

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO PARA A APLICAÇÃO DE AGENTES PRESERVANTES

**GABRIELE SILVA GOMES¹, ARGEL COSTA SOUZA¹, EDUARDA VAZ BRAGA¹,
RAILTON MORAIS OLIVEIRA¹, VIRNA SANTOS DA SILVA¹, WESLAINE
GALVÃO RODRIGUES¹, JOABEL RAABE¹**

AFILIAÇÃO

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Centro de Ciências Agrárias -
Av. Agrária, 100 – Colina Park, CEP: 65900-001.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar as propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus* amplamente utilizados na indústria de madeira tratada. Além disso, buscou-se avaliar a adequação desses clones para a indústria de preservação de madeira com base em suas características físicas, em conformidade com as diretrizes estipuladas pelas normas. Também se investigou se havia variações específicas nas propriedades físicas ao longo do tronco que podem afetar a qualidade da madeira após o tratamento. A fim de avaliar as propriedades da madeira, foram retirados três discos de cada árvore da sua altura comercial, localizados na base (0%), na porção central (50%), e no topo (100%), com 5 cm de comprimento. Para avaliar a densidade básica de cada clone e sua variação ao longo do tronco, retiraram-se duas cunhas opostas de cada disco. Foram traçadas duas linhas perpendiculares, de um extremo ao outro de cada disco, passando pelo centro da medula. Realizaram-se medições de diâmetro total e diâmetro do cerne com um escalímetro de precisão de 1 mm, calculando as porcentagens de cerne e albúrnio, bem como sua relação. Os dados foram analisados por meio de programa estatístico em que um arranjo fatorial de 2 x 3 (dois clones e três posições) foi considerado. As médias de densidade básica para os clones A e B foram de 0,46 g.cm⁻³ e 0,49 g.cm⁻³, respectivamente, não havendo diferença estatística entre eles. Logo, a densidade básica média geral foi de 0,48 g.cm⁻³, semelhante à de espécies comerciais brasileiras em idades equivalentes. A relação C/A média foi de 0,67, e segundo a literatura pode ser atribuída à idade, com madeiras mais jovens apresentando uma maior proporção de albúrnio e uma menor proporção de cerne. Ambos os clones mostram potencial na indústria de madeira tratada, pois atendem aos requisitos normativos de densidade básica, sugerindo que são adequados para uso industrial. A aplicação de tratamentos preservativos como o CCA e CCB nos clones amplia suas possibilidades de uso e os torna mais resistentes a agentes deterioradores.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da madeira; Relação cerne/albúrnio; Densidade básica.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

INTRODUÇÃO

A madeira, como material de origem orgânica, é caracterizada por ser heterogênea, anisotrópica e higroscópica, o que resulta em propriedades complexas e altamente variáveis. Essa considerável variabilidade possibilita a utilização da madeira de diversas maneiras, tornando-a um elemento essencial para a humanidade (Oliveira et al., 2005). As propriedades físicas da madeira desempenham um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento de plantas lenhosas, com foco principalmente em sua densidade e coeficiente de retração (You et al., 2021).

Nesse contexto, as propriedades físicas estão intimamente relacionadas aos fatores intrínsecos das árvores, como por exemplo, o seu processo de crescimento, já que, indivíduos que possuem um crescimento rápido e menor densidade são afetados por fatores extrínsecos, como fatores climáticos (You et al., 2021). Dessa forma, estudar as propriedades físicas pode ajudar a entender melhor seus fatores de influência nas madeiras.

O gênero *Eucalyptus* apresenta mais de 800 espécies, além de diversas variedades e cruzamentos genéticos (Baldin et al., 2017). Isso resulta em uma alta variabilidade das propriedades da madeira (Lima et al., 2014). Assim, estudos que possibilitem avaliar as propriedades de materiais genéticos para aplicações específicas, tornam-se cada vez mais importantes.

Segundo a Organização de Agricultura e Alimentos das Nações Unidas - FAO (2006), as madeiras mais utilizadas na indústria mundial são as das espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*. Isso se deve às características de suas árvores e plantações, que apresentam rápido crescimento, alta plasticidade ecológica e amplo uso industrial (Ferreira et al., 2017). Logo, são os gêneros florestais mais plantados no mundo e no Brasil, atingindo a ocupação de mais de 78% das plantações de árvores no país, de um total de 9,93 milhões de hectares de florestas plantadas (Indústria Brasileira de Árvores, 2022).

Propriedades como diâmetro da tora, teor de umidade, relação cerne e alburno e densidade da madeira são essenciais, pois estão associadas à qualidade da madeira e suas demais características (Pereira et al., 2013; Amaral et al., 2014; Arantes et al., 2017). Assim, estudos que indiquem quais espécies têm maior potencial de preservação e quais propriedades da madeira têm maior relação com a madeira tratada de alta qualidade são fundamentais

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

(Quintilhan et al., 2021). Avanços nesse sentido devem gerar informações importantes que auxiliarão no desenvolvimento do segmento de madeira tratada na Região Tocantina.

