada por essa característica (ZEN, 2020). Instabilidades na densidade e na anisotropia causam

influências diretas nas propriedades mecânicas da madeira. A resistência mecânica da madeira de *Eucalyptus* está sujeita a fatores inerentes à própria madeira, como a densidade, o arranjo anatômico, presença de nós, rachaduras internas, proporção de lenho tardio e inicial, formação dos anéis de crescimento, presença de lenhos de reação, tensões internas e idade (LIMA; FERREIRA, 2018).

A composição química e os arranjos anatômicos estão diretamente ligados às propriedades físico-mecânicas da madeira e sofrem influência da instabilidade da madeira obtida. É possível observar grande variação nas propriedades anatômicas, tanto no sentido base-topo quanto medula-casca, observando-se alterações na forma e na frequência de elementos anatômicos como os vasos, raios, parênquima e fibras (MONTEIRO et al., 2014). Para as propriedades químicas, observa-se variabilidade nas proporções entre holocelulose e lignina, bem como uma heterogeneidade na distribuição dos extrativos em relação à variação dos lenhos (ARANTES et al., 2011).

Muitas vezes não há como afirmar que as propriedades da madeira são características controladas pelo ambiente ou pelo material genético isoladamente (ZOBEL; JETT, 1995). Alguns trabalhos foram realizados avaliando essas relações em árvores de *Eucalyptus*, sobretudo avaliando espaçamentos de plantios maiores, como os utilizados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Dessa forma, há o interesse em avaliar a combinação entre os dois fatores na qualidade da madeira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades da madeira de quatro materiais genéticos de *Eucalyptus* spp. plantados em diferentes espaçamentos para potencializar seu uso pelo mercado madeireiro.

1.1.2 Objetivos específicos

- Qualificar as propriedades físicas, mecânicas, anatômicas, organolépticas e químicas da madeira de *Eucalyptus* spp.
- Avaliar se há influência do espaçamento de plantio e do material genético nas propriedades da madeira de *Eucalyptus* spp.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DA MADEIRA PARA CARACTERIZAÇÃO

A madeira avaliada foi obtida de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 2, subitem 2.1. O material utilizado para a caracterização das propriedades da madeira foi obtido das primeiras toras (toras da base) de cada árvore, com 2,0 metros de comprimento. Estas foram encaminhadas para uma serraria, onde foram desdobradas em semiblocos de 120 mm de largura utilizando uma serra de fita simples. Os semiblocos foram encaminhados para o processamento e obtenção dos corpos de prova para caracterização das propriedades da madeira, exceto a determinação da densidade básica. As avaliações foram realizadas em madeira de cerne, com exceção da anatomia, na qual foram utilizadas madeiras da zona de transição cerne/alburno.

Após a tora da base, foram obtidas outras três toras por árvore. Estas foram utilizadas para o desdobro e avaliação da madeira serrada. Imediatamente antes e após cada tora foram retirados discos (nas alturas aproximadas de 0,1 m, 2,1 m, 4,6 m, 7,1 m e 9,6 m), que foram utilizados para caracterização da matéria-prima e para avaliação da densidade básica da madeira. Foram avaliados cinco discos por árvore.

2.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

2.2.1 Propriedades físicas da madeira

Quanto às propriedades físicas, foram avaliadas a densidade básica, a densidade aparente a 12% e a contração. Tal caracterização foi realizada a partir dos discos e dos semiblocos.

A densidade básica da madeira foi avaliada a partir do método de balança hidrostática, de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003). Para tanto, cada disco foi seccionado em quatro cunhas, sendo selecionadas duas de posições opostas para avaliação. Ao todo, foram avaliadas 10 cunhas por árvore. As cunhas avaliadas tiveram as cascas retiradas e foram totalmente saturadas em água. Depois de saturadas, tiveram seus volumes obtidos utilizando uma balança hidrostática. Após obtenção dos volumes saturados, as cunhas foram secas em estufa de circulação

forçada de ar a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até que apresentassem peso constante, sendo pesadas posteriormente. Por fim, a densidade básica da madeira foi obtida a partir da relação entre a massa seca (g) e o volume saturado (cm^3), sendo expressa em $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

A fim de realizar a avaliação da densidade aparente a 12% de umidade, foram obtidos corpos de prova nas dimensões 100 mm x 25 mm x 25 mm, devidamente orientados nos três planos, conforme a norma COPANT 461 (1972). Foram obtidos o volume dos corpos de prova saturados, utilizando micrômetro e paquímetro digital, e a massa destes com 12% de umidade. Os corpos de prova foram levados a uma câmara climática para estabilização do teor de umidade, sob as condições ambientais de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$. Os valores da densidade aparente foram obtidos a partir da relação entre a massa a 12% de umidade (g) e o volume saturado (cm^3), sendo expressa em $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Os ensaios de contração foram realizados de acordo com a norma COPANT 462 (1972). Os corpos de prova utilizados para avaliação da densidade aparente foram secos a 0% de umidade. Foram avaliadas as contrações tangencial, radial, longitudinal e volumétrica. Por fim, foram calculados os coeficientes de anisotropia de contração pela razão entre a contração tangencial e a contração radial.

2.2.2 Propriedades mecânicas da madeira

As propriedades mecânicas dos materiais foram avaliadas de acordo com as normas Panamericanas COPANT, sendo avaliados a flexão estática, a compressão paralela às fibras, a dureza Janka e o cisalhamento paralelo às fibras. Todos os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaios do tipo EMIC – DL 30.000, disponibilizada pelo Laboratório de Propriedades da Madeira, da UFPR, em Curitiba, PR. As variáveis obtidas estão descritas na TABELA 3.1.

TABELA 3.1 – METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA.

Ensaio	Variável	Referência
Flexão estática	Resistência à flexão Módulo de elasticidade	COPANT 555 (1973)
Compressão paralela às fibras	Resistência à compressão Módulo de elasticidade	COPANT 464 (1972)
Dureza Janka	Dureza na direção tangencial Dureza na direção radial	COPANT 465 (1972)
Cisalhamento paralelo às fibras	Dureza na direção paralela às fibras Cisalhamento na direção tangencial Cisalhamento na direção radial	COPANT 463 (1972)

FONTE: O autor (2023).

2.2.3 Propriedades anatômicas e organolépticas da madeira

Para a caracterização anatômica da madeira, foram confeccionados corpos de prova nas dimensões 20 mm x 20 mm x 20 mm, devidamente orientados nos três planos. Para todos os materiais, foi utilizada apenas madeira do cerne para a descrição dos elementos anatômicos. Estes corpos de prova foram cozidos em água para amolecimento e realização de cortes para montagem de lâminas temporárias. A caracterização dos vasos e dos raios seguiu metodologias do IAWA (1989) e de Coradin e Muñiz (1992).

A avaliação da porosidade foi realizada no plano transversal, utilizando um aumento de 40x. Para tanto, foram medidos os diâmetros dos vasos (em μm) e a frequência por área (em número de vasos por mm^2). Já a avaliação dos raios foi realizada no plano tangencial, utilizando os aumentos de 70x e 100x. Os raios foram medidos quanto à largura e altura (em μm), além da determinação da frequência linear (número de raios por mm).

Para realização das medições das fibras, amostras de madeira foram quimicamente maceradas, posteriormente sendo coloridas com safranina 1%, conforme especificações da metodologia proposta por Franklin (1945), com adaptações descritas por Reis (2020). As fibras foram medidas para a obtenção de comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede, em μm .

Para cada parâmetro avaliado foram realizadas 30 medições. As imagens foram obtidas utilizando Microscópio Olympus com câmera digital acoplada, disponibilizado pelo Laboratório de Anatomia da Madeira da UFPR, e tratadas no *software* PhotoScape X.

Para a avaliação colorimétrica da madeira, foram confeccionados corpos de prova nas dimensões 150 mm x 50 mm x 50 mm, que posteriormente foram utilizados para avaliação das propriedades mecânicas. Estes foram levados à câmara climática para estabilização da umidade em 12%. Os parâmetros colorimétricos foram avaliados por meio de um espectrofotômetro KONICA MINOLTA CM-5, disponibilizado pelo Laboratório de Anatomia da Madeira, da UFPR, em Curitiba, PR.

Todas as avaliações da cor da madeira foram realizadas de acordo com o sistema CIEL*a*b* (1976). Para cada combinação entre material genético e espaçamento foram realizadas 18 leituras de cor, três por corpo de prova, avaliando-se apenas madeira de cerne.

No espectrofotômetro foram obtidos os seguintes parâmetros: L^* (luminosidade), que corresponde à avaliação de tons entre preto (valor 0) e branco (valor 100); a^* (coordenada do eixo vermelho-verde), que corresponde à avaliação dos tons vermelho (valores positivos) a verde (valores negativos); e b^* (coordenada do eixo azul-amarelo), que corresponde à avaliação dos tons amarelo (valores positivos) a azul (valores negativos). A partir destes dados foram obtidos os valores de saturação (C^*) e do ângulo de tinta (h^*), conforme as EQUAÇÕES 3.1 e 3.2, respectivamente.

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5} \quad \text{EQUAÇÃO 3.1.}$$

Em que: C^* = saturação, adimensional; a^* = coordenada do eixo vermelho-verde, adimensional; e b^* = coordenada do eixo azul-amarelo, adimensional.

$$h^* = (\arctang \left(\frac{b^*}{a^*} \right)) * 57,2958 \quad \text{EQUAÇÃO 3.2.}$$

Em que: h^* = ângulo de tinta, em graus.

2.2.4 Propriedades químicas da madeira

Para avaliação da composição química da madeira foram produzidos cavacos, que foram previamente levados à estufa a 65°C e devidamente moídos em moinho de facas do tipo Willey. O preparo das amostras foi realizado para obtenção de serragem na granulometria de 60 mesh, conforme preconizado por Klock et al.

(2012). Esse material foi preservado em local hermeticamente livre de umidade até realização das análises descritas na TABELA 3.2.

TABELA 3.2 – METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA.

Avaliação	Metodologia	Referência
Teor de umidade	Gravimetria em estufa	-
Teor de cinzas	Calcinação em mufla	D1102-84 (ASTM, 2013)
Teor de extrativos totais	Extração de <i>Soxhlet</i>	T 204 cm-17 (TAPPI, 2007)
Teor de lignina insolúvel	Solubilidade ácida	T 222 om-15 (TAPPI, 2015)
Teor de lignina solúvel	Solubilidade ácida	NBR 16550 (ABNT, 2018)
Teor de lignina total	-	Lignina total = lignina insolúvel + lignina solúvel
Teor de holocelulose	Método indireto	Holocelulose = 100 - cinzas - extrativos totais - lignina total

FONTE: O autor (2023).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental consistiu em um fatorial de dois fatores (4 x 3), cujo primeiro fator seria o material genético (quatro clones) e o segundo fator sendo o espaçamento entre árvores (três espaçamentos) totalizando 12 tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) e ao teste de homogeneidade de variância de Cochran.

Em seguida, foi realizada uma análise estatística inteiramente casualizada em fatorial 4 x 3, com teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação entre as médias dos fatores (fator 1: quatro materiais genéticos; fator 2: três espaçamentos entre árvores), por meio do programa RStudio versão 1.1.463 (R CORE TEAM, 2021) a fim de determinar qual tratamento apresenta as melhores valores para as propriedades da madeira de *Eucalyptus* spp. Para cada parâmetro também foram realizadas análises de variância e desvio padrão da média. Os resultados da ANOVA estão apresentados no APÊNDICE 9.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

3.1.1 Densidade básica

A densidade básica da madeira apresentou diferença apenas entre os materiais genéticos, não havendo influência do espaçamento e interação entre os fatores para madeira de *Eucalyptus*. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os valores médios da densidade básica da madeira estão apresentados na TABELA 3.3.

TABELA 3.3 – VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Densidade básica da madeira (g.cm ⁻³)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,532 (5,05)*	0,545 (4,78)	0,551 (6,78)	0,542 a (5,76)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,491 (6,05)	0,496 (10,34)	0,488 (5,10)	0,492 b (7,49)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,537 (5,73)	0,540 (7,37)	0,537 (6,57)	0,538 a (6,53)
<i>E. saligna</i>	0,533 (6,44)	0,531 (5,87)	0,538 (5,06)	0,534 a (5,78)
Média	0,523 A (6,77)	0,528 A (8,04)	0,528 A (7,45)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

As madeiras do material genético de *E. urophylla* x *E. grandis* 2 diferiram estatisticamente dos outros três materiais. Este material genético apresentou densidade básica inferior a 0,500 g.cm⁻³, sendo então classificada como madeira leve e os outros sendo classificados como madeiras de densidade básica média, conforme classificação do Serviço Florestal Brasileiro (2022). Todas as madeiras avaliadas podem ser classificadas como C 20, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997). Dessa forma, podem ser aplicadas na fabricação de produtos de madeira com baixa densidade e com alto valor agregado, para compor estruturas de móveis, confecção

de molduras e pisos de locais com pouco trânsito e para uso estrutural como madeira roliça (FRANÇA, 2019).

Observa-se que os valores de densidade básica das madeiras de materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* podem variar em média entre 0,488 a 0,551 g.cm⁻³ em árvores de sete anos de idade (Tabela 3.3). Tais valores corroboram com resultados encontrados em outras pesquisas que avaliaram outros materiais genéticos deste híbrido. Aos sete anos, foram observadas densidades básicas de 0,505 g.cm⁻³ (BASSA et al., 2007) e 0,510 g.cm⁻³ (TALGATTI et al., 2018) e aos 13,5 anos, a madeira podendo apresentar densidade de 0,530 g.cm⁻³ (GONÇALVES et al., 2009a).

A densidade básica da madeira de *E. saligna* também apresentou valores semelhantes ao encontrado em outras pesquisas. Aos sete anos, pode-se observar valores de densidade básica da madeira para esta espécie numa faixa entre 0,440 e 0,587 g.cm⁻³ (CARDONA, 2012) porém podendo chegar até 0,750 g.cm⁻³ (LOBÃO et al., 2011). Em relação a idades mais avançadas, o material genético avaliado neste trabalho apresentou densidade básica superior a valores descritos em outras pesquisas, podendo ser observados 0,470 g.cm⁻³ em árvores entre oito e 11 anos (TOMAZELLO FILHO, 1985; ALZATE et al., 2005; BATISTA et al., 2010).

Quanto ao espaçamento de plantio, este não constituiu um fator de alteração da densidade básica da madeira para os materiais genéticos de *Eucalyptus* avaliados neste trabalho (Tabela 3.3). Tal comportamento corrobora com os resultados obtidos por Sereghetti et al. (2015) em que foram avaliados nove espaçamentos de grande adensamento de árvores de *Eucalyptus* (destacando-se o 3,0 m x 1,5 m, o 3,0 m x e o 4,0 m x 2,0 m) e não houve diferença estatística entre as densidades básicas das madeiras avaliadas. Porém, estudos como os de Goulart et al. (2003) e Reis et al. (2012) registraram variação desta variável em função de espaçamentos (como 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m e 3,0 m x 4,0 m) para plantios de árvores do gênero

Observa-se, portanto, que o fator espécie ou clone pode ser essencial para variações em propriedades como a densidade da madeira. Moulin et al. (2017) concluíram que algumas espécies ou materiais genéticos de *Eucalyptus* podem apresentar variação da densidade básica de acordo com o adensamento de plantio. Contudo, os quatro materiais genéticos avaliados neste trabalho não apresentaram este comportamento (Tabela 3.3).

3.1.2 Densidade aparente a 12% de umidade

Assim como para a densidade básica, a interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio não influenciou na densidade aparente da madeira de *Eucalyptus*, apresentando variação apenas entre os materiais genéticos. Os dados foram normalizados utilizando a equação $y = -\log x$ antes das avaliações e apresentaram variâncias homogêneas. Os valores médios da densidade aparente dos materiais estão apresentados na TABELA 3.4.

TABELA 3.4 – VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE APARENTE À 12% DE UMIDADE DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Densidade aparente média a 12% de umidade (g.cm ⁻³)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,604 (8,41)*	0,619 (8,19)	0,584 (7,21)	0,602 a (8,18)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,523 (3,65)	0,529 (9,44)	0,499 (7,83)	0,514 c (7,95)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,559 (14,08)	0,556 (14,70)	0,552 (5,53)	0,556 b (11,93)
<i>E. saligna</i>	0,566 (6,07)	0,560 (5,98)	0,589 (5,11)	0,572 b (6,01)
Média	0,563 A (10,22)	0,566 A (11,41)	0,554 A (9,50)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

O *E. urophylla* x *E. grandis* 1 apresentou a maior média de densidade aparente (Tabela 3.4). Além disso, como tendência observada para a densidade básica, as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentaram os menores valores para essa propriedade. Segundo classificação baseada na densidade aparente proposta por Eleotério et al. (2015) as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* 2 podem ser classificadas como leves (0,400 a 0,550 g.cm⁻³) e as demais como moderadamente pesadas (de média densidade). Assim como observado para a densidade básica, todas as madeiras avaliadas podem ser classificadas como C 20, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), indicando os mesmos usos destacados em função da densidade básica da madeira.

Os valores encontrados para essas madeiras estão de acordo com o observado na literatura. Para madeiras de *Eucalyptus* com idades de seis a oito anos, a densidade aparente a 12% de umidade pode variar entre 0,450 e 0,690 g.cm⁻³ (EVANGELISTA et al., 2010a; ARANTES et al., 2016; TALGATTI et al., 2018; ALMEIDA et al., 2020; ALMEIDA et al., 2022).

3.1.3 Contração da madeira

A contração da madeira não sofreu influência do material genético e dos espaçamentos de plantio, nem como fatores analisados de forma isolada. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os valores médios de cada parâmetro de contração das madeiras estão apresentados na TABELA 3.5.

Resume-se que as madeiras avaliadas apresentam os seguintes valores médios de contração (Tabela 3.5): contração tangencial = 9,00% (CV = 14,17%); contração radial = 5,36% (CV = 28,85%); contração longitudinal = 0,34% (CV = 24,91%); e contração volumétrica = 14,17% (CV = 13,33%). De acordo com a classificação proposta por Eleotéreo et al. (2015), as madeiras avaliadas neste trabalho são de média contração. Os dados observados estão de acordo com o encontrado na literatura. Madeiras de *Eucalyptus* entre seis e sete anos tendem a apresentar contrações volumétricas entre 12,70% a 16,74% (EVANGELISTA et al., 2010a; LOBÃO et al., 2011; ANDRADE et al., 2018; TALGATTI et al., 2018). Porém, valores próximos a 10% também podem ser observados em *E. urophylla* x *E. grandis* com sete anos (TALGATTI et al., 2018; FERREIRA et al., 2019).

Geralmente é observado que a densidade da madeira influencia diretamente na sua contração, pois há a relação direta entre as dimensões, a massa e o volume da parede celular, que contrai após a saída da água (KOLLMANN; CÔTÉ JR., 1968; ROCHA, 2000; BENIN et al., 2017; FRANÇA, 2019). Esse comportamento não foi observado nos materiais avaliados neste trabalho, pois houve diferença entre as densidades das madeiras em relação aos materiais genéticos, mas não houve diferença na contração.

Vale destacar que os materiais avaliados são compostos por madeira juvenil, característica que pode auxiliar na instabilidade dimensional da madeira. Além disso, esse nível, acima de 14% de contração, afeta diretamente o rendimento em madeira serrada, bem como pode influenciar na ocorrência de defeitos após secagem.

TABELA 3.5 – CONTRAÇÕES DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Contração tangencial (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	9,07	9,30	9,35	9,24
	(12,64)	(10,94)	(10,06)	(11,06)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	9,12	8,96	8,47	8,85
	(8,58)	(13,71)	(11,54)	(11,62)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	8,65	8,82	8,62	8,70
	(17,68)	(26,73)	(11,90)	(19,43)
<i>E. saligna</i>	8,88	9,45	9,29	9,21
	(13,95)	(13,65)	(11,05)	(12,91)
Média	8,93	9,13	8,93	9,00
	(13,30)	(16,90)	(11,70)	(14,17)
Contração radial (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	5,18	5,21	5,35	5,25
	(16,50)	(23,86)	(27,08)	(22,53)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	5,37	5,39	5,36	5,37
	(21,73)	(19,81)	(37,82)	(26,99)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	5,15	5,52	5,40	5,36
	(37,96)	(26,96)	(33,13)	(32,14)
<i>E. saligna</i>	5,53	5,37	5,47	5,46
	(28,76)	(31,44)	(32,02)	(30,07)
Média	5,31	5,37	5,39	5,36
	(26,83)	(25,33)	(31,91)	(28,85)
Contração longitudinal (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,37	0,32	0,31	0,33
	(23,16)	(24,56)	(19,49)	(23,87)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,32	0,33	0,35	0,33
	(10,48)	(19,71)	(22,07)	(18,37)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,34	0,34	0,33	0,34
	(41,37)	(24,97)	(36,37)	(34,19)
<i>E. saligna</i>	0,38	0,35	0,34	0,36
	(15,69)	(25,83)	(19,57)	(20,73)
Média	0,35	0,33	0,33	0,34
	(25,66)	(23,61)	(25,18)	(24,91)
Contração volumétrica (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	14,10	14,31	14,46	14,29
	(9,88)	(8,25)	(10,15)	(9,31)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	14,28	14,14	13,67	14,03
	(8,25)	(11,94)	(17,42)	(12,80)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	13,64	14,15	13,85	13,88
	(20,04)	(17,30)	(12,15)	(16,48)
<i>E. saligna</i>	14,25	14,62	14,54	14,47
	(11,36)	(14,56)	(13,64)	(13,02)
Média	14,07	14,30	14,13	14,17
	(12,82)	(13,16)	(13,44)	(13,33)

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).
FONTE: O autor (2023).

Seguindo a tendência da avaliação dos parâmetros de contração da madeira, como os materiais avaliados não foram influenciados pelos materiais genéticos e pelos espaçamentos de plantio, nem pela interação entre os fatores, observa-se que essas madeiras apresentam coeficiente de anisotropia de 1,68. Sendo assim, podem

ser classificadas como madeiras de qualidade e estabilidade normal (DURLO; MARCHIORI, 1992; LOGSDON; PENNA, 2005). Os coeficientes de anisotropia das madeiras estão apresentados na TABELA 3.6.

TABELA 3.6 – COEFICIENTES DE ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Coeficiente de anisotropia de contração				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	1,75	1,78	1,75	1,76
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	1,70	1,66	1,58	1,65
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	1,68	1,60	1,60	1,62
<i>E. saligna</i>	1,60	1,76	1,70	1,69
Média	1,66	1,70	1,66	1,68

FONTE: O autor (2023).

O coeficiente de anisotropia de contração constitui um indicador para qualidade da madeira, principalmente para avaliar a qualidade da madeira serrada após a secagem, pois relaciona-se com os defeitos observados após saída da água (NOCK et al., 1975; GIL et al., 2018). Sendo assim, por apresentarem média inferior a 2,0, estas madeiras apresentam estabilidade dimensional normal e podem ser consideradas mais estáveis por contraírem menos e com maior facilidade de secagem (DURLO, MARCHIORI, 1992; GONÇALVES et al., 2009a).

Além disso, por serem consideradas como de contração normal, as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. saligna* desenvolvidos nos três espaçamentos de plantio avaliadas neste trabalho podem ser classificadas de qualidade normal, com potenciais usos como produtos que possam apresentar pequenos empenamentos (LOGSDON; PENNA, 2005). Por isso, tais resultados podem fomentar o beneficiamento dessas madeiras, gerando mais produtos de maior valor agregado a partir desses materiais.

3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

3.2.1 Flexão estática

Quanto à avaliação dos resultados do ensaio de flexão estática, foi observada diferença apenas entre os materiais genéticos, não havendo influência do

espaçamento e da interação entre os fatores na resistência à flexão estática e no seu módulo de elasticidade para madeira de *Eucalyptus*. Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados obtidos no ensaio de flexão estática das madeiras estão apresentados na TABELA 3.7.

TABELA 3.7 – RESULTADOS DO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Resistência à flexão estática (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	97 (10,36)*	94 (10,35)	100 (9,69)	97 a (9,68)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	91 (10,63)	97 (14,71)	93 (13,67)	94 ab (12,56)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	86 (24,99)	79 (15,32)	87 (22,72)	84 b (20,61)
<i>E. saligna</i>	84 (15,37)	96 (11,60)	84 (9,67)	88 ab (13,09)
Média	90 A (15,73)	92 A (14,58)	91 A (15,10)	
Módulo de elasticidade (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	11587 (9,88)	10897 (11,74)	11855 (12,23)	11446 ab (11,11)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	12807 (8,01)	11486 (11,90)	11845 (6,00)	12046 a (9,51)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	9725 (18,78)	9301 (13,32)	10156 (22,84)	9727 c (17,98)
<i>E. saligna</i>	10456 (13,13)	10952 (9,62)	9401 (11,90)	10270 bc (12,55)
Média	11144 A (15,62)	10659 A (13,26)	10814 A (16,41)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Os híbridos *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e o *E. urophylla* x *E. grandis* 3 foram os únicos materiais genéticos que se diferenciaram entre si em relação aos valores de resistência à flexão estática. Foram observadas médias entre 79 e 100 MPa para esta variável (Tabela 3.7). Não foi observada uma correlação direta entre os valores de densidade e resistência à flexão, visto que o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentou baixa densidade, porém com alta resistência à flexão. Comportamento inverso a este foi observado para o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 3.

A resistência à flexão estática dos materiais avaliados neste trabalho foi maior do que a observada em alguns outros estudos. Avaliando o *E. urophylla* x *E. grandis*, Ferreira et al. (2019) encontraram valores de resistência inferiores a 80 MPa em madeiras com sete anos, mesmo comportamento observado por França (2019) para madeiras de árvores de 10 anos. Portanto, observa-se então que os três materiais genéticos deste híbrido aqui avaliados apresentaram madeiras mais resistentes quanto à flexão estática.

As madeiras de *E. saligna* apresentaram comportamento levemente inferior ao encontrado na literatura para madeiras de idades mais avançadas. Não foram encontrados trabalhos que avaliaram madeiras dessa espécie com idades inferiores a 20 anos. Nogueira et al. (2019) e Vital et al. (2006) avaliaram madeiras de 20 e 40 anos e encontraram resistências à flexão estática de 91,6 MPa e 97,95 MPa, respectivamente. Sendo assim, observa-se uma tendência de aumento da resistência em decorrência da idade da madeira de *E. saligna*, e como a madeira avaliada neste trabalho ainda é jovem, pode-se inferir que esta apresenta resistência à flexão estática.

Os valores de resistência à flexão estática não sofreram influência do espaçamento de plantio. Esse comportamento foi observado tanto para a resistência à flexão estática quanto para o módulo de elasticidade associado a esta resistência, diferenciando-se do que observado por Haselein et al. (2002) ao avaliarem três espaçamentos com alto adensamento de árvores de *E. saligna* com 60 anos, no qual concluíram que os atributos da flexão estática aumentam de acordo com o aumento do espaçamento. Sendo assim, os materiais genéticos associados à pouca idade avaliados neste trabalho, consequentemente de menores diâmetros, podem ter sido capazes de reduzir a variação em função do espaçamento de plantio.

Quanto ao módulo de elasticidade associado à flexão estática, o *E. urophylla* x *E. grandis* 2 passou a apresentar os maiores valores, porém o *E. urophylla* x *E. grandis* 3 continuou apresentando os menores valores (Tabela 3.7). Este material genético apresentou uma média inferior a 10.000 MPa. Segundo classificação proposta pelo Serviço Florestal Brasileiro (2022), todas as madeiras avaliadas podem ser classificadas como possuindo módulos de elasticidade médio (9.414 a 12.847 MPa).

Assim como a resistência à flexão, os módulos de elasticidade observados nas madeiras dos quatro materiais genéticos foram superiores a valores encontrados

em outras pesquisas. Madeiras dos *E. urophylla* x *E. grandis* com idades entre cinco e 10 anos costumam apresentar valores inferiores a 10.000 MPa (GONÇALVES et al., 2009b; FERREIRA et al., 2019; FRANÇA, 2019; SERENINI JR. et al., 2020). Já para o *E. saligna*, não foram observados trabalhos que realizaram ensaios de flexão estática em madeiras inferiores a 20 anos. Em um único estudo com madeiras da espécie com 20 anos, foi observado um módulo de elasticidade médio de 13.313 MPa (NOGUEIRA et al., 2019). Dentre outras causas, o fator idade pode ter sido a principal fonte de variação em relação aos valores observados neste trabalho.

3.2.2 Compressão paralela às fibras

Para a resistência à compressão paralela às fibras, não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos, sendo o valor médio dessa variável correspondente a 40 MPa (CV = 15,80%). O módulo de elasticidade obtido pela compressão foi influenciado pelo material genético e pelo espaçamento de plantio, não havendo diferença significativa avaliando a interação entre os fatores. Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados obtidos no ensaio de compressão paralela às fibras das madeiras estão apresentados na TABELA 3.8.

A resistência à compressão paralela às fibras apresentou valores em uma faixa dentro do esperado, principalmente para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, que pode apresentar entre 26 e 55 MPa, em idades entre três e dez anos (GONÇALVES et al., 2009b; BELTRAME et al., 2015; FERREIRA et al., 2019; FRANÇA, 2019; SERENINI et al., 2020). Para o *E. saligna*, assim como para os valores da flexão estática, foram registradas resistências à compressão inferiores ao da literatura, porém com valores próximos aos encontrados por Nogueira et al. (2019) e Soriano et al. (2011), que observaram resistências à compressão de 46,8 e 47,3 MPa, respectivamente.

Conforme classificação do Serviço Florestal Brasileiro (2022), as madeiras obtidas por todos os materiais são de média resistência à compressão paralela às fibras, por apresentarem valores entre 29,2 e 48,2 MPa. Além disso, podem ser classificadas como madeiras de alto módulo de elasticidade (> 12.847 MPa).

TABELA 3.8 – RESULTADOS DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	38 (30,64)*	36 (27,85)	37 (12,54)	37 (23,21)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	42 (20,15)	40 (7,31)	39 (10,01)	40 (13,15)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	43 (5,75)	38 (17,42)	39 (12,25)	40 (12,76)
<i>E. saligna</i>	47 (4,72)	40 (6,34)	38 (10,96)	42 (12,20)
Média	42 (17,85)	39 (15,71)	38 (10,68)	40 (15,80)
Módulo de elasticidade (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	20450 (10,36)	18127 (10,70)	16385 (16,79)	18321 ab (14,94)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	19912 (8,34)	18544 (10,83)	19494 (10,26)	19317 a (9,59)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	20919 (2,30)	19507 (30,14)	17743 (14,73)	19390 a (19,09)
<i>E. saligna</i>	19100 (14,10)	15339 (14,46)	13699 (14,43)	16046 b (19,78)
Média	20095 A (9,42)	17879 B (19,76)	16830 B (18,23)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Observou-se que as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* tendem a apresentar maior módulo de elasticidade relacionado à compressão paralela às fibras que as madeiras de *E. saligna* (Tabela 3.8). A espécie apresentou diferença entre os valores obtidos pelos materiais genéticos *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. urophylla* x *E. grandis* 3.

Quanto ao espaçamento, as madeiras que se desenvolveram em 3,0 m x 3,0 m apresentaram maiores valores de módulo de elasticidade. O baixo desenvolvimento em diâmetro das árvores nesse espaçamento pode ser um indicativo de que as células são mais bem organizadas que as dos outros dois espaçamentos, imprimindo uma maior rigidez à madeira para resistir a esforços mecânicos.

Conforme a classificação de resistência de madeiras de dicotiledôneas observada na NBR 7190 (ABNT, 1997), por apresentarem resistência à compressão paralela média de 40 MPa (Tabela 3.8), as madeiras avaliadas seriam classificadas como de classe C 40. Pelo módulo de elasticidade, haveria uma variação nessa

avaliação. Avaliando os materiais genéticos isoladamente, as madeiras serão classificadas como da classe C 30. Já pela avaliação dos espaçamentos isoladamente, o menor espaçamento (3,0 m x 3,0 m) seria capaz de produzir madeiras da classe C 40 e os outros dois espaçamentos produzem madeiras da classe C 30.

3.2.3 Dureza Janka

A dureza Janka das madeiras variou de acordo com os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio, como fatores isolados. Não foi observada influência da interação entre material genético e espaçamento de plantio na dureza da madeira de *Eucalyptus*. Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados obtidos no ensaio de dureza Janka das madeiras estão apresentados na TABELA 3.9.

A madeira do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 1 apresentou os melhores valores de dureza nos três sentidos ortotrópicos (Tabela 3.9). O *E. saligna* também apresentou destaque, principalmente nas direções tangencial e paralela às fibras. Todos os materiais avaliados podem ser classificados como de dureza média na direção paralela às fibras (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2022). A dureza Janka é uma propriedade que pode servir como indicadora de qualidade da madeira em usos que exigem imposição de força em um único ponto, como no caso da aplicação da madeira para confecção de pisos, em que há a realização de simulações de resistência com salto alto, por exemplo.

A madeira do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentou os menores valores de dureza (Tabela 3.9). Este material gerou madeiras de menores densidades (Tabelas 3.3 e 3.4). Portanto, confirma-se haver relação entre a densidade e a dureza.

As madeiras dos materiais genéticos do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* se comportaram de acordo com o observado na literatura, em que madeiras de cinco a sete anos podem apresentar valores de dureza na ordem de 2600 a 4200 N na direção tangencial, 2200 a 4000 N na direção radial e 3500 a 4600 N na direção paralela às fibras (BELTRAME et al., 2015; FERREIRA et al., 2019; FRANÇA, 2019; SERENINI et al., 2020). Para o *E. urophylla* x *E. grandis* 1 foi registrado uma dureza na direção paralela às fibras superior ao observado na literatura, destacando a madeira desse material em relação aos demais.

TABELA 3.9 – RESULTADOS DO ENSAIO DE DUREZA JANKA DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Dureza na direção tangencial (N)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	4246	4488	3944	4226 a
	(24,68)	(15,62)	(18,75)	(20,00)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	3514	3269	3281	3355 b
	(37,72)	(33,09)	(22,15)	(31,06)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	4410	3787	3271	3823 ab
	(38,65)	(29,26)	(30,90)	(35,33)
<i>E. saligna</i>	4496	4100	3746	4114 a
	(20,44)	(20,24)	(16,65)	(20,24)
Média	4166 A	3911 AB	3561 B	
	(31,09)	(25,95)	(22,85)	
Dureza na direção radial (N)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	4290	3778	3362	3810 a
	(16,45)	(8,92)	(18,60)	(17,81)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	3501	3147	2881	3177 b
	(16,02)	(17,92)	(15,24)	(17,89)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	3525	3211	2543	3093 b
	(12,55)	(18,69)	(9,63)	(19,52)
<i>E. saligna</i>	3444	3441	3067	3317 b
	(6,98)	(12,47)	(11,76)	(11,59)
Média	3690 A	3394 B	2963 C	
	(16,48)	(15,80)	(17,50)	
Dureza na direção paralela às fibras (N)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	5341	5559	5260	5387 a
	(6,33)	(7,71)	(11,10)	(8,60)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	4793	4862	4437	4697 b
	(15,61)	(13,99)	(5,91)	(13,03)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	4714	4359	4264	4446 b
	(4,62)	(6,99)	(10,07)	(8,40)
<i>E. saligna</i>	5100	5542	5174	5272 a
	(7,06)	(4,89)	(10,06)	(8,17)
Média	4987 AB	5080 A	4784 B	
	(10,24)	(13,16)	(13,17)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Para o *E. saligna*, não foram encontrados valores correspondentes a idades próximas à avaliada neste trabalho. Os valores aqui encontrados foram inferiores do que os observados para madeiras de 20 anos (NOGUEIRA et al., 2019), bem como pelo encontrado por Deldotti et al. (2018). Contudo, vale salientar que mesmo apresentando dureza inferior ao que a literatura mostra, o material genético dessa espécie aqui avaliado ainda apresentou bons valores de dureza, destacando-a entre as melhores madeiras do presente estudo para este parâmetro.

Observando o comportamento das madeiras quanto aos espaçamentos de plantio, os maiores valores de dureza foram observados nas madeiras que se desenvolveram nos menores espaçamentos, principalmente no 3,0 m x 3,0 m (Tabela 3.9). O espaçamento 8,5 m x 3,0 m foi responsável pelas madeiras com menor dureza, provavelmente pelo maior crescimento em diâmetro, afetando o arranjo anatômica da madeira.

3.2.4 Cisalhamento paralelo às fibras

Quanto à resistência ao cisalhamento, não houve variação nos espaçamentos, apenas variando quanto aos materiais genéticos. Não foi observada influência da interação entre material genético e espaçamento no cisalhamento da madeira de *Eucalyptus*. Os dados da resistência ao cisalhamento na direção tangencial foram normalizados antes das análises pela equação $y = \ln x$. Os demais dados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os resultados obtidos no ensaio de resistência ao cisalhamento estão apresentados na TABELA 3.10.

Os valores para resistência ao cisalhamento foram maiores no plano de falha tangencial que no radial (Tabela 3.10). Anatomicamente, os raios presentes na madeira de *Eucalyptus* podem deixá-la sujeita ao colapso no plano radial do tronco e induzirem à formação de rachaduras e fendas (POLLI et al., 2006; VITAL, 2008; LIMA et al., 2019), reduzindo a resistência da madeira ao cisalhamento.

Estes valores estão de acordo com o observado na literatura. Para madeiras de *Eucalyptus*, pode-se observar valores numa faixa entre 7 e 13 MPa para madeiras entre cinco e sete anos (BELTRAME et al., 2015), com 10 anos (FRANÇA, 2019) e com 18 a 50 anos (VITAL et al., 2006; MOURA et al., 2012). Conforme a classificação de resistência de madeiras de dicotiledôneas observada na NBR 7190 (ABNT, 1997), por apresentarem resistência ao cisalhamento acima de 8 MPa (Tabela 3.8), todas as madeiras avaliadas seriam classificadas como de classe C 60.

TABELA 3.10 – RESULTADOS DO ENSAIO DE CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS EM MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Resistência ao cisalhamento – plano de falha tangencial (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	11 (15,02)*	13 (9,26)	13 (6,63)	12 a (11,16)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	10 (6,92)	11 (13,01)	10 (11,59)	10 b (11,55)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	10 (6,84)	9 (9,02)	10 (8,32)	10 b (8,98)
<i>E. saligna</i>	12 (10,53)	13 (5,12)	13 (8,65)	12 a (8,96)
Média	11 A (12,50)	12 A (14,07)	11 A (14,46)	
Resistência ao cisalhamento – plano de falha radial (MPa)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	10 (18,94)	10 (11,16)	9 (9,64)	10 a (15,30)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	8 (9,54)	8 (17,53)	8 (10,04)	8 b (12,38)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	9 (7,01)	8 (18,56)	8 (9,10)	8 b (12,73)
<i>E. saligna</i>	10 (7,45)	9 (7,11)	8 (8,75)	9 a (9,94)
Média	9 A (15,44)	9 A (16,54)	8 A (17,46)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Conforme classificação do Serviço Florestal Brasileiro (2022), as madeiras dos materiais *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e *E. saligna* podem ser classificadas como de resistência alta ao cisalhamento no plano de falha tangencial, com os materiais *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. urophylla* x *E. grandis* 3 sendo de resistência média. Para o cisalhamento no plano radial, todos os materiais apresentam resistência média. Dessa forma, podem ser aplicados para a formação de materiais de madeiras que não recebam muitos esforços de cisalhamento, como movelaria, molduras e pisos de baixo impacto.

3.3 PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA

3.3.1 Avaliação dos vasos

Não foi observada influência do material genético e do espaçamento de plantio, bem como não houve interação entre esses fatores no diâmetro dos vasos das madeiras avaliadas. O diâmetro médio dos vasos desses materiais foi 119,08 μm (CV = 8,47%). Porém, a interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio influenciou na frequência dos vasos. Os dados apresentaram variâncias homogêneas e os resultados das avaliações dos vasos estão descritos na TABELA 3.11.

TABELA 3.11 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DOS VASOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Diâmetro médio dos vasos (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	118,5 (9,44)*	118,3 (9,40)	118,2 (8,97)	118,3 (9,17)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	119,4 (9,87)	119,3 (9,06)	118,7 (8,50)	119,1 (8,52)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	118,9 (7,69)	119,2 (7,14)	119,0 (8,77)	119,1 (7,81)
<i>E. saligna</i>	120,4 (8,32)	120,0 (7,38)	119,2 (8,40)	119,9 (7,81)
Média	119,3 (8,36)	119,2 (8,21)	118,8 (8,56)	119,08 (8,47)
Frequência de vasos (número de vasos.mm ⁻²)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	11,6 aA (18,54)	11,0 abA (12,86)	11,9 aA (14,97)	11,5 (15,85)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	11,4 aA (13,55)	11,8 aA (22,19)	10,9 bA (17,92)	11,4 (18,44)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	10,9 aA (16,97)	10,1 bA (17,33)	10,1 abA (14,32)	10,4 (16,56)
<i>E. saligna</i>	10,7 aA (15,46)	10,6 abA (13,70)	11,7 aA (17,12)	11,0 (16,08)
Média	11,2 (16,35)	10,9 (17,91)	11,1 (17,23)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

O diâmetro do lúmen e a frequência dos vasos se comportaram de acordo com o descrito na literatura. Para madeiras de *Eucalyptus* com idades de seis a oito

anos, foram observados diâmetros dos vasos numa faixa entre 97,5 e 145 μm e frequência entre 9,5 e 16,8 vasos por mm^2 (FLORSHEIM et al., 2000; EVANGELISTA et al., 2010^a; EVANGELISTA et al., 2010^b; LOBÃO et al., 2011; ZANUNCIO et al., 2016; CÂMARA et al., 2018; ALMEIDA et al., 2022).

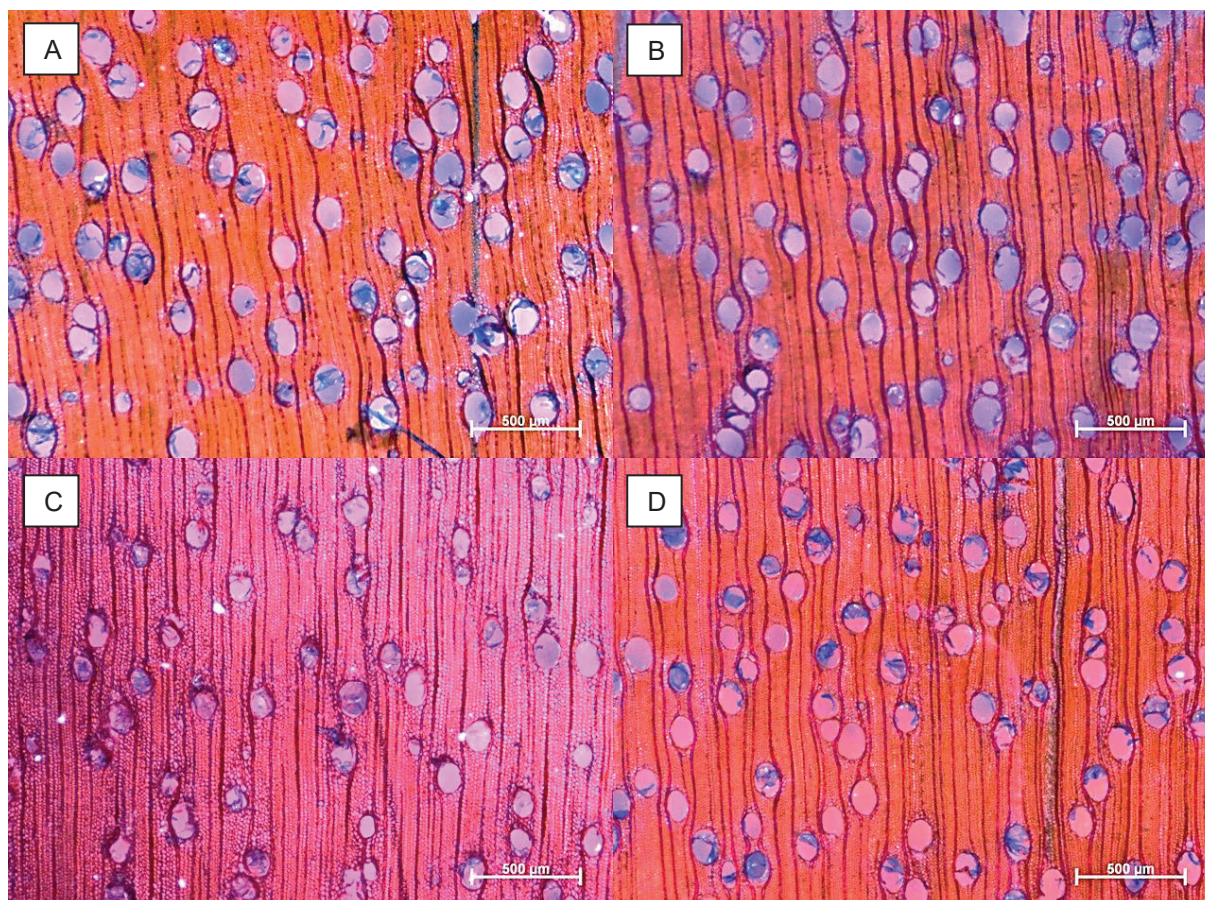
As dimensões e distribuições da porosidade são diretamente afetadas pela proporção de madeira juvenil presente no material (TRUGILHO et al., 1996). Dessa forma, observa-se que os valores podem aumentar em função da idade da árvore, como demonstrado por pesquisas com madeiras de *Eucalyptus* com idades entre 13 e 37 anos, as quais apresentaram diâmetro de vasos numa faixa entre 120 e 250 μm , com frequência entre 6 e 16 vasos por mm^2 (SANTOS; NOGUEIRA 1977; SILVA et al., 2007; LIMA et al., 2010; ALBINO et al., 2012; REZENDE et al., 2018; FRANÇA et al., 2019).

