

Faculdade Nilo De Stéfani
Trabalho de Graduação

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: FORMAÇÃO DE CERNE

ELOARA LEMOS PEREIRA

PROF. (A) ORIENTADOR(A): DRA. NÁDIA DE PAULA FIGUEIREDO

JABOTICABAL, S.P.

2024

ELOARA LEMOS PEREIRA

PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: FORMAÇÃO DE CERNE

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em **Biocombustíveis**

Orientadora Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula

JABOTICABAL, S.P.

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

ELOARA LEMOS PEREIRA

PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: FORMAÇÃO DE CERNE

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em **Biocombustíveis**

Orientador: Nádía Figueiredo de Paula

Data da apresentação e aprovação: ____/____/____.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Profa. Dra. Nádía Figueiredo de Paula
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Membro: Prof. Dr. Valciney Gomes de Barros
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Membro: Prof. Márcio Roberto de Carvalho
Escola Técnica Estadual Bento Carlos Botelho do Amaral (Etec- Guariba)

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jaboticabal – SP – Brasil

Pereira, Eloara Lemos

Produção de madeira de eucalipto: formação de cerne. / Eloara Lemos Pereira. Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, Ano 2024.

Orientador: Nádia Figueiredo de Paula

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, Ano de 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por sempre me fortalecer e não permitir minha desistência perante as dificuldades que passei nessa jornada, e, agradecimento especial e simbólico aos meus pais que desde pequena sempre me incentivaram ao estudo e prevaleceram a importância do mesmo em nossa vida, ao apoio e assistência

Amizades que fiz perante essa jornada, muitas delas especiais e parceiras que fizeram com que essa caminhada fosse um pouco mais leve e descontraída diante de um dia cansativo de trabalho ou uma outra dificuldade relativa. Amizades essenciais e que acrescentaram muito em todos esses anos. À minha orientadora Dra. Nádia Figueiredo de Paula, pela paciência e profissionalismo. Dedicção, ajuda e imenso carinho e atenção.

Aos profissionais do curso de Tecnologia em Biocombustíveis por ter compartilhado um pouco de suas experiências e acrescentado seus conhecimentos para que eu seja um bom profissional e pelas pessoas que fizeram parte dessa etapa que se conclui em minha vida.

Pereira, Eloara Lemos. **Produção de madeira de eucalipto: formação de cerne**. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 21 p.2024

PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: FORMAÇÃO DE CERNE RESUMO

O alburno e o cerne são duas partes distintas da madeira. O alburno é a parte metabolicamente ativa, localizado na parte externa do tronco, enquanto o cerne é a parte mais interna, fisiologicamente inativa, com função de sustentação. O alburno é mais macio, menos denso e mais suscetível a danos causados por insetos, fungos e intempéries. Por outro lado, o cerne é mais duro, denso e resistente, sendo menos propenso à deterioração. Essas diferenças influenciam suas aplicações na indústria, com cerne frequentemente usado em produtos que requerem alta resistência e durabilidade, enquanto o alburno é mais comumente utilizado em produtos de menor qualidade. Ao longo do tempo o alburno se transforma em cerne, sendo de grande importância o conhecimento da proporção de cada um presente na madeira, pois isso auxilia na escolha do genótipo adequado a cada finalidade. O objetivo do trabalho foi comparar a relação cerne/alburno de oito genótipos de *Eucalyptus* aos cinco, seis e aos sete anos de idade. Três árvores de cada clone foram colhidas e discos de madeira foram retirados ao longo do tronco. Em cada disco determinou-se o diâmetro total (sem casca) e o diâmetro do cerne para cálculo da área. A área do alburno foi obtida subtraindo-se a área do cerne da área total. Concluiu-se que genótipos C2 e C5 poderiam ser indicados para finalidades que requerem maior proporção de alburno e o C7 quando se deseja maior proporção de cerne. Essas informações podem contribuir para a decisão da idade de corte adequada para cada finalidade, além de oferecer informações úteis sobre a capacidade de adaptação e crescimento dos genótipos nessa região.