Apesar da influência da interação dos fatores na frequência de vasos, não foi observada uma tendência de diferenciação entre os materiais genéticos nem quanto ao aumento do espaçamento de plantio na observação dos resultados. Embora tenha sido observada diferença, salienta-se que houve apenas variação inferior a dois vasos por mm^2 entre os tratamentos, não sendo considerada uma alta variação. Fatores como a distribuição heterogênea dos vasos devido à porosidade da madeira, a geometria da amostra, o local de amostragem, a proporção de lenho juvenil e os procedimentos de medição e caracterização podem ter influenciado diretamente nos resultados obtidos (OLIVEIRA; SILVA, 2003; TRUGILHO et al., 1996; PLÖTZE; NIEMZ, 2011).

A conformação e distribuição dos vasos dos três materiais genéticos ocorreram de forma similar ao descrito na literatura. Segundo descrição realizada por Tomazello Filho (1985) e Brisola e Demarco (2011), madeiras de *E. saligna* e de híbridos das espécies *E. grandis* e *E. urophylla* apresentam vasos solitários, de tamanho médio, porosidade difusa e forma da seção transversal ovalada a circular. Essas características podem ser observadas na FIGURA 3.1.

Visando compreender a melhor aplicabilidade da madeira serrada, o estudo da anatomia permite correlacionar o comportamento das propriedades físico-mecânicas com os arranjos anatômicos. Dessa forma, as madeiras de *Eucalyptus* podem ter destinações corretas de acordo com suas características da conformação dos vasos, tanto em dimensões quanto em forma de ocorrência e distribuição na madeira.

FIGURA 3.1 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS VASOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – *E. urophylla* x *E. grandis* 1; B – *E. urophylla* x *E. grandis* 2; C – *E. urophylla* x *E. grandis* 3; E D – *E. saligna*



FONTE: O autor (2023).

Legenda: As imagens correspondem à seção transversal, no aumento 40x. A barra de escala corresponde à 500 µm.

3.3.2 Avaliação dos raios

A interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio também influenciou na forma e na frequência dos raios na madeira de *Eucalyptus*. Os dados apresentaram variâncias homogêneas. Os resultados das avaliações dos vasos estão descritos na TABELA 3.12. Compreender como os raios se distribuem e ocorrem na madeira pode auxiliar na avaliação da qualidade da madeira serrada, principalmente em relação à ocorrência de defeitos nas toras e nas tábuas, destacando a susceptibilidade das madeiras racharem no sentido dos raios.

TABELA 3.12 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Altura média dos raios (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	324,1 aA (19,15)*	315,9 bA (19,76)	339,1 aA (15,68)	326,4 (18,23)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	322,8 aB (18,29)	360,4 aA (14,77)	315,1 abB (17,85)	332,8 (17,74)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	306,4 aA (17,62)	317,0 bA (15,17)	311,2 abA (16,17)	311,5 (16,20)
<i>E. saligna</i>	338,0 aA (17,12)	359,1 aA (18,39)	285,7 bB (19,05)	327,6 (20,34)
Média	322,8 (18,17)	338,1 (18,09)	312,8 (17,97)	
Largura média dos raios (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	21,9 bB (15,50)	23,9 abA (11,61)	23,2 aAB (10,95)	23,0 (13,10)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	24,3 aA (12,11)	22,9 abA (14,72)	24,1 aA (15,49)	23,8 (14,26)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	24,6 aA (11,66)	24,9 aA (15,37)	23,1 aA (10,88)	24,2 (13,16)
<i>E. saligna</i>	23,7 abA (12,86)	22,6 bA (17,87)	22,5 aA (13,70)	22,9 (14,95)
Média	23,6 (13,61)	23,5 (15,31)	23,2 (13,02)	
Frequência de raios (número de raios.mm linear ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	14,5 aAB (10,65)	14,2 aB (11,75)	15,2 aA (9,21)	14,6 (10,80)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	12,8 bB (13,60)	13,8 aA (9,88)	13,4 cAB (11,53)	13,3 (12,00)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	12,5 bB (11,09)	12,8 bB (12,38)	13,8 bcA (10,41)	13,0 (12,03)
<i>E. saligna</i>	13,0 bB (9,17)	14,1 aA (9,43)	14,8 abA (12,02)	14,0 (11,61)
Média	13,2 (12,63)	13,7 (11,50)	14,3 (11,81)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

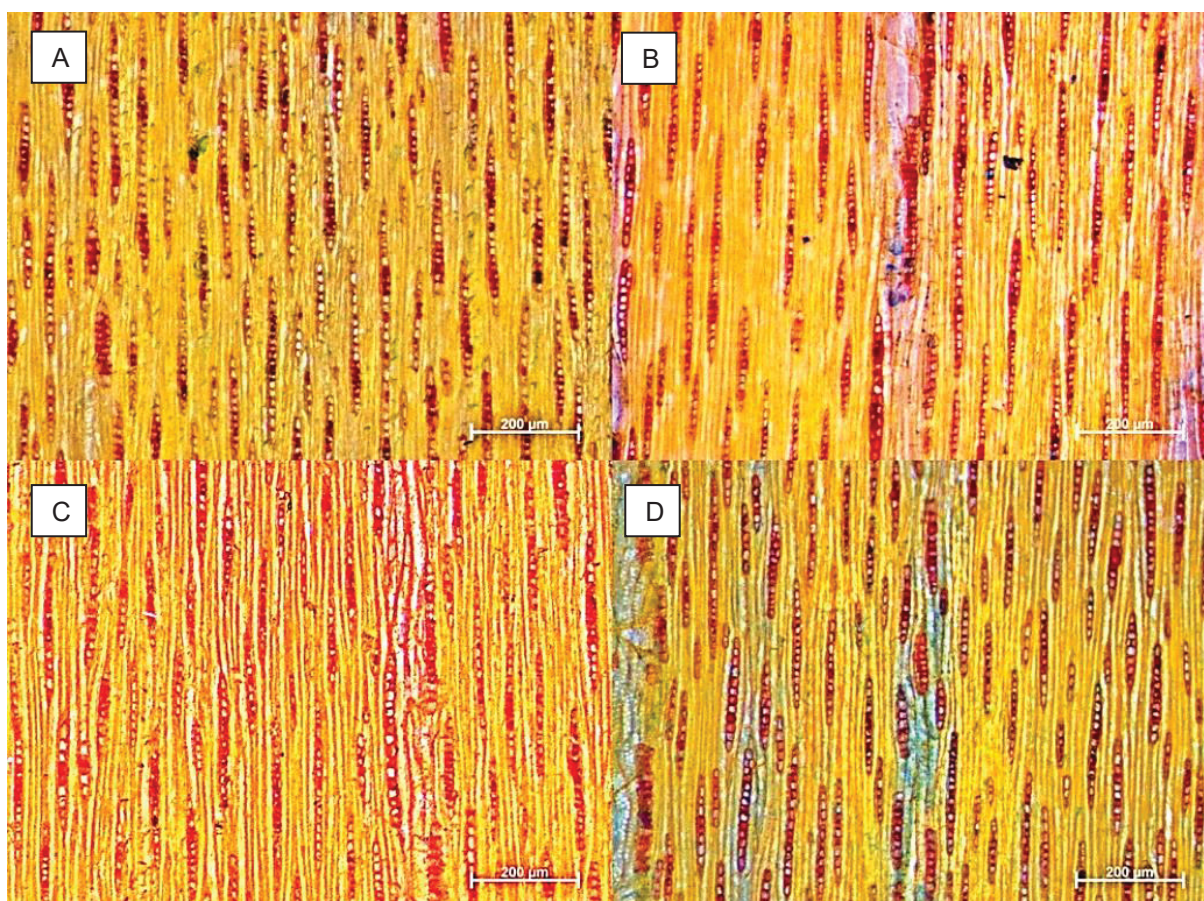
FONTE: O autor (2023).

Apesar da influência da interação dos fatores na altura, largura e frequência de raios, não foi observada uma tendência de diferenciação entre os materiais genéticos nem quanto ao aumento do espaçamento de plantio na observação dos resultados (Tabela 3.12). As dimensões e frequência de raios nas madeiras avaliadas estão de acordo com o observado na literatura, com a altura com valores levemente superior ao observado em outras pesquisas. Como destacado, as madeiras de *Eucalyptus* apresentam raios com alturas entre 170 e 310 µm e larguras variando de

15 a 30 μm , bem como frequência de 5 a 15 raios por mm linear (FLORSHEIM et al., 2000; GONÇALVES et al., 2014; MOTTA et al., 2014; ZANUNCIO et al., 2016).

Segundo descrição realizada por Tomazello Filho (1985), Brisola e Demarco (2011) e Baldin et al. (2017), madeiras de *E. saligna* e de híbridos das espécies *E. grandis* e *E. urophylla* apresentam predominância de raios unisseriados e bisseriados, homogêneos (*E. urophylla* x *E. grandis*) ou heterogêneos (*E. saligna*). dispersos, com células procumbentes, dispersos e tamanhos medianos. Essas características podem ser observadas nas FIGURAS 3.2 e 3.3.

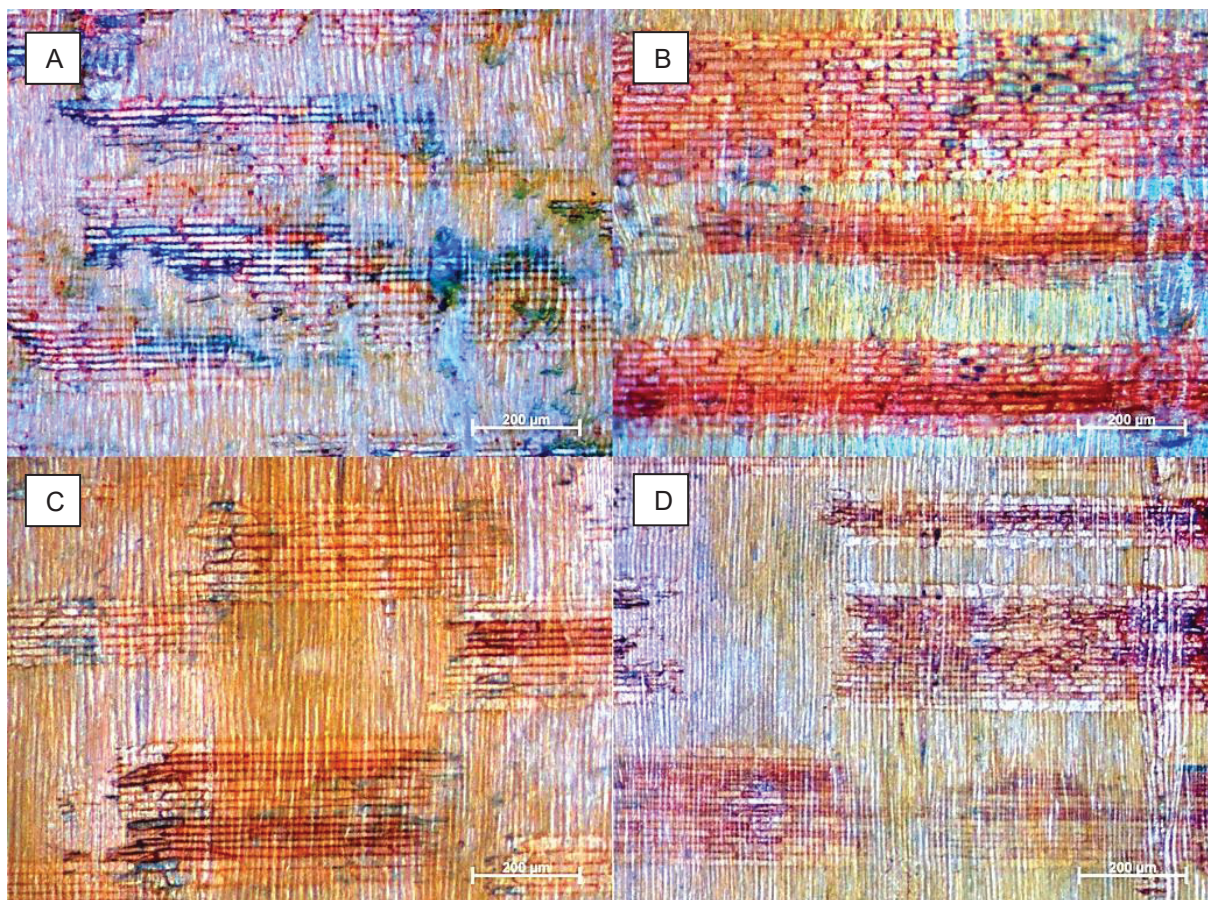
FIGURA 3.2 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – *E. urophylla* x *E. grandis* 1; B – *E. urophylla* x *E. grandis* 2; C – *E. urophylla* x *E. grandis* 3; E D – *E. saligna*



FONTE: O autor (2023).

Legenda: As imagens correspondem à seção tangencial, no aumento 100x. A barra de escala corresponde à 200 μm .

FIGURA 3.3 – IMAGENS MICROSCÓPICAS PARA OBSERVAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DOS RAIOS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS DE IDADE. A – *E. urophylla* x *E. grandis* 1; B – *E. urophylla* x *E. grandis* 2; C – *E. urophylla* x *E. grandis* 3; E D – *E. saligna*.



FONTE: O autor (2023).

Legenda: As imagens correspondem à seção radial, no aumento 100x. A barra de escala corresponde à 200 µm.

3.3.3 Avaliação das fibras

As dimensões das fibras apresentaram diferença significativa entre os materiais genéticos, não havendo interferência do espaçamento, nem entre na interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio. Os dados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os resultados das avaliações dos vasos estão descritos na TABELA 3.13.

TABELA 3.13 – AVALIAÇÃO ANATÔMICA DAS FIBRAS DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Comprimento médio das fibras (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	841,8 (12,44)*	876,8 (16,89)	912,6 (17,70)	877,1 b (16,15)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	940,4 (12,51)	945,4 (16,23)	945,9 (15,65)	943,9 a (14,73)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	952,8 (15,09)	956,0 (11,17)	962,2 (16,58)	957,0 a (14,31)
<i>E. saligna</i>	930,9 (18,85)	925,5 (15,03)	930,4 (15,71)	928,9 ab (16,44)
Média	916,5 A (15,63)	925,9 A (15,09)	937,8 A (16,33)	
Largura média das fibras (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	20,2 (19,66)	20,1 (16,02)	21,0 (12,19)	20,4 c (16,08)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	20,4 (11,11)	22,4 (13,40)	20,8 (14,04)	21,2 bc (13,47)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	22,7 (12,65)	23,1 (13,00)	22,3 (12,62)	22,7 a (12,70)
<i>E. saligna</i>	22,4 (12,01)	21,5 (12,54)	21,0 (11,79)	21,6 ab (12,28)
Média	21,4 A (14,88)	21,8 A (14,47)	21,2 A (12,85)	
Diâmetro médio do lúmen (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	9,7 (28,66)	9,4 (25,69)	9,8 (21,31)	9,6 b (25,13)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	9,9 (22,70)	11,6 (22,62)	10,4 (23,11)	10,7 a (23,60)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	11,2 (15,36)	11,3 (23,27)	10,4 (17,74)	11,0 a (19,33)
<i>E. saligna</i>	10,9 (28,82)	11,1 (20,85)	10,2 (18,87)	10,7 a (23,37)
Média	10,4 A (24,73)	10,8 A (24,12)	10,2 A (20,24)	
Espessura média da parede (µm)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	5,28 (34,44)	5,70 (30,23)	5,56 (16,02)	5,51 ab (27,71)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	5,25 (17,61)	5,38 (16,26)	5,38 (14,67)	5,26 b (16,15)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	5,79 (19,77)	5,88 (14,00)	5,16 (17,75)	5,87 a (17,16)
<i>E. saligna</i>	5,74 (17,42)	5,19 (12,77)	5,38 (14,92)	5,44 b (15,72)
Média	5,51 A (23,22)	5,54 A (20,22)	5,51 A (16,69)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%). FONTE: O autor (2023).

Observando todos os parâmetros de dimensão das fibras, o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 3 apresentou as maiores médias, destacando-o dentre os demais materiais (Tabela 3.13). Apesar das diferenças estatísticas, a variação entre

as dimensões das fibras das madeiras avaliadas neste trabalho pode ser considerada baixa. De acordo com Tomazzelo Filho (1985), madeiras de *Eucalyptus* podem ser estreitas ($\sim 20 \mu\text{m}$) e curtas, com parede de espessuras estreitas e diâmetro do lúmen variando de 4,0 a 15,0 μm .

Os parâmetros de dimensões das fibras apresentaram comportamento semelhante ao observado na literatura. Para madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* com sete anos, pode-se observar fibras com paredes estreitas e comprimento próximos a 1,0 mm (CARVALHO; NAHUIZ, 2001; ZANUNCIO et al., 2016). Já para *E. saligna* com sete anos, as fibras também apresentam paredes estreitas e comprimentos entre 0,8 e 1,45 mm (FLORSHEIM et al., 2000; LOBÃO et al., 2011).

Este estudo das dimensões das fibras acaba direcionando o uso dessas madeiras. Madeiras de *Eucalyptus* de fibras curtas são utilizadas para confecção de painéis de madeira reconstituída, principalmente para produção de MDF, e para as indústrias de celulose. As fibras também se relacionam com as propriedades físico-mecânicas, podendo atuar como indicadoras de fatores de resistência para fomentar o uso da madeira serrada em diversas finalidades para geração de produtos de alto valor agregado (GONÇALEZ et al., 2014). As madeiras com fibras de menores dimensões, como as do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 1 apresentaram também maiores valores de dureza e de resistência ao cisalhamento.

3.3.4 Cor da madeira

A interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio não influenciou os índices colorimétricos das madeiras avaliadas, assim como não houve diferença entre os materiais genéticos e os espaçamentos como fatores isolados. Os dados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os valores dos parâmetros colorimétricos das madeiras estão apresentados na TABELA 3.14.

TABELA 3.14 – ÍNDICES COLORIMÉTRICOS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
L*				
E. urophylla x E. grandis 1	70,46 (1,85)	70,46 (2,30)	70,43 (3,05)	70,45 (2,40)
E. urophylla x E. grandis 2	70,52 (3,64)	69,87 (2,96)	69,41 (3,01)	69,41 (3,23)
E. urophylla x E. grandis 3	70,33 (3,53)	70,48 (3,11)	69,88 (0,72)	70,23 (2,73)
E. saligna	70,07 (3,35)	69,59 (3,35)	69,56 (2,01)	69,74 (2,94)
Média	70,43 (3,04)	70,10 (2,94)	69,82 (2,41)	70,09 (2,86)
a*				
E. urophylla x E. grandis 1	8,81 (9,68)	8,83 (9,33)	8,81 (24,14)	8,82 (15,64)
E. urophylla x E. grandis 2	8,84 (10,18)	8,84 (10,43)	8,88 (9,99)	8,85 (10,01)
E. urophylla x E. grandis 3	8,82 (8,10)	8,85 (8,96)	8,81 (7,28)	8,83 (7,99)
E. saligna	8,89 (9,53)	8,86 (7,89)	8,93 (11,24)	8,89 (9,48)
Média	8,84 (9,21)	8,84 (9,00)	8,86 (14,34)	8,85 (11,37)
b*				
E. urophylla x E. grandis 1	18,34 (7,76)	18,47 (6,01)	18,73 (7,94)	18,51 (7,21)
E. urophylla x E. grandis 2	18,96 (5,47)	18,82 (4,91)	18,77 (8,03)	18,85 (6,17)
E. urophylla x E. grandis 3	18,40 (8,35)	18,42 (12,08)	18,26 (8,57)	18,36 (9,64)
E. saligna	18,52 (7,35)	18,20 (5,20)	18,95 (6,38)	18,56 (6,49)
Média	18,55 (7,25)	18,47 (7,56)	18,68 (7,72)	18,57 (7,56)

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Assim como para os parâmetros colorimétricos, a saturação e o ângulo de tinta das madeiras não sofreram influência dos materiais genéticos e dos espaçamentos de plantio, nem da interação entre eles. Os dados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os valores destas características das madeiras estão apresentados na TABELA 3.15.

TABELA 3.15 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA MADEIRA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Saturação (C*)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	20,36 (7,40)*	20,48 (6,22)	20,79 (8,15)	20,54 (7,22)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	20,94 (4,89)	20,81 (4,28)	20,80 (6,43)	20,85 (5,19)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	20,42 (7,13)	20,44 (11,07)	20,29 (7,22)	20,38 (8,52)
<i>E. saligna</i>	20,56 (6,34)	20,25 (3,94)	20,97 (5,87)	20,60 (5,59)
Média	20,57 (6,45)	20,50 (6,90)	20,71 (6,92)	20,59 (6,81)
Ângulo de tinta (h*, em °)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	64,32 (2,99)	64,46 (2,32)	64,91 (8,42)	64,56 (5,26)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	64,99 (3,80)	64,83 (3,99)	64,60 (4,77)	64,80 (4,13)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	64,30 (3,86)	64,23 (2,95)	64,15 (3,67)	64,23 (3,45)
<i>E. saligna</i>	64,30 (3,97)	64,01 (3,81)	64,75 (4,14)	64,35 (3,93)
Média	64,48 (3,63)	64,38 (3,30)	64,60 (5,48)	64,49 (4,32)

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Pode-se concluir que as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. saligna* apresentam os seguintes valores para avaliação da cor: $L^* = 70$; $a^* = 8,8$; $b^* = 18,6$; $C^* = 20,6$; e $h^* = 64,5$. Com isso, de acordo com a classificação da cor proposta por Camargos e Gonzalez (2001) as madeiras apresentam coloração rosa-acinzentada, corroborando com o observado visualmente (FIGURA 3.4).

FIGURA 3.4 – COLORAÇÃO DAS MADEIRAS DOS MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp.



FONTE: O autor (2023).

Madeiras de *Eucalyptus* podem apresentar alta interferência da coloração amarelada, porém apresentando coloração avermelhada de tons claros (MORI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2014; SANTOS; GARCIA, 2019). Por isso, as madeiras avaliadas neste trabalho apresentaram tons rosa claro. Essa coloração é desejada pelo mercado consumidor de madeiras de *Eucalyptus*, diferenciando-as da aplicação de outras matérias-primas. Pela coloração clara, pode-se aplicar métodos de tingimento das madeiras e alterações de coloração, como no caso da modificação térmica para obter tons mais escuros. Essas e outras técnicas visam aumentar o valor da madeira, com potencial uso em produtos de maior valor agregado, como móveis, pisos e molduras.

3.4 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA

Para a composição química das madeiras de *Eucalyptus*, apenas o teor de lignina total foi influenciado pela interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio. Os teores de cinzas e holocelulose diferenciaram-se apenas em relação ao material genético. Os extrativos totais não sofreram influências dos materiais genéticos e dos espaçamentos, resultando então em um teor médio de 3,94% (CV = 21,21%). Os dados avaliados são normais e apresentam variâncias homogêneas. Os valores da composição química dos materiais estão descritos na TABELA 3.16.

Os materiais genéticos apresentaram baixo teor de elementos minerais em sua composição, resultando em médias iguais ou inferiores a 0,10%. A madeira do *E. saligna* apresentou o menor teor de cinzas quando comparada com os materiais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (Tabela 4.16).

Baixos teores de minerais são desejáveis para o processamento em serrarias. As matérias-primas que possuem essa característica são desdobradas, causando menos desgastes às serras em decorrência da abrasão (GONÇALVES, 2000; VITAL, 2008). Dessa forma, os quatro materiais genéticos avaliados neste trabalho podem apresentar essa qualidade para o desdobro em serrarias. Além disso, fatores ambientais e de sítio podem ser responsáveis por alterar a quantidade de materiais inorgânicos na biomassa do fuste (BENTO; TANOBE, 2018).

TABELA 3.16 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Cinzas (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	0,11 (37,85)*	0,10 (23,69)	0,10 (33,33)	0,10 b (31,36)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	0,10 (19,50)	0,10 (11,93)	0,08 (12,71)	0,09 b (16,04)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	0,08 (32,31)	0,11 (16,77)	0,11 (8,03)	0,10 b (22,58)
<i>E. saligna</i>	0,08 (34,67)	0,07 (19,69)	0,07 (20,22)	0,07 a (26,85)
Média	0,09 A (32,64)	0,09 A (22,82)	0,09 A (28,53)	
Extrativos totais (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	4,09 (10,56)	3,70 (7,58)	4,08 (30,14)	3,96 (18,87)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	4,18 (8,55)	3,75 (8,80)	3,87 (6,41)	3,93 (8,86)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	4,00 (24,15)	4,07 (15,63)	4,13 (38,45)	4,07 (26,24)
<i>E. saligna</i>	3,55 (21,57)	4,03 (20,28)	3,79 (22,94)	3,79 (22,94)
Média	3,95 (14,62)	3,89 (14,12)	3,97 (27,24)	3,94 (21,21)
Lignina total (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	26,92 aA (5,11)	27,14 bA (2,31)	27,59 bA (2,01)	27,22 (3,23)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	26,94 aAB (3,30)	26,52 bB (1,93)	27,76 bA (1,36)	27,07 (3,45)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	28,01 aA (0,89)	27,23 bA (1,68)	27,04 bA (0,87)	27,42 (2,52)
<i>E. saligna</i>	27,49 aB (2,03)	28,76 aA (1,47)	29,46 aA (0,92)	28,57 (3,93)
Média	27,34 (3,63)	27,41 (3,83)	27,96 (4,02)	
Holocelulose (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	68,89 (2,52)	69,05 (0,53)	68,22 (1,72)	68,72 a (1,64)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	68,79 (1,06)	69,62 (0,46)	68,29 (0,52)	68,90 a (1,06)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	67,91 (1,27)	68,58 (0,61)	68,72 (0,79)	68,40 ab (0,97)
<i>E. saligna</i>	68,89 (1,10)	67,14 (1,59)	66,68 (1,46)	67,57 b (1,92)
Média	68,62 A (1,51)	68,60 A (1,60)	67,98 A (1,58)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

É interessante observar tais resultados, sobretudo para o aproveitamento dos coprodutos do processo de desdobro. Ao apresentar baixo teor de cinzas, a biomassa

florestal tem maior potencial para usos de aproveitamento em indústrias químicas e geração de energia. Possuir menos elementos minerais é característica desejável para combustão direta ou para produção de carvão vegetal (PROTÁSIO et al., 2013), podendo a madeira com pequenas dimensões dos quatro materiais genéticos avaliados serem destinados a essa finalidade.

Materiais genéticos do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* tendem a apresentar teores de cinzas acima de 0,18% até atingir os sete anos (SOARES et al., 2015), podendo chegar a valores próximos de 1,0% da composição química da madeira (HSING et al., 2016; BENITES et al., 2018). Para o *E. saligna*, também foram observados teores de cinzas inferiores aos encontrados em outros trabalhos. Até os sete anos, é possível observar madeiras contendo entre 0,15% e 0,80% de materiais inorgânicos em sua composição (TRUGILHO et al., 1996; FERREIRA et al., 1997; TRUGILHO et al., 2001; NEIVA et al., 2015).

A quantidade de extrativos totais não variou em relação aos materiais genéticos, aos espaçamentos de plantio e nem pela interação dos dois fatores. A média do teor destes componentes foi de aproximadamente 4,0% (Tabela 4.16). Esse valor corrobora com o encontrado em outras pesquisas, podendo ser observados valores numa faixa entre 3,29% e 4,87% para madeiras de *Eucalyptus* entre cinco e nove anos (CARVALHO; NAHUZ, 2001; GOMINHO et al., 2001; TRUGILHO et al., 2001; RAAD et al., 2006; SANTOS; SANSÍGOLO, 2007; BRITO et al., 2008; ARANTES et al., 2011; LOBÃO et al., 2011; ALMEIDA et al., 2022).

Segundo Moulin et al. (2020), maiores espaçamentos de plantio podem gerar madeiras de *Eucalyptus* com maiores quantidades de extrativos. Tal comportamento não foi observado para os quatro materiais genéticos avaliados. A quantidade de extrativos na madeira pode auxiliar no aumento da resistência ao ataque de xilófagos, além de interferir em questões como a cor. Observa-se, então uma correlação dos extrativos com os valores da colorimetria, por não haver diferença significativa para essas variáveis entre as madeiras avaliadas.

O teor de lignina total (solúvel + Klason/insolúvel) sofreu influência da interação entre os materiais genéticos e os espaçamentos de plantio (Tabela 4.16). Destacaram-se, por apresentarem maiores teores de lignina, os seguintes materiais: *E. urophylla* x *E. grandis* 3 no menor espaçamento; e as madeiras de *E. saligna* que se desenvolveram no maior espaçamento e no espaçamento intermediário. Maiores quantidades de lignina na composição da madeira podem conferir maior rigidez,

influenciando em diversas outras propriedades, principalmente nas físicas e na resistência mecânica (BOWYER et al., 2007). Apesar da diferença estatística observada, as madeiras apresentaram quantidades de lignina total bem próximas.

Para as madeiras de *E. saligna*, que apresentaram maiores teores de lignina, foi observado o que Rocha et al. (2016) destacam em seu estudo, afirmando que maiores espaçamentos de plantio podem favorecer fisiologicamente a árvore a produzir mais lignina como um processo de adaptação às condições silviculturais. Porém, esse comportamento foi diferente ao encontrado para o *E. urophylla* x *E. grandis* 3.

Como relação inversa com o teor de lignina total, o *E. saligna* apresentou a tendência de possuir menor quantidade holocelulose em comparação com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, principalmente os materiais genéticos *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 (Tabela 4.16). Como a lignina é o componente que confere rigidez à madeira, espera-se que materiais que possuam maiores quantidades de holocelulose apresentem menor resistência mecânica e sofram influência em outras propriedades, principalmente as físicas e anatômicas.

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, foi possível confirmar que algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus* sofreram influência do material genético, do espaçamento de plantio e da interação entre estes fatores.

O fator material genético afetou as propriedades físicas (densidades básica e aparente a 12% de umidade), mecânicas (resistência à flexão estática, módulos de elasticidade obtidos nos ensaios de flexão estática e compressão paralela às fibras, dureza Janka e resistência ao cisalhamento), anatômicas (dimensões das fibras) e químicas (teores de cinzas e holocelulose) da madeira.

O fator espaçamento apresentou pouca influência nas propriedades da madeira, afetando as suas características mecânicas (módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras e dureza Janka).

A interação entre material genético e espaçamento de plantio para madeiras de *Eucalyptus* influenciou nas propriedades anatômicas (frequência de vasos e dimensões e frequência dos raios) e químicas (lignina total).

Não foram observadas influências dos fatores material genético e espaçamento em algumas características, como a contração, cor, resistência à compressão paralela às fibras, diâmetro dos vasos e teor de extrativos.

Diante dos resultados obtidos, o material genético que apresentou melhores propriedades de suas madeiras foi o *E. urophylla* x *E. grandis* 1, havendo destaque também do *E. saligna*. Quanto ao espaçamento, quando houve influência deste fator, o menor espaçamento de plantio (3,0 m x 3,0 m) apresentou as madeiras com melhores propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; LOUZADA, J. L. P. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA, J. C. L.; CÂMARA, A. P.; SILVA, M. E. C. M.; BARROS, A. I. R. N. A.; MATOS, C. C.; ALVES, A. M. M.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A. Differences in wood anatomy and chemistry of a *Eucalyptus urophylla* clone explained by site climate conditions. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 52, p. 1-11, 2022.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; LOUZADA, J. L. P. C.; SILVA, M. E. C. M.; CÂMARA, A. P.; ROCHA, S. M. G.; OLIVEIRA, J. C. L.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R. L.; ALVARES, C. A.; TOMAZZELLO-FILHO, M.; FIGUEIREDO, F. M.; OLIVEIRA, R. F. Heartwood variation of *Eucalyptus urophylla* is influenced by climatic conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 458, 2020.
- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87-95, 2005.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1102-84**: standard test method for ash in wood. West Conshohocken: ASTM, 2013. 10p.
- ANDRADE, F. W. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOUTINHO, V. H. P. Influence of wood physical properties on charcoal from *Eucalyptus* spp. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, e20150176, 2018.
- ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CARNEIRO, A. C. O.; ALVES, E.; GUERREIRO, M. C. Longitudinal and radial variation of extractives and total lignin contents in a clone of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 283-291, 2011.
- ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; LIMA, J. T.; VIDAURRE, G. B. Densitometria de raios X na madeira e carvão de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 155-162, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16550**: bagaço de cana-de-açúcar – Caracterização química. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 24p.

BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C.; NISGOSKI, S.; TALGATTI, M.; DENARDI, L. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus* L'Hér. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 2, p. 114-126, 2017.

BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G.; SACON, V. N. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids. **Scientia Forestalis**, n. 75, p. 19-29, 2007.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, v. 20, p. 4, p. 1061-1074, 2015.

BENIN, C. C.; WATZLAWICK, L. F.; HILLIG, E. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* sob efeito do espaçamento de plantio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1375-1384, 2017.

BENITES, P. K. R. M.; LOPES, A. S.; GOUVÊA, A. F. G.; SILVA, F. C.; SOUZA, C. C. B. Caracterização tecnológica da madeira de híbridos de eucalipto irrigados e fertirrigados. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1716-1728, 2018.

BENTO, A. V.; TANOBE, G. R. O. A. Composição química da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 48-56.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. 558p.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.

BRITO, J. O.; SILVA, F. G.; LEÃO, M. M.; ALMEIDA, G. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8545-8548, 2008.

CÂMARA, A. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BOBADILHA, G. S.; VIDAURRE, G. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; SOLIMAN, E. P. Physiological disorders affecting dendrometric parameters and eucalyptus wood quality for pulping wood. **Cerne**, v. 24, n. 1, p. 27-34, 2018.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CARDONA, L. M. V. **Estudo experimental da secagem e carbonização do eucalipto saligna para produção de carvão vegetal**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CARVALHO, A. M.; NAHUIZ, M. A. R. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 61-76, 2001.

CHAFE, S. C. Radial variation of collapse, volumetric shrinkage, moisture content and density in *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Wood Science e Technology**, v. 20, p. 253-262, 1986.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 461**: Maderas: método de determinación del peso específico aparente. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 462**: Maderas: método de determinación de la contracción. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 463**: Maderas: método de determinación del cizallamiento paralelo al grano. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 464**: Maderas: método de determinación de la compresión axil o paralela al grano. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 465**: Maderas: método de determinación de la dureza. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555**: Maderas: método de ensayo de flexión estática. Caracas: COPANT, 1973. 11p.

CORADIN, V.T.R.; MUÑIZ, G.I.B. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira**: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. Série Técnica n. 15. Brasília: LPF, 1992. 17p.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; DE MUNIZ, G. I. B. Within trees and between clones variations of the wood physical and mechanical properties of *Eucalyptus* hybrids. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33–47, 2003.

DELDOTTI, L. R.; MARTINS, I. Z.; SORIANO, J. Dureza Janka nas diferentes direções anatômicas de madeiras folhosas. **Revista de Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, n. 26, 2018.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Série técnica, 10. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p.

ELEOTÉRIO, J. R.; REICHERT, D.; HORNBERG, K. F.; MENEGUELLI, I. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2015.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; LUCIA, R. M. D.; LOBO, L. M.; SOUZA, M. O. A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no sentido radial e longitudinal. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2010a.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; VALLE, M. L. A.; XAVIER, B. A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 273-284, 2010b.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.

FERREIRA, M. D.; MELO, R. R.; TONINI, H.; PIMENTA, A. S.; GATTO, D. A.; BELTRAME, R.; STANGERLIN, D. M. Physical–mechanical properties of wood from a eucalyptus clone planted in an integrated croplivestock-forest system. **International Wood Products Journal**, 2019.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F. T. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.

FRANÇA, F. J. N.; MACIAL, A. P. V.; FRANÇA, T. S. F. A.; SILVA, J. G. M.; BATISTA, D. C. Air-drying of seven clones of *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* wood. **BioResources**, v. 14, n. 3, p. 6591-6607, 2019.

FRANÇA, M. C. **Caracterização tecnológica de clones de *Eucalyptus* para a produção de madeira maciça**. 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51-51, 1945.

GIL, J. L. R. A.; BARBOZA, F. S.; CONEGLIAN, A.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; SETTE JR., C. R. Características físicas e anatômicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. aos 7 anos de idade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 529-538, 2018.

GOMINHO, J.; FIGUEIRA, J.; RODRIGUES, J. C.; PEREIRA, H. Within-tree variation of heartwood, extractives and wood density in the eucalypt hybrid urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2001.

GONÇALEZ, J. C.; SANTOS, G. L.; SILVA JUNIOR, F. G.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009a.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009b.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. 1.ed. Bauru: Document Center Xerox-USC, 2000. 242p.

GONÇALVES, T. A. P.; BALLARIN, A. W.; NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil I – anatomical characterization of corymbia and eucalyptus. **Maderas. Ciencia y tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 323-336, 2014.

GOULART, M.; HASELEIN, C. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 273-283, 2016.

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; SILVA, E. L.; MOURA, G. B.; POTULSKI, D.; BARBOSA, T. F.; SILVA, D. H. R. **Manual e fichas para prática de análises químicas quantitativas da madeira**. 3ª edição, revisada. Curitiba: UFPR, 2012. 17p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR., W. A. **Principles of wood science and technology: Solid wood I**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 326 p.

LIMA, A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.

LIMA, G. S.; FERREIRA, J. B. Propriedades mecânicas da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 66-76.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R.; RANGEL, A.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JR., F. G.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

LOGSDON, N. B.; PENNA, J. E. **Comparison among the coefficients of dimensional anisotropy in swelling and in shrinkage**. In: International Symposium on Wood Science and Technologies. Pacifico Yokohama: IAWPS, 2005. p. 57-58.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn board quality of the *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid. **South African Forestry Journal**, n. 188, p. 29-35, 2000.

MONTEIRO, T. C. **Efeito da anatomia no fluxo da água em madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia***. 130 f. Tese (Doutorado em Ciencia e Tecnologia da madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2186-2192, 2014.

MOULIN, J. C.; ROCHA, M. F. V.; ARANTES, M. D. C.; BOSCHETTI, W. T. N.; JESUS, M. S.; TRUGILHO, P. F. Influência do espaçamento de plantio e irrigação na densidade e na massa seca em espécies de *Eucalyptus*. **Nativa**, v. 5, n. 5, p. 367-371, 2017.

MOULIN, J. C.; SILVA, S. R.; NUTTO, L.; VIDAURRE, G. B. Influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 171-196.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO JUNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 305-314, 2012.

NEIVA, D.; FERNANDES, F.; ARAÚJO, S.; LOURENÇO, A.; GOMINHO, J.; SIMÕES, R.; PEREIRA, H. Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 89-95, 2015.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais - UFPR, 1975. 216p.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; ALMEIDA, D. H.; ARAUJO, V. A.; VASCONCELOS, J. S.; CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, T. H.; LAHR, F. A. R. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus saligna* for timber structures. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 233-239, 2019.

OLIVEIRA, E. M.; BRAGA, J. W. B.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C. Aplicação da fluorescência molecular e da colorimetria para discriminar espécies madeireiras. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 8., 2014, Recife. **Anais [...]** Recife: VIII Simpós, 2014.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PLÖTZE, M.; NIEMZ, P. Porosity and pore size distribution of different wood types as determined by mercury intrusion porosimetry. **European Journal of Wood Products**, v. 69, p. 649-657, 2011.

POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557-566, 2006.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 94, p. 136-149, 2013.

RAAD, T. J.; PINHEIRO, P. C. C.; YOSHIDA, M. I. Equação geral de mecanismos cinéticos da carbonização do *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 93-106, 2006.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

REIS, A. A.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de local e espaçamento na qualidade do carvão vegetal de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 5, p. 497-505, 2012.

REIS, C. A. **Anatomia e espectroscopia da madeira e carvão de espécies de *Manilkara* sp. da RESEX Verde para Sempre – Pará**. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Wood permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e20150228, 2018.

ROCHA, M. F. V.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARDOSO, M. T.; HEIN, P. G. R. Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of *Eucalyptus* wood and bark. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, n. 3, p. 243-248, 2016.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. Dimensões dos vasos e aumento no comprimento das fibras lenhosas em relação às cambiais fusiformes nos anéis de crescimento do *Eucalyptus saligna* Smith. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, v. 34, p. 307-315, 1977.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 53-63, 2007.

SANTOS, W. A.; GARCIA, R. A. Efeito da densidade e da cor na molhabilidade da superfície de madeiras de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 245-255, 2019.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SERENINI JR.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; PIMENTA, A. S. Wood quality of six eucalyptus clones planted in Northern Mato Grosso state, Brazil. **Wood Research**, v. 65, n. 4, p. 543-554, 2020.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. 2022. Disponível em: <<https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>>; Acesso: 14 out. 2022.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.

SILVA, S. R.; VIDAURRE, G. B.; BALLARIN, A. W.; OLIVEIRA, J. T. S. Demarcação e propriedades dos lenhos juvenil e adulto de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 14-46.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; HÖFLER, J.; PEREIRA, A. J. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 191-197, 2015.

SORIANO, J.; GONÇALVES, R.; BERTOLDO, C.; TRINCA, A. J. Aplicações do método de ensaio esclerométrico em peças de eucalipto saligna sm. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 322-328, 2011.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; GORSKI, L.; BALDIN, T.; VALCORTE, G. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 434-442, 2018.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T204 cm-97**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2007. 12p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T222 om-15**: acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2015. 5p.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, n. 29, p. 37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 18, p. 469-480, 2011.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. S.; LUCIA, R. M. D. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 637-644, 2006.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, B. S.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L. Relationship between the anatomy and drying in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* wood. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 723-729, 2016.

ZEN, L. R. **Movimentação de água e ar na madeira de *Eucalyptus* e sua correlação com as propriedades da madeira**. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.

CAPÍTULO 4: RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA E QUALIDADE DE TÁBUAS DE *Eucalyptus*: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor madeireiro nacional se tornou dependente das florestas de *Eucalyptus* para cobrir as necessidades de matéria-prima. Em um espectro mundial, cerca de 18 milhões de hectares são destinados à produção florestal de *Eucalyptus*, destacando o gênero como a maior produção de madeira entre as folhosas (PENÍN et al., 2020). Nesse montante, o Brasil apresenta grande destaque, principalmente por investimentos em pesquisas, aplicação e desenvolvimento de técnicas de manejo florestal, em conjunto com o melhoramento genético de espécies, clones e híbridos do gênero (IBÁ, 2021).

Aliada à disponibilidade de matéria-prima, a produção de madeira serrada de *Eucalyptus* pode depender do tipo de processamento utilizado no desdobro, bem como da qualidade das tábuas obtidas. Com o rápido desenvolvimento das florestas do gênero, em função do uso de materiais genéticos que possuem características de crescimento acelerado, alia-se a busca por materiais com propriedades da madeira satisfatórias para uso como peças maciças.

Apesar de apresentar características diferentes da madeira adulta, a madeira juvenil também pode se comportar de maneira diferenciada a partir do material genético selecionado para a produção de madeira serrada, minimizando futuros problemas decorrentes do processamento e secagem da madeira. O processamento de madeira juvenil pode implicar numa maior obtenção de tábuas com defeitos e imperfeições, sendo comum observar a presença de nós e cerne quebradiço próximo à medula, além de deixar o material propenso ao aparecimento de rachadura e incidência de empenamentos (MALAN, 2000; ROCHA et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2019).

Como uma das principais problemáticas do uso de *Eucalyptus* em serrarias envolve a presença de tensões de crescimento associadas aos possíveis defeitos na madeira que aparecerão após o desdobro, aplicar as técnicas adequadas é essencial para a minimização destes defeitos e aumentar o rendimento em madeira serrada (ROCHA, 2002; VITAL, 2008). O rendimento é uma das variáveis diretamente

afetadas pela ocorrência de defeitos e imperfeições na matéria-prima e nas tábuas (MELO et al., 2019). Outro fator que pode reduzir o volume de madeira serrada obtida é a dimensão das toras, sendo o diâmetro um fator limitante para o processamento nas serrarias.

Além do material genético, o espaçamento de plantio é uma das variáveis importantes para a produção de toras com maiores diâmetros. Visando o processamento em serrarias, maiores diâmetros podem facilitar o desdobro das toras, podendo resultar em tábuas menos defeituosas, que possuem mais cerne e com maiores dimensões em largura. Portanto, combinar os melhores materiais genéticos e os espaçamentos de plantios adequados pode gerar madeira serrada de melhor qualidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Determinar rendimentos em madeira serrada úmida e seca e qualidade das tábuas obtidas de quatro materiais genéticos de *Eucalyptus* spp. plantados em diferentes espaçamentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desdobrar toras de *Eucalyptus* spp. e determinar os rendimentos em madeira serrada;
- Avaliar a secagem ao ar livre da madeira serrada; e
- Qualificar a madeira serrada verde e seca quanto aos defeitos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS TORAS PARA PROCESSAMENTO

As toras utilizadas para o desdobro e produção de tábuas foram obtidas de acordo com o descrito no Capítulo 2, subitem 2.1. Os fustes das árvores foram seccionados em quatro toras. Subsequente à tora da base, foram obtidas mais três toras por árvore, cada uma com o comprimento de 2,5 metros. Ao todo, foram processadas 108 toras, 9 por tratamento (Capítulo 2, subitem 2.1).

2.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE TORAS

As toras foram transportadas para uma serraria em Chapadão do Sul - MS. O volume das toras foi determinado medindo-se os comprimentos e circunferências da parte superior e inferior da tora com o auxílio de uma fita métrica, com precisão de 1,0 mm. O volume de cada tora foi obtido por uma adaptação do método de Smalian, de acordo com a EQUAÇÃO 4.1.

$$V_{tora} = \frac{A1+A2}{2} * L \quad \text{EQUAÇÃO 4.1.}$$

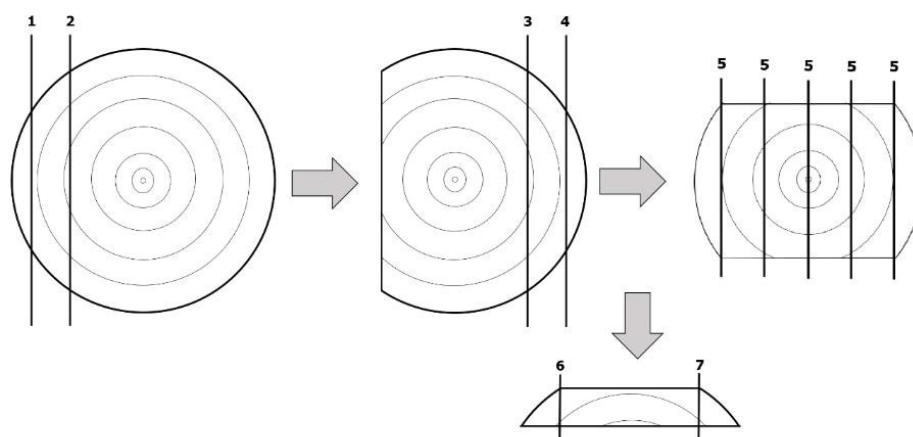
Em que: V_{tora} = Volume da tora, em m^3 ; $A1$ = Área da seção transversal de menor diâmetro, em m^2 ; $A2$ = Área da seção transversal de maior diâmetro, em m^2 ; e L = comprimento da tora, em m.

2.3 DESDOBRIO DAS TORAS

As toras foram devidamente identificadas, separadas por tratamento e distribuídas aleatoriamente no pátio da serraria. O modelo de desdobro utilizado está apresentado na FIGURA 4.1. Foi realizado o corte balanceado com a serra de fita para retirada de costaneiras e até duas tábuas de cada lado da tora, seguido de cortes simultâneos para resserragem do semibloco em serra circular múltipla. Este modelo de corte foi escolhido visando a minimização dos efeitos da liberação das tensões de crescimento após o corte. Antes da realização do desdobro, as toras permaneceram no pátio da serraria por cerca de 72 horas a fim de controlar a evolução das

rachaduras pela dissipação das tensões de crescimento (TAVARES, 2013; MARCHESAN et al., 2015).

FIGURA 4.1 – MODELO DE DESDOBRO UTILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA A PARTIR DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. OBTIDOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE ÁRVORES



FONTE: O autor (2023).

O método de desdobro adotado foi com a retirada de uma costaneira e uma tábua lateral em serra de fita simples (FIGURA 4.2A). Foi realizada a rotação da tora e retirada de outra costaneira e tábua do lado oposto, resultando em um semi-bloco central.

FIGURA 4.2 – MAQUINÁRIO UTILIZADA NO DESDOBRO DA MADEIRA. A – SERRA DE FITA SIMPLES; E B – SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA



FONTE: O autor (2023).

A resserragem dos semiblocos ocorreu em serra circular múltipla com dois eixos (FIGURA 4.2B), objetivando a obtenção de tábuas com 27 mm x 120 mm de espessura e largura, respectivamente. As costaneiras foram reaproveitadas de acordo com suas dimensões, com resserragem e refilo em serra circular, resultando em tábuas de 20 ou 27 mm de espessura e larguras de 70, 100 ou 120 mm.

2.4 RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE

Para calcular o volume de madeira serrada úmida, todas as tábuas obtidas no processamento foram medidas. O comprimento foi medido com trena (1,0 mm) e a espessura e largura nas duas extremidades das tábuas com paquímetro digital (0,01 mm) e régua (1,0 mm), respectivamente, conforme metodologia adotada por Monteiro et al. (2013). O rendimento de madeira foi obtido para cada tratamento (material genético x espaçamento de plantio), conforme EQUAÇÃO 4.2, por meio da razão entre os volumes de madeira serrada e os respectivos volumes de toras (ROCHA, 2002; VITAL, 2008; MONTEIRO et al., 2013).

$$RMSverde = \frac{VMSverde}{Vtora} * 100 \quad \text{EQUAÇÃO 4.2.}$$

Em que: RMSverde = Rendimento de madeira serrada verde, em %; e VMSverde = Volume da madeira serrada verde, em m³.

2.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE

A qualidade da madeira serrada verde foi avaliada logo após o desdobro das toras, sendo avaliados os empenamentos e as rachaduras de topo das tábuas. Os empenamentos foram avaliados em função do encurvamento, do arqueamento e do encanoamento das tábuas, sendo medidos os comprimentos das tábuas e seus respectivos desvios nos três sentidos das peças. O índice de rachadura de topo foi obtido a partir da relação entre as dimensões das rachaduras de topo e o comprimento das tábuas. Estes procedimentos foram realizados de acordo com a NBR 14806 (ABNT, 2002), devidamente em concordância com a atualização realizada pela NBR 16864-2 (ABNT, 2020).

2.6 SECAGEM DAS TÁBUAS

Depois de realizadas todas as avaliações nas tábuas verdes, estas foram destinadas à secagem ao ar livre, com o objetivo de secar a madeira abaixo de 20% de umidade. Para tanto, foram formadas duas pilhas de secagem na área externa do Centro de Ciências Florestais e da Madeira – CIFLOMA, Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR (FIGURA 4.3). A secagem ocorreu no período das estações de outono e inverno, de maio a agosto de 2019.

FIGURA 4.3 – PILHAS DE SECAGEM AO AR DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*



FONTE: O autor (2023).

As temperaturas e a umidade relativa do ambiente foram acompanhadas. O controle da umidade da pilha foi realizado por meio de amostras que eram medidas e pesadas a cada três dias, até a madeira atingir um teor de umidade em equilíbrio com a umidade do ambiente.

2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA SECA

Depois de secas, as tábuas foram medidas para obtenção do volume da madeira seca (EQUAÇÃO 4.3), além de serem medidos os empenamentos e observação da evolução das rachaduras após o período de secagem. Também foram obtidos os volumes de madeira após a operação de destopamento (EQUAÇÃO 4.4), sendo considerado o volume de madeira após destopo para eliminação das rachaduras de topo das tábuas.

$$RMSseca = \frac{VMSseca}{Vtora} * 100 \quad \text{EQUAÇÃO 4.3.}$$

Em que: RMSseca = Rendimento de madeira serrada seca, em %; e VMSseca = Volume da madeira serrada seca, em m³.

$$RMSdestopada = \frac{VMSdestopada}{Vtora} * 100 \quad \text{EQUAÇÃO 4.4.}$$

Em que: RMSdestopada = Rendimento de madeira serrada destopada para retirada das rachaduras, em %; e VMSdestopada = Volume da madeira serrada destopada, em m³.

2.8 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR ÁREA

Para determinar quais materiais genéticos e espaçamentos entre as árvores apresentariam a maior produção de madeira serrada, em m³.ha⁻¹, foram obtidos os fatores de forma dos materiais. Inicialmente foram obtidos os volumes do fuste com base em obter os volumes do cilindro (EQUAÇÃO 4.5) e do cone (EQUAÇÃO 4.6) em relação do DAP das árvores.

$$VC = \frac{(\pi * DAP^2)}{4} * h \quad \text{EQUAÇÃO 4.5.}$$

Em que: VC = volume do cilindro com base no DAP, em m³; DAP = diâmetro da árvore a 1,30 m do solo, em m.

$$VCone = \frac{(\pi * h)}{3} * (R^2 + R * r + r^2) \quad \text{EQUAÇÃO 4.6.}$$

Em que: VCone = volume do cone com base no DAP, em m³; R = raio da seção da base da árvore, em m; r = raio da seção do topo da árvore, em m.

Os fatores de forma das árvores foram obtidos a partir da relação entre o volume do cone e o volume do cilindro (MIRANDA et al., 2015). Essa relação está expressa na EQUAÇÃO 4.7.

$$FF = \frac{VCone}{VC} \quad \text{EQUAÇÃO 4.7.}$$

Por fim, foram obtidos os volumes reais das árvores, conforme EQUAÇÃO 4.8. A equação leva em consideração a área basal, a altura e o fator de forma da árvore (CURTO, 2019).

$$VRárv = \frac{(\pi * DAP^2)}{4} * h * FF \quad \text{EQUAÇÃO 4.8.}$$

Em que: VRárv = volume real da árvore, em m³; h = altura de retirada das toras, em m; e FF = fator de forma da árvore, adimensional.

A produção total de madeira serrada verde por hectare foi estimada de acordo com a EQUAÇÃO 4.9, a produção total de madeira serrada seca por hectare foi estimada de acordo com a EQUAÇÃO 4.10, e a produção total de madeira serrada seca e destopada por hectare foi estimada de acordo com a EQUAÇÃO 4.11. Obteve-se também o volume de madeira serrada após secagem e após destopo para eliminação das rachaduras de topo das tábuas, utilizando a mesma razão, considerando o volume correspondente a estas etapas.

$$VMSverde/área = (VRárv * \frac{RMSverde}{100}) * n \quad \text{EQUAÇÃO 4.9.}$$

Em que: VMSverde/área = volume de madeira serrada verde por área, em m³.ha⁻¹; e n = número de árvores por hectare.

$$VMSseca/área = (VRárv * \frac{RMSseca}{100}) * n \quad \text{EQUAÇÃO 4.10.}$$

Em que: VMSseca/área = volume de madeira serrada seca por área, em m³.ha⁻¹.

$$VMSdestopada/área = (VRárv * \frac{RMSdestopada}{100}) * n \quad \text{EQUAÇÃO 4.11.}$$

Em que: VMSdestopada/área = volume de madeira serrada seca e destopada por área, em m³.ha⁻¹.

2.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental consistiu em um fatorial de dois fatores (4 x 3), cujo primeiro fator seria o material genético (quatro clones) e o segundo fator sendo o

espaçamento entre árvores (três espaçamentos), totalizando 12 tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) e ao teste de homogeneidade de variância de Cochran.

Em seguida, foi realizada uma análise estatística inteiramente casualizada em fatorial 4 x 3, com teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação entre as médias dos fatores (fator 1: quatro materiais genéticos; fator 2: três espaçamentos entre árvores), por meio do programa RStudio versão 1.1.463 (R CORE TEAM, 2021), a fim de determinar qual tratamento apresenta maiores potenciais para gerar madeira serrada de *Eucalyptus* com melhor qualidade. Os resultados da ANOVA estão apresentados no APÊNDICE 10.

A avaliação da qualidade das tábuas foi realizada por meio de análise estatística inteiramente casualizada em fatorial 4 x 3 com diferentes números de repetições, sendo levadas em consideração todas as tábuas avaliadas por tratamento (TABELA 4.1). Para cada parâmetro também foram realizadas análises de variância e desvio padrão da média, sendo apresentados os coeficientes de variação.

TABELA 4.1 – NÚMERO DE TÁBUAS OBTIDAS APÓS DESDOBRAMENTO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Tratamento	Material Genético	Espaçamento (m ²)	Número de tábuas
1	<i>Eucalyptus urophylla</i> x	3,0 x 3,0	31
2	<i>Eucalyptus grandis</i> 1	6,0 x 3,0	53
3		8,5 x 3,0	55
4	<i>Eucalyptus urophylla</i> x	3,0 x 3,0	33
5	<i>Eucalyptus grandis</i> 2	6,0 x 3,0	56
6		8,5 x 3,0	73
7	<i>Eucalyptus urophylla</i> x	3,0 x 3,0	30
8	<i>Eucalyptus grandis</i> 3	6,0 x 3,0	33
9		8,5 x 3,0	55
10		3,0 x 3,0	17
11	<i>Eucalyptus saligna</i>	6,0 x 3,0	30
12		8,5 x 3,0	44

FONTE: O autor (2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE

De acordo com os resultados obtidos pelo teste de normalidade, observou-se uma distribuição normal entre os tratamentos (material genético x espaçamento), além das variâncias serem homogêneas. Foi possível observar que a interação entre os fatores (material genético x espaçamento de plantio) influenciou diretamente no rendimento da madeira serrada verde. As maiores médias de rendimento em madeira serrada verde foram obtidas pelo *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e pelo maior espaçamento, 8,5 m x 3 m (TABELA 4.2).

TABELA 4.2 – RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA VERDE APÓS DESDOBRIO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Rendimento em madeira serrada verde (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	51,94 aA (8,18)*	49,90 aA (12,70)	50,92 aA (29,03)	50,92 (18,20)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	38,41 bA (9,04)	40,06 aA (8,57)	39,11 bA (11,47)	39,19 (9,55)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	29,93 bcB (49,63)	29,11 bB (16,54)	49,50 aA (28,73)	36,18 (41,87)
<i>E. saligna</i>	21,24 cA (38,63)	24,84 bA (28,06)	27,70 abA (10,43)	24,59 (27,42)
Média	35,38 (40,43)	35,98 (31,26)	41,81 (33,17)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

O espaçamento entre árvores influenciou na produção de madeira serrada apenas no material de *E. urophylla* x *E. grandis* 3, em que as toras que se desenvolveram em maior espaçamento conseguiram aumentar cerca de 70% no volume de tábuas, observando-se um rendimento médio em madeira serrada de cerca de 30% no menor espaçamento e aproximadamente 50% no maior espaçamento (Tabela 4.2). Portanto, para este material genético a produção de madeira em maior espaçamento foi capaz de influenciar na produção de tábuas.

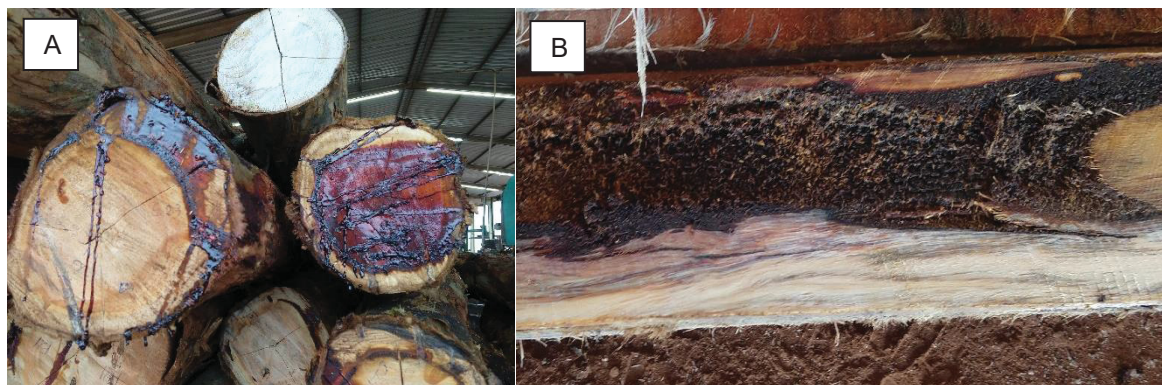
Os maiores rendimentos em madeira serrada verde foram obtidos pelo *E. urophylla* x *E. grandis* 1, para os três espaçamentos, não havendo diferença significativa entre os rendimentos deste material genético e do *E. urophylla* x *E. grandis* 3 para o maior espaçamento (Tabela 4.2). O desdobro desse material pode ter sido eficiente para eliminar os efeitos das tensões de crescimento, afetando menos o rendimento em madeira serrada do que nos demais materiais. Esses tratamentos estão de acordo com o esperado para o rendimento de madeira serrada de espécies de folhosas, que, devido ao afilamento e alta propensão a defeitos, apresentam rendimento em uma faixa entre 45% e 55% (VITAL, 2008).

Rendimento semelhante a esses tratamentos foi obtido por Carvalho et al. (2019), de 47,08% para *Eucalyptus*, em um sistema de desdobro tangencial alternado. Assim como o desdobro de cortes simultâneos realizados na serra circular múltipla, têm como objetivo auxiliar na minimização dos efeitos da tensão de crescimento. Além disso, ao avaliar o rendimento de 11 clones de *Eucalyptus* spp., Ferreira et al. (2004) obtiveram valores entre 27,2% e 45,0%, com os melhores rendimentos obtidos nesta pesquisa apresentando médias superiores. Além dos pequenos diâmetros das toras, um dos fatores que pode ter influenciado no baixo rendimento da maioria dos tratamentos seria o uso de madeira jovem e consequente tensões de crescimento para esses materiais genéticos, característica responsável pela maior parte das perdas verificadas durante o processamento das toras (ASSIS, 2010).

Em relação ao rendimento do *E. saligna*, foram observados valores baixos, considerando os rendimentos observados por Juízo et al. (2014), que obtiveram rendimentos de 40% para a madeira desta espécie em função do diâmetro da tora, acima de 30 cm. Além dos diâmetros, um dos fatores de redução do rendimento em madeira serrada do *E. saligna* foi em função de algumas partes da tora apresentarem algum tipo de goma resina, como pode ser observado na FIGURA 4.4.

Esta goma resina pode ter sido produzida fisiologicamente pela árvore para proteção contra injúrias sofridas no tronco ou por má adaptação às condições de campo (TOMIO et al., 2021). Por isso, muitos outros cortes precisaram ser realizados nas tábuas para torná-las utilizáveis. Além disso, a região do plantio sofre com oscilações de temperatura durante o ano, podendo as temperaturas mais frias terem culminado em geadas que geraram esses pontos de goma resina.

FIGURA 4.4 – MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* COM GOMA RESINA. A – TORAS; E B – TÁBUA APÓS DESDOBRO



FONTE: O autor (2023).

A baixa produção volumétrica de tábuas de alguns materiais, observada para o rendimento da madeira serrada, pode estar ligada à classe de diâmetro da tora e ao processamento utilizando serra circular múltipla. O aumento do diâmetro desses materiais pode culminar em maior rendimento em madeira serrada (BIASI; ROCHA, 2007; ANJOS; FONTES, 2017).

3.2 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE

A qualidade da madeira serrada não foi influenciada pela interação entre o material genético e o espaçamento de plantio. O índice de rachadura de tábua (IRT_{tábuas}) e o encurvamento sofreram influência apenas do material genético. Já o arqueamento das tábuas foi influenciado pelo material genético e pelo espaçamento de plantio, como fatores isolados. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Ao todo foram avaliadas 510 tábuas. Os resultados da qualidade da madeira serrada verde podem ser observados na TABELA 4.3.

Apesar de naturalmente ocorrerem alguns defeitos após o processamento das toras, como por exemplo ocorrência de encanoamentos em tábuas próximas à casca, não foi observado empenamento expressivo desse tipo. Apenas 0,3% das tábuas avaliadas apresentaram algum grau de encanoamento, sendo desconsiderada a ocorrência desse empenamento na madeira serrada avaliada. Por isso, pode-se dizer que a combinação dos materiais genéticos e espaçamentos de plantio avaliados neste trabalho, aliados à largura das tábuas, não imputam efeitos para influenciar a ocorrência de encanoamento na madeira de *Eucalyptus*.

TABELA 4.3 – VALORES MÉDIOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA VERDE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Encurvamento (mm.m ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	4,14 (52,17)*	3,44 (60,88)	4,08 (46,93)	3,85 a (53,27)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	5,64 (65,75)	5,26 (68,25)	5,43 (65,22)	5,41 b (65,98)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	4,29 (61,60)	4,13 (69,66)	4,46 (54,34)	4,33 a (59,96)
<i>E. saligna</i>	4,18 (57,86)	4,22 (65,78)	3,91 (55,99)	4,06 a (59,46)
Média	4,63 A (62,54)	4,31 A (69,27)	4,58 A (60,20)	
Arqueamento (mm.m ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	1,20 (49,82)	1,48 (64,80)	1,92 (65,02)	1,59 a (66,32)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	1,69 (77,05)	1,43 (40,40)	2,53 (82,91)	1,98 b (82,67)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	1,52 (50,42)	1,21 (65,48)	1,86 (67,30)	1,59 a (66,32)
<i>E. saligna</i>	1,84 (81,71)	1,29 (48,76)	1,78 (50,26)	1,63 a (60,40)
Média	1,53 A (69,35)	1,38 A (55,23)	2,07 B (74,73)	
Índice de rachadura de topo das tábuas (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	8,08 (51,51)	8,02 (62,30)	9,35 (61,49)	8,56 c (60,12)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	6,07 (46,74)	6,08 (67,11)	7,30 (69,24)	6,63 ab (65,91)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	6,36 (73,38)	9,08 (58,59)	7,27 (54,15)	7,55 bc (61,25)
<i>E. saligna</i>	6,25 (51,21)	5,16 (71,97)	5,03 (59,61)	5,30 a (61,93)
Média	6,74 A (51,52)	7,09 A (67,04)	7,34 A (65,93)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Quanto ao encurvamento da madeira serrada verde, o *E. urophylla* x *E. grandis* 2 diferiu estatisticamente dos demais materiais genéticos. Esse foi o único que apresentou uma média acima de 5,0 mm.m⁻¹ (Tabela 4.3), não sendo considerados empenamentos expressivos na madeira serrada. Como esse material genético apresentou valores baixos para a deformação residual longitudinal (DRL), conforme observado no Capítulo 2, a maior ocorrência de encurvamento das tábuas pode ter acontecido em função do arranjo anatômico da madeira. Vale ressaltar que o encurvamento é um defeito que pode ser minimizado a partir da produção de uma

pilha de tábuas estruturada corretamente, cuja secagem pode auxiliar na diminuição desse defeito.

O encurvamento dos três materiais de *E. urophylla* x *E. grandis* variou entre 3,85 e 5,41 mm.m⁻¹ (Tabela 4.3). Tal resultado diferiu do encontrado por França et al. (2019), para dois materiais genéticos deste híbrido com 10 anos, que apresentaram valores de 1,22 e 1,65 mm.m⁻¹. Nesse caso, fatores como a idade e a forma de processamento pode ter influenciado no maior valor para encurvamento dos três materiais genéticos avaliados neste trabalho, principalmente pela liberação das tensões de crescimento e ocorrência de madeira juvenil. Apesar disso, os autores acima citados ainda observaram um encurvamento médio próximo a 3,6 mm.m⁻¹ para outro material genético de mesma idade. Portanto, pode-se confirmar que o material genético influencia diretamente no encurvamento das peças, tanto pela liberação das tensões como pelo arranjo anatômico de cada madeira.

Já para o *E. saligna*, o encurvamento médio foi superior ao encontrado em outros trabalhos, podendo ser observados valores médios de 1,82 mm.m⁻¹ para madeiras de 25 anos (STANGERLIN et al., 2009). Porém, de acordo com a classe diamétrica das toras, pode-se observar valores entre 3,32 e 5,22 mm.m⁻¹ para madeiras de 11 anos (ANJOS; FONTES, 2017). Os valores encontrados neste estudo corroboram com essa faixa de ocorrência de encurvamento na madeira serrada.

Para outras espécies e materiais genéticos de *Eucalyptus*, pode-se confirmar uma alta variabilidade na qualidade da madeira serrada. Para o encurvamento das tábuas é possível observar valores entre 1,50 e 6,68 mm.m⁻¹ (FERREIRA et al., 2004; HASELEIN et al., 2004; ROCHA; TRUGILHO, 2006; STANGERLIN et al., 2009; CADEMARTORI et al., 2015; ANJOS; FONTE, 2017; MÜLLER, 2018; FRANÇA et al., 2019), sendo alguns destes próximos ou correspondentes aos observados para os quatro materiais avaliados neste estudo.

Assim como para o encurvamento da madeira serrada verde, o *E. urophylla* x *E. grandis* 2 foi o único material que se diferenciou dos demais para o arqueamento das tábuas, apresentando a maior média (Tabela 4.3). Observa-se, portando, uma pré-disposição desse material a produzir tábuas com empenamentos, sobretudo encurvamento e arqueamento, apesar de que para esse último os valores serem considerados baixos. Além disso, a imprecisão no corte na serra de fita ocasionada pela oscilação de lâmina pode ter influenciado a ocorrência deste defeito no momento

do processamento da tora e transformação no semibloco, portanto relacionando este defeito com o processo de desdobro (ROCHA; TRUGILHO, 2006).

O arqueamento dos três materiais de *E. urophylla* x *E. grandis* variou entre 1,59 e 1,98 mm.m⁻¹ (Tabela 4.3). Estes valores são superiores ao encontrado por França et al. (2019), que observaram arqueamentos médios de 0,51, 0,58 e 1,07 mm.m⁻¹ para três materiais genéticos deste híbrido com 10 anos. Apesar disso, podem ser considerados valores em acordo com o arqueamento de madeiras de *Eucalyptus*.

Para o *E. saligna*, o arqueamento das tábuas foi inferior ao observado na literatura. Stangerlin et al. (2009) obtiveram tábuas com um valor médio de arqueamento correspondente a 2,87 mm.m⁻¹. Portanto, observa-se a produção de madeira serrada de boa qualidade proveniente deste material genético quanto a este defeito, sobretudo pelo modelo de desdobro aplicado.

O nível de arqueamento de tábuas de outras espécies e materiais genéticos de *Eucalyptus* também pode justificar a variabilidade dos dados para este defeito. Para o arqueamento das tábuas é possível observar valores entre 0,47 e 2,88 mm.m⁻¹ (FERREIRA et al., 2004; STANGERLIN et al., 2009; CADEMARTORI et al., 2015; ANJOS, 2013; FRANÇA et al., 2019), corroborando com os resultados obtidos para os quatro materiais avaliados neste estudo.

As madeiras que se desenvolveram no maior espaçamento (8,5 m x 3,0 m) apresentaram os maiores valores de arqueamento, principalmente influenciado pelo alto valor médio obtido pelas tábuas do *E. urophylla* x *E. grandis* 2 neste espaçamento (Tabela 4.3). Apesar de não haver interação entre o material genético e o espaçamento de plantio para essa variável, as tábuas da combinação *E. urophylla* x *E. grandis* 2 do maior espaçamento apresentaram maiores arqueamentos que as demais.

O *E. saligna* apresentou IRTábuas inferior ao híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, podendo essa ser uma resposta proveniente de diferenças na madeira dessa espécie e dos materiais genéticos do híbrido, bem como decorrente do seu crescimento mais lento (Tabela 4.3). Para as rachaduras de tábuas foram observados valores abaixo do que é encontrado na literatura. Em madeiras de *Eucalyptus* é comum observar rachaduras que derivam da liberação das tensões de crescimento, afetando desde a tora até as tábuas desdobradas. Como observado no Capítulo 2 (subitem 3.2), os materiais que apresentaram maiores valores de DRL apresentaram também maior propensão a formação de rachaduras nos topos das tábuas. Dessa forma, observa-

se que a avaliação da DRL seria um possível indicativo de definição dos materiais que apresentam maior propensão de rachaduras de topo das tábuas.

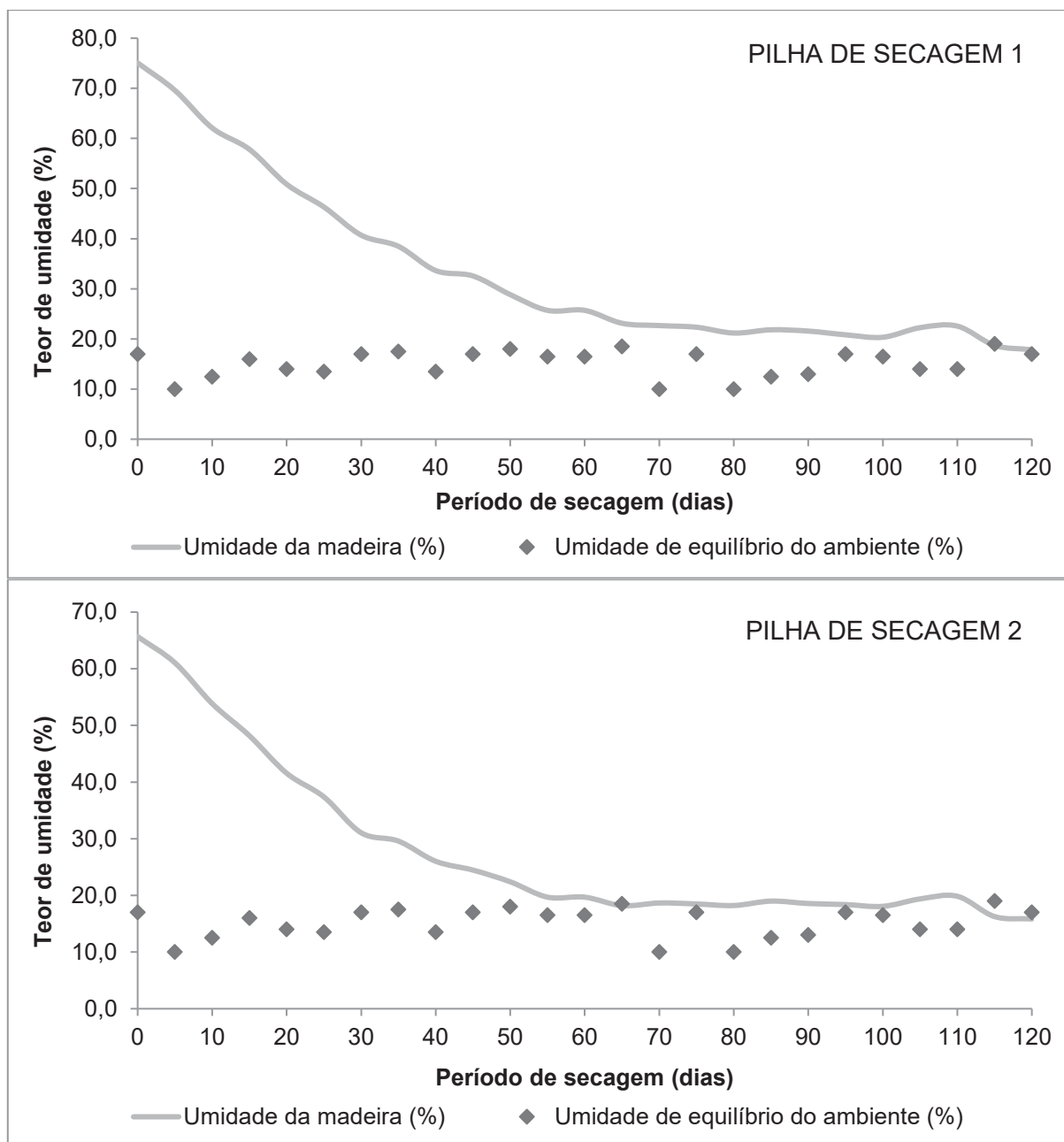
Comparando com outras avaliações de IRT de tábuas do gênero, o *E. saligna* apresentou um maior nível de rachaduras do que o observado por Stangerlin et al. (2009), que observaram uma amplitude entre 2,90% e 4,11%. Porém o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresentou conformidade com o identificado por um material genético avaliado por França et al. (2019), que observaram uma média de IRTtábua de 7,56%.

Comumente podem ser observados valores acima de 10% de IRT em madeiras serradas verdes de *Eucalyptus* (HASELEIN et al., 2004; FERREIRA et al., 2004; ROCHA; TRUGILHO, 2006; SOUZA et al., 2012; ANJOS, 2013; MARCHESAN et al., 2015; FRANÇA et al., 2019) valores acima dos observados para os materiais avaliados neste trabalho. Portanto, apesar de mais de 97% das tábuas avaliadas neste trabalho apresentarem algum tipo de fissura ou rachadura no topo, a aplicação de uma etapa de destopo seria suficiente para eliminar este defeito nas peças. Apesar de reduzir o rendimento em madeira serrada, destopar as tábuas se torna a única alternativa para uso como madeira sólida.

3.3 SECAGEM DA MADEIRA SERRADA

A secagem ao ar livre ocorreu durante 120 dias, obtendo-se tábuas com umidade entre 17% e 19%. As curvas de secagem baseadas na umidade da madeira e na umidade de equilíbrio do ambiente das duas pilhas podem ser observadas na FIGURA 4.5. A umidade inicial das tábuas estava entre 65% e 75%. secagem da madeira foi acelerada nos primeiros 60 dias, em que foi possível observar que as tábuas apresentaram teor de umidade entre 21% e 25%. Tal comportamento foi observado por Zen et al. (2019), que após secar madeiras de *Eucalyptus* spp. também em Curitiba/PR em período semelhante entre o outono e o inverno, mesma condição deste trabalho, observaram uma umidade média correspondente a 23%. Apesar de ser um período de concentração de chuvas, não houve a observação de estruturas fúngicas como bolores nas tábuas.

FIGURA 4.5 – CURVAS DE SECAGEM AO AR LIVRE DA MADEIRA SERRADA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE



FONTE: O autor (2023).

3.4 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SECA

Assim como para a madeira úmida, a qualidade da madeira serrada seca não foi influenciada pela interação entre o material genético e o espaçamento de plantio. O índice de rachadura do topo de tábuas (IRT_{tábuas}) sofreu influência apenas do material genético, o arqueamento foi influenciado apenas pelo espaçamento de

plantio, enquanto o encurvamento foi influenciado pelo material genético e pelo espaçamento de plantio, como fatores isolados. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os resultados da qualidade da madeira serrada seca podem ser observados na TABELA 4.4.

TABELA 4.4 – VALORES MÉDIOS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA SECA DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Encurvamento (mm.m ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	5,45 (49,83)*	4,85 (42,40)	5,17 (35,76)	5,12 ab (42,02)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	6,42 (63,06)	5,83 (62,45)	5,90 (49,81)	5,98 b (57,15)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	5,69 (89,87)	5,37 (50,07)	4,72 (42,69)	5,14 ab (63,15)
<i>E. saligna</i>	5,69 (56,47)	5,37 (46,05)	3,84 (38,61)	4,26 a (50,75)
Média	5,86 B (66,73)	5,11 A (55,19)	5,03 A (46,64)	
Arqueamento (mm.m ⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	1,38 (49,40)	1,66 (68,52)	2,53 (71,99)	1,94 a (75,01)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	2,01 (77,68)	1,74 (84,63)	2,81 (91,17)	2,28 a (92,20)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	2,00 (53,02)	1,49 (70,80)	2,43 (65,31)	2,08 a (66,74)
<i>E. saligna</i>	2,65 (81,52)	1,57 (63,08)	2,20 (57,94)	2,08 a (69,43)
Média	1,93 A (72,98)	1,64 A (74,19)	2,53 B (77,38)	
Índice de rachadura de topo das tábuas (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	14,74 (100,17)	11,83 (83,68)	14,39 (82,14)	13,48 c (88,11)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	9,21 (54,70)	9,02 (71,15)	11,65 (110,81)	10,25 ab (95,39)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	13,46 (59,20)	13,54 (60,53)	13,36 (101,24)	13,43 bc (83,65)
<i>E. saligna</i>	9,26 (35,98)	6,45 (77,54)	8,34 (75,22)	7,89 a (69,40)
Média	10,23 A (80,53)	11,92 A (81,24)	12,04 A (98,91)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

Após o período de secagem, observou-se um leve aumento nos valores de empenamentos da madeira serrada. Esperava-se um comportamento de diminuição das flechas de empenamentos em decorrência da secagem branda realizada ao ar,

em que é possível reduzir esses índices de defeitos (ZEN et al., 2019). Portanto, a secagem ao ar livre não foi capaz de minimizar os problemas com encurvamento e arqueamento das tábuas.

Mesmo culminando num aumento da ocorrência de encurvamento e arqueamento, não foi observada uma evolução no encanoamento das tábuas após a secagem, sendo novamente desconsiderada a ocorrência desse empenamento na madeira serrada avaliada. Segundo Fagundes (2003), o desdobro tangencial é uma técnica que apresenta como característica a obtenção de tábuas propensas a possuírem algum grau de encanoamento após secagem, devido à estrutura anatômica e contração da madeira serrada. Porém, essa tendência não foi observada neste trabalho. Tal resultado pode ser uma resposta à largura das tábuas, pois 120 mm pode ter sido uma largura insuficiente para observação desse empenamento, mas que pode ser intensificado após a secagem. Além disso, pela obtenção de um maior número de tábuas radiais no desdobro aplicado neste trabalho, há naturalmente uma menor ocorrência desse defeito.

A saída da água não uniforme durante o período de secagem também pode ter sido um fator para aumento desses defeitos na tábua. A localização da tábua na pilha de secagem influencia diretamente a uniformização da secagem da madeira (SCHAEFFER et al., 2020). Além disso, o arranjo das pilhas também condiciona a ocorrência de empenamentos após a secagem (ZEN et al., 2019), uma vez que há as peças que ficam mais acima e não recebem muito peso para diminuir os efeitos dos defeitos.

Para o encurvamento, o *E. urophylla* x *E. grandis* 2 continuou apresentando os maiores valores, diferindo estatisticamente do *E. saligna*. Foi observado um aumento do encurvamento na ordem de 33% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 1, 10% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 2, 19% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 3 e cerca de 5% para o *E. saligna* (Tabela 4.4). Dessa forma, percebe-se uma tendência das tábuas de *E. saligna* encurvarem menos que as de *E. urophylla* x *E. grandis* após a secagem. Segundo a classificação dos defeitos da madeira serrada após o processo de secagem proposto por Severo (2000), as tábuas do *E. saligna* seriam classificadas como de encurvamento leve, por apresentar média $< 5,0 \text{ mm.m}^{-1}$, e os três materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* como de encurvamento forte ($> 5,0 \text{ mm.m}^{-1}$).

Os valores de encurvamento destes materiais estão de acordo com o observado por França et al. (2019) após secagem das tábuas ao ar livre, que ficaram

numa faixa entre 4,98 e 7,02 mm.m⁻¹. Além disso, corrobora com os trabalhos de Lima e Stape (2017), no qual avaliaram 13 diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* de idades variando entre 7 e 22 anos, obtendo encurvamentos entre 3,53 e 6,60 mm.m⁻¹, e de Rocha e Trugilho (2006), que observaram um valor médio de 5,53 mm.m⁻¹ para *E. dunnii*.

Os encurvamentos da madeira serrada seca observados para os quatro materiais genéticos avaliados foram superiores ao encontrado em alguns trabalhos para madeiras de *Eucalyptus*. Zen et al. (2019) avaliaram madeira de *Eucalyptus* spp. com 15 anos após secagem ao ar livre e obtiveram um valor médio de encurvamento correspondente a 1,34 mm.m⁻¹. Já Souza et al. (2015) obtiveram tábuas com encurvamento médio de 3,30 mm.m⁻¹ para *E. dunnii* com 20 anos.

O menor espaçamento de plantio foi responsável pela produção de tábuas com maiores encurvamentos (Tabela 4.4). Apesar de não serem observadas diferenças entre os espaçamentos em variáveis como o desenvolvimento de tensões de crescimento, como apresentado no Capítulo 2, a liberação de tensões de secagem pode ter sido a principal responsável pelo aumento do encurvamento das tábuas.

Todos os materiais apresentaram tábuas com arqueamento leve, cujos valores foram menores que 5,0 mm.m⁻¹ (SEVERO, 2000). A madeira serrada seca sofreu apenas influência do espaçamento para o arqueamento, sendo registrados os maiores valores nas madeiras que se desenvolveram no maior espaçamento. Esse comportamento pode estar ligado tanto com as tensões de secagem, quanto por fatores intrínsecos da madeira, principalmente a constituição anatômica das madeiras avaliadas. Porém, estes valores também podem ter sido influenciados pelo processo de canteagem das tábuas durante o desdobro.

Os resultados de arqueamento das tábuas secas foram inferiores ao observado por França et al. (2019), que obtiveram tábuas com valores entre 3,01 e 4,03 mm.m⁻¹, bem como por Amparado (2008), apresentando arqueamento de 3,56 mm.m⁻¹ para tábuas de *E. saligna* com 20 anos, e por Souza et al. (2012), com valores entre 3,0 e 4,5 mm.m⁻¹ para tábuas de *E. grandis* com 14 anos. Apesar disso, foram valores superiores ao observado por Zen et al. (2019) e Rocha e Trugilho (2006), que avaliaram tábuas que possuíam 0,58 e 0,04 mm.m⁻¹ de arqueamento, respectivamente. Considera-se, portanto, um comportamento satisfatório para os empenamentos dos materiais avaliados nesse trabalho.

Após a secagem, houve um aumento significativo nas rachaduras de topo. Estatisticamente, o comportamento dos materiais genéticos se manteve, havendo diferenças entre o *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e o *E. saligna*, que apresentou o menor índice de rachaduras. Individualmente, o incremento nas rachaduras seguiu uma ordem de: 57% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 1, 55% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 2, 77% para o *E. urophylla* x *E. grandis* 3, e 49% para o *E. saligna*.

Os valores de IRTábuas observados em todos os materiais está de acordo com o observado por Lima e Stape (2017), em que diferentes materiais genéticos podem apresentar índices de rachaduras numa faixa entre 6,8% e 14,8%, corroborando com a qualidade das tábuas avaliadas nesse trabalho. Observa-se também uma menor predisposição para evolução das rachaduras em tábuas de *E. saligna* em relação aos três materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis*. Conforme classificação de Severo (2000), o *E. saligna* apresentou um comportamento de tábuas com rachaduras leves por apresentar IRTábuas inferior a 10%, enquanto os três materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* são classificados como de rachaduras severas ou fortes (IRTábuas > 10%).

3.5 RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA SECA E DESTOPADA

As perdas de volume devido à contração das tábuas após secagem e após destopo foram afetadas pela interação entre o material genético e o espaçamento de plantio, com todos os tratamentos apresentando a mesma tendência de perda. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. Os rendimentos em madeira serrada seca e após destopo podem ser observados na TABELA 4.5.

As perdas de rendimento em relação ao volume de madeira verde (Tabela 4.2) ocorreram em média na ordem de 3,4% por secagem (até aproximadamente 20% de umidade) e de 4,2% em função das rachaduras no topo, com uma perda total média de 7,6%. Essas variações na produção das peças influenciam diretamente na eficiência da serraria em relação ao desdobro e no volume de madeira serrada obtido, podendo também contribuir para a ocorrência de defeitos que futuramente impactarão em etapas de beneficiamento e usinagem das madeiras.

TABELA 4.5 – RENDIMENTOS EM MADEIRA SERRADA SECA E APÓS DESTOPO DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Rendimento em madeira serrada seca (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	48,05 aA (7,70)*	45,80 aA (11,06)	46,58 aA (27,98)	46,81 (11,68)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	35,17 bA (11,16)	35,67 bA (6,77)	35,89 bA (11,61)	35,58 (7,11)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	26,73 bcB (53,73)	25,92 cB (15,95)	44,26 abA (27,94)	32,30 (32,53)
<i>E. saligna</i>	19,42 cA (40,29)	24,90 cA (19,06)	25,56 cA (10,31)	23,29 (19,48)
Média	32,34 (41,98)	33,07 (28,68)	38,07 (30,10)	
Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	40,96 aA (11,75)	40,65 aA (13,28)	37,21 aA (41,02)	39,61 (15,07)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	31,68 abA (11,55)	33,01 abA (7,09)	31,48 abA (13,80)	32,06 (8,21)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	23,19 bcB (53,09)	22,64 cB (14,22)	31,48 abA (33,03)	28,36 (33,34)
<i>E. saligna</i>	16,92 cA (50,58)	23,25 bcA (20,11)	23,36 bA (10,87)	21,18 (21,69)
Média	28,19 (42,55)	29,89 (28,47)	32,82 (35,59)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

As perdas por secagem ocorreram, principalmente, devido à contração da madeira, do volume saturado a cerca de 20% de umidade. Este é um resultado esperado, visto que a liberação da água presente na parede celular causa a redução de volume da célula, e consequentemente da madeira. Apesar do comportamento observado nesses materiais genéticos, geralmente a madeira de *Eucalyptus* apresenta contração volumétrica normal ou alta (OLIVEIRA et al., 2010), possivelmente aumentando essas perdas de volume após secagem. Os valores de contração desses materiais podem ser observados no Capítulo 3 (subitem 3.1.3, tabela 3.5).

Além das contrações e do colapso de secagem, as fissuras e rachaduras de topo em tábuas são um dos maiores problemas na perda de volume da madeira serrada. As espécies do gênero são propensas a fissuras, devido à ocorrência de tensões de crescimento que favorecem o desenvolvimento de rachaduras no topo das toras e consequentemente das tábuas.

As tensões de secagem também favorecem trincas na madeira, principalmente porque essas espécies são classificadas como difíceis de secar e podem apresentar um grande número de defeitos após a secagem, como as madeiras de *Eucalyptus* (KÄLLBOM et al., 2020; SALINAS et al., 2020). Apesar disso, as tábuas foram secas ao ar, com um período de estabilização da umidade de quatro meses, o que reduz a ocorrência de rachaduras quando comparado à secagem artificial.

3.6 PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR ÁREA

A produção de madeira serrada por hectare não foi influenciada pela interação entre o material genético e o espaçamento de plantio, nem pelo espaçamento de plantio como um fator isolado. Porém, tanto a produção de madeira serrada verde quanto a seca e após destopo por área foi influenciada pelo material genético. Os dados avaliados foram normais e apresentaram variâncias homogêneas. As estimativas da produção de madeira serrada por hectare podem ser observadas na TABELA 4.6.

Conforme observado por Blinkey et al. (2017), árvores de *Eucalyptus* plantadas em maior espaçamento apresentaram o maior crescimento em diâmetro. Este fato contribuiu para que mesmo com menor número de árvores por hectare, o espaçamento 8,5 m x 3,0 m tivesse uma produção total de madeira serrada semelhante em relação aos outros dois espaçamentos.