Palavras-chave: Alburno. *Eucalyptus*. Relação C/A

Pereira, Eloara Lemos. *Eucalyptus wood production: heartwood formation*. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 21 p.2024.

Sapwood and heartwood are two distinct parts of wood. The sapwood is the metabolically active part, located on the external part of the trunk, while the heartwood is the innermost part, physiologically inactive, with a support function. Sapwood is softer, less dense and more susceptible to damage from insects, fungi and weather. On the other hand, the heartwood is harder, denser and more resistant, being less prone to deterioration. These differences influence their applications in industry, with heartwood often used in products that require high strength and durability, while sapwood is more commonly used in lower quality products. Over time, the sapwood transforms into heartwood, and it is of great importance to know the proportion of each one present in the wood, as this helps in choosing the appropriate genotype for each purpose. The objective of the work was to compare the heartwood/sapwood ratio of eight Eucalyptus genotypes at five, six and seven years of age. Three trees from each clone were harvested and wooden discs were removed along the trunk. For each disc, the total diameter (without shell) and the diameter of the heartwood were determined to calculate the area. The sapwood area was obtained by subtracting the heartwood area from the total area. It is concluded that genotypes C2 and C5 could be indicated for purposes that require a greater proportion of sapwood and C7 when a greater proportion of heartwood is desired. This information can contribute to deciding the appropriate cutting age for each purpose, in addition to offering useful information about the adaptation and growth capacity of genotypes in this region.

Keywords: Sapwood. Eucalyptus. C/A Ratio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema da medição da proporção cerne/alburno em madeira de oito genótipos de <i>Eucalyptus</i>	00
Figura 2	Distinção visual entre madeira de cerne e alburno em <i>Eucalyptus</i> sp. aos cinco, seis e aos sete anos	00
Figura 3	Relação cerne/alburno (C/A) em oito híbridos de <i>Eucalyptus</i> aos cinco, aos seis e aos sete anos de idade	00

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Genótipos de <i>Eucalyptus</i> cultivados em Jaboticabal, SP.....	00
Tabela 2	Relação cerne/alburno (C/A) em oito híbridos de <i>Eucalyptus</i> aos cinco, seis e sete anos de idade.	00

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BILIOGRÁFICA	17
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	21
3.1 Materiais e métodos	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE	

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos derivados da madeira está estreitamente relacionada à qualidade da madeira que é usada para a sua produção. Essas características, ao serem avaliadas, são parâmetros indicativos que auxiliam na utilização correta da madeira para determinada finalidade. Normalmente há grandes variações na madeira entre e dentro de espécies, ao longo do tronco, madeira de início e fim de estação de crescimento e entre o cerne e o alburno. Tais variações podem ocorrer em função da idade, fatores genéticos e ou ambientais. O Brasil conta atualmente com uma área de 9,94 milhões de hectares plantados com árvores, sendo mais de 7 milhões de hectares compostos por espécies/híbridos de eucalipto. O país é referência mundial quando se trata de produtividade de plantios florestais, com alta produção anual de madeira por área e um ciclo curto (IBÁ, 2023).

A qualidade da madeira pode ser definida como a combinação de suas características físicas, químicas, anatômicas e estruturais que levam a um máximo de aproveitamento e melhor utilização para determinado fim (ANTUNES, 2009). Normalmente há grandes variações na composição química, física e anatômica da madeira entre e dentro de espécies.

A presença de cerne influencia a utilização da madeira de diferentes formas e afeta a sua uniformidade (HILLIS, 1987). Devido à importância do cerne na utilização da madeira em determinadas aplicações, estudos relacionados ao processo de cernificação são de grande importância para a tecnologia de madeira.

O objetivo do trabalho foi comparar a relação cerne/alburno de oito genótipos de *Eucalyptus* aos cinco, seis e aos sete anos de idade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O alburno e cerne são componentes fundamentais da estrutura da madeira, cada um com suas propriedades e aplicações na indústria (HOADLEY, 2000). Em meio as variáveis espécies de eucalipto, existem as que produzem madeira para a utilização em serrarias, indústrias de preservação e painéis entre outros. Outro fato importante é a geração de energia à partir de sua queima direta (madeira) ou conversão e também a produção de carvão vegetal sendo assim influenciando na geração de empregos (FREDERICO, 2009). O cerne refere-se à

parte mais interna do tronco de uma árvore, geralmente é mais escuro e densificado devido à deposição de compostos de lignina ao longo dos anos e tende a ser resistente e durável devido a maior concentração de compostos e menor teor de umidade, tornando-o ideal para aplicações que exigem maior resistência estrutural como a fabricação de móveis de alta qualidade e construção de estruturas (DINWOODIE, 2000).

A madeira com grande quantidade de cerne também é ideal e desejável pois também é considerada madeira adulta (SILVA, 2002). O alburno é a parte mais clara e menos densificado e é suscetível à deterioração por insetos, fungos e umidade devido à sua menor densidade e teor de compostos como lignina (USDA, 2010). Também é preferencial para a produção de papel por sua baixa em extrativos (GONÇALVEZ et al. 2010). De acordo com o crescimento das árvores, a parte interna do tronco vai perdendo sua atividade fisiológica e adquirindo coloração escura perante a deposição de alguns componentes, já a mudança do alburno em cerne acontece devido à morte das células (BROWNING, 1963). O processo de transformação de alburno em cerne ainda é pouco conhecido (GOMINHO et.al., 2004).

O processo de cernificação não é só causado pela morte de células radiais, mas também pelo consumo de amido e aumento de extrativos e tilos em alguns gêneros como *Eucalyptos* (GALVÃO, JANKOWSKY, 1985). Tanto o cerne quanto o alburno desempenham papéis essenciais na indústria da madeira. O cerne é frequentemente valorizado por sua resistência e beleza, enquanto o alburno é usado em aplicações onde a resistência estrutural não é tão crucial, como na produção de papel e celulose (HOADLEY, 2000).

Perante essas informações, observamos que ambos, cerne e alburno, são elementos fundamentais na indústria da madeira, cada um com características únicas que influenciam suas prioridades e aplicações. Compreender suas diferenças anatômicas, propriedades físicas e mecânicas, bem como as técnicas de preservação e tratamento adequados, é essencial para maximizar seu potencial na fabricação de produtos de madeira de alta qualidade e durabilidade (FEIST, 1994).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram estudados oito genótipos de *Eucalyptus* (Tab. 1) plantados em 2017 (espaçamento 3,0 x 2,0) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP), município de Jaboticabal –

SP (21°13'55'' de latitude Sul e 48°16'50'' de longitude Oeste). Segundo a classificação de Köppen, o clima é Aw, tropical chuvoso com inverno seco, com temperatura média de 21,7 °C; pluviosidade média anual de 1340 mm.

Foram amostradas e avaliadas três árvores de cada genótipo, colhidas aos cinco, seis e aos sete anos de idade.

Tabela 1 - Genótipos de *Eucalyptus* cultivados em Jaboticabal, SP

Clone	Espécie ou Híbrido
C1	<i>E. grandis</i> x <i>E. sp</i>
C2	<i>E. grandis</i>
C3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>
C4	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>
C5	<i>E. urophylla</i> x <i>E. brassiana</i>
C6	<i>E. urophylla</i>
C7	<i>E. urophylla</i> x <i>sp.</i>
C8	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>

Metodologia

Anualmente são avaliadas a altura e o DAP (diâmetro à altura do peito, a 1,30 m do solo) de todas as árvores do experimento dentre as quais, três de cada clone são colhidas e após a cubagem rigorosa, são retirados discos de madeira ao longo do fuste. Base (0%), DAP, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento. O diâmetro foi determinado em cada disco, considerando-se a média de duas medições perpendiculares.

Determinação do cerne e alburno

A determinação da porcentagem de cerne e alburno foi feita em discos de madeiras retirados do DAP de cada árvore, por meio de medição de duas retas perpendiculares passando pela medula. Foi medida a distância da borda até a medula e da medula até o limite entre cerne e alburno (Figura 1).