Nesse caso, para a produção de madeira voltada para serraria, seria recomendado o plantio dos materiais *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 no maior espaçamento, visando a obtenção de um maior volume de madeira serrada. Dessa forma, o número de árvores por hectare seria reduzido, implicando em redução de custos para tratamentos silviculturais. Além disso, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) podem ser implantados nas entrelinhas para a produção agrossilvipastoril, que possibilita outras fontes de renda, além da obtenção de toras de maior diâmetro, o que favorece a produção de madeira serrada. Nesses casos, a idade da árvore e seu crescimento são fatores importantes para uso em serrarias (MIGUEL et al., 2010).

TABELA 4.6 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA POR HECTARE PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* spp. E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, DE PLANTIO COM SETE ANOS DE IDADE.

Espécie ou material genético	Espaçamento entre árvores			Média
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Volume de madeira serrada verde por hectare (m³.ha⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	77,28 (14,93)*	69,96 (28,66)	55,25 (10,21)	67,50 ab (22,77)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	79,62 (19,65)	73,78 (5,76)	69,92 (8,55)	74,44 a (12,92)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	70,40 (23,98)	43,56 (2,83)	52,98 (15,09)	55,65 b (27,06)
<i>E. saligna</i>	33,05 (20,72)	38,61 (41,68)	43,74 (9,23)	38,47 c (26,25)
Média	65,09 A (34,86)	56,48 A (34,86)	55,47 A (20,00)	
Volume de madeira serrada seca por hectare (m³.ha⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	71,35 (14,65)	64,17 (27,31)	50,62 (8,00)	62,05 ab (22,29)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	72,84 (20,56)	65,81 (9,86)	64,17 (8,97)	67,61 a (14,09)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	62,00 (17,97)	38,87 (4,67)	47,37 (11,61)	49,41 b (24,13)
<i>E. saligna</i>	29,99 (23,45)	35,16 (39,91)	40,34 (9,03)	35,16 c (26,22)
Média	59,05 A (34,63)	51,00 A (34,83)	50,63 A (19,62)	
Volume de madeira serrada seca e destopada por hectare (m³.ha⁻¹)				
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	61,14 (17,01)	57,01 (26,53)	40,85 (10,10)	53,00 ab (24,94)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	65,83 (21,99)	60,85 (9,11)	56,30 (9,49)	60,99 a (15,05)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	54,10 (20,54)	33,87 (4,07)	41,72 (14,28)	43,23 bc (25,15)
<i>E. saligna</i>	25,59 (35,65)	32,77 (40,03)	36,84 (6,65)	31,73 c (29,84)
Média	51,66 A (36,81)	46,12 A (34,95)	43,93 A (19,74)	

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre espaçamentos (linhas) e letras minúsculas correspondem à comparação entre materiais genéticos (colunas).

*Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2023).

No caso do *E. saligna*, o baixo rendimento em madeira serrada fez com que a espécie apresentasse os menores volumes de madeira por hectare. Apesar disso, deve-se considerar as características da espécie para uso como madeira sólida, comparando-se com os resultados obtidos pelos materiais de *E. urophylla* x *E. grandis*.

4 CONCLUSÕES

A produção e a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus* sofreram influência do material genético, do espaçamento de plantio e da interação entre estes fatores.

O fator material genético afetou diretamente a qualidade da madeira serrada, seja ela seca ou úmida, quanto ao desenvolvimento de empenamentos e rachaduras de topo nas tábuas. Além disso, afeta a produção de madeira serrada por área, seja ela nas condições úmida ou seca e destopada.

O fator espaçamento também afetou a qualidade da madeira serrada, principalmente quanto aos empenamentos, reduzindo o encurvamento da madeira serrada seca e aumentando o arqueamento das tábuas úmidas e secas em função do aumento do espaçamento entre árvores.

A interação entre material genético e espaçamento de plantio para florestas de *Eucalyptus* afetou o rendimento em madeira serrada, em relação aos volumes verdes, secos e destopados.

Em função dos baixos rendimentos observados, o *E. saligna* apresenta um potencial menor de produção em volume de madeira serrada em comparação com os materiais genéticos do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*.

A madeira serrada de *E. saligna* apresenta uma tendência de possuir melhor qualidade quanto a empenamentos e rachaduras de topo que o *E. urophylla* x *E. grandis*.

Apesar de possuir menor número de árvores por hectare, o volume de madeira desenvolvido em espaçamento 8,5 m x 3,0 m compensou a inferioridade da quantidade de matéria-prima, gerando volumes equivalentes de madeira serrada aos obtidos nos outros espaçamentos inferiores, podendo ser indicados para o processamento em serrarias.

REFERÊNCIAS

- AMPARADO, K. F. **Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de um plantio de *Eucalyptus saligna* Smith visando o segmento moveleiro**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, 2008.
- ANJOS, R. A. M. **Estudo sobre a qualidade de madeira serrada de três espécies de eucalipto**. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2013.
- ANJOS, R. A. M.; FONTES, A. P. N. Rendimento de madeira serrada de espécies de *Eucalyptus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 26-32, 2017.
- ASSIS, T. F. **Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria**. Porto Alegre: GRAU CELSIUS, 2010. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806: Madeira serrada de eucalipto: requisitos**. Rio de Janeiro, 2002. 11p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16864-2: Madeira serrada - parte 2: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2020. 18p.
- BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, v. 37, p. 95-108, 2007.
- BLINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, I.; STAPE, J. L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 405, n. 1, p. 271-283, 2017.
- CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; MASTELLA, T.; VARGAS, J. F.; SANTINI, E. J. Uso de herbicida na redução das tensões de crescimento na madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2015.
- CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JR., R.; KLITZKE, R. J. Rendimento e variedade de produtos no desdobro de toras de *Eucalyptus* spp. **TECNO-LÓGICA**, v. 23, n. 1, p. 8-13, 2019.
- CURTO, R. A.; PINTO, M. F.; ARAÚJO, E. J. G.; WINK, C.; TONINI, H.; LAURO, A. C. Exatidão de métodos para estimativa do volume de árvores em pé em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Biometric Brazilian Journal**, v. 37, n. 3, p. 324-334, 2019.
- FAGUNDES, S. **Produção e qualidade da madeira serrada de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FRANÇA, M. C.; JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CONTI JUNIOR, J. L. F.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria de madeira serrada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 8-17, 2019.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KÄLLBOM, S.; LILLQVIST, K.; SPOLJARIC, S.; SEPPÄLÄ, J.; SEGERHOLM, K.; RAUTKARI, L.; HUGHES, M.; WÄLINDER, M. Effects of water soaking–drying cycles on thermally modified spruce wood–plastic composites. **Wood and Fiber Science**, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2020.

LIMA, I. L.; STAPE, J. L. Caracterização da madeira serrada em clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 55-62, 2017.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn board quality of the *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid. **South African Forestry Journal**, n. 188, p. 29-35, 2000.

MARCHESAN, R.; LOIOLA, P. L.; TECCHIO, M. M.; JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Avaliação das técnicas de anelamento e inserção de sabre em árvores de *Eucalyptus grandis* visando maior qualidade da madeira serrada. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 695-704, 2015.

MELO, R. R.; DACROCE, J. M. F.; RODOLFO JR., F.; LISBOA, G. S.; FRANÇA, L. C. J. Lumber yield of four native forest species of the Amazon Region. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, e20160311, 2019.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Cerne**, v. 16, p. 94-104, 2010.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 030202, 2015.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, B. C. L. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a obtenção de peças estruturais. **Cerne**, v. 19, p. 357-364, 2013.

MÜLLER, B. V. **Qualidade e produção de madeira serrada de eucaliptos resistentes a geada**. 112 f. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

NASCIMENTO, T. M.; MONTEIRO, T. C.; BARAÚNA, E. E. P.; MOULIN, J. C.; AZEVEDO, A. M. Drying influence on the development of cracks in *Eucalyptus* log. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

ROCHA, M. F. V.; COSTA, L. R.; COSTA, L. J.; ARAÚJO, A. C. C.; SOARES, B. C. D.; HEIN, P. R. G. Wood knots influence the modulus of elasticity and resistance to compression. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, e201709062018, 2018.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF - Série Didática nº 01/02, 2002. 121p.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

SALINAS, C. H.; CHÁVEZ, C. A.; PÉREZ-PEÑA, N.; VARGAS, H.; ANANÍAS, R. A. Two-dimensional simulation of mechanical stresses during isothermal drying of *Eucalyptus nitens* wood. **Wood Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 187-201, 2020.

SANTINI, E. J.; TOMASELLI, I. Uso da queda de temperatura na passagem de ar pela pilha como instrumento de controle do processo de secagem de madeiras. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 269-277, 1997.

SCHAEFFER, W. A.; ZEN, L. R.; KLITZKE, R. J.; MONTEIRO, T. C. Distribuição espacial do teor de umidade de tábuas de pinus secas em estufa industrial. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 855-859, 2020.

SEVERO, E. T. D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 109-124, 2000.

SOUZA, J. T.; LIMA, E.; SILVA, G. L.; BALDIN, T.; MENEZES, W. M. Avaliação da secagem em estufa solar de madeiras de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Pinus elliottii* Engelm. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 277-286, 2015.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da Madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, v. 18, n. 1, p.167-174, 2012.

STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; SUSIN, F.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 461-472, 2009.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; BALDIN, T.; SOUZA, J. T.; SANTINI, E. J. Secagem ao ar livre e qualidade de serrados de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 197-204, 2018.

TAVARES, E. L. **Avaliações de métodos para redução de rachaduras de topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.

TOMIO, G. F.; CUNHA, A. B.; BRAND, M. A.; CÓRDOVA, U. A. Rendimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage de rotação longa no processo de desdobro. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, e3689, 2021.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

ZEN, L. R.; MONTEIRO, T. C.; SCHAEFFER, W.; KAMINSKI, J. M.; KLITZKE, R. J. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019.

ZEN, L. R. **Movimentação de água e ar na madeira de *Eucalyptus* e sua correlação com as propriedades da madeira**. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

CAPÍTULO 5: CORRELAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*: RELAÇÃO MATERIAL GENÉTICO X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

1 INTRODUÇÃO

Embora nos últimos anos a produção de madeira no Brasil tenha sido aperfeiçoada para o desenvolvimento de florestas que geram matéria-prima de melhor qualidade, estudos e pesquisas ainda são necessários para o aprimoramento de planejamentos silviculturais e melhoramento genético das essências florestais. Para uso em serrarias, a definição do espaçamento entre árvores nos plantios e a escolha do melhor material genético são essenciais para a geração de matéria-prima adequada ao processamento. Dessa forma, árvores e toras de melhor qualidade podem gerar madeira serrada de boa qualidade e que apresenta propriedades adequadas para uso como madeira maciça.

Observar correlações entre variáveis de qualidade pode revelar aprimoramentos no processo de produção da madeira serrada, visto que se pode melhorar a qualidade de produtos de madeira com base em outras propriedades e características, desde a matéria-prima até o produto final (PROTÁSIO et al., 2012). A qualidade da madeira serrada é diretamente influenciada pelas características da matéria-prima utilizada no processamento, mas também das características fundamentais da madeira, principalmente em questões como as dimensões e as formas das toras (NASSUR et al., 2013; KOZAKIEWICZ et al., 2018).

Dentre as propriedades que podem comprometer diretamente a qualidade da madeira serrada estão a densidade, a contração, a resistência aos esforços mecânicos e o arranjo anatômico. A densidade da madeira se correlaciona com as propriedades mecânicas, gerando variações na resistência, que são diretamente afetadas pelas propriedades anatômicas que compõe as peças de madeira (MÜLLER et al., 2014; RESQUIN et al., 2019). A contração afeta a qualidade da madeira serrada obtida, sobretudo em relação ao surgimento de empenamentos e rachaduras após o processamento e durante o processo de secagem das peças (OLIVEIRA et al., 2010). A anatomia e a composição química da madeira constituem características básicas para qualificação dos produtos de madeira, inferindo variações na qualidade final desses produtos (MONTEIRO et al., 2017; VALVERDE et al., 2022).

Para madeiras de *Eucalyptus*, características como a ocorrência de tensões de crescimento de alta intensidade e dificuldade de saída da água durante o processo de secagem são importantes causadores de defeitos na madeira serrada (TENORIO et al., 2012; BRAZ et al., 2017). Portanto, compreender como essas e outras características intrínsecas às madeiras desse gênero afetam a produção de madeira serrada é de grande importância para o aperfeiçoamento de processos em serrarias.

Diante da variação de características e propriedades decorrentes de fatores ambientais e intrínsecos das próprias espécies e materiais genéticos, ainda é observada uma dificuldade para realizar a classificação da melhor matéria-prima de *Eucalyptus* para obtenção de madeira serrada. O estudo de França (2019) representa um indicativo de que metodologias baseadas em análises de resultados visando o ranqueamento de materiais podem ser aplicadas no setor madeireiro. Dessa forma, busca-se compreender qual o comportamento da matéria-prima e da madeira serrada obtida em relação à aplicação de métodos de avaliação atribuindo notas em função dos resultados da caracterização de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* plantados em diferentes espaçamentos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os níveis de correlação e classificar as madeiras de *Eucalyptus* provenientes de plantios de diferentes materiais genéticos e espaçamentos entre árvores.

1.1.2 Objetivos específicos

- Correlacionar as variáveis de qualidade da matéria-prima, da produção e qualidade da madeira serrada e das propriedades da madeira de *Eucalyptus*;
- Estabelecer um ranking para seleção de material genético e espaçamento entre árvores para obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus* de melhor qualidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, DA MADEIRA SERRADA E DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

A fim de qualificar a matéria-prima, a madeira serrada e as propriedades das madeiras de *Eucalyptus* provenientes de quatro materiais genéticos plantados em três diferentes espaçamentos entre árvores, foram realizadas uma série de avaliações (Capítulos 2, 3 e 4). As variáveis analisadas e as metodologias utilizadas estão descritas na TABELA 5.1. Os dados obtidos foram utilizados para classificação dos materiais com melhores atributos para produção de madeira serrada e para análise de correlação entre as variáveis de matéria-prima, produção e qualidade da madeira serrada e propriedades da madeira.

TABELA 5.1 – METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA, DA MADEIRA SERRADA E DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus*.
(continua)

Variável	Metodologia	Referência
Qualidade da matéria-prima		
Avaliação dendrométrica	DAP e Alturas total e comercial	Medição direta -
	Fator de forma com casca	Relação volume real/volume do cilindro -
	Volume do fuste por árvore e por área	Método de Meyer Mendes (1988)
Avaliação da DRL	Deformação residual longitudinal (DRL)	Variação das deformações Yang et al. (2005) e Valencia et al. (2011)
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne	Método de Frankon -
	Espessura de casca	-
	Volume de tora por árvore e por área	Método de Smalian -
	Conicidade de tora	Redução do diâmetro entre as extremidades -
	Achatamento de tora	IRToras – medições Lima et al. (2007)
Propriedades da madeira		
Propriedades físicas	Densidade básica	Balança hidroestática NBR 11941 (ABNT, 2003)
	Densidade aparente a 12%	Volumetria COPANT 461 (1972)
	Contração	Contração após secagem COPANT 462 (1972)
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão	Ensaio de flexão estática COPANT 555 (1973)
	Módulo de elasticidade	-
	Resistência à compressão	Ensaio de compressão paralela às fibras COPANT 464 (1972)
	Módulo de elasticidade	-
	Dureza na direção tangencial	-
	Dureza na direção radial	Ensaio de dureza Janka COPANT 465 (1972)
	Dureza na direção paralela às fibras	-
	Cisalhamento na direção tangencial	Ensaio de cisalhamento paralelo às fibras COPANT 463 (1972)
	Cisalhamento na direção radial	-

TABELA 5.1 – METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA, DA MADEIRA SERRADA E DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus*. (conclusão)

Propriedades anatômicas e organolépticas	Diâmetro e frequência de vasos	Microscopia	IAWA (1989) e Coradin e Muñiz (1992) Franklin (1945), adaptada por Reis (2020) Sistema CIEL *a*b* (1976)
	Altura, largura e frequência de raios		
	Comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras		
Propriedades químicas	Cor – saturação (C*)	Espectrofotometria	
	Cor – ângulo de tinta (h*)		
	Teor de umidade	Gravimetria em estufa	-
	Teor de cinzas	Calcinação em mufla	ASTM D1102-84 (2013)
	Teor de extrativos totais	Extração de <i>Soxhlet</i>	TAPPI T 204 cm-17 (2007)
	Teor de lignina insolúvel	Solubilidade ácida	TAPPI T 222 om-15 (2015)
	Teor de lignina solúvel	Solubilidade ácida	NBR 16550 (ABNT, 2018)
	Teor de lignina total	-	Lignina total = lignina insolúvel + solúvel
	Teor de holocelulose	Método indireto	-
	Produção e qualidade da madeira serrada		
Rendimento em madeira serrada (RMS)	RMS verde	Medição dos volumes	Rocha (2002), Vital (2008) e Monteiro et al. (2013)
	RMS seca		
Qualidade da madeira serrada	RMS seca e destopada	Avaliação dos empenamentos	NBR 14806 (ABNT, 2002) e NBR 16864-2 (ABNT, 2020)
	Encurvamento		
Produção de madeira serrada	Arqueamento	Medição das rachaduras	-
	Índice de rachadura de topo de tábua		
	Produção de madeira serrada verde, seca e após destopo para eliminação das rachaduras das tábuas		
		Relações entre os RMS e número de árvores por hectare	

FONTE: O autor (2023).

2.2 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA MADEIRA – MATÉRIA-PRIMA X MADEIRA SERRADA X PROPRIEDADES DA MADEIRA

Para avaliar se há correlação entre variáveis de materiais de *Eucalyptus* visando processamento em serrarias, foi aplicada uma correlação de Pearson entre os resultados obtidos para caracterização da qualidade de matéria-prima, rendimento e qualidade da madeira serrada e propriedades da madeira, com nível de significância de $p = 0,05$. Também foram realizadas Análises de Componentes Principais (PCA) para determinar as variáveis mais importantes para avaliação da qualidade da matéria-prima e da madeira serrada de *Eucalyptus*. As análises foram realizadas usando o *software* RStudio versão 3.6.3 (R CORE TEAM, 2021).

2.3 METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DAS MELHORES MADEIRAS OBTIDAS PELA COMBINAÇÃO MATERIAL GENÉTICO DE *Eucalyptus* X ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

A classificação das madeiras quanto às melhores variáveis obtidas pela qualificação da matéria-prima, da madeira serrada e das suas propriedades foi realizada de acordo com a metodologia proposta por França (2019), utilizada para determinação do melhor clone de *Eucalyptus* para uso como madeira serrada. A metodologia de classificação leva em consideração os resultados observados pelas análises estatísticas obtidas nos capítulos anteriores, havendo uma ponderação de notas relacionadas aos resultados dos testes de médias aplicados. Portanto, uma melhor avaliação do material depende diretamente dos maiores/melhores valores obtidos pela análise estatística.

Como a avaliação de França (2019) foi realizada a partir de um delineamento inteiramente casualizado simples, foi necessário adaptar a forma de atribuição das notas para cada material para adequação ao delineamento inteiramente casualizado em fatorial com dois fatores aplicado neste trabalho. Sendo assim, a nota de cada material em cada variável analisada corresponderá à soma da combinação entre a nota observada para o material genético (letra minúscula) e para o espaçamento (letra maiúscula). Na TABELA 5.2 podem ser observadas as relações entre as avaliações dos testes de média e as notas a serem atribuídas.

Quando não houve interação entre o material genético e o espaçamento de plantio, foram atribuídas a mesma nota máxima (24), proveniente da combinação entre a nota correspondente ao resultado A + a, sendo estas letras correspondentes às melhores médias observadas no teste de Tukey. Notas também foram atribuídas de acordo com as estatísticas para cada fator. Na TABELA 5.3 podem ser observadas as notas relacionadas aos fatores isoladamente. Os resultados dos testes de médias desses fatores podem ser observados nos APÊNDICES 11 e 12.

TABELA 5.2 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Classificação obtida no teste de médias	Nota
A ou a	12,0
AB ou ab	11,5
B ou b	11,0
BC ou bc	10,5
C ou c	10,0
CD ou cd	9,5
D ou d	9,0
DE ou de	8,5
E ou e	8,0
EF ou ef	7,5
F ou f	7,0
FG ou fg	6,5
G ou g	6,0
GH ou gh	5,5
H ou h	5,0
HI ou hi	4,5
I ou i	4,0
IJ ou ij	3,5
J ou j	3,0
JK ou jk	2,5
K ou k	2,0
KL ou kl	1,5
L ou l	1,0

FONTE: O autor (2023).

Em que: A ou a correspondem às maiores médias e L ou l correspondem às menores médias. Observações feitas a partir do resultado do teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 5.3 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Fator	Classificação obtida no teste de médias	Nota
Material genético	A ou a	4,0
	AB ou ab	3,5
	B ou b	3,0
	BC ou bc	2,5
	C ou c	2,0
	CD ou cd	1,5
	D ou d	1,0
Espaçamento de plantio	A ou a	3,0
	AB ou ab	2,5
	B ou b	2,0
	BC ou bc	1,5
	C ou c	1,0

FONTE: O autor (2023).

Em que: A ou a correspondem às maiores médias, D ou d correspondem às menores médias para avaliação do material genético e C ou c correspondem às menores médias para avaliação do espaçamento de plantio. Observações feitas a partir do resultado do teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Além dessa avaliação realizada de acordo com a análise estatística, foi aplicada também uma ponderação de nota baseada diretamente nos valores absolutos de cada variável. Para tanto, aquele material obtido pela combinação entre material genético e espaçamento que possuía o melhor/menor valor para cada parâmetro recebia a maior nota (12) e o que apresentava pior/menor valor recebia a menor nota (1). No caso de apresentarem valores iguais, os materiais receberam a mesma nota.

Quando não houve interação, o material genético que apresentou o melhor/menor valor para cada parâmetro recebia a maior nota (4) e o que apresentava pior/menor valor recebia a menor nota (1). Já para o espaçamento, o melhor/menor recebeu a maior nota (3) e o que apresentava pior/menor valor recebia a menor nota (1). Caso possuíssem mesmo valor, receberam a mesma nota.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

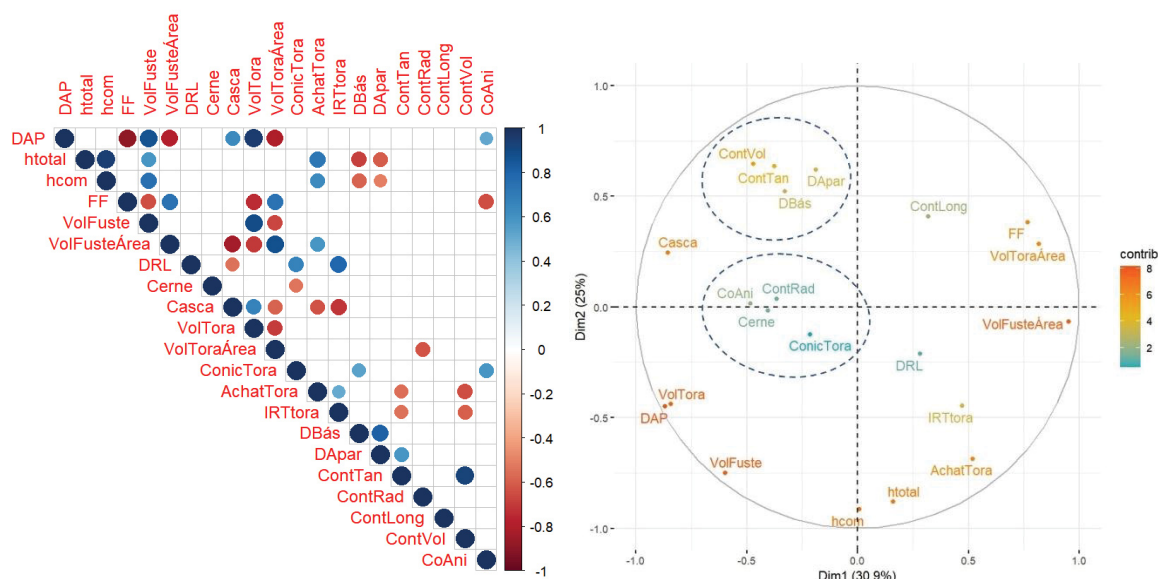
3.1.1 Qualidade da matéria-prima x propriedades físicas da madeira

Correlacionando as características da matéria-prima com as propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* (FIGURA 5.1), foi possível observar uma correlação negativa para as condições deste estudo, em que quanto maior a altura da árvore, menor será a densidade da madeira. Essa característica que atrela a densidade da madeira à altura do fuste e da árvore também foi observada por Tung et al. (2011) para outra espécie. Vale lembrar que a densidade da madeira varia tanto no sentido medula-casca quanto no sentido longitudinal em todo o fuste (CRUZ et al., 2003; SILVA et al., 2020).

Quanto à contração da madeira, suas variáveis apresentaram correlação negativa com o volume de tora por área e achatamento e rachadura de topo das toras. Como a contração da madeira após a liberação da água interna da parede celular é uma das características responsáveis pelos defeitos após secagem (BORGES; QUIRINO, 2004; ELOY et al., 2020), essa correlação com a qualidade da tora pode comprometer a futura madeira serrada obtida. O coeficiente de anisotropia sofreu influência negativa do fator de forma da árvore, tendo, portanto, correlação positiva com o DAP. Além disso, foi observado que quanto maior o coeficiente de anisotropia, maior será a conicidade da tora, sendo afetada pela diferença de contração nas direções tangencial e radial.

Pela análise da PCA foi observada uma relação entre as densidades da madeira e as contrações volumétrica e tangencial. Essas são variáveis importantes para a determinação da qualidade da madeira serrada, pois a instabilidade delas pode culminar em madeiras menos resistentes aos esforços mecânicos (LIMA; FERREIRA, 2018). Quanto à relação matéria-prima x propriedades físicas, pode-se observar a relação entre a porcentagem de cerne e a conicidade das toras com fatores de contração radial e o coeficiente de anisotropia.

FIGURA 5.1 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



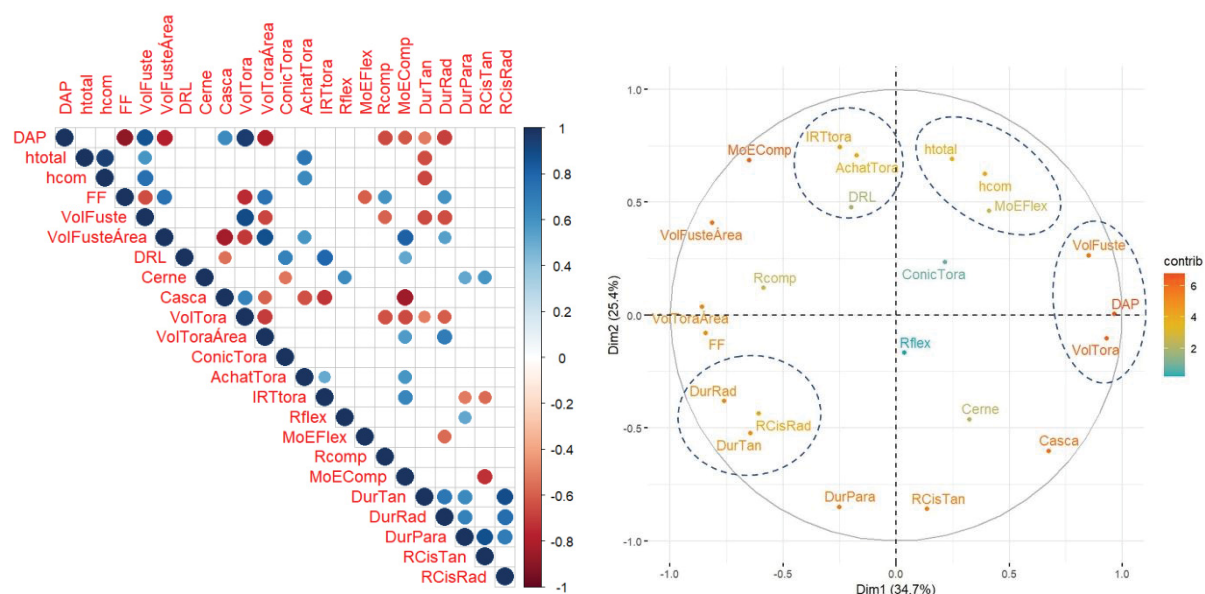
Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; httotal = altura total da árvore; hcom = altura comercial da árvore; FF = fator de forma com casca; VolFuste = volume de madeira por fuste; VolFusteÁrea = volume de madeira por hectare; DRL = deformação residual longitudinal; Cerne = porcentagem de cerne no fuste; Casca = porcentagem de casca no fuste; VolTora = volume de madeira por tora; VolToraÁrea = volume de madeira por hectare; ConicTora = conicidade da tora; AchatTora = achatamento da tora; IRTTora = índice de rachadura de topo das toras; DBás = densidade básica da madeira; Dapar = densidade aparente a 12% de umidade; ContTan = contração tangencial; ContRad = contração radial; ContLong = contração longitudinal; ContVol = contração volumétrica; CoAni = coeficiente de anisotropia de contração. Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

3.1.2 Qualidade da matéria-prima x propriedades mecânicas da madeira

Correlacionando as características da matéria-prima com as propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus* (FIGURA 5.2), as variáveis dendrométricas apresentaram correlação negativa com a resistência mecânica. Nas condições deste estudo, os parâmetros de resistência à compressão paralela às fibras e dureza foram afetados negativamente pelo DAP das árvores e volumes das toras. As alturas das árvores afetaram negativamente a dureza na direção tangencial, sendo afetadas consequentemente pelos volumes do fuste e de toras. Dessa forma, pode-se inferir que quanto mais alta a árvore, menor será a dureza na direção tangencial da madeira.

FIGURA 5.2 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; httotal = altura total da árvore; hcom = altura comercial da árvore; FF = fator de forma com casca; VolFuste = volume de madeira por fuste; VolFusteÁrea = volume de madeira por hectare; DRL = deformação residual longitudinal; Cerne = porcentagem de cerne no fuste; Casca = porcentagem de casca no fuste; VolTora = volume de madeira por tora; VolToraÁrea = volume de madeira por hectare; ConicTora = conicidade da tora; AchatTora = achatamento da tora; IRTTora = índice de rachadura de topo das toras; Rflex = resistência à flexão estática; MoEflex = módulo de elasticidade obtido a partir do ensaio de flexão estática; Rcomp = resistência à compressão paralela às fibras; DurTan = dureza tangencial; DurRad = dureza radial; DurPara = dureza paralela às fibras; RCisTan = resistência ao cisalhamento tangencial; RCisRad = resistência ao cisalhamento radial.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

O módulo de elasticidade obtido pelo ensaio de compressão paralelo às fibras apresentou muitas correlações fortes com as características das árvores e toras. Correlações positivas foram observadas com o volume do fuste e de tora por área, porém também com as variáveis DRL e achatamento e rachadura de topo das toras. Correlações negativas foram observadas com a espessura de casca e volume das toras. Porém, estas não interferiram diretamente na resistência à compressão.

A resistência ao cisalhamento e a dureza também se correlacionaram com as variáveis de caracterização da matéria-prima. Quanto maior a porcentagem de cerne, infere-se que a estrutura anatômica implique em uma maior resistência ao cisalhamento (plano de falha tangencial) e a dureza na direção paralela às fibras. Porém, as rachaduras de topo das toras podem influenciar negativamente essas duas variáveis.

A PCA da combinação entre características da matéria-prima e as propriedades mecânicas da madeira se comportou de maneira dispersa, não havendo o agrupamento de muitas variáveis. Dessa forma, houve apenas a observação de que pode apresentar correlação entre a altura da árvore e o módulo de elasticidade obtido pelo ensaio de flexão estática.

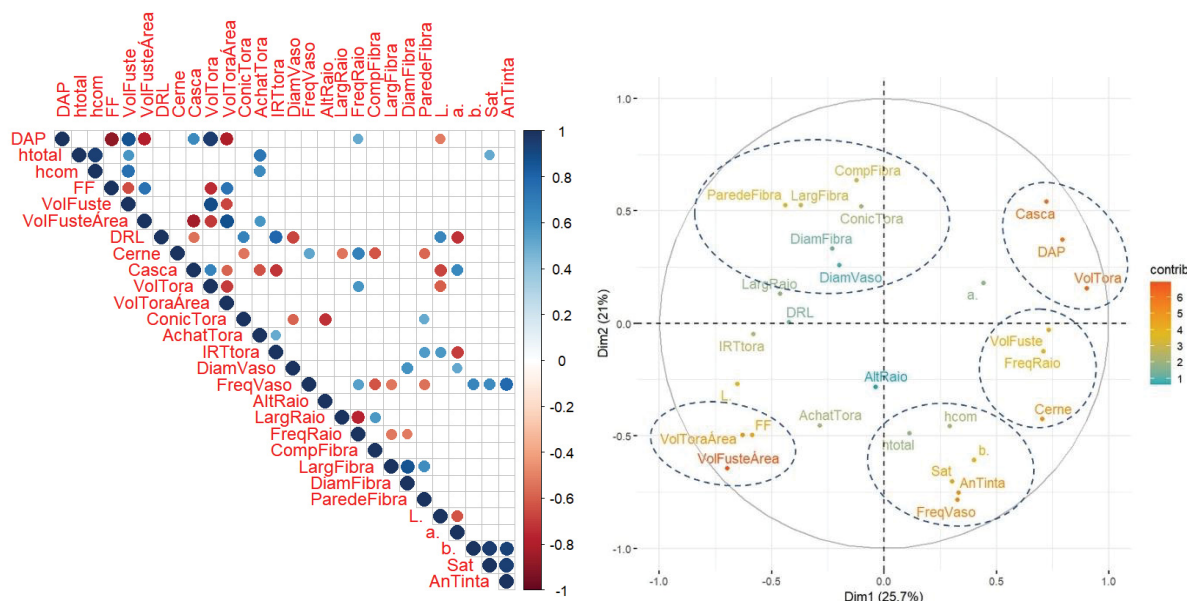
3.1.3 Qualidade da matéria-prima x propriedades anatômicas e organolépticas da madeira

Correlacionando as características da matéria-prima com as propriedades anatômicas da madeira de *Eucalyptus* (FIGURA 5.3), as variáveis dendrométricas não se correlacionaram com as características anatômicas, apenas o DAP influenciou positivamente a frequência de raios. Dessa forma, espera-se que árvores do gênero que apresentam maiores diâmetros tenham uma maior quantidade de raios na madeira. Apesar desse fato, é comum não observar variações anatômicas de sentido radial (LIMA et al., 2011), porém pesquisas como as de Florsheim et al. (2009) e Evangelista et al. (2010) concluíram que as dimensões e frequências de vasos, raios e fibras variam na direção medula-casca.

A avaliação da DRL indicou que quanto maior a intensidade das tensões internas de crescimento, menor as dimensões dos vasos. A conicidade das toras também apresentou correlação negativa com as dimensões dos vasos, bem como a altura dos raios. Portanto, as dimensões dos elementos anatômicos podem influenciar a qualidade da matéria-prima e a ocorrência de defeitos na madeira após o corte (ROCHA et al., 2004; POUBEL et al., 2011; MONTEIRO et al., 2017).

A porcentagem de cerne foi a variável de qualidade da matéria-prima que mais impactou nas dimensões dos elementos anatômicos. Observa-se que quanto maior a quantidade de cerne, maior a frequência de vasos e raios, este último também confirmado pela avaliação da PCA, portanto afetando negativamente as larguras dos raios. O comprimento e espessura das paredes das fibras também apresentaram correlação negativa com a porcentagem de cerne na madeira, uma vez que madeiras de alburno tendem a apresentar valores maiores dessas características (COSTA et al., 2017). Dessa forma, a diferença anatômica entre o cerne e o alburno afeta diretamente a qualidade da madeira de *Eucalyptus*, sobretudo afetando as demais propriedades (OLIVEIRA; SILVA, 2003; CHERELLI et al., 2018).

FIGURA 5.3 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; httotal = altura total da árvore; hcom = altura comercial da árvore; FF = fator de forma com casca; VolFuste = volume de madeira por fuste; VolFusteÁrea = volume de madeira por hectare; DRL = deformação residual longitudinal; Cerne = porcentagem de cerne no fuste; Casca = porcentagem de casca no fuste; VolTora = volume de madeira por tora; VolToraÁrea = volume de madeira por hectare; ConicTora = conicidade da tora; AchatTora = achatamento da tora; IRTTora = índice de rachadura de topo das toras; DiamVaso = diâmetro dos vasos; FreqVaso = frequência de vasos; AltRaio = altura do raio; LargRaio = largura do raio; FreqRaio = frequência de raios; CompFibra = comprimento da fibra; LargFibra = largura da fibra; DiamFibra = diâmetro do lúmen da fibra; ParedeFibra = espessura da parede da fibra; L = luminosidade; a = coordenada do eixo vermelho-verde; b = coordenada do eixo azul-amarelo; Sat = saturação de cor; e AnTinta = ângulo de tinta.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

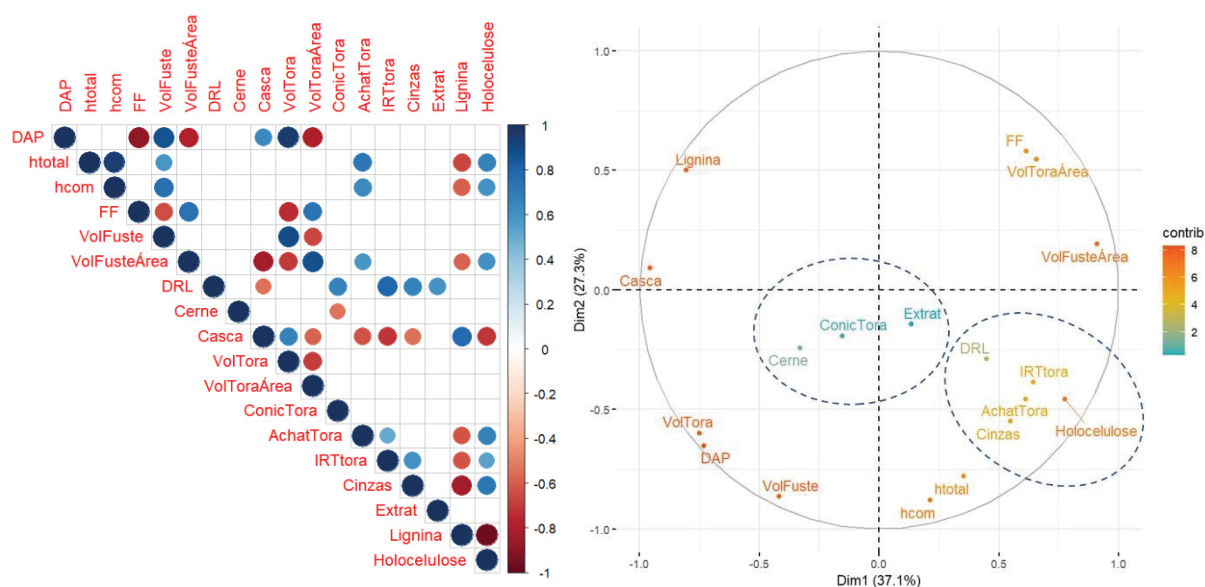
A frequência de vasos influenciou negativamente as dimensões das fibras na madeira. Esse comportamento é esperado, visto que quanto maior for a quantidade de vasos na seção do tronco, menor será o espaço para desenvolvimento das fibras (SETTE JR. et al., 2012). A PCA indicou haver agrupamento de dados entre as tensões de crescimento e as consequentes rachaduras de topo das toras com as dimensões de raios e fibras.

A frequência de vasos influenciou positivamente a saturação de cor das madeiras. A altura da árvore também apresentou correlação significativa com a colorimetria, sendo essa de magnitude positiva. Tal observação se confirma quando avaliados os resultados da PCA, em que houve o agrupamento das alturas das árvores e a saturação e o ângulo de tinta da madeira.

3.1.4 Qualidade da matéria-prima x propriedades químicas da madeira

Correlacionando as características da matéria-prima com as propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus* (FIGURA 5.4), vale destacar que, como relação inversa, todas as variáveis que se correlacionaram positivamente com o teor de holocelulose na madeira apresentaram correlação negativa com o teor de lignina, nas condições avaliadas neste trabalho. Positivamente, observou-se que quanto maior a espessura de casca nas toras, maior o teor de lignina na madeira.

FIGURA 5.4 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; httotal = altura total da árvore; hcom = altura comercial da árvore; FF = fator de forma com casca; VolFuste = volume de madeira por fuste; VolFusteÁrea = volume de madeira por hectare; DRL = deformação residual longitudinal; Cerne = porcentagem de cerne no fuste; Casca = porcentagem de casca no fuste; VolTora = volume de madeira por tora; VolToraÁrea = volume de madeira por hectare; ConicTora = conicidade da tora; AchatTora = achatamento da tora; IRTTora = índice de rachadura de topo das toras; Cinzas = teor de cinzas; Extrat = teor de extrativos totais; Lignina = teor de lignina total; Holocelulose = teor de holocelulose.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

A relação entre as quantidades de casca nos fustes e lignina na madeira deriva de condições fisiológicas de crescimento de genótipos de *Eucalyptus* já observada em outros trabalhos (RODRIGUES, 2013; ALMEIDA et al., 2022). Além disso, observou-se nas condições deste trabalho que quanto maior a altura da árvore,

menos lignina há na madeira. Esse fato pode influenciar tanto o achatamento quanto as rachaduras das toras, uma vez que foi observado que há uma correlação negativa entre o teor de lignina e essas duas variáveis de caracterização das toras.

O DAP não apresentou correlação com a composição química das madeiras. Esse comportamento também foi observado por Lima et al. (2011) para árvores de *E. umbra* com 25 anos.

Quanto ao teor de cinzas, observou-se correlação positiva com a DRL, consequentemente com as rachaduras de toras, e negativa com a espessura de casca. Segundo Vidaurre et al. (2011), o teor de cinzas em madeiras juvenis é mais alto que em madeiras mais velhas. Dessa forma, pode-se dizer que quanto maior a quantidade de minerais na madeira de *Eucalyptus*, menos estável esta será, podendo sofrer com maiores intensidades de tensões internas de crescimento e consequentemente com mais rachaduras nos topos das toras. Os extrativos também se correlacionaram com a DRL, portanto pode-se inferir que quanto maior a quantidade desses compostos na árvore, maior a intensidade das tensões de crescimento.

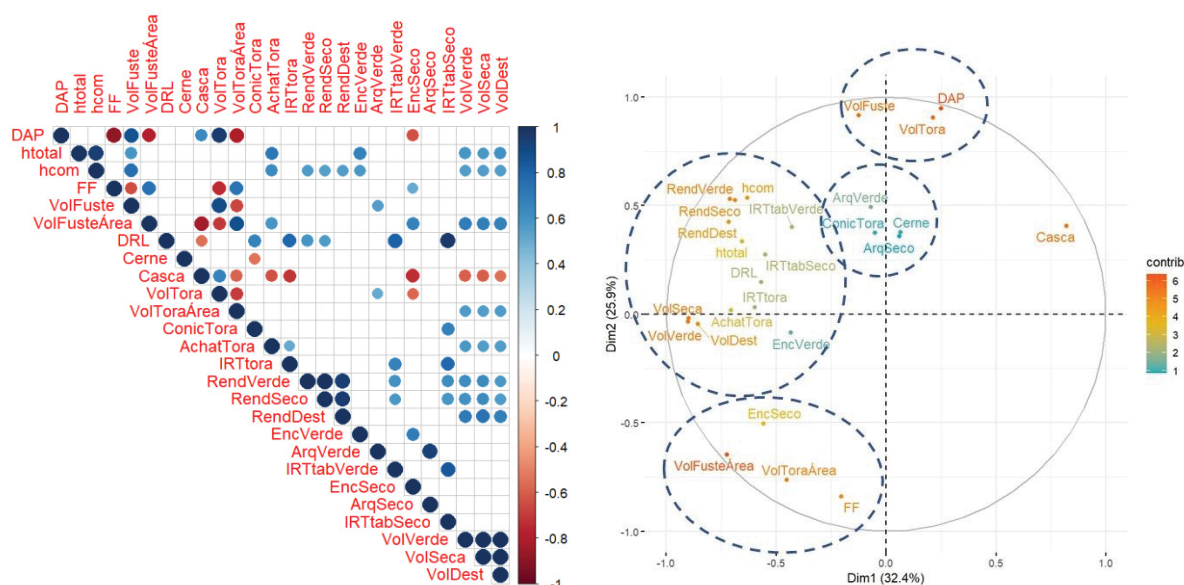
Pela avaliação da PCA, foi possível observar a formação de poucos grupos de dados. Quimicamente, teores de cinzas e holoceluloses podem influenciar na qualidade das toras, sobretudo quanto às tensões de crescimento, rachaduras e achatamento. Já quanto aos teores de extrativos totais, há influência deste na conicidade das toras, e estes compostos se correlacionam diretamente com a quantidade de cerne. Essa última característica é importante para uso da madeira de cerne, que é o material visado para uso sólido *in natura*, visto que esta tende a apresentar maiores quantidades de extrativos que o alburno (MIRANDA et al., 2007; MORAIS; PEREIRA, 2012), apresentando maior resistência contra xilófagos.

3.1.5 Qualidade da matéria-prima x rendimento e qualidade da madeira serrada

Correlacionando as variáveis de qualidade da matéria-prima com o rendimento e qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus* (FIGURA 5.5), o DAP das árvores apresentou correlação negativa significativa em relação ao fator de forma das árvores, o volume de toras por hectare e o encurvamento da madeira serrada seca. Essas observações estão de acordo com o esperado, visto que árvores de menores

diâmetros apresentam formas mais cilíndricas e fatores de forma mais próximos a 1,0 (NUNES; SOARES, 2017; VERA et al., 2022).

FIGURA 5.5 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA E RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; htotal = altura total da árvore; hcom = altura comercial da árvore; FF = fator de forma com casca; VolFuste = volume de madeira por fuste; VolFusteÁrea = volume de madeira por hectare; DRL = deformação residual longitudinal; Cerne = porcentagem de cerne no fuste; Casca = porcentagem de casca no fuste; VolTora = volume de madeira por tora; VolToraÁrea = volume de madeira por hectare; ConicTora = conicidade da tora; AchatTora = achatamento da tora; IRTTora = índice de rachadura de topo das toras; RendVerde = rendimento em madeira serrada verde; RendSeco = rendimento em madeira serrada seca; RendDest = rendimento em madeira serrada seca e destopada; EncVerde = encurvamento das tábuas verdes; ArqVerde = arqueamento das tábuas verdes; IRTTabVerde = índice de rachadura de topo das tábuas verdes; EncSeco = encurvamento das tábuas secas; ArqSeco = arqueamento das tábuas secas; IRTTabSeco = índice de rachadura de topo das tábuas secas; VolVerde = volume de madeira serrada verde por hectare; VolSeca = volume de madeira serrada seca por hectare; VolDest = volume de madeira serrada seca e destopada por hectare. Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

Como os menores diâmetros do fuste estão associados aos maiores adensamentos de plantio, estes tendem a apresentar maior volume de madeira por área (NUNES; SOARES, 2017), afetando positivamente os volumes dos fustes e das toras. Foi observado também que as árvores de menores diâmetros (DAPs) geraram tábuas secas com maior grau de encurvamento, muito provavelmente devido ao arranjo anatômico e a ocorrência das tensões internas de crescimento nestas árvores,

além do processo de secagem (CALONEGO; SEVERO, 2005; JANKOWSKY; SANTOS, 2005).

Além de se correlacionar positivamente com os volumes de fuste e toras e seus rendimentos em madeira serrada, as alturas das árvores apresentaram correlação positiva com achatamento das toras e com o encurvamento das tábuas verdes. Dessa forma, observa-se que quanto maior for a altura da árvore, há uma maior tendência de esta apresentar maior conicidade. Sendo assim, maior poderá ser a diferença de diâmetros na seção da tora, podendo esse fenômeno ser responsável por empenamentos como o encurvamento das tábuas quando úmidas.

Como esperado, as tensões de crescimento avaliadas pela DRL influenciaram na ocorrência das rachaduras das toras e consequentemente das tábuas. Essa é uma característica intrínseca às madeiras juvenis de *Eucalyptus* (TRUGILHO et al., 2004; CARVALHO et al., 2010; AMER et al., 2019). Além disso, houve correlação positiva entre a DRL e a conicidade das toras, o que pode indicar que as tábuas apresentem futuros empenamentos, conforme também constatado por Carvalho et al. (2010). Foi constatado também correlação negativa entre a DRL e a espessura de casca, portanto pode-se supor que quanto maior for a espessura da casca menor será a intensidade das tensões internas de crescimento em árvores de *Eucalyptus*. Como a casca também apresenta função de sustentação do tronco, pode-se também supor que maiores espessuras de casca deixam o fuste mais estável e reduzem a intensidade dos efeitos decorrentes das tensões internas de crescimento no tronco.

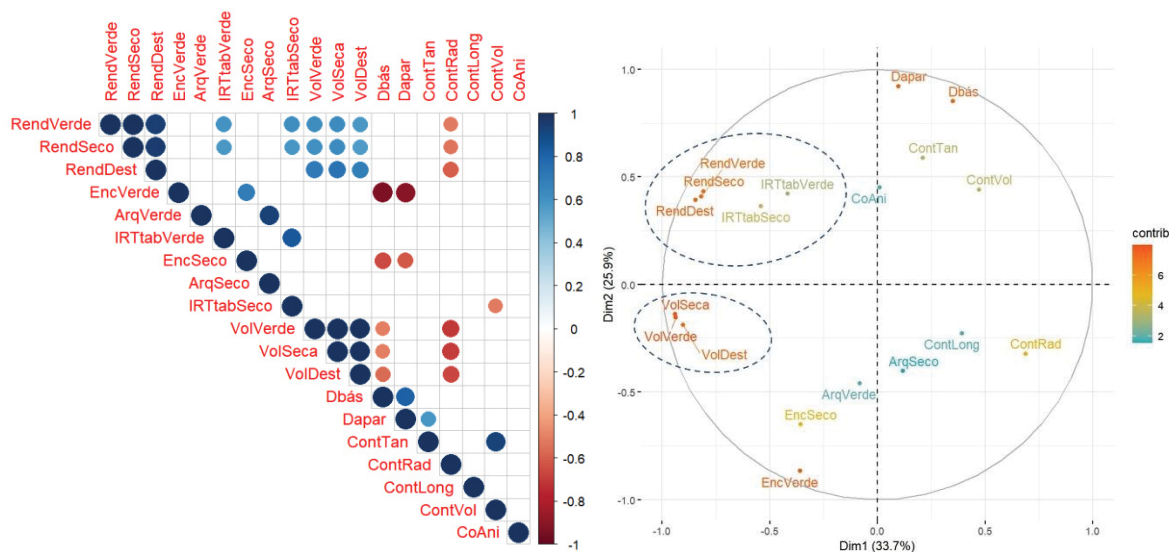
Além de afetar negativamente os diâmetros e consequentemente os volumes de fustes e toras, a espessura de casca apresentou correlação negativa com o achatamento e as rachaduras de topo das toras, afetando posteriormente o encurvamento das tábuas secas. As rachaduras de topo das toras também afetaram a ocorrência de rachaduras nos topos das tábuas, interferindo nos rendimentos em madeira serrada.

Pela análise da PCA, foram observados quatro agrupamentos, com a casca não agrupando com nenhuma outra variável. Como destaques com baixa contribuição dos componentes, observou-se que a conicidade da tora se correlaciona diretamente com o arqueamento das tábuas, tanto verdes quanto secas, além da quantidade de cerne nas toras. O arranjo anatômico combinado ao modelo de corte tangencial tende a gerar tábuas com maior propensão à ocorrência de defeitos após o corte e após secagem (AMORIM et al., 2021).

3.1.6 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades físicas da madeira

Correlacionando as variáveis de rendimento e qualidade da madeira serrada com as propriedades físicas das madeiras de *Eucalyptus* (FIGURA 5.6), foi possível observar que os materiais que apresentavam madeiras com maiores densidades geraram tábuas com menores níveis de encurvamento. Dessa forma, pode-se confirmar que materiais genéticos de *Eucalyptus* com maiores densidades tendem a gerar madeira serrada de melhor qualidade quanto a empenamentos, conforme descrito por Oliveira e Silva (2003), pois madeiras mais densas tendem a ser mais resistentes, gerando menos deformações e rachaduras nas tábuas.

FIGURA 5.6 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: RendVerde = rendimento em madeira serrada verde; RendSeco = rendimento em madeira serrada seca; RendDest = rendimento em madeira serrada seca e destopada; EncVerde = encurvamento das tábuas verdes; ArqVerde = arqueamento das tábuas verdes; IRTTabVerde = índice de rachadura de topo das tábuas verdes; EncSeco = encurvamento das tábuas secas; ArqSeco = arqueamento das tábuas secas; IRTTabSeco = índice de rachadura de topo das tábuas secas; VolVerde = volume de madeira serrada verde por hectare; VolSeca = volume de madeira serrada seca por hectare; VolDest = volume de madeira serrada seca e destopada por hectare; Dbás = densidade básica da madeira; Dapar = densidade aparente a 12% de umidade; RetTan = contração tangencial; RetRad = contração radial; RetLong = contração longitudinal; RetVol = contração volumétrica; CoAni = coeficiente de anisotropia de contração.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

A contração apresentou correlação inversa com os rendimentos em madeira serrada e consequentemente com os volumes de madeira produzidos por área. Dentre as variáveis de contração, a contração radial foi a que correlacionou significativamente com os volumes das tábuas.

Pela análise de PCA foi observado que as rachaduras das tábuas foram as variáveis que mais influenciaram os rendimentos em madeira serrada. Os volumes da madeira serrada produzidos reduziram cerca de 4,2% após a estimativa da produção de madeira serrada seca e destopada para obtenção de tábuas livres de rachaduras (Capítulo 4, subitem 3.5).

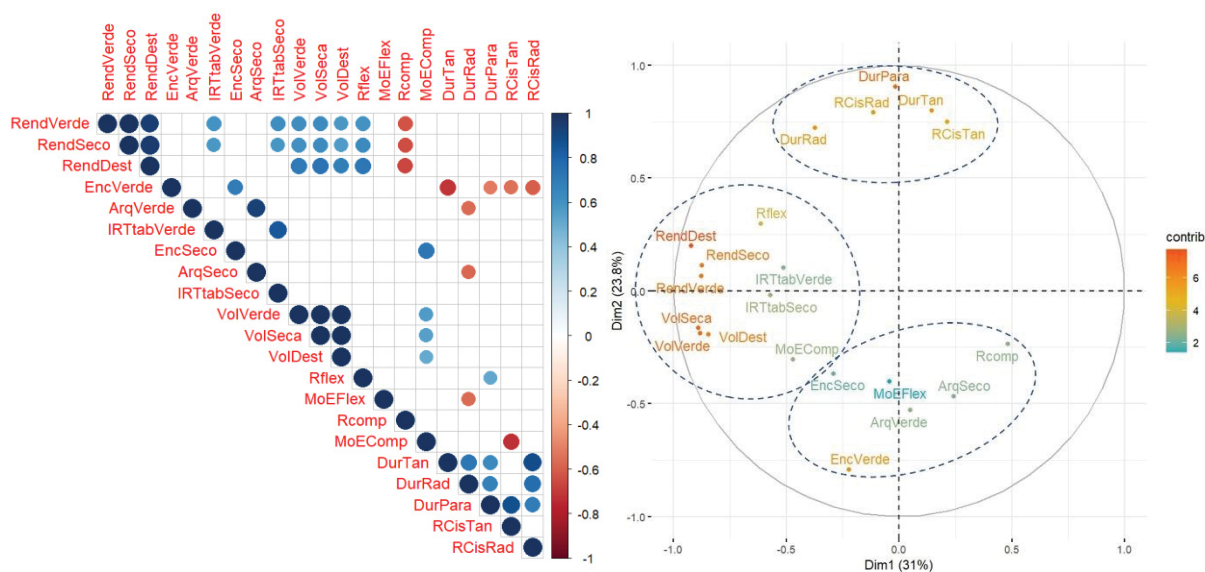
3.1.7 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades mecânicas da madeira

Correlacionando as variáveis de rendimento e qualidade da madeira serrada com as propriedades mecânicas das madeiras de *Eucalyptus* (FIGURA 5.7), pode-se observar relação entre as variáveis dos ensaios de flexão estática e de compressão paralela às fibras e os rendimentos e os volumes de madeira serrada produzidos por esses materiais.

A qualidade da madeira serrada, sobretudo quanto ao encurvamento e o arqueamento das tábuas, foi afetada pelos valores observados para as propriedades mecânicas, em função da dureza e resistência ao cisalhamento. Portanto, madeiras verdes que tendem a apresentar empenamentos de maiores intensidades após desdobro possuem menores resistências à dureza e ao cisalhamento. Apesar dessa observação, a secagem da madeira reduziu significativamente esse problema quanto à resistência mecânica. Sabe-se que o teor de umidade influencia diretamente as propriedades físico-mecânicas da madeira, cuja secagem aumenta a resistência aos esforços mecânicos (FRAGA et al., 2022).

A PCA agrupou os valores de dureza e cisalhamento, não apresentando relação com a qualidade da madeira serrada, diferentemente do observado na correlação de Pearson. Já os dados de módulo de elasticidade e resistência à compressão são afetados pela qualidade da madeira serrada, sobretudo quanto ao encurvamento e arqueamento das tábuas, estejam elas úmidas ou secas. Madeiras com defeitos, principalmente constituídas por madeira juvenil, são de classes de resistência inferiores (VIDAURRE et al., 2011).

FIGURA 5.7 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: RendVerde = rendimento em madeira serrada verde; RendSeco = rendimento em madeira serrada seca; RendDest = rendimento em madeira serrada seca e destopada; EncVerde = encurvamento das tábuas verdes; ArqVerde = arqueamento das tábuas verdes; IRTTabVerde = índice de rachadura de topo das tábuas verdes; EncSeco = encurvamento das tábuas secas; ArqSeco = arqueamento das tábuas secas; IRTTabSeco = índice de rachadura de topo das tábuas secas; VolVerde = volume de madeira serrada verde por hectare; VolSeca = volume de madeira serrada seca por hectare; VolDest = volume de madeira serrada seca e destopada por hectare; Rflex = resistência à flexão estática; MoEflex = módulo de elasticidade obtido a partir do ensaio de flexão estática; Rcomp = resistência à compressão paralela às fibras; DurTan = dureza tangencial; DurRad = dureza radial; DurPara = dureza paralela às fibras; RCisTan = resistência ao cisalhamento tangencial; RCisRad = resistência ao cisalhamento radial.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

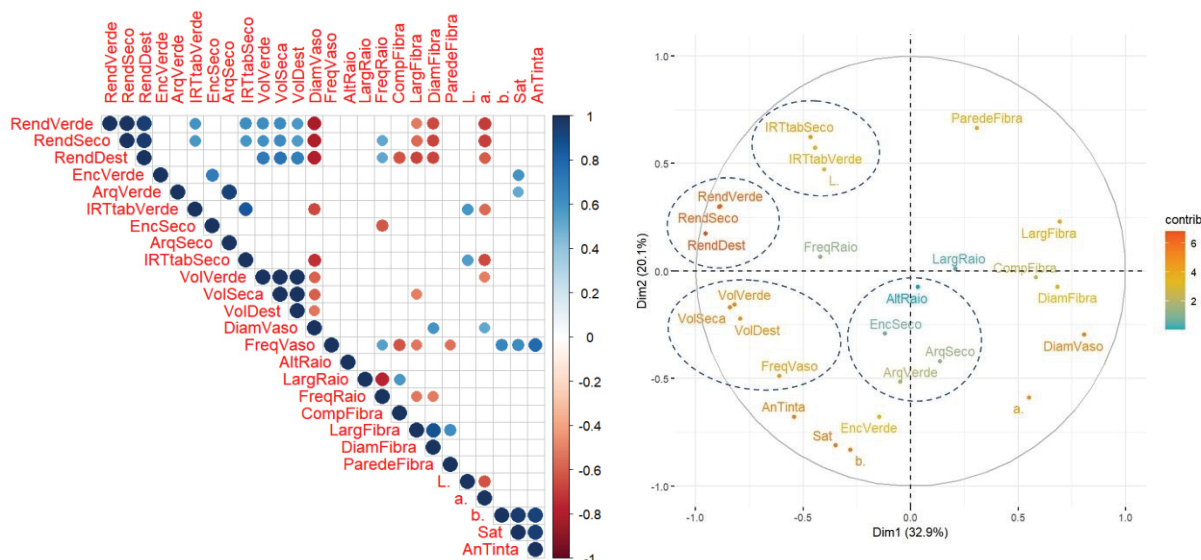
FONTE: O autor (2023).

3.1.8 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades anatômicas e organolépticas da madeira

Correlacionando as variáveis de rendimento e qualidade da madeira serrada com as propriedades anatômicas das madeiras de *Eucalyptus* (FIGURA 5.8), as dimensões dos vasos e das fibras apresentaram relação inversa com os rendimentos e volumes de madeira por área. Como observado anteriormente, os diâmetros dos vasos apresentaram correlação positiva com a ocorrência das tensões de crescimento pela avaliação da DRL. Essa característica implica em futuros empenamentos e rachaduras nas toras e nas tábuas (BELTRAME et al., 2015; BRAZ et al., 2016). Dessa forma, pelos resultados observados, materiais genéticos de *Eucalyptus* que

possuem madeiras com maiores diâmetros dos vasos podem gerar madeira serrada com maior propensão à formação de rachaduras no topo das tábuas.

FIGURA 5.8 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES ANATÔMICAS E ORGANOLÉPTICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: RendVerde = rendimento em madeira serrada verde; RendSeco = rendimento em madeira serrada seca; RendDest = rendimento em madeira serrada seca e destopada; EncVerde = encurvamento das tábuas verdes; ArqVerde = arqueamento das tábuas verdes; IRTTabVerde = índice de rachadura de topo das tábuas verdes; EncSeco = encurvamento das tábuas secas; ArqSeco = arqueamento das tábuas secas; IRTTabSeco = índice de rachadura de topo das tábuas secas; VolVerde = volume de madeira serrada verde por hectare; VolSeca = volume de madeira serrada seca por hectare; VolDest = volume de madeira serrada seca e destopada por hectare; DiamVaso = diâmetro dos vasos; FreqVaso = frequência de vasos; AltRaio = altura do raio; LargRaio = largura do raio; FreqRaio = frequência de raios; CompFibra = comprimento da fibra; LargFibra = largura da fibra; DiamFibra = diâmetro do lúmen da fibra; ParedeFibra = espessura da parede da fibra; L = luminosidade; a = coordenada do eixo vermelho-verde; b = coordenada do eixo azul-amarelo; Sat = saturação de cor; e AnTinta = ângulo de tinta.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

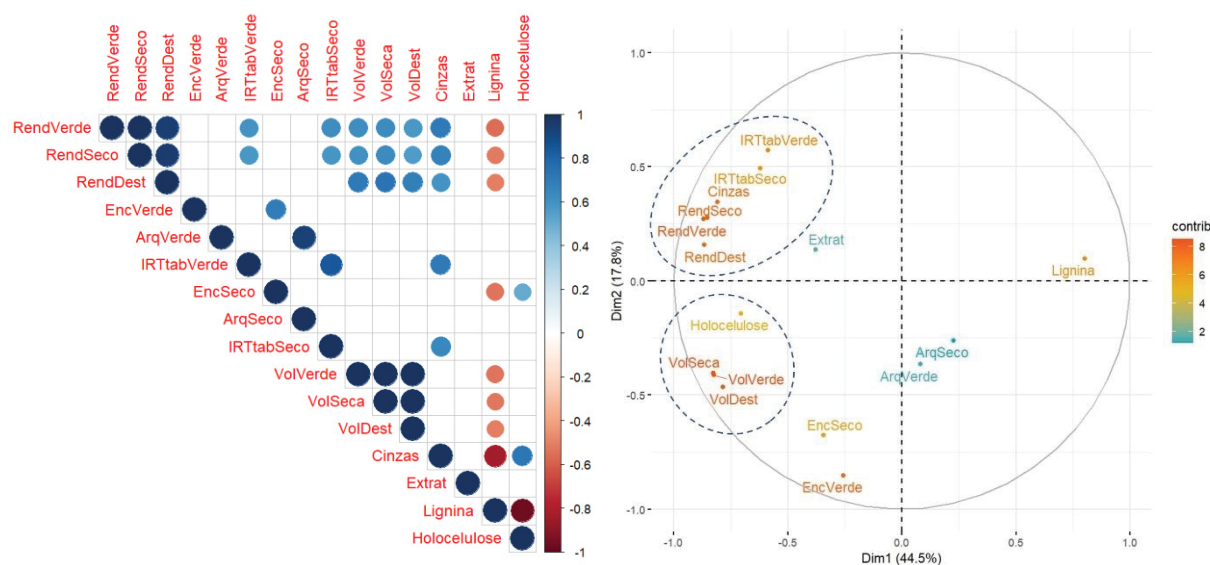
A frequência de raios na madeira apresentou correlação negativa com os encurvamentos na madeira serrada seca. Portanto, para obtenção de tábuas com menores propensões a empenamentos, busca-se materiais com maior frequência de raios. Pela PCA, as alturas dos raios também apresentam relação com a ocorrência de empenamentos, principalmente o arqueamento nas tábuas úmidas e secas. Portanto, esses elementos anatômicos são condicionantes para a obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus* de melhor qualidade.

Pela PCA, os dados de saturação e do ângulo de tinta se agruparam com as variáveis de empenamentos da madeira serrada, estando ela verde ou seca. Além disso, quanto maior a densidade básica, menor a saturação da madeira.

3.1.9 Rendimento e qualidade da madeira serrada x propriedades químicas da madeira

Correlacionando as variáveis de rendimento e qualidade da madeira serrada com as propriedades químicas das madeiras de *Eucalyptus* (FIGURA 5.9), a quantidade de elementos minerais em sua composição influenciou a ocorrência de rachadura nos topos das tábuas. Como já discutido anteriormente, também foi observada a correlação entre o teor de minerais e rachaduras na matéria-prima.

FIGURA 5.9 – CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE RENDIMENTO E QUALIDADE DE MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. COM SETE ANOS



Em que: RendVerde = rendimento em madeira serrada verde; RendSeco = rendimento em madeira serrada seca; RendDest = rendimento em madeira serrada seca e destopada; EncVerde = encurvamento das tábuas verdes; ArqVerde = arqueamento das tábuas verdes; IRTTabVerde = índice de rachadura de topo das tábuas verdes; EncSeco = encurvamento das tábuas secas; ArqSeco = arqueamento das tábuas secas; IRTTabSeco = índice de rachadura de topo das tábuas secas; VolVerde = volume de madeira serrada verde por hectare; VolSeca = volume de madeira serrada seca por hectare; VolDest = volume de madeira serrada seca e destopada por hectare; Cinzas = teor de cinzas; Extrat = teor de extrativos totais; Lignina = teor de lignina total; Holocelulose = teor de holocelulose.

Na escala de avaliação da correlação: azul forte = alta correlação positiva; vermelho forte = alta correlação negativa. Na escala de avaliação da PCA: vermelho = maior importância da variável; azul = menor importância da variável.

FONTE: O autor (2023).

A quantidade correspondente de lignina e holocelulose se correlacionou os encurvamentos nas peças. Okino et al. (2006) concluíram que madeiras de *Cupressus glauca* Lam. com altos teores de lignina possuíram uma pequena tendência a encurvar após a secagem. Dessa forma, as tábuas avaliadas nesse trabalho dos materiais que apresentaram maiores teores de lignina em sua composição tenderam a possuir uma menor ocorrência de encurvamentos após a secagem. Por isso, pode-se inferir que nas condições desse trabalho a lignina proporcionou o controle de defeitos na madeira serrada de *Eucalyptus*, considerando que este é um componente que reduz a permeabilidade da madeira e confere resistência mecânica (DEUS et al., 2022).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL

3.2.1 Classificação baseada na análise estatística

A partir da combinação entre os materiais genéticos de *Eucalyptus* e os espaçamentos de plantio avaliados neste trabalho, foi possível realizar um ranqueamento dos melhores materiais para uso como madeira serrada, observando os resultados do teste de médias. A distribuição das notas distribuídas pelo resultado estatístico do delineamento inteiramente casualizado em fatorial está disposta na TABELA 5.4.

TABELA 5.4 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA. CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1				E. urophylla x E. grandis 2				E. urophylla x E. grandis 3				E. saligna			
Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Variável		Nota															
		Caracterização da matéria-prima															
Avaliação dendrométrica e volumes	DAP (cm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Altura total (m)	22,0	23,0	22,5	23,0	24,0	23,5	24,0	22,0	22,5	23,0	22,0	22,0	23,0	22,0	22,0	
	Altura comercial (m)	23,5	23,0	23,0	23,0	24,0	24,0	24,0	22,0	21,5	23,0	23,0	23,0	22,0	22,0	22,0	
	Fator de forma com casca	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Volume do fuste (m³.árv⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
Avaliação da DRL	Deformação residual longitudinal – DRL média (mm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Espessura de casca (mm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Volume de tora (m³.árv⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Achatamento das toras (%)	24,0	24,0	23,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	23,0	
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	22,5	23,5	22,0	22,0	22,0	22,5	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	24,0	24,0	
Subtotal		332,0	333,5	331,0	332,0	334,5	333,5	330,0	329,0	332,0	332,0	332,0	332,0	331,0	331,0	331,0	
		Propriedades da madeira															
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Densidade aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Contração tangencial (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Contração radial (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Contração longitudinal (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Contração volumétrica (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Coefficiente de anisotropia	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
Subtotal 1		168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	

TABELA 5.4 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Material genético		(continua)											
		<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1			<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2			<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3			<i>E. saligna</i>		
Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
Variável		Nota											
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Módulo de elasticidade – flexão estática (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Resist. à compressão paralela às fibras (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Módulo de elasticidade – compressão (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Dureza - tangencial (N)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Dureza - radial (N)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Resist. ao cisalhamento na direção tangencial (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Resist. ao cisalhamento na direção radial (MPa)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Subtotal 2	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Frequência de vasos (número de vasos.mm ⁻²)	24,0	23,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	23,5	24,0	24,0
	Altura dos raios (µm)	24,0	23,0	24,0	23,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	23,5	24,0	23,0
	Largura dos raios (µm)	22,0	23,5	23,5	24,0	23,5	24,0	24,0	24,0	24,0	23,5	23,0	24,0
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	23,5	23,0	24,0	22,0	24,0	21,5	22,0	22,0	22,0	22,0	24,0	23,5
	Comprimento das fibras (µm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Largura das fibras (µm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Diâmetro das fibras (µm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Espessura da parede das fibras (µm)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Cor – saturação (C*)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Cor – ângulo de tinta (h*)		24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Subtotal 3		261,5	261,0	263,5	261,0	263,5	260,0	262,0	260,0	261,5	261,5	262,5	262,5

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1			E. urophylla x E. grandis 2			E. urophylla x E. grandis 3			E. saligna		
Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
		3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Variável		Nota											
Propriedades químicas	Cinzas (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Extrativos totais (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Lignina total (%)	24,0	23,0	23,0	23,5	22,0	23,0	23,0	24,0	23,0	23,0	24,0	24,0
	Holocelulose (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Subtotal 4		96,0	95,0	95,0	95,5	94,0	95,0	96,0	95,0	95,0	95,0	96,0	96,0
Subtotal		645,5	644,0	646,5	644,5	645,5	643,0	646,0	643,0	644,5	644,5	646,5	646,5
Rendimento e qualidade da madeira serrada													
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	24,0	24,0	24,0	23,0	24,0	23,0	21,5	22,0	24,0	22,0	23,0	23,5
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	24,0	24,0	24,0	23,0	23,0	23,0	21,5	21,0	23,5	22,0	22,0	22,0
	Rend. em madeira serrada seca e destopada (%)	24,0	24,0	24,0	23,5	23,5	23,5	21,5	21,0	23,5	22,0	22,5	23,0
	Qualidade da madeira serrada verde	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Qualidade da madeira serrada seca	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Índice de rachadura de topo (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Produção de madeira serrada por área	Índice de rachadura de topo (%)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Volume de madeira serrada verde por área (m ³ .ha ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Volume de madeira serrada seca por área (m ³ .ha ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m ³ .ha ⁻¹)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Subtotal		288,0	288,0	288,0	285,5	286,5	285,5	280,5	280,0	287,0	282,0	283,5	284,5
SOMATÓRIO FINAL		1265,5	1265,5	1265,5	1262,0	1266,5	1262,0	1256,5	1252,0	1263,5	1258,5	1261,0	1262,0

FONTE: O autor (2023).

Avaliando as notas atribuídas às variáveis de caracterização da qualidade da matéria-prima, observa-se que não há grande variação entre os 12 materiais analisados. Apesar disso, destacam-se ligeiramente as seguintes combinações: *E. urophylla* x *E. grandis* 1 no espaçamento 6,0 m x 3,0 m e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 nos espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m, que apresentaram as maiores notas nessa avaliação (Tabela 5.4). Visando a produção florestal de toras de melhor qualidade para processamento em serraria, essas seriam as combinações entre material genético e espaçamento de plantio indicadas para a produção de madeira serrada.

Como não foram observadas interações significativas entre os materiais genéticos e espaçamentos de plantio para as variáveis das propriedades físicas e mecânicas, todos os materiais apresentaram a mesma nota. Já em relação à anatomia e propriedades organolépticas das madeiras, as maiores notas foram observadas nos materiais de *E. urophylla* x *E. grandis* 1 no espaçamento 8,5 m x 3,0 m e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 no espaçamento 6,0 m x 3,0 m, com pouca variação entre as notas. Para as propriedades químicas, houve uma baixa variação das notas, sendo possível considerar que os materiais apresentam uma semelhança em relação à composição química de suas madeiras. Por fim, os materiais que apresentaram madeiras com melhores propriedades gerais foram: *E. urophylla* x *E. grandis* 1 no espaçamento 8,5 m x 3,0 m; e *E. saligna* nos espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m.

Em relação à produção e qualidade da madeira serrada obtida, as maiores notas foram observadas pelo material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 1 nos três espaçamentos. Dessa foram, tanto pela qualidade da matéria-prima quanto pelas características da madeira serrada obtida, esse material genético desenvolvido no espaçamento 6,0 m x 3,0 m demonstrou ser a combinação com maiores notas, consequentemente se destacando em relação à seleção para produção de tábuas.

No resultado geral, o maior somatório das notas foi obtido pela combinação entre o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 desenvolvido no espaçamento 6,0 m x 3,0 m. Além disso, com nota próxima, há também o destaque do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 1 nos três espaçamentos avaliados neste trabalho. Portanto, para produção de madeira serrada de melhor qualidade, a partir da avaliação dos resultados dos testes de médias, pode-se inferir que a melhor opção seria a seleção de um destes materiais genéticos no espaçamento 6,0 m x 3,0 m.

Como fator isolado, o material genético apresentou variação de notas em relação aos quatro materiais avaliados. A distribuição das notas atribuídas entre os materiais genéticos pelo resultado estatístico está disposta na TABELA 5.5.

Quanto à caracterização da matéria-prima (Tabela 5.5), o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 apresentou uma nota muito superior aos demais. Dessa forma, observa-se que este apresenta um potencial para a formação de árvores com melhores características de fuste e melhor qualidade de tora. A sequência de classificação para essas variáveis foi a seguinte: *E. urophylla* x *E. grandis* 2 > *E. urophylla* x *E. grandis* 1 > *E. saligna* > *E. urophylla* x *E. grandis* 3.

Em relação às propriedades da madeira (Tabela 5.5), o material genético que apresentou melhores resultados de propriedades físicas, organolépticas e mecânicas foi o *E. urophylla* x *E. grandis* 1. Para a anatomia, foi observado que o *E. urophylla* x *E. grandis* 3 apresentou a maior nota, implicando em madeiras com melhores propriedades anatômicas. Já para as características químicas, o *E. saligna* apresentou a melhor nota, sendo então destaque quanto à composição de sua madeira. Dessa forma, a depender da característica desejada, pode-se variar o uso destes materiais genéticos de *Eucalyptus* visando melhores propriedades da madeira. A sequência de classificação para essas variáveis foi a seguinte: *E. urophylla* x *E. grandis* 1 > *E. saligna* > *E. urophylla* x *E. grandis* 3 > *E. urophylla* x *E. grandis* 2.

Pelos resultados da produção e qualidade da madeira serrada, o material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2 também apresentou a maior nota. Além deste, com uma nota muito próxima, observa-se que o *E. urophylla* x *E. grandis* 1 também se destacou positivamente. Portanto, a escolha de um destes materiais seria responsável pela maior produção de madeira serrada de melhor qualidade. A sequência de classificação para essas variáveis foi a seguinte: *E. urophylla* x *E. grandis* 2 > *E. urophylla* x *E. grandis* 1 > *E. urophylla* x *E. grandis* 3 > *E. saligna*.

TABELA 5.5 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1	E. urophylla x E. grandis 2	E. urophylla x E. grandis 3	E. saligna
Variável		Nota			
Caracterização da matéria-prima					
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Altura total (m)	3,0	4,0	3,0	2,0
	Altura comercial (m)	3,0	4,0	3,0	2,0
	Fator de forma com casca	4,0	4,0	4,0	4,0
	Volume do fuste (m³.árv⁻¹)	3,5	4,0	2,5	2,0
Avaliação da DRL	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	4,0	4,0	3,5	3,0
	Deformação residual longitudinal (mm)	3,0	4,0	3,0	4,0
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	4,0	4,0	3,0	4,0
	Espessura de casca (mm)	4,0	4,0	4,0	3,0
	Volume de tora (m³.árv⁻¹)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	3,5	4,0	3,0	4,0
	Achatamento das toras (%)	3,5	4,0	3,5	3,0
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	2,5	3,0	2,0	4,0
Subtotal		50,0	55,0	46,5	47,0
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	4,0	3,0	4,0	4,0
	Dens. aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	4,0	2,0	3,0	3,0
	Contração tangencial (%)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Contração radial (%)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Contração longitudinal (%)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Contração volumétrica (%)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Coefficiente de anisotropia	4,0	4,0	4,0	4,0
Subtotal 1		28,0	25,0	27,0	27,0
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	4,0	3,5	3,0	3,5
	Mód. de elasticidade – flexão estática (MPa)	3,5	4,0	2,0	2,5
	Resist. compressão paralela às fibras (MPa)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	3,5	4,0	4,0	3,5
	Dureza na direção tangencial (N)	4,0	3,0	3,5	4,0
	Dureza na direção radial (N)	4,0	3,0	3,0	3,0
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	4,0	3,0	3,0	4,0
Resist. ao cisalhamento - tangencial (MPa)	4,0	3,0	3,0	4,0	
Resist. cisalhamento - radial (MPa)	4,0	3,0	3,0	4,0	
Subtotal 2		35,0	30,5	28,5	32,5

TABELA 5.5 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Material genético		<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	<i>E. saligna</i> (conclusão)
Variável		Nota			
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Frequência de vasos (nº de vasos.mm ⁻²)	4,0	4,0	3,0	3,5
	Altura dos raios (µm)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Largura dos raios (µm)	3,5	3,5	4,0	3,0
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	4,0	2,0	2,0	3,0
	Comprimento das fibras (µm)	3,0	3,5	4,0	4,0
	Largura das fibras (µm)	2,0	2,5	4,0	3,5
	Diâmetro do lúmen das fibras (µm)	3,0	4,0	4,0	4,0
	Espessura da parede das fibras (µm)	3,5	3,0	4,0	3,0
	Colorimetria – saturação (C*)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Colorimetria – ângulo de tinta (h*)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Subtotal 3	39,0	38,5	41,0	40,0
	Cinzas (%)	3,0	3,0	3,0	4,0
	Extrativos totais (%)	4,0	4,0	4,0	4,0
Propriedades químicas	Lignina total (%)	3,0	3,0	3,0	4,0
	Holocelulose (%)	4,0	4,0	3,5	3,0
	Subtotal 4	14,0	14,0	13,5	15,0
	Subtotal	116,0	108,0	110,0	114,5
Rendimento e qualidade da madeira serrada					
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	4,0	3,0	3,0	2,0
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	4,0	3,0	3,0	2,0
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	4,0	3,0	3,0	2,0
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	4,0	4,0	4,0	3,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	4,0	4,0	4,0	3,0
	Índice de rachadura de topo (%)	2,0	3,5	2,5	4,0
	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	3,5	3,5	4,0	3,0
Qualidade da madeira serrada seca	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Índice de rachadura de topo (%)	2,0	2,5	4,0	3,5
Produção de madeira serrada por área	Vol. de mad.serrada verde por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,5	4,0	3,0	2,0
	Vol. de mad. serrada seca por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,5	4,0	3,0	2,0
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,5	4,0	2,5	2,0
	Subtotal	42,0	42,5	40,0	32,5
SOMATÓRIO FINAL		208,0	205,5	196,5	194,0

FONTE: O autor (2023).

Além do material genético, o espaçamento de plantio isoladamente também apresentou variação de notas em relação aos materiais avaliados. A distribuição das notas atribuídas entre os espaçamentos de plantio pelo resultado estatístico está disposta na TABELA 5.6.

Visando a produção de matéria-prima de *Eucalyptus* de melhor qualidade, as árvores que se desenvolveram no maior espaçamento (8,5 m x 3,0 m) apresentaram a maior nota. Por isso, visando o processamento em serrarias, as toras desse espaçamento seriam ideais. A sequência de classificação dos espaçamentos de plantio para essas variáveis foi a seguinte: 8,5 m x 3,0 m > 6,0 m x 3,0 m > 3,0 m x 3,0 m.

Quanto às propriedades da madeira, foi observado um comportamento inverso, sendo a sequência de classificação dos espaçamentos de plantio: 3,0 m x 3,0 m > 6,0 m x 3,0 m > 8,5 m x 3,0 m. Nesse caso, pode-se observar que menores espaçamentos, que possuem menor desenvolvimento em diâmetro, podem ser responsáveis por madeiras de *Eucalyptus* com melhores qualidades, sobretudo quanto à resistência mecânica.

O espaçamento que apresentou a maior nota em relação à produção e qualidade da madeira serrada também foi o 8,5 m x 3,0 m. Porém, o espaçamento 6,0 m x 3,0 m apresentou uma nota muito próxima, podendo ser igualmente recomendado para obtenção dos maiores volumes de madeira serrada de melhor qualidade. Portanto, a sequência de classificação dos espaçamentos de plantio para essas variáveis foi a seguinte: 8,5 m x 3,0 m > 6,0 m x 3,0 m > 3,0 m x 3,0 m. Como os valores não foram muito diferentes, pode-se levar em consideração a produção volumétrica e o custo de implantação dos diferentes espaçamentos.

TABELA 5.6 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	(continua)
Variável		Nota			
Caracterização da matéria-prima					
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	1,0	2,0	3,0	
	Altura total (m)	2,0	3,0	3,0	
	Altura comercial (m)	2,0	3,0	3,0	
	Fator de forma com casca	3,0	2,0	2,0	
	Volume do fuste (m³.árv⁻¹)	1,0	2,0	3,0	
Avaliação da DRL	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	3,0	2,0	2,0	
	Deformação residual longitudinal – DRL média (mm)	3,0	3,0	3,0	
	Porcentagem de cerne (%)	2,0	3,0	3,0	
	Espessura de casca (mm)	3,0	3,0	3,0	
	Volume de tora (m³.árv⁻¹)	1,0	2,0	3,0	
Avaliação de discos e toras	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	3,0	2,0	2,0	
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	3,0	3,0	3,0	
	Achatamento das toras (%)	3,0	3,0	3,0	
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	2,0	3,0	2,5	
	Subtotal	32,0	36,0	38,5	
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	3,0	3,0	3,0	
	Densidade aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	3,0	3,0	3,0	
	Contração tangencial (%)	3,0	3,0	3,0	
	Contração radial (%)	3,0	3,0	3,0	
	Contração longitudinal (%)	3,0	3,0	3,0	
	Contração volumétrica (%)	3,0	3,0	3,0	
	Coefficiente de anisotropia	3,0	3,0	3,0	
Subtotal 1		21,0	21,0	21,0	
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	3,0	3,0	3,0	
	Módulo de elasticidade – flexão estática (MPa)	3,0	3,0	3,0	
	Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)	3,0	3,0	3,0	
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	3,0	2,0	2,0	
	Dureza na direção tangencial (N)	3,0	2,5	2,0	
	Dureza na direção radial (N)	3,0	2,0	1,0	
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	2,5	3,0	2,0	
	Resistência ao cisalhamento na direção tangencial (MPa)	3,0	3,0	3,0	
Subtotal 2		26,5	24,0	2,0	
					21,0

TABELA 5.6 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Espaçamento de plantio				(conclusão)
	Variável	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	3,0	3,0	3,0
	Frequência de vasos (número de vasos.mm ⁻²)	3,0	3,0	3,0
	Altura dos raios (µm)	2,5	3,0	2,0
	Largura dos raios (µm)	3,0	3,0	3,0
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	1,0	2,0	3,0
	Comprimento das fibras (µm)	3,0	3,0	3,0
	Largura das fibras (µm)	3,0	3,0	3,0
	Diâmetro do lúmen das fibras (µm)	3,0	3,0	3,0
	Espessura da parede das fibras (µm)	3,0	3,0	3,0
	Colorimetria – saturação (C*)	3,0	3,0	3,0
	Colorimetria – ângulo de tinta (h*)	3,0	3,0	3,0
	Subtotal 3	30,5	32,0	32,0
Propriedades químicas	Cinzas (%)	3,0	3,0	3,0
	Extrativos totais (%)	3,0	3,0	3,0
	Lignina total (%)	2,0	2,0	3,0
	Holocelulose (%)	3,0	3,0	3,0
	Subtotal 4	11,0	11,0	12,0
Subtotal		89,0	88,0	86,0
Rendimento e qualidade da madeira serrada				
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	2,0	2,0	3,0
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	2,0	2,0	3,0
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	2,0	2,5	3,0
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	3,0	3,0	3,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	3,0	3,0	2,0
	Índice de rachadura de topo (%)	3,0	3,0	3,0
Qualidade da madeira serrada seca	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	2,0	3,0	3,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	3,0	3,0	2,0
	Índice de rachadura de topo (%)	3,0	3,0	3,0
Produção de madeira serrada por área	Volume de madeira serrada verde por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	3,0	3,0
	Volume de madeira serrada seca por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	3,0	3,0
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	3,0	3,0
Subtotal		32,0	33,5	34,0
TOTAL GERAL		153,0	157,5	158,5

FONTE: O autor (2023).

3.2.2 Classificação baseada nos valores absolutos de cada variável

Levando em consideração a combinação entre os materiais genéticos de *Eucalyptus* e os espaçamentos de plantio avaliados nesse trabalho, foi possível realizar um ranqueamento dos melhores materiais para produção de madeira serrada. A distribuição das notas está disposta na TABELA 5.7.

De acordo com os resultados observados para a caracterização da matéria-prima para serrarias, os destaques positivos foram a combinação do material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 2, nos espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m. Confirma-se, portanto, o destaque deste material genético conforme observado na avaliação baseada nas notas aplicadas pelos resultados estatísticos. Como a maior nota foi obtida por esse material genético plantado no espaçamento intermediário, esta combinação seria a mais indicada para obtenção de árvores e toras de melhor qualidade para produção de madeira serrada.

A avaliação das propriedades da madeira ocorreu com todas as variáveis, bem como observando as notas para as propriedades físicas, organolépticas, mecânicas, anatômicas e químicas, isoladamente. Observando o subtotal das notas de todas as propriedades, cada material genético apresentou um destaque positivo diferente, sendo eles: *E. urophylla* x *E. grandis* 1 no espaçamento 8,5 m x 3,0 m; *E. urophylla* x *E. grandis* 2 no espaçamento 6,0 m x 3,0 m; e *E. urophylla* x *E. grandis* 3 e *E. saligna* no espaçamento 3,0 m x 3,0 m. Não foi observado, portanto, pela avaliação entre a combinação entre os fatores, uma tendência entre as madeiras com melhores propriedades e os espaçamentos entre árvores.

Isoladamente, as madeiras com maiores notas de propriedades físicas e organolépticas foram obtidas pelo material genético *E. urophylla* x *E. grandis* 1 plantados nos espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m, com o material *E. saligna* plantado no espaçamento 6,0 m x 3,0 m apresentando uma nota muito abaixo dos outros materiais. Apesar desse destaque negativo, essa combinação, juntamente com *E. saligna* no maior espaçamento e as madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* 1 nestes mesmos espaçamentos, apresentaram as melhores notas para as propriedades mecânicas, indicando que estas madeiras apresentam maiores resistências.

Já para a avaliação da anatomia, as madeiras que apresentaram as melhores notas foram provenientes dos materiais genéticos *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e *E. urophylla* x *E. grandis* 3 plantados no espaçamento 6,0 m x 3,0 m. Para a química das

madeiras não houve grande diferença entre as notas, porém destacaram-se os materiais obtidos pela combinação entre *E. saligna* no espaçamento 6,0 m x 3,0 m.

Os resultados da avaliação da produção e a qualidade da madeira serrada indicam que a combinação entre o *E. urophylla* x *E. grandis* 1 plantados nos espaçamentos 3,0 m x 3,0 m e 6,0 m x 3,0 m apresentou as melhores notas. O destaque da melhor nota ocorreu para esse material genético plantado no menor espaçamento, sendo então a combinação mais indicada para obtenção de maiores volumes de madeira serrada por hectare e tábuas de melhor qualidade.

Avaliando os materiais genéticos como fator isolado (TABELA 5.8), as melhores matérias-primas para serraria foram obtidas pelo *E. urophylla* x *E. grandis* 2. O *E. urophylla* x *E. grandis* 1 foi o material genético que apresentou maiores notas para a produção e qualidade de madeira serrada, bem como proporcionou madeiras com melhores propriedades.

Quanto ao espaçamento de plantio como fator isolado (TABELA 5.9), as madeiras que se desenvolveram no arranjo 6,0 m x 3,0 m apresentaram árvores e toras com maior potencial para serraria e maiores produção e qualidade da madeira serrada. Já os materiais obtidos no espaçamento 3,0 m x 3,0 m apresentaram as melhores notas para a caracterização das propriedades da madeira.

Dessa forma, é possível observar que não há grande relação entre o material genético e o espaçamento de plantio na caracterização de materiais para uso como madeira serrada. Ressalta-se, portanto, que o uso de uma combinação entre esses dois fatores pode resultar em árvores, toras e madeiras com características distintas, podendo cada material de *Eucalyptus* ser indicado para diferentes usos.