A porcentagem de alburno foi calculada subtraindo-se da área total, a área do cerne.

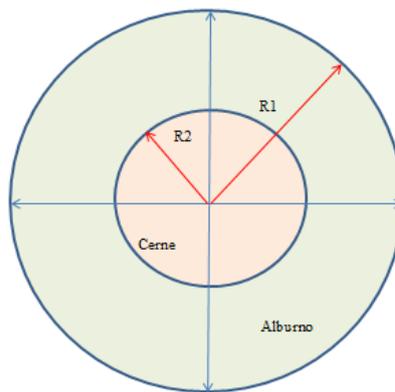
$$\text{Área total} = \pi (r1)^2$$

$$\text{Área cerne} = \pi (r2)^2$$

$$\text{Área alburno} = \text{área total} - \text{área cerne}$$

A relação cerne/alburno foi calculada dividindo-se a área do cerne pela área do alburno.

Figura 1. Esquema da medição da proporção cerne/alburno em madeira de oito genótipos de *Eucalytpus*.



4.4. Análise dos dados

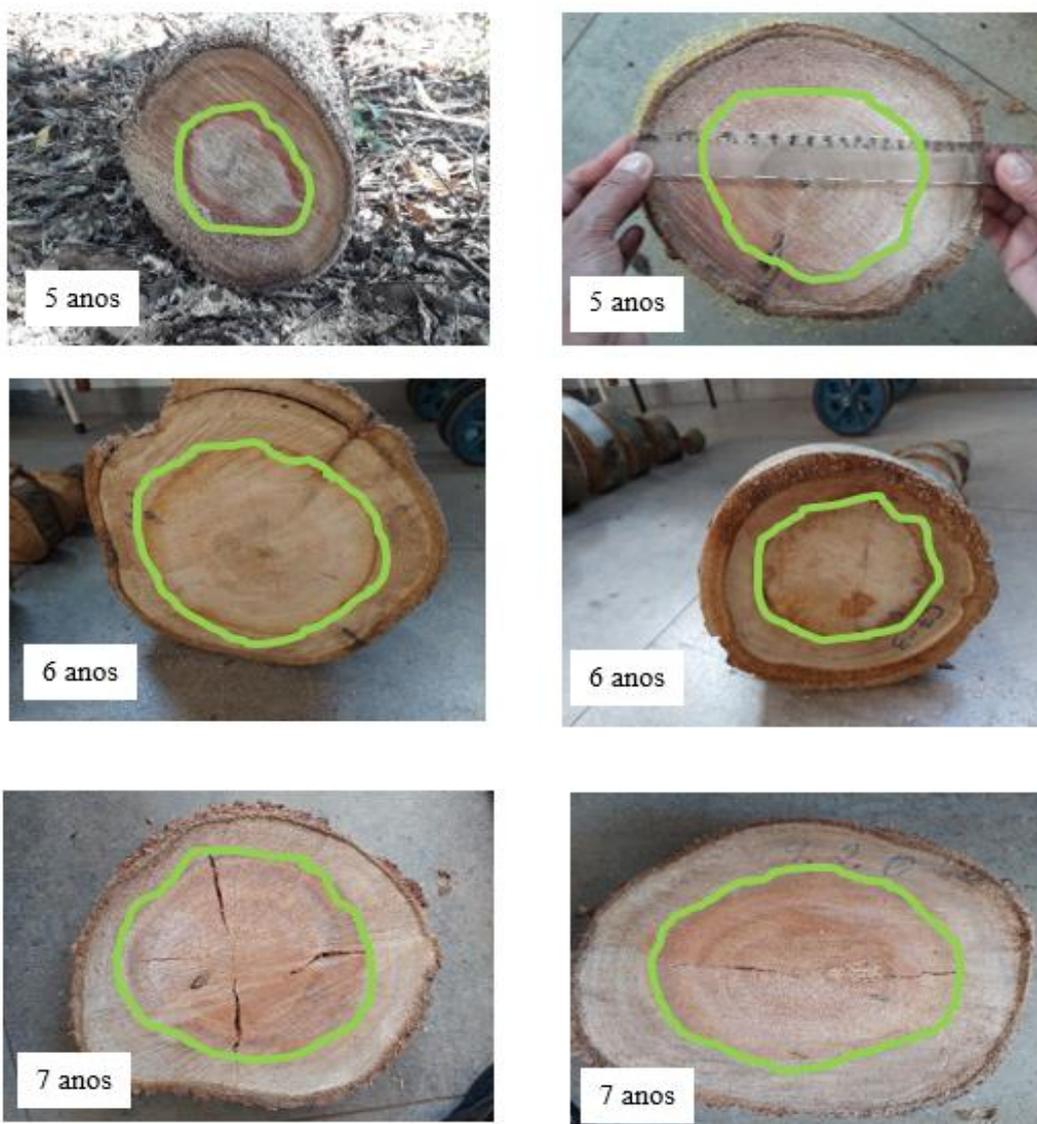
Os dados de foram submetidos à análise de variância e teste F , segundo o delineamento de blocos ao acaso, com oito tratamentos (genótipos) e 3 repetições (árvores). As médias de clones para estas características, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da relação cerne/alburno (C/A) pode ser usada como um indicador da qualidade da madeira. Por exemplo, se a madeira for destinada à construção civil ou à fabricação de móveis é desejável alta relação C/A, ou seja, maior presença de cerne. Isso porque a madeira de cerne tem maior durabilidade. Por outro lado, baixa relação C/A é mais favorável à produção de carvão (Pereira et al., 2013).