TABELA 5.7 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

(continua)

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1			E. urophylla x E. grandis 2			E. urophylla x E. grandis 3			E. saligna		
Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
Variável		Nota											
		Caracterização da matéria-prima											
Avaliação dendrométrica e volumes	DAP (cm)	3,0	8,0	9,0	2,0	5,0	10,0	4,0	7,0	12,0	1,0	7,0	11,0
	Altura total (m)	4,0	9,0	7,0	10,0	12,0	11,0	5,0	6,0	9,0	4,0	2,0	1,0
	Altura comercial (m)	5,0	9,0	8,0	7,0	11,0	12,0	4,0	6,0	10,0	3,0	3,0	3,0
	Fator de forma com casca	9,0	6,0	6,0	8,0	11,0	2,0	11,0	7,0	1,0	12,0	6,0	6,0
	Volume do fuste (m³.árv⁻¹)	4,0	8,0	9,0	3,0	10,0	12,0	2,0	6,0	11,0	1,0	5,0	7,0
	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	12,0	7,0	3,0	11,0	9,0	6,0	10,0	5,0	4,0	8,0	2,0	1,0
Avaliação da DRL	Deformação residual longitudinal – DRL média (mm)	1,0	6,0	2,0	8,0	10,0	8,0	4,0	4,0	5,0	9,0	12,0	11,0
	Porcentagem de cerne (%)	8,0	9,0	11,0	3,0	12,0	10,0	1,0	4,0	2,0	5,0	7,0	6,0
Avaliação de discos e toras	Espessura de casca (mm)	11,0	6,0	3,0	12,0	8,0	5,0	10,0	4,0	7,0	9,0	2,0	1,0
	Volume de tora (m³.árv⁻¹)	3,0	8,0	9,0	2,0	7,0	11,0	4,0	5,0	10,0	1,0	6,0	12,0
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	11,0	8,0	3,0	10,0	7,0	4,0	12,0	1,0	2,0	9,0	6,0	5,0
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	8,0	4,0	6,0	9,0	12,0	8,0	1,0	3,0	2,0	11,0	10,0	6,0
	Achatamento das toras (%)	4,0	8,0	5,0	9,0	12,0	11,0	7,0	3,0	10,0	6,0	1,0	2,0
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	7,0	10,0	1,0	7,0	9,0	8,0	2,0	4,0	3,0	5,0	11,0	12,0
Subtotal		90,0	106,0	82,0	101,0	135,0	118,0	77,0	65,0	88,0	84,0	80,0	84,0
Propriedades da madeira													
Propriedades físicas e organolépticas	Densidade básica (g.cm³)	5,0	11,0	12,0	2,0	3,0	1,0	8,0	10,0	8,0	6,0	4,0	9,0
	Densidade aparente a 12% de umidade (g.cm³)	11,0	12,0	9,0	2,0	3,0	1,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	10,0
	Contração tangencial (%)	6,0	3,0	2,0	5,0	7,0	12,0	10,0	9,0	11,0	8,0	1,0	4,0
	Contração radial (%)	11,0	10,0	9,0	7,0	5,0	8,0	12,0	2,0	4,0	1,0	7,0	3,0
	Contração longitudinal (%)	2,0	11,0	12,0	11,0	9,0	4,0	7,0	7,0	9,0	1,0	4,0	7,0
	Contração volumétrica (%)	9,0	4,0	3,0	5,0	8,0	11,0	12,0	7,0	10,0	6,0	1,0	2,0
	Coefficiente de anisotropia	8,0	5,0	5,0	9,0	12,0	7,0	3,0	10,0	1,0	11,0	2,0	6,0
Subtotal 1		52,0	56,0	52,0	41,0	47,0	44,0	58,0	50,0	47,0	41,0	26,0	41,0

TABELA 5.7 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

Material genético	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1			<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2			<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3			<i>E. saligna</i>		
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
Espaçamento de plantio	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Variável	Nota											
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	11,0	8,0	12,0	6,0	11,0	7,0	4,0	1,0	5,0	3,0	9,0
	Módulo de elasticidade – flexão estática (MPa)	9,0	6,0	11,0	12,0	8,0	10,0	3,0	1,0	4,0	5,0	7,0
	Resist. à compressão paralela às fibras (MPa)	5,0	1,0	2,0	10,0	9,0	7,0	11,0	5,0	7,0	12,0	9,0
	Módulo de elasticidade – compressão (MPa)	11,0	5,0	3,0	10,0	6,0	8,0	12,0	9,0	4,0	7,0	2,0
	Dureza - tangencial (N)	9,0	11,0	7,0	4,0	1,0	3,0	10,0	6,0	2,0	12,0	8,0
	Dureza - radial (N)	12,0	11,0	6,0	9,0	4,0	2,0	10,0	5,0	1,0	8,0	7,0
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	10,0	12,0	9,0	5,0	6,0	3,0	4,0	2,0	1,0	7,0	11,0
	Resist. ao cisalhamento na direção tangencial (MPa)	7,0	12,0	12,0	5,0	7,0	5,0	5,0	1,0	5,0	8,0	12,0
	Resist. ao cisalhamento na direção radial (MPa)	12,0	12,0	9,0	6,0	6,0	6,0	9,0	6,0	6,0	12,0	9,0
	Subtotal 2	86,0	78,0	71,0	67,0	58,0	51,0	68,0	36,0	35,0	74,0	45,0
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	3,0	2,0	1,0	10,0	9,0	4,0	5,0	8,0	6,0	12,0	11,0
	Frequência de vasos (número de vasos.mm ⁻²)	9,0	7,0	12,0	8,0	11,0	6,0	6,0	2,0	2,0	4,0	3,0
	Altura dos raios (µm)	8,0	5,0	10,0	7,0	12,0	4,0	2,0	6,0	3,0	9,0	11,0
	Largura dos raios (µm)	1,0	8,0	6,0	10,0	4,0	9,0	11,0	12,0	5,0	7,0	3,0
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	10,0	9,0	12,0	3,0	7,0	5,0	1,0	3,0	6,0	4,0	8,0
	Comprimento das fibras (µm)	1,0	2,0	3,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	6,0	4,0
	Largura das fibras (µm)	2,0	1,0	6,0	3,0	10,0	4,0	11,0	12,0	8,0	10,0	7,0
	Diâmetro das fibras (µm)	2,0	1,0	3,0	4,0	12,0	7,0	10,0	11,0	7,0	8,0	9,0
	Espessura da parede das fibras (µm)	4,0	8,0	7,0	3,0	6,0	1,0	10,0	11,0	12,0	9,0	2,0
	Cor – saturação (C*)	3,0	6,0	8,0	11,0	10,0	9,0	4,0	5,0	2,0	7,0	1,0
Subtotal 3	Cor – ângulo de tinta (h*)	6,0	7,0	11,0	12,0	10,0	8,0	4,0	3,0	2,0	4,0	1,0
	Subtotal 3	49,0	56,0	79,0	78,0	99,0	66,0	74,0	84,0	65,0	80,0	60,0
												75,0

(continua)

TABELA 5.7 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL OBTIDO PELA RELAÇÃO ENTRE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E ESPAÇAMENTOS ENTRE AS ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1			E. urophylla x E. grandis 2			E. urophylla x E. grandis 3			E. saligna		
Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m
Variável		Nota											
Propriedades químicas	Cinzas (%)	3,0	7,0	7,0	7,0	7,0	10,0	10,0	3,0	3,0	10,0	12,0	12,0
	Extrativos totais (%)	10,0	2,0	9,0	12,0	3,0	5,0	6,0	8,0	11,0	1,0	7,0	4,0
	Lignina total (%)	2,0	5,0	8,0	3,0	1,0	9,0	10,0	6,0	4,0	7,0	11,0	12,0
	Holcelulose (%)	10,0	11,0	4,0	8,0	12,0	5,0	3,0	6,0	7,0	10,0	2,0	1,0
Subtotal 4		25,0	25,0	28,0	30,0	23,0	29,0	29,0	23,0	25,0	28,0	32,0	29,0
Subtotal		212,0	215,0	230,0	216,0	227,0	190,0	229,0	193,0	172,0	223,0	192,0	190,0
Rendimento e qualidade da madeira serrada													
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	12,0	10,0	11,0	6,0	8,0	7,0	5,0	4,0	9,0	1,0	2,0	3,0
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	12,0	10,0	11,0	6,0	7,0	8,0	5,0	4,0	9,0	1,0	2,0	3,0
	Rend. em madeira serrada seca e destopada (%)	12,0	11,0	10,0	8,0	9,0	7,0	3,0	2,0	7,0	1,0	4,0	5,0
	Qualidade da madeira serrada verde	8,0	12,0	10,0	1,0	3,0	2,0	5,0	9,0	4,0	7,0	6,0	11,0
Qualidade da madeira serrada seca	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	12,0	8,0	2,0	6,0	9,0	1,0	7,0	11,0	3,0	4,0	10,0	5,0
	Índice de rachadura de topo (%)	3,0	4,0	1,0	10,0	9,0	5,0	7,0	2,0	6,0	8,0	11,0	12,0
	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	6,0	10,0	9,0	1,0	3,0	2,0	5,0	8,0	11,0	5,0	8,0	12,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	12,0	9,0	3,0	6,0	8,0	1,0	7,0	11,0	4,0	2,0	10,0	5,0
Produção de madeira serrada por área	Índice de rachadura de topo (%)	1,0	6,0	2,0	9,0	10,0	7,0	4,0	3,0	5,0	8,0	12,0	11,0
	Volume de madeira serrada verde por área (m³.ha ⁻¹)	11,0	8,0	6,0	12,0	10,0	7,0	9,0	3,0	5,0	1,0	2,0	4,0
	Volume de madeira serrada seca por área (m³.ha ⁻¹)	11,0	9,0	6,0	12,0	10,0	9,0	7,0	3,0	5,0	1,0	2,0	4,0
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m³.ha ⁻¹)	11,0	9,0	5,0	12,0	10,0	8,0	7,0	2,0	6,0	1,0	2,0	4,0
Subtotal		111,0	106,0	76,0	89,0	96,0	64,0	71,0	62,0	74,0	40,0	71,0	79,0
SOMATÓRIO FINAL		413,0	427,0	388,0	406,0	458,0	372,0	377,0	320,0	334,0	347,0	343,0	353,0

FONTE: O autor (2023).

TABELA 5.8 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

(continua)

Material genético		<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	<i>E. saligna</i>
Variável		Nota			
Caracterização da matéria-prima					
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	3,0	1,0	4,0	2,0
	Altura total (m)	2,0	4,0	3,0	1,0
	Altura comercial (m)	3,0	4,0	2,0	1,0
	Fator de forma com casca	2,0	4,0	2,0	4,0
	Volume do fuste (m³.árv⁻¹)	3,0	4,0	2,0	1,0
Avaliação da DRL	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	3,0	4,0	2,0	1,0
	Deformação residual longitudinal (mm)	2,0	3,0	2,0	4,0
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	4,0	2,0	1,0	3,0
	Espessura de casca (mm)	3,0	1,0	4,0	2,0
	Volume de tora (m³.árv⁻¹)	3,0	4,0	1,0	2,0
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	3,0	4,0	1,0	2,0
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	2,0	4,0	1,0	3,0
	Achatamento das toras (%)	2,0	4,0	3,0	1,0
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	2,0	3,0	1,0	4,0
Subtotal		37,0	46,0	29,0	31,0
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	4,0	1,0	3,0	2,0
	Dens. aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	4,0	1,0	2,0	3,0
	Contração tangencial (%)	1,0	3,0	4,0	2,0
	Contração radial (%)	4,0	2,0	3,0	1,0
	Contração longitudinal (%)	4,0	4,0	2,0	1,0
	Contração volumétrica (%)	2,0	3,0	4,0	1,0
	Coefficiente de anisotropia	2,0	4,0	1,0	3,0
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	4,0	3,0	1,0	2,0
	Mód. de elasticidade – flexão estática (MPa)	3,0	4,0	1,0	2,0
	Resist. compressão paralela às fibras (MPa)	1,0	3,0	3,0	4,0
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	2,0	3,0	4,0	1,0
	Dureza na direção tangencial (N)	4,0	1,0	2,0	3,0
	Dureza na direção radial (N)	4,0	2,0	1,0	3,0
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	4,0	2,0	1,0	3,0
	Resist. ao cisalhamento - tangencial (MPa)	4,0	2,0	2,0	4,0
	Resist. cisalhamento - radial (MPa)	4,0	2,0	2,0	3,0

TABELA 5.8 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR MATERIAL GENÉTICO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1	E. urophylla x E. grandis 2	E. urophylla x E. grandis 3	(conclusão)	
Variável		Nota				
		Propriedades da madeira				
Propriedades anatômicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0
	Frequência de vasos (nº de vasos.mm ⁻²)	4,0	3,0	1,0	2,0	2,0
	Altura dos raios (µm)	3,0	2,0	1,0	4,0	4,0
	Largura dos raios (µm)	2,0	3,0	4,0	1,0	1,0
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	4,0	2,0	1,0	3,0	3,0
	Comprimento das fibras (µm)	1,0	3,0	4,0	2,0	2,0
	Largura das fibras (µm)	1,0	2,0	4,0	3,0	3,0
	Diâmetro das fibras (µm)	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0
	Espessura da parede das fibras (µm)	3,0	1,0	4,0	2,0	2,0
	Colorimetria – saturação (C*)	2,0	4,0	1,0	3,0	3,0
	Colorimetria – ângulo de tinta (h*)	3,0	4,0	1,0	2,0	2,0
	Cinzas (%)	2,0	3,0	2,0	4,0	4,0
	Extrativos totais (%)	3,0	2,0	4,0	1,0	1,0
	Lignina total (%)	2,0	1,0	3,0	4,0	4,0
	Holocelulose (%)	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0
Subtotal		86,0	80,0	74,0	78,0	
		Rendimento e qualidade da madeira serrada				
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	4,0	1,0	2,0	3,0	3,0
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	4,0	1,0	4,0	2,0	2,0
	Índice de rachadura de topo (%)	1,0	3,0	2,0	4,0	4,0
	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	3,0	1,0	2,0	4,0	4,0
Qualidade da madeira serrada seca	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	4,0	1,0	3,0	3,0	3,0
	Índice de rachadura de topo (%)	1,0	3,0	2,0	4,0	4,0
	Volume de madeira serrada verde por área (m ² .ha ⁻¹)	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0
Produção de madeira serrada por área	Volume de madeira serrada seca por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0
	Subtotal	38,0	31,0	27,0	26,0	
SOMATÓRIO FINAL		161,0	157,0	130,0	135,0	

FONTE: O autor (2023).

TABELA 5.9 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	(continua)
Variável	Caracterização da matéria-prima	Nota			
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	1,0	2,0	3,0	
	Altura total (m)	1,0	3,0	2,0	
	Altura comercial (m)	1,0	2,0	3,0	
	Fator de forma com casca	3,0	2,0	1,0	
	Volume do fuste ($m^3 \cdot \text{árv}^{-1}$)	1,0	2,0	3,0	
Avaliação da DRL	Volume do fuste por área ($m^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	3,0	2,0	1,0	
	Deformação residual longitudinal – DRL média (mm)	1,0	3,0	2,0	
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	1,0	3,0	2,0	
	Espessura de casca (mm)	3,0	2,0	1,0	
	Volume de tora ($m^3 \cdot \text{árv}^{-1}$)	1,0	2,0	3,0	
	Volume de tora por área ($m^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	3,0	2,0	1,0	
	Conicidade das toras ($\text{cm} \cdot \text{m}^{-1}$)	2,0	3,0	1,0	
	Achatamento das toras (%)	3,0	1,0	2,0	
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	1,0	3,0	2,0	
	Subtotal	25,0	32,0	27,0	
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	1,0	3,0	3,0	
	Densidade aparente a 12% de umidade ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2,0	3,0	1,0	
	Contração tangencial (%)	3,0	1,0	3,0	
	Contração radial (%)	3,0	2,0	1,0	
	Contração longitudinal (%)	1,0	3,0	3,0	
	Contração volumétrica (%)	3,0	1,0	2,0	
	Coefficiente de anisotropia	3,0	2,0	1,0	
Subtotal 1		20,0	17,0	20,0	
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	1,0	3,0	2,0	
	Módulo de elasticidade – flexão estática (MPa)	3,0	1,0	2,0	
	Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)	3,0	2,0	1,0	
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	3,0	2,0	1,0	
	Dureza na direção tangencial (N)	3,0	2,0	1,0	
	Dureza na direção radial (N)	3,0	2,0	1,0	
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	2,0	3,0	1,0	
	Resistência ao cisalhamento na direção tangencial (MPa)	2,0	3,0	2,0	
	Resistência ao cisalhamento na direção radial (MPa)	3,0	3,0	1,0	
Subtotal 2		23,0	21,0	12,0	

TABELA 5.9 – ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS COM A FINALIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR ESPAÇAMENTO ENTRE ÁRVORES EM PLANTIO DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA, CONSIDERANDO OS VALORES ABSOLUTOS.

Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	(conclusão)
Variável		Nota			
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (µm)	3,0	2,0	1,0	
	Frequência de vasos (número de vasos.mm ⁻²)	3,0	1,0	2,0	
	Altura dos raios (µm)	2,0	3,0	1,0	
	Largura dos raios (µm)	3,0	2,0	1,0	
	Frequência de raios (número de raios.mm ⁻¹)	1,0	2,0	3,0	
	Comprimento das fibras (µm)	1,0	2,0	3,0	
	Largura das fibras (µm)	2,0	3,0	1,0	
	Diâmetro das fibras (µm)	2,0	3,0	1,0	
	Espessura da parede das fibras (µm)	2,0	3,0	2,0	
	Colorimetria – saturação (C*)	2,0	1,0	3,0	
	Colorimetria – ângulo de tinta (h*)	2,0	1,0	3,0	
	Subtotal 3	19,0	21,0	15,0	
	Cinzas (%)	3,0	3,0	3,0	
	Extrativos totais (%)	2,0	1,0	3,0	
Propriedades químicas	Lignina total (%)	1,0	2,0	3,0	
	Holocelulose (%)	3,0	2,0	1,0	
	Subtotal 4	8,0	8,0	10,0	
	Subtotal	70,0	67,0	57,0	
Rendimento e qualidade da madeira serrada					
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	1,0	2,0	3,0	
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	1,0	2,0	3,0	
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	1,0	2,0	3,0	
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	1,0	3,0	2,0	
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	2,0	3,0	1,0	
	Índice de rachadura de topo (%)	3,0	2,0	1,0	
Qualidade da madeira serrada seca	Encurvamento (mm.m ⁻¹)	1,0	2,0	3,0	
	Arqueamento (mm.m ⁻¹)	2,0	3,0	1,0	
	Índice de rachadura de topo (%)	3,0	2,0	1,0	
Produção de madeira serrada por área	Volume de madeira serrada verde por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	2,0	1,0	
	Volume de madeira serrada seca por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	2,0	1,0	
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área (m ³ .ha ⁻¹)	3,0	2,0	1,0	
Subtotal		24,0	27,0	21,0	
TOTAL GERAL		119,0	126,0	105,0	

FONTE: O autor (2023).

4 CONCLUSÕES

Correlações entre variáveis

A qualidade da matéria-prima influenciou diretamente os rendimentos, a qualidade e as propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus*.

A porcentagem de cerne foi uma das principais característica da matéria-prima, se correlacionando com propriedades físicas, mecânicas e anatômicas da madeira.

As rachaduras de tábuas e toras foram diretamente influenciadas pela intensidade das tensões de crescimento, bem como pelas propriedades físicas e anatômicas. As tensões de crescimento também influenciaram diretamente a ocorrência de empenamentos na madeira serrada.

Os defeitos da madeira serrada, sejam eles empenamentos ou rachaduras, geraram problemas de resistência mecânica. O arranjo anatômico e as propriedades mecânicas da madeira foram fatores que influenciaram o desenvolvimento das árvores e das toras.

Classificação dos melhores materiais

E. urophylla x *E. grandis* 1 e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 no espaçamento 6,0 m x 3,0 m foram as melhores combinações para produção de madeira serrada de melhor qualidade.

O melhor material genético foi o *E. urophylla* x *E. grandis* 2. Quanto ao espaçamento, a análise individual deste fator indicou o maior espaçamento (8,5 m x 3,0 m) como o mais indicado para produção de madeira serrada, sobretudo pelas dimensões e volumes de madeira. Porém também houve destaque do 6,0 m x 3,0 m, com notas próximas às obtidas pelo maior espaçamento.

Outras combinações entre materiais genéticos e espaçamentos de plantio podem gerar toras com características desejadas para o processamento em serrarias, seja pela qualidade da matéria-prima, das propriedades da madeira ou do rendimento e qualidade da madeira serrada obtida.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. N. F.; PICOLI, E. A. T.; MOULIN, J. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ZAUZA, E. A. V.; LOOS, R. A.; HALL, K. B.; GOMES, D. S.; CONCEIÇÃO, G. J.; RODRIGUES, P. D.; VIDAURRE, G. B. Propriedades da madeira como potenciais biomarcadores de tolerância a distúrbios fisiológicos: comparação de genótipos de eucalipto divergentes. **Scientia Forestalis**, v. 50, e3864, 2022.
- ALZATE, S. B. A. Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus*. **Revista Investigaciones Aplicadas**, n. 5, p. 1-14, 2009.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1102-84**: standard test method for ash in wood. West Conshohocken: ASTM, 2013. 10p.
- AMER, M.; KABOUCHI, B.; RAHOUTI, M.; FAMIRI, A.; FIDAH, A.; ZIANI, M.; ALAMI, S. E. Kinetic of cracks propagation related to the growth stress of clonal *Eucalyptus* wood. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 16, p. 155-161, 2019.
- AMORIM, E. P.; PAES, J. B.; NICACIO, M. A. Anisotropia da contração e inchamento da madeira: Uma abordagem tecnológica. In: EVANGELISTA, W. V. (Org.). **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades**. 1. ed. Guarujá: Editora científica digital, 2021. p. 82-100.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806**: Madeira serrada de eucalipto: requisitos. Rio de Janeiro, 2002. 11p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16550**: bagaço de cana-de-açúcar – Caracterização química. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 24p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16864-2: Madeira serrada - parte 2: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2020. 18p.
- BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, v. 20, p. 4, p. 1061-1074, 2015.
- BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.
- BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M.; ROCHA, M. P.; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. G. L. Deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus* em local sujeito a ventos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e00028013, 2017.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia na Agricultura**, v. 20, n. 2, p. 53- 65, 2005.

CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corimbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010.

CHERELLI, S. G.; SARTORI, M. M. P.; PRÓSPERO, A. G.; BALLARIN, A. W. Heartwood and sapwood in eucalyptus trees: non-conventional approach to wood quality. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 425-438, 2018.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 461**: Maderas: método de determinación del peso específico aparente. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 462**: Maderas: método de determinación de la contracción. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 463**: Maderas: método de determinación del cizallamiento paralelo al grano. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 464**: Maderas: método de determinación de la compresión axil o paralela al grano. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 465**: Maderas: método de determinación de la dureza. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555**: Maderas: método de ensayo de flexión estática. Caracas: COPANT, 1973. 11p.

CORADIN, V.T.R.; MUÑIZ, G.I.B. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira**: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. Série Técnica n. 15. Brasília: LPF, 1992. 17p.

COSTA, A. C. S.; LEAL, C. S.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C. Propriedades da madeira de cerne e alborno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 1, p. 10-20, 2017.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; DE MUNIZ, G. I. B. Within trees and between clones variations of the wood physical and mechanical properties of *Eucalyptus* hybrids. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33–47, 2003.

DEUS, D. A.; ZAÚ, A. S.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; ABREU, H. S.; GAMA, D. C. Lignina: uma importante tecnologia química da madeira. **e-Acadêmica**, v. 3, n. 3, e7233391, 2022.

ELOY, E.; BANDERA, E.; MANGINI, T.; ZANCHETTA, L. S.; TREVISAN, R.; CARON, B. O.; CANDATEN, L. Influence of drying on the physical and mechanical properties of wood from trees grown in an agroforestry system. **Revista Árvore**, v. 44, e4431, 2020.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; VALLE, M. L. A.; XAVIER, B. A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 273-284, 2010.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 79-91, 2009.

FRAGA, I. F.; ARROYO, F. N.; SOARES, L. S. Z. R.; AQUINO, V. B. M.; RUTHES, H. C.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Influência do teor de umidade em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Dipteryx odorata*. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3, 2022.

FRANÇA, M. C. **Caracterização tecnológica de clones de *Eucalyptus* para a produção de madeira maciça**. 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51-51, 1945.

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

JANKWOSKY, I. P.; SANTOS, G. R. V. S. Drying behavior and permeability of *Eucalyptus grandis* lumber. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 7, n. 1, p. 17-21, 2005.

KOZAKIEWICZ, P.; REBKOWSK, B.; KOCZAN, G.; KRZOSEK, S. Influence of machining technologies and quality of logs on material losses of typical supply of Scots pine wood (*Pinus sylvestris* L.) destined for layered floorboards. **Folia Forestalia Polonica**, v. 60, n. 4, p. 241-247, 2018.

LIMA, G. S.; FERREIRA, J. B. Propriedades mecânicas da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 66-76.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; GARCIA, R.; LUCA, E. F.; SILVA JÚNIOR, F. G. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da madeira de *Eucalyptus umbra* R. T. Baker em função do diâmetro e da posição radial na tora. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 289-298, 2011.

MENDES, J. B. **Desenvolvimento de um sistema de inventário florestal por computador**. 1988. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MIRANDA, I.; GOMINHO, J.; LOURENCO, A.; PEREIRA, H. Heartwood, Extractives and pulp yield of three *Eucalyptus globulus* clones grown in two sites. **Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment**, v. 60, n. 6, p. 485-488, 2007.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 493-505, 2017.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, B. C. L. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a obtenção de peças estruturais. **Cerne**, v. 19, p. 357-364, 2013.

MORAIS, M. C.; PEREIRA, H. Variation of extractives content in heartwood and sapwood of *Eucalyptus globulus* trees. **Wood Science and Technology**, v. 46, p. 709-719, 2012.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 535-542, 2014.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, P. M. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, v. 19, n. 1, 2013.

NUNES, J. S.; SOARES, T. S. Estimativas volumétricas para um povoamento adensado de *Eucalyptus* sp. em regime de curta rotação. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 77-86, 2017.

OKINO, E. Y. A.; CAMARGOS, J. A. A.; SANTANA, M. A. E.; MARQUES, M. H. B.; MARTINS, V. A.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 39-48, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M. Estrutura Anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

PROTÁSIO, T. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES, B. M. R. Correlações entre as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de diferentes espécies de *Eucalyptus*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 123-132, 2012.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

REIS, C. A. **Anatomia e espectroscopia da madeira e carvão de espécies de *Manilkara* sp. da RESEX Verde para Sempre – Pará**. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

RESQUIN, F.; NAVARRO-CERRILLO, R. M.; CARRASCO-LETELIER, L.; CASNATI, C. R. Influence of contrasting stocking densities on the dynamics of above-ground biomass and wood density of *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii*, and *Eucalyptus grandis* for bioenergy in Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 63-74, 2019.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF - Série Didática nº 01/02, 2002. 121p.

RODRIGUES, B. P. **Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose**. 90f. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

SETTE JR., C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.

SILVA, S. R.; VIDAURRE, G. B.; BALLARIN, A. W.; OLIVEIRA, J. T. S. Demarcação e propriedades dos lenhos juvenil e adulto de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 14-46.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T204 cm-97**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2007. 12p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T222 om-15**: acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2015. 5p.

TENORIO, C.; MOYA, R.; QUESADA-PINEDA. Kiln drying of *Acacia mangium* wood: colour, shrinkage, warp, split and check in dried lumber. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 1, p. 125-139, 2012.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 725-731, 2004.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; MORAES, M. L. T.; SANTOS, F. W.; SEBBENN, A. M. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

VALENCIA, J.; HARDWOOD, C.; WASHUSEN, R.; MORROW, A.; WOOD, M.; VOLKER, P. Longitudinal growth strain as a log and wood quality predictor for plantation-grown *Eucalyptus nitens* sawlogs. **Wood Science and Technology**, v. 45, p. 15-34, 2011.

VALVERDE, J. C.; ARIAS, D.; CAMPOS, R.; JIMÉNEZ, L. D.; MORALES, J. P. Effects of planting spacing on chemical, physical and energetic properties of biomass accumulation in a plantation of *Eucalyptus tereticornis* Sm. **Cerne**, v. 28, e-102930, 2022.

VERA, D. E.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D.; COUTO, A. M. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 504-522, 2022.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

YANG, J. L.; BAILLÈRES, H.; OKUYAMA, T.; MUNERI, A.; DOWNES, G. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 1, p. 34-43, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Definir plantios que combinem material genético e espaçamento de plantio é essencial para o planejamento da obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus* com boa qualidade. A avaliação das correlações entre as variáveis de qualidade da matéria-prima, propriedades da madeira, produção e qualidade da madeira serrada representaram uma forma de melhor compreensão do planejamento e desenvolvimento das florestas dos diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus*, nas diferentes densidades de plantio avaliadas, para o setor de serrarias.

Os materiais genéticos de *Eucalyptus* com sete anos avaliados apresentaram potencial para uso como madeira maciça após processamento em serraria. Apesar da pouca idade, as toras apresentaram características desejadas para a produção de madeira serrada, sobretudo a quantidade de cerne e o formato das toras. As propriedades da madeira sofreram pouca influência do espaçamento e apresentaram maior variação entre os quatro materiais genéticos avaliados.

Após a avaliação da combinação entre material genético e espaçamento de plantio nas propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus*, pode-se inferir que o material genético representou uma fonte maior de variação na qualidade do material utilizado para essa finalidade. O espaçamento de plantio representou maior influência nas características das árvores e das toras a serem utilizadas como matéria-prima para obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus*, especialmente quanto à forma e o volume de madeira produzido por área. Dessa forma, as características que apresentaram maior influência do adensamento do plantio foram as dimensões das toras e os respectivos rendimentos em madeira serrada.

Os materiais genéticos *E. urophylla* x *E. grandis* 1 e *E. urophylla* x *E. grandis* 2 e os espaçamentos 6,0 m x 3,0 m e 8,5 m x 3,0 m apresentaram os melhores resultados para produção de madeira serrada. Estas combinações, principalmente no espaçamento 6,0 m x 3,0 m, são as mais indicadas para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus* de melhor qualidade.

Por fim, conclui-se que há influência do material genético e do espaçamento de plantio na qualidade da matéria-prima e da madeira serrada de *Eucalyptus* spp. Além disso, observa-se que a aplicação das avaliações baseadas em ponderações de notas para analisar qual o melhor material constitui uma técnica promissora para o setor madeireiro.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Aplicar outras metodologias, como avaliações não destrutivas em árvores e madeiras, para caracterização das propriedades da madeira desses materiais, bem como a realização de análises de qualidade da usinagem desses materiais para indicações de futuras aplicabilidades de suas madeiras serradas.

Verificar se a aplicação de outros métodos de desdobro, como por exemplo o desdobro paralelo à casca e as técnicas de desdobro radial, podem melhorar as observações indesejadas obtidas nesse estudo.

Recomenda-se, também, avaliar as mesmas combinações entre materiais genéticos e espaçamentos de plantios em povoamentos com idades mais avançadas, que possuam lenho adulto.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, K. K. B.; PAIVA, L. M.; ALMEIDA, R. G.; URBANO, E. FERREIRA, A. D.; MAZUCHELI, J. Modeling the individual height and volume of two integrated crop-livestock-forest systems of *Eucalyptus* spp. in the Brazilian Savannah. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.
- ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.
- ALMEIDA, D. H.; DIAS, A. A. Comparison between test methods to determine wood embedment strength parallel to the grain. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 741-748, 2016.
- ALMEIDA, M. N. F.; PICOLI, E. A. T.; MOULIN, J. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ZAUZA, E. A. V.; LOOS, R. A.; HALL, K. B.; GOMES, D. S.; CONCEIÇÃO, G. J.; RODRIGUES, P. D.; VIDAURRE, G. B. Propriedades da madeira como potenciais biomarcadores de tolerância a distúrbios fisiológicos: comparação de genótipos de eucalipto divergentes. **Scientia Forestalis**, v. 50, e3864, 2022.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; LOUZADA, J. L. P. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA, J. C. L.; CÂMARA, A. P.; SILVA, M. E. C. M.; BARROS, A. I. R. N. A.; MATOS, C. C.; ALVES, A. M. M.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A. Differences in wood anatomy and chemistry of a *Eucalyptus urophylla* clone explained by site climate conditions. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 52, p. 1-11, 2022.
- ALMEIDA, M. N. F.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; LOUZADA, J. L. P. C.; SILVA, M. E. C. M.; CÂMARA, A. P.; ROCHA, S. M. G.; OLIVEIRA, J. C. L.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R. L.; ALVARES, C. A.; TOMAZZELLO-FILHO, M.; FIGUEIREDO, F. M.; OLIVEIRA, R. F. Heartwood variation of *Eucalyptus urophylla* is influenced by climatic conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 458, 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, G. M.; PAULA, N. F. Formação de cerne em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v. 12, n. 1, 2020.
- ALZATE, S. B. A. Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus*. **Revista Investigaciones Aplicadas**, n. 5, p. 1-14, 2009.
- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87-95, 2005.

AMER, M.; KABOUCHI, B.; RAHOUTI, M.; FAMIRI, A.; FIDAH, A.; ZIANI, M.; ALAMI, S. E. Kinetic of cracks propagation related to the growth stress of clonal *Eucalyptus* wood. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 16, p. 155-161, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1102-84**: standard test method for ash in wood. West Conshohocken: ASTM, 2013. 10p.

AMORIM, E. P.; PAES, J. B.; NICACIO, M. A. Anisotropia da contração e inchamento da madeira: Uma abordagem tecnológica. In: EVANGELISTA, W. V. (Org.). **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades**. 1. ed. Guarujá: Editora científica digital, 2021. p. 82-100.

AMPARADO, K. F. **Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de um plantio de *Eucalyptus saligna* Smith visando o segmento moveleiro**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, 2008.

AMPARADO, K. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Forestal Venezolana**, v. 52, n. 1, p. 71-76, 2008.

ANDRADE, C. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; QUINHONES, R.; LIMA, J. T. Calibrações NIRS para três propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 16, Suplemento, p. 9-14, 2010.

ANDRADE, F. W. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOUTINHO, V. H. P. Influence of wood physical properties on charcoal from *Eucalyptus* spp. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, e20150176, 2018.

ANDRÉ, J. L.; OLIVEIRA, R. S.; SETTE JR., C. R.; ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; SIQUEIRA, L.; NOVAES, E. Wood volume of *Eucalyptus* clones established under different spacings in the Brazilian Cerrado. **Forest Science**, v. 67, p. 478-489, 2021.

ANJOS, A. F. T.; SARTORI, W. W.; TONINI, H.; MORALES, M. M.; SILVA, V. P. Performance and quality of wood in a clone of *Eucalyptus* in monoculture and silvipastoral system. **Nativa**, v. 4, n.2, p.77-81, 2016.

ANJOS, R. A. M. **Estudo sobre a qualidade de madeira serrada de três espécies de eucalipto**. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2013.

ANJOS, R. A. M.; FONTES, A. P. N. Rendimento de madeira serrada de espécies de *Eucalyptus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 26-32, 2017.

ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CARNEIRO, A. C. O.; ALVES, E.; GUERREIRO, M. C. Longitudinal and radial variation of extractives and total lignin contents in a clone of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 283-291, 2011.

ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; LIMA, J. T.; VIDAURRE, G. B. Densitometria de raios X na madeira e carvão de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 155-162, 2016.

ARANTES, M. D. D.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R. Características do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 423-431, 2013.

ARAUJO, E. C. G.; SILVA, T. C.; SANQUETTA, C. R.; ROCHA, M. P. Estoque de carbono na madeira de eucalipto: relação material genético x espaçamento entre árvores. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, e7998, 2021.

ARCHER, R. R. **Growth stresses and strains in trees**. Berlin: Springer Verlag, 1986. 24p.

ASSIS, T. F. **Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria**. Porto Alegre: GRAU CELSIUS, 2010. 18 p.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. (Eds.) **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2015. p. 225-247.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. Estudo setorial 2019: ano base 2018. Curitiba: ABIMCI, 2019. 160p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16864-1: Madeira serrada - parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2020a. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16864-2: Madeira serrada - parte 2: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2020a. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: madeira – determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806: Madeira serrada de eucalipto: requisitos**. Rio de Janeiro, 2002. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16550: bagaço de cana-de-açúcar – Caracterização química**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16550: bagaço de cana-de-açúcar – Caracterização química**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16864-2: Madeira serrada - parte 2: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2020. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; BARRETO, P. A. B.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 309-318, 2011.

BALASSO, M.; HUNT, M.; JACOBS, A.; O'REILLY-WAPSTRA, J. Quality traits of plantation *Eucalyptus nitens* logs impacting volume and value recovery of structural sawn boards. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 80, p. 657-668, 2022.

BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C.; NISGOSKI, S.; TALGATTI, M.; DENARDI, L. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus* L'Hér. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 2, p. 114-126, 2017.

BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G.; SACON, V. N. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids. **Scientia Forestalis**, n. 75, p. 19-29, 2007.

BATISTA, A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. Influência do sistema de corte basal de miniestacas na propagação clonal de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii*. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1115-1122, 2014.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P.; BATISTA, T. R. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade da secagem convencional da madeira de *Eucalyptus* sp. – parte 2. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 135-141, 2016.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BEAUSSIER, T.; CAURLA, S.; BELLHO-MAUREL, V.; DELACOTE, P.; LOISEAU, E. Deepening the territorial Life Cycle Assessment approach with partial equilibrium modelling: First insights from an application to a wood energy incentive in a French region. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 179, e. 106024, 2022.

BELTRAME, R.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. SANTOS, G. A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

BELTRAME, R.; CADERMATORI, P. H. G.; DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; SCHNEIDER, P. R. Use of dummy variables to predict growth stresses in *Eucalyptus* ssp. clones. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1131-1139, 2016.

BELTRAME, R.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; AGUIAR, A. M. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, v. 20, p. 4, p. 1061-1074, 2015.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; LAZAROTTO, M.; GATTO, D. A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C. R. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.

BENIN, C. C.; WATZLAWICK, L. F.; HILLIG, E. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* sob efeito do espaçamento de plantio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1375-1384, 2017.

BENITES, P. K. R. M.; LOPES, A. S.; GOUVÊA, A. F. G.; SILVA, F. C.; SOUZA, C. C. B. Caracterização tecnológica da madeira de híbridos de eucalipto irrigados e fertirrigados. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1716-1728, 2018.

BENTO, A. V.; TANOBE, G. R. O. A. Composição química da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 48-56.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BERLUND, A.; BROMAN, O.; GRÖNLUNG, M.; FREDRIKSSON, M. Improved log rotation using information from a computed tomography scanner. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 90, p. 152-158, 2013.

BERNARDO, A. L.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; HARRISON, R. B.; FIRME, D. J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.

BHANDARI, S. K.; VENEKLAAS, E. J.; MCCAW, L.; MAZANEC, R.; WHITFORD, K.; RENTON, M. Effect of thinning and fertilizer on growth and allometry of *Eucalyptus* BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, v. 37, p. 95-108, 2007.

BILIK, A. C. B.; KEFFER, J. F.; TRIANOSKI, R. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus palustris* Mill. cultivado no sul do Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 2, p. 113-115, 2020.

BLACKWELL, P.; WALKER, J. C. F. Sawmilling. In: WALKER, J. C. F. (ed). **Primary wood processing: Principles and practice**. Berlin: Springer, 2006. p. 203-250.

BLINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, I.; STAPE, J. L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 405, n. 1, p. 271-283, 2017.

BONFATTI JR., E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201601394, p. 1-13, 2018.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BORTOLLETO JÚNIOR, G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 237-243, 2008.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. 558p.

BRAZ, R. L. **Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2014. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M.; ROCHA, M. P.; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. G. L. Deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus* em local sujeito a ventos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e00028013, 2017.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 5, n. 2, p. 127-137, 2014.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. G. L. Deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus* em local sujeito a ventos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e00028013, 2017.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; RODRIGUES, B. P.; CARNEIRO, A. C. O. Effect of planting spacing in production and permeability of heartwood and sapwood of *Eucalyptus* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, 2019.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; RODRIGUES, B. P.; CARNEIRO, A. C. O. Effect of planting spacing in production and permeability of heartwood and sapwood of *Eucalyptus* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, 2019.

BRITO, A. S.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; OLIVEIRA, R. F.; DIAS JÚNIOR, A. F.; ARANTES, M. D. C.; MOULIN, J. C.; VALIN, M.; SIQUEIRA, L.; ZAUZA, E. A. V. Interaction between planting spacing and wood properties of *Eucalyptus* clones grown in short rotation. **iForest**, v. 14, p. 12-17, 2021.

BRITO, J. O.; DIAS JUNIOR, A. F.; LANA, A. Q.; ANDRADE, C. R.; BERNARDES, F. F. Biological resistance of heat-treated wood of *Pinus caribaea* and *Eucalyptus saligna*. **Maderas. Ciencia y Tecnología**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2019.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JR., G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BRITO, J. O.; SILVA, F. G.; LEÃO, M. M.; ALMEIDA, G. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8545-8548, 2008.

BROWNING, B. L. The composition and chemical reactions of wood. In: BROWNING, B. L. (Ed.). **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 1963. p. 58-95.

BRUNO, T. J.; SVORONOS, P. D. N. **CRC Handbook of fundamental spectroscopic correlation charts**. Boca Raton: CRC Press, 2005. 240 p.

BURGER, L. M.; RIEHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Ed. Nobel, 1991. 154 p.

CABACINHA, C. D.; MELLO, J. M.; DALANESI, P. E. Acuracidade nas estimativas volumétricas de *Eucalyptus saligna*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano 1, n. 2, p. 1-4, 2003.

CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; MASTELLA, T.; VARGAS, J. F.; SANTINI, E. J. Uso de herbicida na redução das tensões de crescimento na madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2015.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia na Agricultura**, v. 20, n. 2, p. 53-65, 2005.

CÂMARA, A. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BOBADILHA, G. S.; VIDAURRE, G. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; SOLIMAN, E. P. Physiological disorders affecting dendrometric parameters and eucalyptus wood quality for pulping wood. **Cerne**, v. 24, n. 1, p. 27-34, 2018.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. C.; GONTIJO NETO, M. M. Crescimento e rendimento de peças de madeira de eucalipto de um sistema de integração pecuária-floresta implantado na região do cerrado mineiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 176. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 21p.

CARDONA, L. M. V. **Estudo experimental da secagem e carbonização do eucalipto saligna para produção de carvão vegetal**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CARDOSO JUNIOR, A. A.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; MENDES, L. M. Deformação residual longitudinal em diferentes espaçamentos e idades em clone de híbrido de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 218-224, 2005.

CARDOSO JÚNIOR, A. A.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Relação entre a deformação residual longitudinal e o índice de rachadura em genótipos de eucalyptus. In: ENCONTRO BRASILEIROS DE MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: EBRAMEM, 2010.

CARMONA, I. N.; SAMPAIO, J. S.; COELHO, S. R. S.; MOUTINHO, V. H. P.; ANDRADE, F. W. C. Caracterização energética do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantados no Oeste do Pará. **Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 57-65, 2019.

CARRASCO, E. V. M.; MANTILLA, J. N. R. Influência da inclinação das fibras da madeira na sua resistência ao cisalhamento. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 535-543, 2016.

CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corimbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010.

CARVALHO, A. M.; NAHUZ, M. A. R. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 61-76, 2001.

CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; CADEMARTORI, P. H. G. Colour changes and equilibrium moisture content on thermomechanical densified wood. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 4, e20200109, p. 1-10, 2021.

CARVALHO, D. E.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JR., R.; KLITZKE, R. J. Rendimento e variedade de produtos no desdobro de toras de *Eucalyptus* spp. **TECNO-LÓGICA**, v. 23, n. 1, p. 8-13, 2019.

CASSIDY, M.; PALMER, G.; SMITH, R. G. B. The effect of wide initial spacing on wood properties in plantation grown *Eucalyptus pilularis*. **New Forests**, v. 44, p. 919-936, 2013.

CASTRO, V. R.; SURDI, P. G.; SETTE JR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAIX, G.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação do potássio, do sódio e da disponibilidade hídrica na densidade aparente a 12% de umidade do lenho juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 1017-1027, 2017.

CEZANA, D. P.; CHICHORRO, J. F.; MARTINS, L. T.; COTTA, T. R.; SILVA, J. L. Efeito de diferentes classes de altura e intensidades de desrama artificial sobre o crescimento de um híbrido de eucalipto. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 137-144, 2012.

CHAFE, S. C. Radial variation of collapse, volumetric shrinkage, moisture content and density in *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Wood Science e Technology**, v. 20, p. 253-262, 1986.

CHERELLI, S. G.; SARTORI, M. M. P.; PRÓSPERO, A. G.; BALLARIN, A. W. Heartwood and sapwood in eucalyptus trees: non-conventional approach to wood quality. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 425-438, 2018.

CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, T. H.; ALMEIDA, D. H.; BALANCO, G. G.; LAHR, F. A. R. Influence of exposure time to operating temperature on shear strength of wood used in roof structures. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 365-369, 2019.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 461**: Maderas: método de determinación del peso específico aparente. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 462**: Maderas: método de determinación de la contracción. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 463**: Maderas: método de determinación del cizallamiento paralelo al grano. Caracas: COPANT, 1972. 6p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 464**: Maderas: método de determinación de la compresión axil o paralela al grano. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 465**: Maderas: método de determinación de la dureza. Caracas: COPANT, 1972. 5p.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555**: Maderas: método de ensayo de flexión estática. Caracas: COPANT, 1973. 11p.

CORADIN, V.T.R.; MUÑIZ, G.I.B. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira**: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. Série Técnica n. 15. Brasília: LPF, 1992. 17p.

COSTA, A. C. S.; LEAL, C. S.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C. Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 1, p. 10-20, 2017.

COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. **IPEF**, n. 38, p. 33-37, 1988.

CRESPO, J.; MAJANO-MAJANO, A.; LARA-BOCANEGRA, A. J.; GUAITA, M. Mechanical properties of small clear specimens of *Eucalyptus globulus* Labill. **Materials**, v. 13, n. 4, p. 906-918, 2020.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; DE MUNIZ, G. I. B. Within trees and between clones variations of the wood physical and mechanical properties of *Eucalyptus* hybrids. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33-47, 2003.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Revista Engenharia Na Agricultura – REVENG**, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.

CURTO, R. A.; PINTO, M. F.; ARAÚJO, E. J. G.; WINK, C.; TONINI, H.; LAURO, A. C. Exatidão de métodos para estimativa do volume de árvores em pé em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Biometric Brazilian Journal**, v. 37, n. 3, p. 324-334, 2019.

DE PAULA, J. E. Anatomia e dendrometria de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 745-757, 1995.

DELDOTTI, L. R.; MARTINS, I. Z.; SORIANO, J. Dureza Janka nas diferentes direções anatômicas de madeiras folhosas. **Revista de Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, n. 26, 2018.

DEUS, D. A.; ZAÚ, A. S.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; ABREU, H. S.; GAMA, D. C. Lignina: uma importante tecnologia química da madeira. **e-Acadêmica**, v. 3, n. 3, e7233391, 2022.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, A. M.; SOARES, V. W.; COSTA JÚNIOR, D. S.; FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S. Potencial energético de sete materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Estado do Rio de Janeiro. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 833-843, 2015.

DIAS JÚNIOR, A. F.; COSTA JÚNIOR, D. S.; ANDRADE, A. M.; OLIVEIRA, E.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O. Quality of Eucalyptus Wood grown in Rio de Janeiro state for bioenergy. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 435-442, 2016.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Série técnica, 10. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p.

ELEOTÉRIO, J. R.; REICHERT, D.; HORNBERG, K. F.; MENEGUELLI, I. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2015.

ELOY, E.; BANDERA, E.; MANGINI, T.; ZANCHETTA, L. S.; TREVISAN, R.; CARON, B. O.; CANDATEN, L. Influence of drying on the physical and mechanical properties of wood from trees grown in an agroforestry system. **Revista Árvore**, v. 44, e4431, 2020.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; LUCIA, R. M. D.; LOBO, L. M.; SOUZA, M. O. A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no sentido radial e longitudinal. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2010.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; VALLE, M. L. A.; XAVIER, B. A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 273-284, 2010.

FAGUNDES, S. **Produção e qualidade da madeira serrada de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FAO. **Visualize data on FAOSTAT; Roundwood & Sawnwood**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>. Acesso em: 29/06/2022.

FEBRUARY, E. C.; STOCK, W. D.; BOND, W. J.; LE ROUX, D. J. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. **IAWA Journal**, v. 16, n. 3, p. 269-276, 1995.

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A. M.; BUNGENSTAB, D. J.; LAURA, V. A. Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, C. L.; FERREIRA, A. D. (eds). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 121-142.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.

FERREIRA, M. D.; MELO, R. R.; TONINI, H.; PIMENTA, A. S.; GATTO, D. A.; BELTRAME, R.; STANGERLIN, D. M. Physical–mechanical properties of wood from a eucalyptus clone planted in an integrated croplivestock-forest system. **International Wood Products Journal**, 2019.

FERREIRA, S. **Lenho de tração em *Eucalyptus* spp. cultivado em diferentes topografias**. 2007. 169 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSA, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 335-340, 2008.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; MIRANDA, R. O. V.; RETSLAFF, F. A. S. **Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil**. Curitiba: Os autores, 2014. 306p.

FIGUEIREDO, G. G.; STANGERLIN, D. M.; FERREIRA, M. D.; ZAQUE, L. A. M.; PARIZ, E.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira acetilada de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 905-910, 2020.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; BAZZO, J. L.; KLEIN, J. E. M. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 53-64, 2001.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 79-91, 2009.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F. T. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.

FLUMIGNAN, D. L.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E. **O Clima na Região do Bóson de Mato Grosso do Sul**. Documentos 127. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 42 p.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463p.

FORRESTER, D. I.; MEDHURST, J. L.; WOOD, M.; BEADLE, C. L.; VALENCIA, J. C. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from *Eucalyptus* plantations: An Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1819-1835, 2010.

FRAGA, I. F.; ARROYO, F. N.; SOARES, L. S. Z. R.; AQUINO, V. B. M.; RUTHES, H. C.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Influência do teor de umidade em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Dipteryx odorata*. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3, 2022.

FRANÇA, F. J. N.; MACIAL, A. P. V.; FRANÇA, T. S. F. A.; SILVA, J. G. M.; BATISTA, D. C. Air-drying of seven clones of *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* wood. **BioResources**, v. 14, n. 3, p. 6591-6607, 2019.

FRANÇA, F. J. N.; VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; ABAD, J. I. M.; BATISTA, D. C.; MOULIN, J. C. Relation between dendrometric variables and growth stress in *Eucalyptus*. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 24, e00128215, 2017.

FRANÇA, M. C. **Caracterização tecnológica de clones de *Eucalyptus* para a produção de madeira maciça**. 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FRANÇA, M. C.; JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CONTI JUNIOR, J. L. F.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria de madeira serrada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 8-17, 2019.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51-51, 1945.

FREITAS, D. L.; CARVALHO, D. E.; BELTRAME, R.; SANTOS, G. A.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Estabilidade dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 435-439, 2016.

FREITAS, P. C.; SETTE JR., C. R.; CASTRO, V. R.; CHAIX, G.; LACLAU, J. P.; TOMAZELLO FILHO, M. Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio nas características anatômicas do lenho juvenil de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 405-416, 2015.

FREITAS, T. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; VIDAURRE, G. B.; RODRIGUES, B. P. Environmental effect on chemical composition of eucalyptus clones wood for pulp production. **Cerne**, v. 24, n. 3, p. 219-224, 2018.

GALLIO, E.; SCHULZ, H. R.; CRUZ, N. D.; ACOSTA, A. P.; SILVA JÚNIOR, M. A. P.; BARBOSA, K. T.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Caracterização tecnológica de madeiras de *Eucalyptus* e *Pinus* pagamentos ao ataque de térmitas. In: **Engenharia florestal: Desafios, limites e potencialidades**. 1 ed. [s.l.]: Editora Científica Digital, 2020. p. 224-232.

GALLIO, E.; ZANATTA, P.; MACHADO, S. F.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Caracterização de propriedades tecnológicas de três folhosas deterioradas por térmitas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 4, e-12239, 2018.

GAMA, F. F.; SANTOS, J. R.; MURA, J. C. *Eucalyptus* biomass and volume estimation using interferometric and polarimetric SAR Data. **Remote Sensing**, v. 2, p. 939-956, 2010.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **IPEF**, Circular Técnica nº 179, 1991.

GIL, J. L. R. A.; BARBOZA, F. S.; CONEGLIAN, A.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; SETTE JR., C. R. Características físicas e anatômicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. aos 7 anos de idade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 529-538, 2018.

GOLDSTEIN, I. S. Overview of the chemical composition of wood. In: LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. S. (Ed). **Wood structure and composition**. New York: International Fiber Science and Technology/11, 1991.

GOMAT, H. Y.; DELEPORTE, P.; MOUKINI, R.; MIALOUNGUILA, G.; OGNOUABI, N.; SAYA, A. R.; VIGNERON, P.; SAINT-ANDRE, L. What factors influence the stem taper of *Eucalyptus*: growth, environmental conditions, or genetics? **Annals of Forest Science**, v. 68, p. 109-120, 2011.

GOMES, M. F.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; PAULA, M. O.; FREITAS, F. P. Influência do congelamento nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith. In: VANGELISTA, W. V. (Org.). **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades**. [s.l.]: Editora Científica, 2021. p. 162-176.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BOREM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p. 25-54.

GOMINHO, J.; FIGUEIRA, J.; RODRIGUES, J. C.; PEREIRA, H. Within-tree variation of heartwood, extractives and wood density in the eucalypt hybrid urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2001.

GONÇALEZ, J. C.; BREDAS, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

GONÇALEZ, J. C.; SANTOS, G. L.; SILVA JUNIOR, F. G.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; NAPPO, M. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 947-959, 2010.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; SARTÓRIO, R. C. Deformações residuais longitudinais de crescimento em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 13, Suplemento, p. 5-10, 2007.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. 1.ed. Bauru: Document Center Xerox-USC, 2000. 242p.

GONÇALVES, T. A. P.; BALLARIN, A. W.; NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil I – anatomical characterization of corymbia and eucalyptus. **Maderas. Ciencia y tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 323-336, 2014.

GOULART, M.; HASELEIN, C. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.

GOVINA, J. K.; EBANYENLE, E.; APPIAH-KUBI, E.; OWUSU, F. W.; KORANG, J.; SEIDU, H.; NÉMETH, R.; MENSAH, R. W.; AMUZU, R. Tissue proportion, fibre, and vessel characteristics of young *Eucalyptus* hybrid grown as exotic hardwood for wood utilization. **Acta Silvatica et Lignaria Hungarica**, v. 17, n. 2, p. 121-133, 2021.

GUARIENTI, A.; ROSA, C. A. B.; PEDRAZZI, C.; CARDOSO, G. V.; SOUZA, M. C. H.; FOELKEL, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B. Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *E. globulus* para determinação de lignina klason e extrativos totais. In: Congresso Nacional de Celulose e Papel, 2000, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ABTCP-TAPPI, 2000.

GUIMARÃES, I. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; LISBOA, F. J. N.; ANDRADE, C. R.; SIQUEIRA, H. F. Caracterização química e física da madeira de procedências de *Eucalyptus*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 636-645, 2013.

HART, P. W.; SANTOS, R. B. Changing the face of short fiber – a review of the eucalyptus revolution. **Tappi Journal**, v. 14, n. 6, p. 353-359, 2015.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

HÉBERT, F.; KRAUDE, C.; PLOURDE, P. Y.; ACHIM, A.; PRÉSENT, G.; MÉNÉTRIER, J. Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-year-old *Pinus banksiana* plantation in the Boreal Forest of Quebec. **Forests**, v. 7, n. 11, p. 276-292, 2016.

HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CHAIX, G. Near infrared spectroscopy for estimating wood basic density in *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 15, n. 2, p. 133-141, 2009.

HENSKENS, F. L.; BATTAGLIA, M.; CHERRY, M. L.; BEADLE, C. L. Physiological basis of spacing effects on tree growth and form in *Eucalyptus globulus*. **Trees**, v. 15, p. 365-377, 2001.

HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 273-283, 2016.

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

IBÁ. **Relatório anual IBÁ 2021**. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2021. 176 p.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques>; Acesso em: 13 jul 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília: IBDF, 1984. 42p.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; STÜPP, A. M.; CABRAL, B. M.; GAYER, J. A. C. A. The use of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus urophylla* wood in the production of edge glued panels. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 317-324, 2019.

JANKWOSKY, I. P.; SANTOS, G. R. V. S. Drying behavior and permeability of *Eucalyptus grandis* lumber. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 7, n. 1, p. 17-21, 2005.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KÄLLBOM, S.; LILLQVIST, K.; SPOLJARIC, S.; SEPPÄLÄ, J.; SEGERHOLM, K.; RAUTKARI, L.; HUGHES, M.; WÄLINDER, M. Effects of water soaking–drying cycles on thermally modified spruce wood–plastic composites. **Wood and Fiber Science**, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2020.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; SILVA, E. L.; MOURA, G. B.; POTULSKI, D.; BARBOSA, T. F.; SILVA, D. H. R. **Manual e fichas para prática de análises químicas quantitativas da madeira**. 3ª edição, revisada. Curitiba: UFPR, 2012. 17p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR., W. A. **Principles of wood science and technology: Solid wood I**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 326 p.

KOZAKIEWICZ, P.; REBKOWSK, B.; KOCZAN, G.; KRZOSEK, S. Influence of machining technologies and quality of logs on material losses of typical supply of Scots pine wood (*Pinus sylvestris* L.) destined for layered floorboards. **Folia Forestalia Polonica**, v. 60, n. 4, p. 241-247, 2018.

KRETSCHMANN, D. E. The influence of juvenile wood content on shear parallel, compression, and tension perpendicular to grain strength and mode I fracture toughness of loblolly pine at various ring orientation. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 7/8, p. 89-96, 2008.

KUMAR, A.; DHILLON, G. P. S. Variation of sapwood and heartwood content in half-sib properties of *Eucalyptus tereticornis* Sm. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, v. 5, n. 4, p. 338-344, 2014.

LADEIRA, L. A.; REIS, A. B.; COUTO, L. C. Determination of physical properties of *Eucalyptus cloeziana* sp. wood in different dimensions. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 6, n. 11, p. 119-122, 2019.

LARA, N.; GUALLPA, M.; ACOSTA, F.; BARAHONA, Á. Form factor of *Eucalyptus saligna* species in a commercial forest plantation. **ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.**, v. 1, n. 4, p. 1155-1165, 2021.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LATORRACA, J. V. F.; DIAS JÚNIOR, A. F.; SILVA, G. C.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 273-279, 2015.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

LIMA, A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.

LIMA, B. M.; CAPPA, E. P.; SILVA-JUNIOR, O. B.; GARCIA, C.; MANSFIELD, S. D.; GRATTAPAGLIA, D. Quantitative genetic parameters for growth and wood properties in *Eucalyptus* “urograndis” hybrid using near-infrared phenotyping and genome-wide SNP-based relationships. **PlosOne**, v. 14, n. 6, e0218747, 2019.

LIMA, G. S.; FERREIRA, J. B. Propriedades mecânicas da madeira. In: CARNEIRO, M. E. B. (Coord.) **Manual da madeira: Propriedades e qualidade**. Curitiba: Edição do Autor, 2018. p. 66-76.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *E. grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 58, p. 111-125, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; GARCIA, R.; LUCA, E. F.; SILVA JÚNIOR, F. G. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da madeira de *Eucalyptus umbra* R. T. Baker em função do diâmetro e da posição radial na tora. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 289-298, 2011.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTINI JUNIOR, L.; GARCIA, J. N.; FLORSHEIM, S. M. B. Effect of fertilization on cell size in wood of *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 465-472, 2010.

LIMA, I. L.; STAPE, J. L. Caracterização da madeira serrada em clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 55-62, 2017.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

LIMA, P. A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

LIU, H.; GAO, J.; CHEN, Y. Effects of pre-freezing prior to drying upon some physical and mechanical properties of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* wood. **BioResources**, v. 10, n. 4, p. 6417-6427, 2015.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R.; RANGEL, A.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JR., F. G.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

LOGSDON, N. B.; PENNA, J. E. **Comparison among the coefficients of dimensional anisotropy in swelling and in shrinkage**. In: International Symposium on Wood Science and Technologies. Pacifico Yokohama: IAWPS, 2005. p. 57-58.

LUIS, R. C. G.; NISGOSKI, S.; KLITZKE, R. J. Effect of steaming on the colorimetric properties of *Eucalyptus saligna* wood. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e00101414, 2018.

LUZ, E. S.; SOARES, A. A. V.; GOULART, S. L.; CARVALHO, A. G.; MONTEIRO, T. C.; PROTÁSIO, T. P. Challenges of the lumber production in the Amazon region: relation between sustainability of sawmills, process yield and logs quality. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 4924-4948, 2021.

LUZ, O. S. L.; TERRA, T. G. R.; LIMA, S. O.; SIEBENEICHLET, S. C.; MORAES, C. B.; LEAL, T. C. A. B. Luminous interception of eucalyptus clones at different structural arrangements for integrated production systems. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 227-236, 2019.

MALAN, F. S. The wood properties and sawn board quality of the *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid. **South African Forestry Journal**, n. 188, p. 29-35, 2000.

MANESS, T. C.; DONALD, W. S. The effect of log rotation on value recovery in chip and saw sawmills. **Wood and Fiber Science**, v. 26, n. 14, p. 546-555, 1994.

MANHIÇA, A. A.; ROCHA, M. P.; JUNIOR, R. T. Eficiência operacional no desdobro de *Pinus* utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 339-346, 2013.

MARCHESAN, R.; LOIOLA, P. L.; TECCHIO, M. M.; JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Avaliação das técnicas de anelamento e inserção de sabre em árvores de *Eucalyptus grandis* visando maior qualidade da madeira serrada. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 695-704, 2015.

MARCHESAN, R.; OLIVEIRA, D. N.; SILVA, R. C.; CARVALHO, L. A.; GOMES, R. T.; ALMEIDA, V. C. Quality of charcoal from three species of the *Eucalyptus* and the *Corymbia citriodora* species planted in the south of Tocantins. **Floresta**, v. 50, n. 3, p. 1643-1652, 2020.

MATOS, G. S.; MOLINA, J. C. Resistência da madeira ao cisalhamento paralelo às fibras segundo as normas ABNT NBR 7190:1997 e ISO 13910:2005. **Revista Matéria**, v. 21, n. 4, p. 1069-1079, 2016.

MATTOS, E. M.; BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L. Variation in canopy structure, leaf area, light interception and light use efficiency among *Eucalyptus* clones. **Forest Ecology and Management**, v. 463, 118038, 2020.

MAURI, R.; ALVES, J. A.; OLIVEIRA, J. T. S.; LIMA, J. T.; TOMAZELLO FILHO, M.; CALEGARIO, N. Morfologia das fibras do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes topografias e altitudes. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 77-87, 2017.

MEDEIROS, B. L. M. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; RIBEIRO, M. X.; LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, I. L.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 403-407, 2016.

MELO, R. R.; DACROCE, J. M. F.; RODOLFO JR., F.; LISBOA, G. S.; FRANÇA, L. C. J. Lumber yield of four native forest species of the Amazon Region. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, e20160311, 2019.

MENDES, J. B. **Desenvolvimento de um sistema de inventário florestal por computador**. 1988. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-13, 2010.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Cerne**, v. 16, p. 94-104, 2010.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 030202, 2015.

MIRANDA, I.; GOMINHO, J.; LOURENCO, A.; PEREIRA, H. Heartwood, Extractives and pulp yield of three *Eucalyptus globulus* clones grown in two sites. **Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment**, v. 60, n. 6, p. 485-488, 2007.

MOMOLLI, D. R.; SCHUMACHER, M. V.; LUDVICHAK, A. A.; ARAÚJO, E. F. Modeling and biomass quantification in *Eucalyptus saligna* Smith stand at the end rotation in the South of Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 33, n. 3, p. 1-10, 2019.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; CACAU, F. V.; ALVES, F. F. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 777-787, 2009.

MONTEIRO, T. C. **Efeito da anatomia no fluxo da água em madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia***. 130 f. Tese (Doutorado em Ciencia e Tecnologia da madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 493-505, 2017.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, B. C. L. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a obtenção de peças estruturais. **Cerne**, v. 19, p. 357-364, 2013.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; BARAÚNA, E. E. P. Energy balance in sawing *Eucalyptus grandis* logs. **BioResources**, v. 12, n. 3, p. 5790-5800, 2017.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, R. V.; LIMA, J. T.; BARAÚNA, E. E. P.; CARVALHO, D. M.; LIMA, M. T. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 1, n. 1, p. 6-11, 2010.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

MORAIS, M. C.; PEREIRA, H. Variation of extractives content in heartwood and sapwood of *Eucalyptus globulus* trees. **Wood Science and Technology**, v. 46, p. 709-719, 2012.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p.461-470, 2005.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2186-2192, 2014.

MOULIN, J. C.; ROCHA, M. F. V.; ARANTES, M. D. C.; BOSCHETTI, W. T. N.; JESUS, M. S.; TRUGILHO, P. F. Influência do espaçamento de plantio e irrigação na densidade e na massa seca em espécies de *Eucalyptus*. **Nativa**, v. 5, n. 5, p. 367-371, 2017.

MOULIN, J. C.; SILVA, S. R.; NUTTO, L.; VIDAURRE, G. B. Influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 171-196.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO JUNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 305-314, 2012.

MÜLLER, B. V. **Qualidade e produção de madeira serrada de eucaliptos resistentes a geada**. 112 f. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 535-542, 2014.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; CUNHA, A. B.; SILVA, J. R. M.; FRANÇA, M. C.; NICOLETTI, M. F. Qualidade da madeira serrada de cinco espécies de *Eucalyptus* resistentes à geada. **Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, p. 57-70, 2019.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CUNHA, A. B. Produção de madeira serrada com cinco espécies de eucalipto resistentes à geada. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 195-201, 2017.

NASCIMENTO, T. M.; MONTEIRO, T. C.; BARAÚNA, E. E. P.; MOULIN, J. C.; AZEVEDO, A. M. Drying influence on the development of cracks in *Eucalyptus* log. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, P. M. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, v. 19, n. 1, 2013.

NEIVA, D.; FERNANDES, F.; ARAÚJO, S.; LOURENÇO, A.; GOMINHO, J.; SIMÕES, R.; PEREIRA, H. Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 89-95, 2015.

NICHOLSON, J. E. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. **Forest Science**, v. 9, n. 3, p. 169-174, 1973.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais - UFPR, 1975. 216p.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; ALMEIDA, D. H.; ARAUJO, V. A.; VASCONCELOS, J. S.; CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, T. H.; LAHR, F. A. R. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus saligna* for timber structures. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 233-239, 2019.

NUNES, J. S.; SOARES, T. S. Estimativas volumétricas para um povoamento adensado de *Eucalyptus* sp. em regime de curta rotação. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 77-86, 2017.

OKINO, E. Y. A.; CAMARGOS, J. A. A.; SANTANA, M. A. E.; MARQUES, M. H. B.; MARTINS, V. A.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 39-48, 2006.

OLIVEIRA J. M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. M.; ASSIS, P. C. R.; SILVEIRA, A. L. R.; LIMA, M. L.; WRUCK, F. J.; MEDEIROS, J. C.; MACHADO, P. L. O. A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 105-116, 2018.

OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, M. F. V.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 59-68, 2012.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; PALERMO, G. P. M.; CARVALHO, A. M.; PASTRO, M. S. Microdensitometria de raios X aplicada na determinação da variação da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2012.

OLIVEIRA, E. M.; BRAGA, J. W. B.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C. Aplicação da fluorescência molecular e da colorimetria para discriminar espécies madeireiras. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 8., 2014, Recife. **Anais [...]** Recife: VIII Simpós, 2014.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; VALENTE, O. F.; GOMIDE, J. L. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, **Boletim Técnico da SIF**, n. 2, p. 1-9, 1990.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

OREA-IGARZA, U.; CARBALLO-ABREU, L. R.; CORDERO-MACHADO, E. Composición química de tres maderas en la Provincia de Pinar Del Río, Cuba, a tres alturas del fuste comercial - Parte 3: *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-75, 2004.

PÁDUA, F. A.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; CARDOSO JR., A. A.; OLIVEIRA, A. C. Estimativa de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 152-160, 2004.

PALERMO, G. P. M. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden visando a sua utilização em produtos de maior valor agregado**. 2010. 237f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

PANSIN, A. J.; ZEEUW, C. Textbook of wood technology: Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 4. Ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Company, 1980. 722p.

PEDROSA, T. D.; MASCARENHAS, A. R. P.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 059906, 2013.

PENÍN, L.; LÓPEZ, M.; SANTOS, V.; ALONSO, J. L.; PARAJO, J. C. Technologies for *Eucalyptus* wood processing in the scope of biorefineries: A comprehensive review. **Bioresource Technology**, v. 311, 123528, 2020.

PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; MAGALHÃES, M. A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 545-557, 2016.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação cerne/alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

PFEIL, W.; PFEIL, M. S. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003. 224p.

PISSININ, L. Z.; SCHNEIDER, P. R. Dominant height growth trends of two *Eucalyptus saligna* Smith clones implanted on different soil conditions. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 263-275, 2017.

PLÖTZE, M.; NIEMZ, P. Porosity and pore size distribution of different wood types as determined by mercury intrusion porosimetry. **European Journal of Wood Products**, v. 69, p. 649–657, 2011.

POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557-566, 2006.

POPADIĆ, R.; ŠOŠKIĆ, B.; MILIĆ, G.; TODOROVIĆ, N.; FURTULA, M. Influence of the sawing method on yield of beech logs with red heartwood. **Drvna Industrija**, v. 65, n. 1, p. 35-42, 2014.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Ideótipo de espécie arbórea para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: ALVES, F. V. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 134-147.

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M. Estrutura Anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 94, p. 136-149, 2013.

PROTÁSIO, T. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES, B. M. R. Correlações entre as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de diferentes espécies de *Eucalyptus*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 123-132, 2012.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004.

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2006.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

RAAD, T. J.; PINHEIRO, P. C. C.; YOSHIDA, M. I. Equação geral de mecanismos cinéticos da carbonização do *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 93-106, 2006.

RAYMOND, C. A. Genetics of *Eucalyptus* wood properties. **Annals of Forest Science**, v. 59, p. 525-531, 2002.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região Sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 1, 2011.

REIS, A. A.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de local e espaçamento na qualidade do carvão vegetal de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 5, p. 497-505, 2012.

REIS, C. A. **Anatomia e espectroscopia da madeira e carvão de espécies de *Manilkara* sp. da RESEX Verde para Sempre – Pará**. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

REQUEJO, A.; RODRÍGUEZ, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; JIMÉNEZ, L. Comparative study of *Olea europea* and *Eucalyptus urograndis* kraft pulps. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 46, n. 7-8, p. 517-524, 2012.

RESQUIN, F.; NAVARRO-CERRILLO, R. M.; CARRASCO-LETELIER, L.; CASNATI, C. R. Influence of contrasting stocking densities on the dynamics of above-ground biomass and wood density of *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii*, and *Eucalyptus grandis* for bioenergy in Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 63-74, 2019.

REZENDE, M. A.; ARONI, A. S.; COSTA, V. E.; SEVERO, E. T. D.; LATORRACA, J. V. F. Densidade e produtividade da madeira de híbrido e seminal de *Pinus caribaea*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 08-17, 2008.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Wood permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e20150228, 2018.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROCHA, M. F. V.; COSTA, L. R.; COSTA, L. J.; ARAÚJO, A. C. C.; SOARES, B. C. D.; HEIN, P. R. G. Wood knots influence the modulus of elasticity and resistance to compression. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, e201709062018, 2018.

ROCHA, M. F. V.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARDOSO, M. T.; HEIN, P. G. R. Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of *Eucalyptus* wood and bark. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, n. 3, p. 243-248, 2016.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF - Série Didática nº 01/02, 2002. 121p.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

ROCHA, S. M. G.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. R. M.; ALMEIDA, M. N. F.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O. C.; SCOLFORO, H. F.; ALVARES, C. A.; NEVES, J. C. L.; XAVIER, A. C.; FIGURA, M. A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. **Forest Ecology and Management**, v. 473, n. 118290, 2020.

RODRIGUES, B. P. **Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose**. 90f. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

SALINAS, C. H.; CHÁVEZ, C. A.; PÉREZ-PEÑA, N.; VARGAS, H.; ANANÍAS, R. A. Two-dimensional simulation of mechanical stresses during isothermal drying of *Eucalyptus nitens* wood. **Wood Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 187-201, 2020.

SALVADOR, S. M.; SCHUMACHER, M. V.; STAHL, J.; SANTOS, J. C. Biomassa arbórea e de sub-bosque e da serapilheira acumulada em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 3, p. 82-93, 2015.

SANDOVAL-TORRES, S.; JOMAA, W.; MARC, F.; PUIGGALI, J-R. Causes of color changes in wood during drying. **Forestry Studies in China**, v. 12, n. 4, p. 167-175, 2010.

SANTANA, T. T. C.; ANDRADE, D. L.; COELHO, M. C. B.; ERPEN, M. L.; PEREIRA, J. P.; SILVA, M. V. C.; LIMEIRA, M. M. C.; VARAVALLO, M. A. Equações volumétricas para *Eucalyptus* sp no cerrado tocantinense. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 3, p. 252-260, 2021.

SANTINI, E. J.; TOMASELLI, I. Uso da queda de temperatura na passagem de ar pela pilha como instrumento de controle do processo de secagem de madeiras. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 269-277, 1997.

SANTOS, B. M. **Cultivo de *Eucalyptus urograndis* em atmosfera enriquecida com CO₂: Mudanças no proteoma cloroplastidial**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. A idade adulta do *Eucalyptus saligna* Smith em, Rio Claro estado de São Paulo, determinada pelas dimensões das fibras. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 28, p. 165-175, 1971.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. Diferenças entre as dimensões das fibras nos anéis de crescimento determinados no D. A. P. e em níveis diferentes do fuste de árvores adultas de *Eucalyptus saligna* Smith. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 31, p. 269-287, 1974.

SANTOS, C. F. O.; NOGUEIRA, I. R. Dimensões dos vasos e aumento no comprimento das fibras lenhosas em relação às cambiais fusiformes nos anéis de crescimento do *Eucalyptus saligna* Smith. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, v. 34, p. 307-315, 1977.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; ASSIS, T. F. Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 759-769, 2013.

SANTOS, M. F.; GAMA, J. R. V.; FIGUEIREDO FILHO, A. F.; COSTA, D. L.; RETSLAFF, F. A. S.; SILVA-RIBEIRO, R. B.; RODE, R. Conicity and yield for lumber from commercial species from the Amazon. **Cerne**, v. 25, n. 4, p. 439-450, 2019.

SANTOS, P. E. T. GARCIA, J. N. GERALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 142-151, 2004.

SANTOS, R. B.; CAPANEMA, E. A.; BALAKSHIN, M. Y.; CHANG, H-M.; JAMEEL, H. Effect of hardwoods characteristics on kraft pulping process: Emphasis on lignina structure. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 3623-3637, 2011.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 53-63, 2007.

SANTOS, W. A.; GARCIA, R. A. Efeito da densidade e da cor na molhabilidade da superfície de madeiras de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 245-255, 2019.

SCHAEFFER, W. A.; ZEN, L. R.; KLITZKE, R. J.; MONTEIRO, T. C. Distribuição espacial do teor de umidade de tábuas de pinus secas em estufa industrial. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 855-859, 2020.

Secagem ao ar livre e qualidade de serrados de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 197-204, 2018.

SEGUNDINHO, P. G. A.; OLIVEIRA, R. G. E.; GONÇALVES, F. G.; LOPES, N. F.; ALVES, R. C.; AZEVEDO, M. S. Avaliação da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para utilização em madeira lamelada colada. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, e13030, 2021.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; MONTEIRO, L. A.; DUARTE, Y. C. N.; VISSÉS, F. A. Yield gap: Conceitos, definições e exemplos. **Informações Agronômicas**, n. 155, p. 9-12, 2016.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SERENINI JR.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; PIMENTA, A. S. Wood quality of six eucalyptus clones planted in Northern Mato Grosso state, Brazil. **Wood Research**, v. 65, n. 4, p. 543-554, 2020.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. 2022. Disponível em: <<https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>>; Acesso: 14 out. 2022.

SETTE JR., C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.

SETTE JR., C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; CHAGAS, M. P.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W.Hill, aos 24 meses de idade. **Floresta**, v. 39, n. 3, p. 535-546, 2009.

SEVERO, E. T. D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 109-124, 2000.

SHARMA, S. K.; SHUKLA, S. R.; SHASHIKALA, S.; SRI POORNIMA, V. Axial variations in anatomical properties and basic density of *Eucalypt urograndis* hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) clones. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 3, p. 739-744, 2015.

SILVA, F. A. V.; SILVA, J. R. M.; MOULIN, J. C.; NOBRE, J. R. C.; ANDRADE, A. C. A.; CASTRO, J. P. Qualidade da superfície usinada em pisos de madeira de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 397-403, 2016.

SILVA, F. T. M.; ATAÍDE, C. H. Valorization of eucalyptus urograndis wood via carbonization: Product yields and characterization. **Energy**, v. 172, p. 509-516, 2019.
SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *E. grandis* de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. C.; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Endocarpos de babaçu e de macaúba comparados a madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. **IPEF**, n. 34, p. 31-34, 1986.

SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M L.; FARIA, B. F. H. F. Methods for alleviation and reduction of the effects of growth stresses in *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, e410403, 2017.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 803-810, 2006.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.

SILVA, M. R.; MACHADO, G. O.; DEINER, J.; CALIL JUNIOR, C. Permeability measurements of Brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**, v. 13, n. 3, p. 281-286, 2010.

SILVA, S. R.; VIDAURRE, G. B.; BALLARIN, A. W.; OLIVEIRA, J. T. S. Demarcação e propriedades dos lenhos juvenil e adulto de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. (Orgs.) **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 14-46.

SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na Região Sudoeste do Paraná. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 2, p. 1-9, 2014.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; COUTO, H. T. Z. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. **IPEF**, n. 20, p. 77-97, 1980.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: Fundamentals and applications**. 2 ed. Londres: Academic Press, 1993. 293 p.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2 ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 272p.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; HÖFLER, J.; PEREIRA, A. J. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 191-197, 2015.

SORIANO, J.; GONÇALVES, R.; BERTOLDO, C.; TRINCA, A. J. Aplicações do método de ensaio esclerométrico em peças de eucalipto saligna sm. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 322-328, 2011.

SOUZA, J. T.; LIMA, E.; SILVA, G. L.; BALDIN, T.; MENEZES, W. M. Avaliação da secagem em estufa solar de madeiras de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Pinus elliottii* Engelm. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 277-286, 2015.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da Madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, v. 18, n. 1, p.167-174, 2012.

SOUZA, M. A. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 33, n. 3, p. 275-284, 2003.

STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; SUSIN, F.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 461-472, 2009.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. V.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil *Eucalyptus* potential productivity project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

SUN, B.; WANG, Z.; LIU, J. Study on color and surface chemical properties of *Eucalyptus pellita* wood subjected to thermo-vacuum treatment. **Wood Research**, v. 64, n. 1, p. 1-12, 2019.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; BALDIN, T.; SOUZA, J. T.; SANTINI, E. J. Secagem ao ar livre e qualidade de serrados de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 197-204, 2018.

TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; GORSKI, L.; BALDIN, T.; VALCORTE, G. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 434-442, 2018.

TAVARES, E. L. **Avaliações de métodos para redução de rachaduras de topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T204 cm-97**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2007. 12p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T222 om-15**: acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta: TAPPI, 2015. 5p.

TENORIO, C.; MOYA, R.; QUESADA-PINEDA. Kiln drying of *Acacia mangium* wood: colour, shrinkage, warp, split and check in dried lumber. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 1, p. 125-139, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, n. 29, p. 37-45, 1985.

TOMIO, G. F.; CUNHA, A. B.; BRAND, M. A.; CÓRDOVA, U. A. Rendimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage de rotação longa no processo de desdobro. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, e3689, 2021.

TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 075-081, 2013.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; DENARDI, L.; GATTO, D. A. Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 193-204, 2014.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, p. 377-387, 2007.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 398-406, 2013.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, 2009.

TRUGILHO, P. F. ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SOUZA, M. A. M. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore de clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2007.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 73, p. 55-62, 2007.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, G. C. O.; COUTO, F. B. S.; ALVES, I. C. N.; PROTÁSIO, T. P.; NAPOLI, A. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 661-666, 2015.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 725-731, 2004.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SORAGI, L. C.; ANDRADE, C. R. Deformação Residual Longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, p. 279-286, 2006.

TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, J. T. S. Relationships and estimates of longitudinal growth stress in *Eucalyptus dunnii* at different ages. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 723-729, 2008.

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SOUZA, M. A. M. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2007.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; MORAES, M. L. T.; SANTOS, F. W.; SEBBENN, A. M. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

VALENCIA, J.; HARDWOOD, C.; WASHUSEN, R.; MORROW, A.; WOOD, M.; VOLKER, P. Longitudinal growth strain as a log and wood quality predictor for plantation-grown *Eucalyptus nitens* sawlogs. **Wood Science and Technology**, v. 45, p. 15-34, 2011.

VALVERDE, J. C.; ARIAS, D.; CAMPOS, R.; JIMÉNEZ, L. D.; MORALES, J. P. Effects of planting spacing on chemical, physical and energetic properties of biomass accumulation in a plantation of *Eucalyptus tereticornis* Sm. **CERNE**, v. 28, e-102930, 2022.

VEK, V.; OVEN, P.; TERS, T.; POLJANŠEK, I.; HINTERSTOISSER, B. Extractives of mechanically wounded wood and knots in beech. **Holzforschung**, v. 68, n. 5, p. 529-539, 2014.

VENTUROLI, F.; MORALES, M. M. Volumetria de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* no cerrado: similaridade de estimativas. **Agrotrópica**, v. 26, n. 3, p. 167-174, 2014.

VERA, D. E.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D.; COUTO, A. M. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 504-522, 2022.

VERÃO, D. S.; BLEICH, M. E.; MARTINS, N. P.; BASSOTTO, J. M.; MORTAT, A. F.; SANTOS, A. F. A. Concentração de nutrientes em *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T Blake) com sete anos de idade na borda sul da Amazônia. **Biodiversidade**, v. 15, n. 3, p. 35-44, 2016.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua relação com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **FLORAM - Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 408-415, 2015.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **FLORAM - Floresta & Ambiente**, v. 18, p. 469-480, 2011.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação em serrarias**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2008. 211p.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. S.; LUCIA, R. M. D. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 637-644, 2006.

VIVIAN, M. A.; DOBNER JÚNIOR, M.; MODES, K. S.; BELINIL, U. L.; VAZ, D. R. Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 573-596, 2022.

WANG, X.; THOMAS, E.; XU, F.; LIU, Y. BRASHAW, B. K.; ROSS, R. J. Defect detection and quality assessment of hardwood logs: part 2 - combined acoustic and laser scanning system. **Wood and Fiber Science**, v. 50, n. 3, p. 310-322, 2018.

WEST, P. W.; SMITH, R. G. B. Effects of tree spacing on branch-size development during early growth of an experimental plantation of *Eucalyptus pilularis* in subtropical Australia. **Australian Forestry**, p. 1-7, 2020.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P. J.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008. 19p.

WU, H. X.; ELDRIDGE, K. G.; MATHESON, A. C.; POWELL, M. P.; MCRAE, T. A.; BUTCHER, T. B.; JOHNSON, I. G. Achievement in forest tree improvement in Australia and New Zealand 8. Successful introduction and breeding of radiata pine to Australia. **Australian Forestry**, v. 70, n. 4, p. 215-225, 2007.

XIAN-GING, X.; YING, Y.; YI-TING, N.; LIANG-TING, Z. Development of a cornstarch adhesive for laminated veneer lumber bonding for use in engineered wood flooring. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 98, n. 102534, 2020.

YANG, J. L.; BAILLÈRES, H.; OKUYAMA, T.; MUNERI, A.; DOWNES, G. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 1, p. 34-43, 2005.

YANG, L.; LIU, H. A review of *Eucalyptus* wood collapse and its control during drying. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 220-233, 2019.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L.; ROCHA, M. F. V. Chemical and energetic characterization of *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones subject to wind damage. **Revista Árvore**, v. 43, n. 4, e430401, 2019.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. C. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; VALENZUELA, P.; GACITÚA, W.; COLODETTE, J. L. Anatomical, ultrastructural, physical and mechanical wood properties of two-year-old *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, e420201, 2018.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, B. S.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L. Relationship between the anatomy and drying in *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* wood. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 723-729, 2016.

ZEN, L. R. **Movimentação de água e ar na madeira de *Eucalyptus* e sua correlação com as propriedades da madeira**. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

ZEN, L. R.; MONTEIRO, T. C.; SCHAEFFER, W.; KAMINSKI, J. M.; KLITZKE, R. J. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.

ZOBEL, B.; BUIJTENEN, J. van. **Wood variation, its causes and control**. Berlin: Springer, 1989. 363p.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – DENSIDADE BÁSICA DE MADEIRAS DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Densidade básica (g.cm⁻³)	Referência
<i>E. urophylla</i>	6	0,658	Andrade et al. (2018)
	6	0,450	Evangelista et al. (2010b)
	6,3	0,450	Evangelista et al. (2010a)
	7,5	0,545, 0,548 e 0,585	Pereira et al. (2016)
	8	0,520	Evangelista et al. (2010b)
	8	0,531	Marchesan et al. (2020)
	32	0,571	Monteiro et al. (2010)
<i>E. grandis</i>	2	0,430	Sette Jr. (2012)
	4	0,440	Sette Jr. (2012)
	6	0,460	Sette Jr. (2012)
	6	0,445	Dias Júnior et al. (2016)
	7	0,510	Lobão et al. (2011)
	7,5	0,577	Pereira et al. (2016)
	8	0,460	Alzate et al. (2005)
	9	0,457	Silva et al. (1986)
	10	0,346 a 0,434	Tomazello Filho (1985)
	11	0,393 e 0,410	Talgatti et al. (2018)
	11	0,450	Batista et al. (2010)
	14	0,463	Eleotério et al. (2015)
	17	0,590	González et al. (2006)
	21	0,524	Brito et al. (2006)
	24	0,64 a 0,86	De Paula (1995)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2	0,331 a 0,423	Zanuncio et al. (2019)
	2	0,370 a 0,423	Zanuncio et al. (2018)
	2	0,396	Sette Jr. et al. (2009)
	2,25	0,429 a 0,471	Hsing et al. (2016)
	4	0,460	Medeiros et al. (2016)
	4,6	0,582 a 0,596	Oliveira et al. (2012a)
	5	0,440	Soares et al. (2014)
	5,8	0,450 e 0,490	Gonçalves et al. (2009a)
	6	0,696	Andrade et al. (2018)
	6	0,459	Talgatti et al. (2018)
	7	0,505	Bassa et al. (2007)
	7	0,510	Talgatti et al. (2018)
	8	0,462	Talgatti et al. (2018)
	8	0,352	Freitas et al. (2016)
	8	0,405	Eleotério et al. (2015)
	8	0,465	Marchesan et al. (2020)
	8	0,490	Alzate et al. (2005)
	13,8	0,530	Gonçalves et al. (2009a)
<i>E. saligna</i>	3	0,500	Trugilho et al. (1996)
	4	0,518	Trugilho et al. (1996)
	6	0,442	Dias Júnior et al. (2016)
	6	0,445	Ferreira et al. (1997)
	7	0,440 a 0,587	Cardona (2012)
	7	0,750	Lobão et al. (2011)
	8	0,470	Alzate et al. (2005)
	10	0,395 a 0,594	Tomazello Filho (1985)
	11	0,460	Batista et al. (2010)
	16	0,470	Oliveira e Silva (2003)
	20	0,579	Brito et al. (2019b)
	30	0,760	Gomes et al. (2021)

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 2 – DENSIDADE APARENDE DE MADEIRAS DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Densidade aparente a 12%U (g.cm ⁻³)	Referência
<i>E. urophylla</i>	6	0,450 a 0,690	Almeida et al. (2020)
	6	0,662	Almeida et al. (2022)
	6,3	0,550	Evangelista et al. (2010a)
	16	0,717	Iwakiri et al. (2019)
<i>E. grandis</i>	2	0,524 a 0,541	Sette Jr. et al. (2009)
	3	0,510 a 0,540	Castro et al. (2017)
	11	0,479 e 0,517	Talgatti et al. (2018)
	21	0,490 a 0,790	Lima e Garcia (2010)
	23	0,580	Oliveira et al. (2012b)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	6	0,517 a 0,589	Arantes et al. (2016)
	6	0,646	Talgatti et al. (2018)
	7	0,532	Talgatti et al. (2018)
	8	0,523	Talgatti et al. (2018)
	9	0,320	Carmona et al. (2019)
	10	0,460	Silva (2002)
	13	0,500 a 0,680	França et al. (2019)
	25	0,630	Silva (2002)
<i>E. saligna</i>	20	0,730	Nogueira et al. (2019)
	30	0,979	Gomes et al. (2021)
	-	~0,775	Gallio et al. (2020)

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 3 – CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE MADEIRAS DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Contração volumétrica (%)	Referência
<i>E. urophylla</i>	6	12,70	Andrade et al. (2018)
	6,3	12,50	Evangelista et al. (2010a)
	16	25,60	Oliveira et al. (2010)
	32	16,20	Monteiro et al. (2010)
<i>E. grandis</i>	7	13,26	Lobão et al. (2011)
	10	15,91	Silva et al. (2006)
	11	14,10	Batista et al. (2010)
	11	14,10	Batista et al. (2016)
	11	11,40 e 12,88	Talgatti et al. (2018)
	14	18,25	Silva et al. (2006)
	14	11,70	Eleotério et al. (2015)
	16	15,90	Oliveira et al. (2010)
	17	17,26	Gonzalez et al. (2006)
	20	19,61	Silva et al. (2006)
	21	14,84	Brito et al. (2006)
	25	18,68	Silva et al. (2006)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2	16,43 a 20,99	Zanuncio et al. (2018)
	4	15,05	Medeiros et al. (2016)
	5	17,47	Figueiredo et al. (2020)
	5	11,36 a 13,39	Sereneni Jr. et al. (2020)
	5,8	15,24 e 15,46	Gonçalves et al. (2009a)
	6	13,93	Andrade et al. (2018)
	6	12,93	Talgatti et al. (2018)
	7	9,53 e 9,96	Ferreira et al. (2019)
	7	9,50	Talgatti et al. (2018)
	8	10,58	Talgatti et al. (2018)
	8	13,40	Eleotério et al. (2015)
	8	14,54	Freitas et al. (2016)
	9	14,76	Eloy et al. (2020)
	11	13,29	Segundinho et al. (2021)
	13,8	21,76	Gonçalves et al. (2009a)
	-	13,75	Motta et al. (2014)
<i>E. saligna</i>	7	16,74	Lobão et al. (2011)
	11	15,16	Batista et al. (2010)
	11	15,17	Batista et al. (2016)
	16	26,00	Oliveira e Silva (2003)
	30	21,39	Gomes et al. (2021)

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 4 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Holocelulose (%)	Lignina total (%)	Extrativos totais (%)	Cinzas (%)	Referência
<i>E. urophylla</i>	4	62,07 e 64,84	30,31	4,50 e 7,45	0,18 e 0,36	Trugilho (2015)
	4	-	27,61	-	-	Trugilho (2009)
	5	-	26,44	-	-	Trugilho (2009)
	6	64,63 a 65,95	29,80 a 30,64	3,69 a 5,42	0,01 a 0,05	Almeida et al. (2022)
	6	-	24,90	-	-	Trugilho (2009)
	7	75,07	23,20	1,74	-	Raad et al. (2006)
	7	66,60	28,20	5,20	-	Andrade et al. (2010)
	7	-	27,34 e 27,52	-	-	Trugilho (2009)
<i>E. grandis</i>	4	-	26,77 a 28,60	1,08 a 1,42	0,37 a 0,52	Brito et al. (2021)
	4	-	28,04	-	-	Trugilho (2009)
	6	-	26,41	-	0,33	Ferreira et al. (1997)
	6	66,80	27,80	6,70	0,40	Neiva et al. (2015)
	7	72,14	23,78	4,08	-	Raad et al. (2006)
	7	67,99	27,15	4,86	-	Lobão et al. (2011)
	7	-	29,17 a 34,23	4,87 a 7,75	0,15 a 0,25	Trugilho et al. (2001)
	18	-	-	6,02 a 8,84	-	Albino et al. (2012)
	31	59,43 a 66,19	27,27 a 32,75	6,55 a 9,52	0,14 a 0,25	Guimarães et al. (2013)
	-	62,06 e 64,38	33,09 e 33,90	6,58 e 7,97	0,06 e 0,35	Silva et al. (2010)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2,25	68,39 a 72,82	20,61 a 23,11	5,89 a 7,75	0,63 a 0,75	Hsing et al. (2016)
	2,5-2,9	66,09 a 69,23	29,89 a 33,21	0,70 a 1,07	-	Braz et al. (2014)
	3	-	21,52	8,26	0,41	Soares et al. (2015)
	3,75	71,09 a 72,94	23,84 a 24,92	1,75 a 3,68	0,66 a 0,96	Benites et al. (2018)
	4	66,12	26,70	6,51	0,67	Medeiros et al. (2016)
	4	-	26,52 a 28,94	0,79 a 1,13	0,59 a 0,67	Brito et al. (2021)
	5	-	21,52	9,44	0,31	Soares et al. (2015)
	5	-	28,31	-	-	Trugilho (2009)
	5,6	-	-	4,86	-	Gominho et al. (2001)
	6	67,12	29,59	3,29	-	Santos e Sansígolo (2007)
	6	-	28,02 a 33,22	2,04 a 3,79	-	Arantes et al. (2011)
	6	-	26,70 e 27,20	-	-	Queiroz et al. (2004)
	6,5	64,61	31,52	3,87	-	Santos e Sansígolo (2007)
	7	73,22	23,95	2,40	0,43	Ferreira et al. (2019)
	7	68,90	28,54	2,50	-	Bassa et al. (2007)
	7	68,92	31,08	-	0,46	Silva e Ataíde (2019)
	7	73,93	22,40	3,69	-	Carvalho e Nahuz (2001)
	7	-	21,97	9,43	0,18	Soares et al. (2015)
	7	-	27,61-38,36	1,80-2,45	0,20-0,30	Câmara et al. (2018)
	7	-	27,34	-	-	Trugilho (2009)

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Holocelulose (%)	Lignina total (%)	Extrativos totais (%)	Cinzas (%)	Referência
<i>E. saligna</i>	3	72,371	24,320	3,960	0,276	Trugilho et al. (1996)
	4	72,476	24,487	3,683	0,224	Trugilho et al. (1996)
	6	-	26,08	-	0,38	Ferreira et al. (1997)
	6	64,20	26,60	10,10	0,80	Neiva et al. (2015)
	7	56,76	37,41	5,82	-	Lobão et al. (2011)
	7	-	25,81	1,41	-	Guarienti et al. (2000)
	7	-	31,10 a 31,81	6,50 a 7,54	0,15 a 0,20	Trugilho et al. (2001)
	9	-	27,10	4,80	-	Brito et al. (2008)
	20-22	71,50 a 75,15	24,90 a 28,50	-	0,23 a 0,30	Orea-Igarza et al. (2004)
	31	62,14 a 63,33	28,93 a 30,03	7,44 a 8,34	0,18 a 0,21	Guimarães et al. (2013)

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 5 – CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE MADEIRAS DE *Eucalyptus* spp.