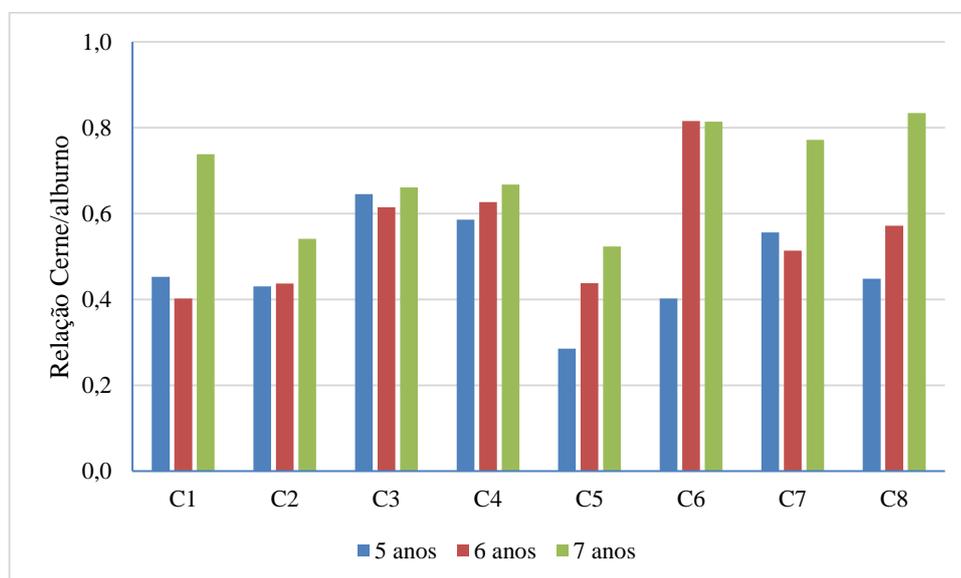
A Figura 1, mostra que nos genótipos avaliados é possível distinguir visualmente a separação entre cerne e alburno.

Figura 1 – Distinção visual entre madeira de cerne e alburno em *Eucalyptus* sp. Aos cinco, seis e aos sete anos.



A relação cerne/alburno aos cinco, aos seis e aos sete anos variou entre clones (Figura 2 e Tabela 2) e mostra que a partir de seis anos o processo de cernificação tem ocorrido de maneira mais intensa em C1, C7 e C8. Aos cinco anos os clones C3, C4 e C7 apresentaram as maiores C/A. Aos seis anos a maior C/A foi observada no C6. Observa-se que a C/A da maioria dos genótipos manteve-se mais ou menos constante, com exceção do C6 que aos cinco encontrava-se entre as menores C/A e aos seis anos apresentou C/A de 0,8 ultrapassando os demais.