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Resistência à flexão (MPa)		Dureza Janka (N)			Resistência ao cisalhamento (MPa)	Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)	Referência
		Módulo de Elasticidade	Módulo de Ruptura	Paralela às fibras	Radial	Tangencial			
<i>E. urophylla</i>	6,3 10	9868,3 12828,0	76,2 91,0	- 4639	- 3567	- 3442	- 11,0	- 47,0	Evangelista et al. (2010a) França (2019)
	2	3731,0 a 4056,0	60,0 a 74,0	-	-	-	-	-	Ferreira (2007)
	10	11832,0	90,0	5042	3724	3700	11,0	42,0	França (2019)
	17	15467,6	84,1	5207,3	-	6511,6	-	-	González et al. (2006)
	18	13587,0	103,0	-	-	-	12,7	54,2	Moura et al. (2012)
50	-	-	86,14	-	-	-	12,8 a 15,5	-	Vital et al. (2006)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2	2827,0 a 4359,0	65,9 a 83,0	-	-	-	-	-	Ferreira (2007)
	2,5-2,9 3 e 7	5978,6 8188,4 a 12492,7	53,3 66,31 a 94,03	- -	- -	- 2955 a 5221	- 6,81 a 9,95	- 36,0 a 50,95	Braz et al. (2014) Beltrame et al. (2015)
	5	6089 a 6718	69,72 a 76,06	4070 a 4553	3171 a 4085	3394 a 4114	-	39,19 a 43,35	Serenini et al. (2020)
	5,8 7	9652,0 e 10900,0 7396 e 9454	82,95 e 91,70 71,20 e 78,13	- -	- -	- 3482 e 3663	- -	49,8 e 55,2 26,90 e 40,29	Gonçalves et al. (2009b) Ferreira et al. (2019)
	10	8256,0 a 9367,0	62 a 71	3499 a 4199	2169 a 2975	2542 a 3202	8,0 a 11,0	36,0 a 40,0	França (2019)
	10	14072,28	95,99	-	-	-	-	62,19	Liu et al. (2015)
	13,8	12474,0 e 12781,0	101,4 e 103,2	-	-	-	-	67,1 e 67,4	Gonçalves et al. (2009b)
	-	-	-	-	-	-	-	53,6	Almeida e Dias (2016)
	20	13313,0	91,60	6770	6330	-	14,0	46,8	Nogueira et al. (2019)
	22	-	-	-	4967	-	-	61,5	Gallo et al. (2018)
<i>E. saligna</i>	40	-	97,95	-	-	-	11,5 a 16,1	-	Vital et al. (2006)
	60	-	-	-	-	-	-	47,3	Soriano et al. (2011)
	-	-	-	6511	6625	6635	-	-	Deldotti et al. (2018)
	-	-	-	-	-	-	12,98	76,0	Matos e Molina (2016)
	-	-	-	-	-	-	15,64	-	Carrasco e Mantilla (2016)
	-	-	-	-	-	-	11,94	-	Christoforo et al. (2019)

FONTE: O autor (2023).

**APÊNDICE 6 – CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE VASOS DE MADEIRAS
DE *Eucalyptus* spp.**

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Vasos		Referência
		Frequência (nº.mm ⁻²)	Diâmetro do lúmen (µm)	
<i>E. urophylla</i>	6	9,9	118,30	Evangelista et al. (2010b)
	6	11,81 a 14,69	-	Almeida et al (2022)
	6,3	9,7	119,20	Evangelista et al. (2010a)
	8	11,0	115,20	Evangelista et al. (2010b)
<i>E. grandis</i>	4	8,84 a 12,90	94,49 a 116,75	Brito et al. (2021)
	7	10,51	121,47	Lobão et al. (2011)
	10	7,0	111,00	Tomazello Filho (1985)
	10	-	113,30	Silva et al. (2007)
	14	-	118,50	Silva et al. (2007)
	18	1,50 a 2,08	155,85 a 191,55	Albino et al. (2012)
	20	-	121,50	Silva et al. (2007)
	21	13,82	130,95	Lima et al. (2010)
	25	-	135,60	Silva et al. (2007)
	37	13,0	125,50	Rezende et al. (2018)
	-	1,6	180,00	Silva et al. (2010)
	-	10,0 e 12,0	99,00 e 115,00	February et al. (1995)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2	7,7 a 14,3	77,50 a 119,20	Zanuncio et al. (2016)
	2,5-2,9	10,39 a 13,52	97,48 a 118,72	Braz et al. (2014)
	4	8,54 a 10,28	100,74 a 117,74	Brito et al. (2021)
	4	13,93	-	Govina et al. (2021)
	5-6	12 e 13	155,00 e 167,00	Sharma et al. (2015)
	7	11, 13 e 14	97,49, 104,33 e 116,71	Câmara et al. (2018)
	7	9,5 e 10,0	113,20 e 129,40	Zanuncio et al. (2016)
	13	5,78 a 7,75	122,89 a 139,59	França et al. (2019)
	-	10,20	127,29	Motta et al. (2014)
	-	16,0	118,90	Santos et al. (2011)
<i>E. saligna</i>	7	8,4	145,00	Lobão et al. (2011)
	7	12,41, 15,87 e 16,83	100,77, 106,50 e 117,06	Florsheim et al. (2000)
	21	-	113,42 a 244,28	Santos e Nogueira (1977)
	-	11,00	161,00	Gonçalves et al. (2014)

FONTE: O autor (2023).

**APÊNDICE 7 – CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE FIBRAS DE MADEIRAS
DE *Eucalyptus* spp.**

Espécie ou material genético	Idade (anos)	Fibras		Referência
		Espessura da parede (µm)	Comprimento (mm)	
<i>E. urophylla</i>	5,8	2,17 a 2,47	0,790 a 0,980	Trugilho et al. (2007a)
	6	4,30	0,950	Evangelista et al. (2010b)
	6	5,40	1,120	Brisola e Demarco (2011)
	6	5,60 a 7,60	-	Almeida et al. (2022)
	6,3	4,31	0,950	Evangelista et al. (2010a)
	8	5,30	0,920	Evangelista et al. (2010b)
<i>E. grandis</i>	2	2,00	0,748	Sette Jr. (2012)
	2	2,85 a 4,47	0,763 a 0,832	Freitas et al. (2015)
	3	4,96 a 5,61	0,791 a 0,938	Freitas et al. (2015)
	4	2,24	0,866	Sette Jr. (2012)
	4	7,76 e 7,77	0,906 e 0,908	Govina et al. (2021)
	4	2,31 a 3,16	0,932 a 0,988	Brito et al. (2021)
	5	3,80	1,036	Baldin et al. (2017)
	6	-	0,759	Neiva et al. (2015)
	6	3,49	0,913	Sette Jr. (2012)
	6	4,90	1,150	Brisola e Demarco (2011)
	7	3,95	1,006	Lobão et al. (2011)
	7	3,62 a 4,21	0,866 a 0,987	Rocha et al. (2004)
	10	4,50 a 6,00	0,680 a 1,320	Tomazello Filho (1985)
	18	4,43 a 5,23	1,150 a 1,250	Albino et al. (2012)
	21	4,295	0,990	Lima et al. (2010)
	24	4,00 a 6,78	0,702 a 1,001	De Paula (1995)
	-	3,57 a 8,18	0,620 a 1,337	Alzate (2009)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	2	3,40 a 4,00	0,790 a 0,930	Zanuncio et al. (2016)
	2,5-2,9	3,46 a 4,08	0,907 a 1,098	Braz et al. (2014)
	3,75	5,76 a 6,49	0,832 a 0,914	Benites et al. (2018)
	4	2,61 a 2,70	0,948 a 1,010	Brito et al. (2021)
	5	-	0,800	Lima et al. (2019)
	5,6	4,40	1,064	Quilhó et al. (2006)
	5-6	5,10 e 5,60	0,980 e 1,060	Sharma et al. (2015)
	6	3,48 a 3,91	0,780 a 1,320	Mauri et al. (2017)
	6	6,10	1,100	Brisola e Demarco (2011)
	6,8	3,60	0,955	Quilhó et al. (2006)
	7	4,19	1,08	Carvalho e Nahuz (2001)
	7	4,20	1,000	Zanuncio et al. (2016)
	8	5,61	0,900	Gonzalez et al. (2014)
	-	4,90	1,014	Motta et al. (2014)
	-	4,73	1,070	Requejo et al. (2012)
	-	3,22 a 7,28	0,600 a 1,360	Alzate (2009)
<i>E. saligna</i>	3	4,343	0,883	Trugilho et al. (1996)
	4	4,810	0,920	Trugilho et al. (1996)
	5	3,20	1,036	Baldin et al. (2017)
	6	-	0,708	Neiva et al. (2015)
	7	6,52	1,451	Lobão et al. (2011)
	7	3,96, 4,04 e 4,31	0,852, 0,857 e 0,863	Florsheim et al. (2000)
	10	4,40 a 5,70	0,660 a 1,410	Tomazello Filho (1985)
	21	-	0,603 a 1,284	Santos e Nogueira (1971)
	-	2,92 a 7,26	0,607 a 1,247	Alzate (2009)

FONTE: O autor (2023).

**APÊNDICE 8 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DA
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA
DE *Eucalyptus* PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, COM SETE ANOS.**

(continua)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
DAP					
Material genético	3	4,63	1,54	0,61 ns	0,6129
Espaçamento de plantio	2	447,27	223,64	88,88 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	13,86	2,31	0,92 ns	0,4993
Tratamentos	11	465,76	42,34	16,83*	< 0,0001
Resíduos	24	60,39	2,52	-	-
Total	35	526,15	-	-	-
Altura total					
Material genético	3	119,56	66,52	63,28 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	16,37	8,17	7,77 *	0,0024
Material genético x espaçamento de plantio	6	28,46	4,74	4,51 *	0,0033
Tratamentos	11	244,41	22,22	21,14 *	< 0,0001
Resíduos	24	25,23	1,05	-	-
Total	35	269,64	-	-	-
Altura comercial					
Material genético	3	245,82	81,94	57,37 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	52,63	26,32	18,42 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	45,05	7,51	5,26 *	0,0013
Tratamentos	11	343,50	31,23	21,86 *	< 0,0001
Resíduos	24	34,28	1,43	-	-
Total	35	377,78	-	-	-
Fator de forma com casca					
Material genético	3	0,002	0,0008	0,47 ns	0,7052
Espaçamento de plantio	2	0,041	0,020	12,28 *	0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,018	0,003	1,75 ns	0,1527
Tratamentos	11	0,061	0,006	3,31 *	0,0067
Resíduos	24	0,040	0,002	-	-
Total	35	0,101	-	-	-
Volume do fuste por árvore					
Material genético	3	0,10	0,03	9,67 *	0,0001
Espaçamento de plantio	2	0,48	0,24	68,65 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,04	0,01	1,83 ns	0,1362
Tratamentos	11	0,62	0,06	16,11 *	< 0,0001
Resíduos	24	0,08	0,003	-	-
Total	35	0,70	-	-	-
Volume do fuste por área					
Material genético	3	30481,64	10160,55	6,21 *	0,0028
Espaçamento de plantio	2	88240,01	44120,00	26,97 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	9125,61	1520,94	0,93 ns	0,4917
Tratamentos	11	127847,26	11622,48	7,10 *	< 0,0001
Resíduos	24	39263,14	1635,96	-	-
Total	35	167110,41	-	-	-

Legenda: DAP = diâmetro à 1,30 m do solo.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Deformação residual longitudinal					
Material genético	3	0,0061	0,002	13,16 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	0,0007	0,0004	2,27 ns	0,1249
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,0006	0,0001	0,66 ns	0,6854
Tratamentos	11	0,007	0,001	4,36 *	0,0011
Resíduos	24	0,004	0,0002	-	-
Total	35	0,011	-	-	-
Porcentagem de cerne					
Material genético	3	572,39	190,80	24,54 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	160,59	80,29	10,33 *	0,0005
Material genético x espaçamento de plantio	6	89,67	14,94	1,92 ns	0,1182
Tratamentos	11	822,64	74,78	9,62 *	< 0,0001
Resíduos	24	186,61	7,78	-	-
Total	35	1009,25	-	-	-
Espessura de casca					
Material genético	3	4,62	1,54	5,29 *	0,006
Espaçamento de plantio	2	7,18	3,59	12,33 *	0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	1,38	0,23	0,79 ns	0,5859
Tratamentos	11	13,19	1,20	4,12 *	0,0017
Resíduos	24	6,99	0,29	-	-
Total	35	20,18	-	-	-
Volume de toras por árvore					
Material genético	3	0,009	0,003	1,40 ns	0,2661
Espaçamento de plantio	2	0,345	0,172	82,58 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,021	0,004	1,70 ns	0,1631
Tratamentos	11	0,375	0,034	16,33 *	< 0,0001
Resíduos	24	0,050	0,002	-	-
Total	35	0,425	-	-	-
Conicidade das toras					
Material genético	3	51,80	17,26	4,69 *	0,0102
Espaçamento de plantio	2	9,26	4,63	1,23 ns	0,3022
Material genético x espaçamento de plantio	6	17,66	2,94	0,80 ns	0,5798
Tratamentos	11	78,72	7,16	1,94 ns	0,0840
Resíduos	24	88,33	3,68	-	-
Total	35	167,05	-	-	-
Achatamento das toras					
Material genético	3	74,95	24,98	7,71 *	0,0008
Espaçamento de plantio	2	14,61	7,30	2,26 ns	0,1266
Material genético x espaçamento de plantio	6	90,96	15,16	4,68 *	0,0027
Tratamentos	11	180,52	16,41	5,07 *	0,0003
Resíduos	24	77,75	3,24	-	-
Total	35	258,27	-	-	-
Índice de rachadura de topo das toras					
Material genético	3	0,578	0,193	17,25 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	0,110	0,055	4,92 *	0,0161
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,251	0,042	3,75 *	0,0089
Tratamentos	11	0,940	0,085	7,64 *	< 0,0001
Resíduos	24	0,268	0,011	-	-
Total	35	1,208	-	-	-

Legenda: GL = graus de liberdade, SQ = soma dos quadrados; QM = quadrados médios; ns = não significativo a 95% de probabilidade; * = significativo a 95% de probabilidade. FONTE: O autor (2023).

**APÊNDICE 9 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus* PROVENIENTE DE DIFERENTES
MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, COM SETE ANOS.**

(continua)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Densidade básica					
Material genético	3	0,148	0,049	43,55 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,002	0,001	0,86 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,006	0,001	0,84 ns	> 0,05
Tratamentos	11	0,156	0,014	12,49 *	< 0,05
Resíduos	348	0,394	0,001	-	-
Total	359	0,550	-	-	-
Densidade aparente					
Material genético	3	0,184	0,061	26,02 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,005	0,002	1,01 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,025	0,004	1,77 ns	> 0,05
Tratamentos	11	0,214	0,019	8,25 *	< 0,05
Resíduos	168	0,396	0,002	-	-
Total	179	0,609	-	-	-
Coefficiente de anisotropia					
Material genético	3	0,20	0,06	0,17 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,15	0,08	0,20 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,48	0,08	0,21 ns	> 0,05
Tratamentos	11	0,83	0,08	0,19 ns	> 0,05
Resíduos	168	65,10	0,39	-	-
Total	179	65,93	-	-	-
Resistência à flexão estática					
Material genético	3	1571,74	523,94	2,99 *	0,0401
Espaçamento de plantio	2	43,08	21,54	0,12 ns	0,8846
Material genético x espaçamento de plantio	6	761,62	126,94	0,72 ns	0,6322
Tratamentos	11	2376,54	216,05	1,23 ns	0,2923
Resíduos	48	8412,87	175,27	-	-
Total	59	10789,41	-	-	-
Módulo de elasticidade – flexão estática					
Material genético	3	50714150,10	16904717	8,83 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	2447340,83	1223670	0,64 ns	0,5322
Material genético x espaçamento de plantio	6	12758980,56	2126497	1,11 ns	0,3702
Tratamentos	11	65920471,47	5992770	3,13 *	0,0029
Resíduos	48	91901645,67	1914618	-	-
Total	59	157822117,1	-	-	-
Resistência à compressão paralela às fibras					
Material genético	3	172,35	57,45	1,53 ns	0,2190
Espaçamento de plantio	2	219,59	109,79	2,92 ns	0,0635
Material genético x espaçamento de plantio	6	127,92	21,32	0,57 ns	0,7541
Tratamentos	11	519,86	47,26	1,26 ns	0,2773
Resíduos	48	1803,58	37,57	-	-
Total	59	2323,44	-	-	-

(continua)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Módulo de elasticidade - compressão paralela às fibras					
Material genético	3	109480780	36493593	5,19 *	0,0034
Espaçamento de plantio	2	111132472	55566236	7,91 *	0,0010
Material genético x espaçamento de plantio	6	37367183	6227864	0,89 ns	0,5122
Tratamentos	11	257980435	23452767	3,34 *	0,0017
Resíduos	48	337216503	7025344	-	-
Total	59	595196938	-	-	-
Dureza na direção tangencial					
Material genético	3	13612189	4537396	4,30 *	0,0066
Espaçamento de plantio	2	7399007	3699503	3,50 *	0,0335
Material genético x espaçamento de plantio	6	3780243	630040	0,60 ns	0,7323
Tratamentos	11	24791439	2253767	2,13 *	0,0234
Resíduos	108	114021158	1055751	-	-
Total	119	138812597	-	-	-
Dureza na direção radial					
Material genético	3	9254524	3084841	13,15 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	10686604	5343302	22,77 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	1540836	256806	1,09 ns	0,3705
Tratamentos	11	21481964	1952906	8,32 *	< 0,0001
Resíduos	108	25343226	234659	-	-
Total	119	46825190	-	-	-
Dureza na direção paralela às fibras					
Material genético	3	18390785	6130262	29,09 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	1938101	919050	4,36 *	0,0150
Material genético x espaçamento de plantio	6	1921929	320322	1,52 ns	0,1784
Tratamentos	11	22150815	2013710	9,56 *	< 0,0001
Resíduos	108	22757739	210720	-	-
Total	119	44908554	-	-	-
Resistência ao cisalhamento na direção tangencial					
Material genético	3	85,93	28,64	24,59 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	5,77	2,88	2,48 ns	0,0948
Material genético x espaçamento de plantio	6	12,80	2,13	1,83 ns	0,1127
Tratamentos	11	104,50	9,50	8,16 *	< 0,0001
Resíduos	48	55,92	1,16	-	-
Total	59	160,42	-	-	-
Resistência ao cisalhamento na direção radial					
Material genético	3	40,13	13,38	12,49 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	13,27	6,63	6,19 *	0,0040
Material genético x espaçamento de plantio	6	3,42	0,57	0,53 ns	0,7806
Tratamentos	11	56,82	5,16	4,82 *	< 0,0001
Resíduos	48	51,40	1,07	-	-
Total	59	108,23	-	-	-
Diâmetro dos vasos					
Material genético	3	109,56	36,52	0,40 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	18,90	9,45	0,09 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	16,40	2,73	0,03 ns	> 0,05
Tratamentos	11	144,86	13,17	0,13 ns	> 0,05
Resíduos	348	35406,05	101,74	-	-
Total	359	35550,91	-	-	-

(continua)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Frequência de vasos					
Material genético	3	64,92	21,64	6,44 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	5,70	2,85	0,85 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	53,09	8,85	2,63 *	< 0,05
Tratamentos	11	123,72	11,25	3,35 *	< 0,05
Resíduos	348	1168,93	3,36	-	-
Total	359	1292,66	-	-	-
Altura dos raios					
Material genético	3	22495,37	7498,46	2,34 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	39092,65	19546,32	6,09 *	< 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	91803,36	15300,56	4,77 *	< 0,05
Tratamentos	11	153391,38	13944,67	4,35 *	< 0,05
Resíduos	348	1116145,78	3207,32	-	-
Total	359	1269537,16	-	-	-
Largura dos raios					
Material genético	3	100,06	33,35	3,23 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	11,03	5,52	0,53 ns	< 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	175,43	29,24	2,84 *	< 0,05
Tratamentos	11	286,52	26,05	2,52 *	< 0,05
Resíduos	348	3588,57	10,31	-	-
Total	359	3875,09	-	-	-
Frequência de raios					
Material genético	3	137,63	45,88	20,21 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	74,82	37,41	16,48 *	< 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	38,49	6,42	2,83 *	< 0,05
Tratamentos	11	250,94	22,81	10,05 *	< 0,05
Resíduos	348	790,03	2,27	-	-
Total	359	1040,98	-	-	-
Comprimento das fibras					
Material genético	3	331457,31	110485,77	5,36 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	27347,78	13673,89	0,66 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	50308,17	8384,70	0,41 ns	> 0,05
Tratamentos	11	409113,27	37192,12	1,80 ns	> 0,05
Resíduos	348	7172895,41	20611,77	-	-
Total	359	7582008,68	-	-	-
Largura das fibras					
Material genético	3	242,75	80,92	9,60 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	15,80	7,90	0,94 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	103,23	17,20	2,04 ns	> 0,05
Tratamentos	11	361,78	32,89	3,90 *	< 0,05
Resíduos	348	2933,44	8,43	-	-
Total	359	3295,21	-	-	-
Diâmetro do lúmen das fibras					
Material genético	3	94,30	31,43	5,55 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	24,53	12,27	2,17 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	50,93	8,49	1,50 ns	> 0,05
Tratamentos	11	169,76	15,43	2,72 *	< 0,05
Resíduos	348	1970,00	5,66	-	-
Total	359	2139,76	-	-	-

(continua)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Espessura da parede das fibras					
Material genético	3	71,22	23,74	4,93 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,19	0,09	0,02 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	33,42	5,57	1,16 ns	> 0,05
Tratamentos	11	104,83	9,53	1,98 *	< 0,05
Resíduos	348	1675,54	4,81	-	-
Total	359	1780,37	-	-	-
Colorimetria – L*					
Material genético	3	15,90	5,30	1,32 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	9,87	4,93	1,22 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	7,73	1,29	0,32 ns	> 0,05
Tratamentos	11	33,50	3,04	0,76 ns	> 0,05
Resíduos	204	821,07	4,02	-	-
Total	215	854,57	-	-	-
Colorimetria – a*					
Material genético	3	0,18	0,06	0,06 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,01	0,01	0,01 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,08	0,01	0,01 ns	> 0,05
Tratamentos	11	0,28	0,02	0,02 ns	> 0,05
Resíduos	204	206,32	1,01	-	-
Total	215	206,59	-	-	-
Colorimetria – b*					
Material genético	3	6,90	2,30	1,17 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	1,54	0,77	0,39 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	5,66	0,94	0,48 ns	> 0,05
Tratamentos	11	14,10	1,28	0,65 ns	> 0,05
Resíduos	204	401,87	1,97	-	-
Total	215	415,96	-	-	-
Colorimetria – C*					
Material genético	3	6,06	2,02	1,02 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	1,73	0,87	0,44 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	5,15	0,86	0,44 ns	> 0,05
Tratamentos	11	12,94	1,18	0,60 ns	> 0,05
Resíduos	204	401,74	1,97	-	-
Total	215	414,68	-	-	-
Colorimetria – ângulo de tinta – h*					
Material genético	3	10,37	3,46	0,45 ns	> 0,05
Espaçamento de plantio	2	1,73	0,87	0,11 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	8,35	1,39	0,18 ns	> 0,05
Tratamentos	11	20,46	1,86	0,24 ns	> 0,05
Resíduos	204	1581,58	7,75	-	-
Total	215	1602,04	-	-	-
Teor de cinzas					
Material genético	3	0,0152	0,0051	9,72 *	< 0,05
Espaçamento de plantio	2	0,0002	0,0001	0,15 ns	> 0,05
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,0064	0,0011	2,05 ns	> 0,05
Tratamentos	11	0,0219	0,0020	3,80 *	< 0,05
Resíduos	96	0,0502	0,0005	-	-
Total	107	0,0720	-	-	-

					(conclusão)
Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Teor de extrativos totais					
Material genético	3	0,724	0,241	0,35 ns	0,7921
Espaçamento de plantio	2	0,081	0,041	0,06 ns	0,9434
Material genético x espaçamento de plantio	6	1,828	0,305	0,44 ns	0,8513
Tratamentos	11	2,634	0,239	0,34 ns	0,9719
Resíduos	60	41,846	0,697	-	-
Total	71	44,480	-	-	-
Teor de lignina total					
Material genético	3	24,96	8,32	13,75 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	5,56	2,78	4,59 *	0,0139
Material genético x espaçamento de plantio	6	15,72	2,62	4,33 *	0,0010
Tratamentos	11	46,25	4,20	6,95 *	< 0,0001
Resíduos	60	36,31	0,60	-	-
Total	71	82,56	-	-	-
Teor de holocelulose					
Material genético	3	9,38	3,12	4,10 *	0,0175
Espaçamento de plantio	2	3,21	1,60	2,10 ns	0,1441
Material genético x espaçamento de plantio	6	9,90	1,65	2,16 ns	0,0827
Tratamentos	11	22,49	2,04	2,68 *	0,0209
Resíduos	60	18,31	0,76	-	-
Total	71	40,79	-	-	-

Legenda: GL = graus de liberdade, SQ = soma dos quadrados; QM = quadrados médios; DAP = diâmetro à 1,30 m do solo; ns = não significativo a 95% de probabilidade; * = significativo a 95% de probabilidade.

FONTE: O autor (2023).

**APÊNDICE 10 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DO
RENDIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*
PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E ESPAÇAMENTOS
DE PLANTIO, COM SETE ANOS.**

(continua)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Rendimento em madeira serrada verde					
Material genético	3	9479,77	3159,92	42,56 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	907,69	453,85	6,11 *	0,0031
Material genético x espaçamento de plantio	6	1709,92	284,99	3,84 *	0,0017
Tratamentos	11	12097,38	1099,76	14,81 *	< 0,0001
Resíduos	24	7127,97	74,25	-	-
Total	35	19225,35	-	-	-
Rendimento em madeira serrada seca					
Material genético	3	7644,30	2548,10	42,77 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	6998,00	349,90	5,87 *	0,0039
Material genético x espaçamento de plantio	6	1463,70	243,90	4,09 *	0,0010
Tratamentos	11	9807,70	891,60	14,97 *	< 0,0001
Resíduos	24	5526,80	59,60	-	-
Total	35	15526,80	-	-	-
Rendimento em madeira serrada seca e destopada					
Material genético	3	4771,40	1590,50	25,29 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	395,20	197,60	3,14 *	0,0476
Material genético x espaçamento de plantio	6	1537,90	256,30	4,08 *	0,0010
Tratamentos	11	6704,50	609,50	9,69 *	< 0,0001
Resíduos	24	6037,10	62,90	-	-
Total	35	12741,60	-	-	-
Encurvamento das tábuas verdes					
Material genético	3	2,129	0,713	9,03 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	0,095	0,048	0,60 ns	0,5482
Material genético x espaçamento de plantio	6	0,121	0,020	0,25 ns	0,9573
Tratamentos	11	2,345	-	-	-
Resíduos	496	39,178	0,079	-	-
Total	507	41,523	-	-	-
Arqueamento das tábuas verdes					
Material genético	3	15,78	5,26	3,56 *	0,0143
Espaçamento de plantio	2	52,02	26,01	17,60 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	14,65	2,44	1,65 ns	0,1309
Tratamentos	11	82,45	-	-	-
Resíduos	496	733,20	1,48	-	-
Total	507	815,65	-	-	-
Índice de rachadura de topo das tábuas verdes					
Material genético	3	645,20	215,05	10,79 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	44,30	22,16	1,11 ns	0,3298
Material genético x espaçamento de plantio	6	215,50	35,92	1,80 ns	0,0968
Tratamentos	11	905,00	-	-	-
Resíduos	496	9886,30	19,93	-	-
Total	507	10791,30	-	-	-

					(conclusão)
Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor p
Encurvamento das tábuas secas					
Material genético	3	176,90	58,97	7,19 *	0,0001
Espaçamento de plantio	2	54,10	27,05	3,30 *	0,0377
Material genético x espaçamento de plantio	6	34,00	5,67	0,69 ns	0,6566
Tratamentos	11	264,90	-	-	-
Resíduos	479	3926,80	8,20	-	-
Total	490	4191,70	-	-	-
Arqueamento das tábuas secas					
Material genético	3	8,66	2,89	1,09 ns	0,3511
Espaçamento de plantio	2	77,50	38,75	14,69 *	< 0,0001
Material genético x espaçamento de plantio	6	23,11	3,85	1,46 ns	0,1902
Tratamentos	11	109,27	-	-	-
Resíduos	479	1263,73	2,64	-	-
Total	490	1373,00	-	-	-
Índice de rachadura de topo das tábuas secas					
Material genético	3	2376,0	791,86	7,67 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	356,0	178,16	1,72 ns	0,1793
Material genético x espaçamento de plantio	6	238,0	39,75	0,38 ns	0,8888
Tratamentos	11	2970,0	-	-	-
Resíduos	485	50092,0	103,28	-	-
Total	496	53062,0	-	-	-
Volume de madeira serrada verde por área					
Material genético	3	6691,31	2230,44	17,40 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	670,14	335,07	2,61 ns	0,0940
Material genético x espaçamento de plantio	6	1511,84	251,97	1,97 ns	0,1109
Tratamentos	11	8873,30	806,66	6,29 *	< 0,0001
Resíduos	24	3076,67	128,19	-	-
Total	35	11949,97	-	-	-
Volume de madeira serrada seca por área					
Material genético	3	5624,82	1874,94	19,57 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	542,87	271,44	2,83 ns	0,0786
Material genético x espaçamento de plantio	6	1231,67	205,28	2,14 ns	0,0853
Tratamentos	11	7399,37	672,67	7,02 *	< 0,0001
Resíduos	24	2299,18	95,80	-	-
Total	35	-	-	-	-
Volume de madeira serrada seca e destopada por área					
Material genético	3	4309,40	1436,46	16,49 *	< 0,0001
Espaçamento de plantio	2	381,45	190,73	2,19 ns	0,1338
Material genético x espaçamento de plantio	6	1263,56	210,59	2,42 ns	0,0570
Tratamentos	11	5954,41	541,31	6,22 *	< 0,0001
Resíduos	24	2090,07	87,09	-	-
Total	35	8044,48	-	-	-

Legenda: GL = graus de liberdade, SQ = soma dos quadrados; QM = quadrados médios; DAP = diâmetro à 1,30 m do solo; ns = não significativo a 95% de probabilidade; * = significativo a 95% de probabilidade.

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 11 – TESTES DE MÉDIAS DA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus* PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS, AVALIANDO COMO FATOR ISOLADO.

Material genético		E. urophylla x E. grandis 1	E. urophylla x E. grandis 2	E. urophylla x E. grandis 3	E. saligna
Variável		Médias			
Caracterização da matéria-prima					
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	24,08 a	23,66 a	24,57 a	23,74 a
	Altura total (m)	29,26 b	33,16 a	29,32 b	26,56 c
	Altura comercial (m)	25,20 b	28,65 a	24,28 b	21,32 c
	Fator de forma com casca	0,41 a	0,42 a	0,40 a	0,42 a
	Volume do fuste (m³.ârv⁻¹)	0,48 ab	0,54 a	0,45 bc	0,39 c
DRL	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	294,47 a	321,04 a	278,83 ab	240,65 b
	Deformação residual longitudinal (mm)	0,102 b	0,083 a	0,102 b	0,072 a
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	62,43 a	61,01 a	52,28 b	60,61 a
	Espessura de casca (mm)	4,03 a	3,87 a	4,08 a	4,80 b
	Volume de tora (m³.ârv⁻¹)	0,369 a	0,378 a	0,336 a	0,361 a
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	14,92 a	15,02 a	14,36 a	14,51 a
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	9,11 ab	7,35 a	10,37 b	7,70 a
	Achatamento das toras (%)	95,36 ab	97,52 a	95,76 ab	93,45 b
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	0,833 bc	0,775 b	0,942 c	0,592 a
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	0,542 a	0,492 b	0,538 a	0,534 a
	Dens. aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	0,602 a	0,514 c	0,556 b	0,572 b
	Contração tangencial (%)	9,24 a	8,85 a	8,70 a	9,21 a
	Contração radial (%)	5,25 a	5,37 a	5,36 a	5,46 a
	Contração longitudinal (%)	0,33 a	0,33 a	0,34 a	0,36 a
	Contração volumétrica (%)	14,29 a	14,03 a	13,88 a	14,47 a
	Coefficiente de anisotropia	1,84 a	1,77 a	1,86 a	1,84 a
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	97,18 a	93,70 ab	83,82 b	88,14 ab
	Mód. de elasticidade – flexão estática (MPa)	11446 ab	12046 a	9727 c	10270 bc
	Resist. compressão paralela às fibras (MPa)	36,99 a	40,25 a	40,04 a	41,63 a
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	18320 ab	19317 a	19390 a	16046 b
	Dureza na direção tangencial (N)	4226 a	3355 b	3823 ab	4114 a
	Dureza na direção radial (N)	3810 a	3177 b	3093 b	3317 b
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	5387 a	4697 b	4446 b	5272 a
	Resist. ao cisalhamento - tangencial (MPa)	12,31 a	10,34 b	9,73 b	12,47 a
	Resist. cisalhamento - radial (MPa)	9,52 a	7,54 b	7,99 b	9,19 a

(continua)

(continua)

(conclusão)

Material genético		<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 1	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 2	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> 3	<i>E. saligna</i>
Variável		Médias			
Propriedades anatómicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (μm)	118,31 a	119,10 a	119,05 a	119,87 a
	Frequência de vasos (n° de vasos. mm^{-2})	11,48 a	11,37 a	10,39 b	11,01 ab
	Altura dos raios (μm)	326,37 a	332,76 a	311,52 a	327,60 a
	Largura dos raios (μm)	22,98 ab	23,76 ab	24,18 a	22,94 b
	Frequência de raios (número de raios. mm^{-1})	14,64 a	13,96 b	13,33 c	13,03 c
	Comprimento das fibras (μm)	877,07 b	943,88 a	957,03 a	928,90 ab
	Largura das fibras (μm)	20,44 c	21,18 bc	22,71 a	21,61 ab
	Diâmetro das fibras (μm)	9,63 b	10,67 a	10,96 a	10,74 a
	Colorimetria – saturação (C*)	20,54 a	20,85 a	20,38 a	20,60 a
	Colorimetria – ângulo de tinta (h*)	64,56 a	64,80 a	64,23 a	64,35 a
Propriedades químicas	Espessura da parede das fibras (μm)	11,02 ab	10,52 b	11,74 a	10,87 b
	Cinzas (%)	0,10 b	0,09 b	0,10 b	0,07 a
	Extrativos totais (%)	3,96 a	3,93 a	4,07 a	3,79 a
	Lignina total (%)	27,22 b	27,07 b	27,42 b	28,57 a
		68,72 a	68,90 a	68,40 ab	67,57 b
Rendimento e qualidade da madeira serrada					
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	50,91 a	39,19 b	36,18 b	24,59 c
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	46,81 a	35,58 b	32,30 b	23,29 c
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	39,61 a	32,06 b	28,36 b	21,18 c
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m^{-1})	3,85 a	4,33 a	4,06 a	5,41 b
	Arqueamento (mm.m^{-1})	1,59 a	1,59 a	1,63 a	1,98 b
	Índice de rachadura de topo (%)	8,56 c	7,55 bc	5,30 a	6,63 ab
Qualidade da madeira serrada seca	Encurvamento (mm.m^{-1})	5,12 ab	5,14 ab	4,26 a	5,98 b
	Arqueamento (mm.m^{-1})	1,94 a	2,08 a	2,08 a	2,28 a
	Índice de rachadura de topo (%)	13,48 c	13,43 bc	7,89 a	10,25 ab
Produção de madeira serrada por área	Volume de mad. serrada verde/área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	67,50 ab	74,44 a	55,64 b	38,46 c
	Volume de mad. serrada seca/área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	62,04 ab	67,61 a	49,41 b	35,16 c
	Volume de mad. serrada seca e destopada/área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	53,00 ab	60,99 a	43,23 bc	31,73 c

Legenda: Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade.

FONTE: O autor (2023).

APÊNDICE 12 – TESTES DE MÉDIAS DA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Eucalyptus* PROVENIENTE DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, AVALIANDO COMO FATOR ISOLADO.

Espaçamento de plantio		3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	(continua)
Variável		Nota			
Caracterização da matéria-prima					
Avaliação dendrométrica	DAP (cm)	19,58 c	24,26 b	28,20 a	
	Altura total (m)	28,65 b	30,24 a	29,84 a	
	Altura comercial (m)	23,21 b	25,30 a	26,08 a	
	Fator de forma com casca	0,45 a	0,41 b	0,37 b	
	Volume do fuste (m³.ârv⁻¹)	0,32 c	0,48 b	0,60 a	
	Volume do fuste por área (m³.ha⁻¹)	351,34 a	265,76 b	234,14 b	
Avaliação da DRL	Deformação residual longitudinal – DRL média (mm)	0,094 a	0,084 a	0,091 a	
Avaliação de discos e toras	Porcentagem de cerne (%)	56,10 b	60,77 a	60,37 a	
	Espessura de casca (mm)	3,57 a	4,41 a	4,60 a	
	Volume de tora (m³.ârv⁻¹)	0,237 c	0,370 b	0,476 a	
	Volume de tora por área (m³.ha⁻¹)	16,18 a	14,27 b	13,65 b	
	Conicidade das toras (cm.m⁻¹)	8,33 a	8,22 a	9,35 a	
	Achatamento das toras (%)	96,33 a	94,77 a	95,46 a	
	Índice de rachadura do topo das toras (%)	0,851 b	0,716 a	0,790 ab	
Propriedades da madeira					
Propriedades físicas	Densidade básica (g.cm⁻³)	0,523 a	0,528 a	0,528 a	
	Densidade aparente a 12% de umidade (g.cm⁻³)	0,563 a	0,566 a	0,554 a	
	Contração tangencial (%)	8,93 a	9,13 a	8,93 a	
	Contração radial (%)	5,31 a	5,37 a	5,39 a	
	Contração longitudinal (%)	0,35 a	0,33 a	0,33 a	
	Contração volumétrica (%)	14,07 a	14,30 a	14,13 a	
	Coefficiente de anisotropia	1,80 a	1,82 a	1,87 a	
Propriedades mecânicas	Resistência à flexão estática (MPa)	89,55 a	91,55 a	91,03 a	
	Módulo de elasticidade – flexão estática (MPa)	11144 a	10659 a	10814 a	
	Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)	42,42 a	38,60 a	38,16 a	
	Módulo de elasticidade – compressão paralela às fibras (MPa)	20095 a	17879 b	16830 b	
	Dureza na direção tangencial (N)	4166 a	3911 ab	3561 b	
	Dureza na direção radial (N)	3690 a	3394 b	2963 c	
	Dureza na direção paralela às fibras (N)	4987 ab	5080 a	4784 b	
	Resistência ao cisalhamento na direção tangencial (MPa)	10,78 a	11,52 a	11,33 a	
	Resistência ao cisalhamento na direção radial (MPa)	9,09 a	8,65 ab	7,95 b	

Espaçamento de plantio				(conclusão)
Variável				
	3,0 m x 3,0 m	6,0 m x 3,0 m	8,5 m x 3,0 m	
Propriedades anatômicas e organolépticas	Diâmetro dos vasos (μm)	119,29 a	119,19 a	118,76 a
	Frequência de vasos (número de vasos. mm^{-2})	11,16 a	10,88 a	11,14 a
	Altura dos raios (μm)	322,79 ab	338,12 a	312,78 b
	Largura dos raios (μm)	23,63 a	23,54 a	23,22 a
	Frequência de raios (número de raios. mm^{-1})	13,18 c	13,74 b	14,30 a
	Comprimento das fibras (μm)	916,47 a	925,93 a	937,77 a
	Largura das fibras (μm)	21,44 a	21,76 a	21,25 a
	Diâmetro do lúmen das fibras (μm)	10,42 a	10,85 a	10,23 a
	Espessura da parede das fibras (μm)	11,03 a	11,07 a	11,02 a
	Colorimetria – saturação (C^*)	20,57 a	20,50 a	20,71 a
Propriedades químicas	Colorimetria – ângulo de tinta (h^*)	64,48 a	64,38 a	64,60 a
	Cinzas (%)	0,09 a	0,09 a	0,09 a
	Extrativos totais (%)	3,95 a	3,89 a	3,97 a
	Lignina total (%)	27,34 b	27,41 b	27,96 a
Holocelulose (%)				67,98 a
Rendimento e qualidade da madeira serrada				
Rendimentos em madeira serrada	Rendimento em madeira serrada verde (%)	35,38 b	35,98 b	41,81 a
	Rendimento em madeira serrada seca (%)	32,34 b	33,07 b	38,07 a
	Rendimento em madeira serrada seca e destopada (%)	28,19 b	29,89 ab	32,82 a
Qualidade da madeira serrada verde	Encurvamento (mm.m^{-1})	4,63 a	4,31 a	4,58 a
	Arqueamento (mm.m^{-1})	1,53 a	1,38 a	2,08 b
	Índice de rachadura de topo (%)	6,74 a	7,09 a	7,34 a
Qualidade da madeira serrada seca	Encurvamento (mm.m^{-1})	5,86 b	5,11 a	5,03 a
	Arqueamento (mm.m^{-1})	1,93 a	1,64 a	2,53 b
	Índice de rachadura de topo (%)	10,23 a	11,92 a	12,04 a
Produção de madeira serrada por área	Volume de madeira serrada verde por área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	65,08 a	56,48 a	55,47 a
	Volume de madeira serrada seca por área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	59,04 a	51,00 a	50,63 a
	Volume de madeira serrada seca e destopada por área ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	51,66 a	46,12 a	43,93 a

Legenda: Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade.
 FONTE: O autor (2023).