Figura 2 - Relação cerne/alburno (C/A) em oito híbridos de *Eucalyptus* aos cinco, aos seis e aos sete anos de idade.



Aos sete anos observa-se um aumento em C1, C7 e C8. De maneira geral, observa-se que nesses três anos C2 e C5 tem se mantido estáveis, com as C/A mais baixas. C6 teve um aumento significativo entre cinco e seis anos e C7 tem apresentado a relação C/A entre as mais altas em todas as avaliações. A proporção de cerne e de alburno é fortemente relacionada à idade da árvore. Quanto mais velha maior será a presença de cerne, porque com a maturidade há redução da atividade fisiológica, fazendo com que o alburno se transforme em cerne e passe a exercer a função de sustentação. Portanto, é esperado que em todos os genótipos avaliados haja um aumento da relação C/A com o avanço da idade. Também deve-se considerar que cada genótipo tem suas características próprias e que podem ser alteradas pelas condições ambientais a que estão submetidos.

Tabela 2 - Relação cerne/alburno (C/A) em oito híbridos de *Eucalyptus* aos cinco, seis e sete anos de idade.

Genótipo	5 anos	6 anos	7 anos
C1	0,45 a	0,40 a	0,74 b
C2	0,43 a	0,44 a	0,54 a
C3	0,65 b	0,61 b	0,66 a
C4	0,59 b	0,63 b	0,67 a
C5	0,28 a	0,44 a	0,52 a
C6	0,40 a	0,81 c	0,81 b
C7	0,55 b	0,51 b	0,77 b
C8	0,44 a	0,57 b	0,83 b

Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si ($P>0,05$) pelo teste de Scott-Knott. Letras comparam clones em cada idade.

5 CONCLUSÃO

Considerando-se apenas a relação C/A, na idade de sete anos, pode-se inferir que: genótipos C2 e C5 poderiam ser indicados para finalidades que requerem maior proporção de alburno e o C7 quando se deseja maior proporção de cerne.

Essas informações podem contribuir para a decisão da idade de corte adequada para cada finalidade, além de oferecer informações úteis sobre a capacidade de adaptação e crescimento dos genótipos nessa região.

6 REFERÊNCIAS

- ANTUNES, F. S. **Avaliação da qualidade da madeira das espécies *Acacia crassicarpa*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus* e *Populus tremuloides***. 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Acesso em: 14-06-2024
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley, 1963. 689p
- DINWOODIE, J.M. **Timber: Its Nature and Behaviour**. CRC Press., 2000
- FEIST, W. **Forest Products and Wood Science: An Introduction**. Iowa State University Press. 1994
- FREDERICO, P.G,U **efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 2009. 73f. Magister Scientiae (Pós-graduação em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- GALVÃO, A.P.M JANKOWSKY, I.P **Secagem Racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. v . 1.112p
- GOMINHO, J. **variação do cerne no eucalipto e a sua influência na qualidade da madeira para a produção de pastas para papel**. 2003. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003.
- GONÇALVES, F. G. et al. Parâmetros dendrométricos e correlações com as propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 947-959, 2010.
- HILLIS, W. E. **Heartwood and tree exudates**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 268p. (Springer Series in Wood Science, 4).
- HOADLEY, B. **Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology**. Editora: Taunton Press Ano de publicação: 2000.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ. Relatório Anual 2023. 91p
- PEREIRA, B. L. C. *et al.* Correlações entre a relação cerne/alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.
- SILVA,J.C **Caracterização madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden de diferentes idades visando sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160 f. tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- USDA. Forest Products Laboratory. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material**. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, **nome completo do aluno(a)**, RG **preencher o número**, CPF **preencher o número** ,
declaro que o trabalho intitulado **inserir o título** é ORIGINAL.

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, **inserir dia, mês e ano**.

Assinatura do(a) aluno(a)

Nome completo do(a) aluno(a)