Concomitantemente, o controle de qualidade de conservação e classificação de uso da madeira tratada é obtido pelo grau de distribuição, penetração e retenção do CCA (arseniato de cobre cromado) de na madeira, cujos valores são encontrados nas normas NBR 9480 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009) e NBR 6232 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). Logo, a qualidade da preservação é auxiliada pelo controle das etapas de tratamento, além do uso de madeiras que apresentam propriedades tecnológicas e características que favoreçam o tratamento químico adequado (Lopes et al., 2017).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo determinar propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus* utilizados na indústria de madeira tratada e buscou-se avaliar a adequação desses clones para a indústria de preservação de madeira com base em suas características físicas, de acordo com as normas estabelecidas.

METODOLOGIA

Caracterização do local de estudo

A madeira utilizada no presente estudo foi obtida em floresta plantada de *Eucalyptus* localizado no município de Açailândia, Maranhão, Brasil (4° 56' 49" S 47° 30' 18" O, a 240 m de altitude).

Amostragem

No estudo, foram utilizados dois clones de *Eucalyptus*, o clone 144 e o E. *camaldulensis*, plantados com espaçamento de 3 m x 2 m e com 4 anos de idade. Eles foram chamados de clone A e B, respectivamente, e foram selecionados devido à sua ampla utilização na região. Foram coletadas três árvores de cada clone, com uma classe diamétrica média de 18 cm. Para avaliar as propriedades da madeira, foram retirados três discos de cada árvore da sua altura comercial, localizados na base (0%), na porção central (50%), e no topo (100%), com 5 cm de comprimento.

Densidade Básica

Para determinar a densidade básica de cada clone e sua variação ao longo do tronco,

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

retiraram-se duas cunhas opostas de cada disco, nas três partes do tronco. Utilizou-se o método da balança hidrostática, seguindo as especificações descritas na norma NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003). O cálculo da densidade básica foi realizado utilizando a Equação 1:

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}}$$

(1)

Em que: ρ_{bas} = densidade básica (g.cm^{-3}); m_s = massa seca da madeira (g); V_{sat} = volume saturado da madeira (cm^3).

Relação cerne/alburno

Inicialmente, os discos de ambos os clones e de diferentes posições do tronco foram lixados para determinar as proporções de cerne e alburno. Essa delimitação foi feita com base nas mudanças de cor nos discos (cor mais escura e próximo ao centro corresponde ao cerne). Foram traçadas duas linhas retas perpendiculares, indo de um extremo ao outro de cada disco e passando pelo centro da medula. Utilizando um escalímetro de precisão de 1 mm, foram feitas medições do diâmetro total e do diâmetro do cerne. A relação cerne/alburno foi calculada usando a Equação 2.

$$C/A = \frac{Dc^2}{D^2 - Dc^2}$$

(2)

Em que: C/A = Relação cerne/alburno; Dc = Diâmetro do cerne, em cm; D = diâmetro do disco sem casca, em cm;

Delineamento estatístico e análise de dados

O experimento foi conduzido usando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial 2×3 , onde os fatores eram os clones (A e B) e as posições ao longo do tronco (0%, 50% e 100%). Os resultados das variáveis físicas calculadas e estimadas foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com um nível de significância de 5%. Em seguida, realizou-se uma análise estatística descritiva para cada variável examinada.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com os resultados da análise de variância (ANOVA) realizada, não foi identificada interação significativa entre os fatores (clones x posição). Isso implica que as variações nos dados não são afetadas pela combinação desses fatores neste estudo, sugerindo que a influência de cada clone permanece consistente em todas as posições ao longo do tronco.

Dado que não ocorreu interação entre os fatores e não se constatou diferença significativa entre os clones e as posições, aplicou-se uma análise estatística descritiva, considerando um conjunto total de 18 amostras (Tabela 3).

Tabela 1: Análise descritiva de Densidade Básica (D.B) e Relação C/A.

Parâmetros	Média dos Clones		Clone A		Clone B	
	D.B (g.cm ⁻³)	Relação C/A	D.B (g.cm ⁻³)	Relação C/A	D.B (g.cm ⁻³)	Relação C/A
Mínimo	0,43	0,36	0,43	0,62	0,45	0,36
Média	0,48	0,67	0,46	0,74	0,49	0,59
Máximo	0,51	0,98	0,50	0,98	0,51	0,90
Desvio Padrão	0,03	0,23	0,04	0,21	0,03	0,28
Coef. De Var.	0,07	0,65	0,08	0,28	0,07	0,47

Fonte: Autores (2023).

Observa-se que para a variável densidade básica (D.B), a média geral foi de 0,48 g.cm⁻³, com uma variação que vai de um mínimo de 0,43 g.cm⁻³ a um máximo de 0,51 g.cm⁻³, abrangendo uma amplitude de 0,08 g.cm⁻³. Essa variação pode estar relacionada à diferença natural na densidade ao longo do tronco, que pode diminuir conforme a altura comercial da árvore (Boschetti, 2014).

O valor médio encontrado para a densidade básica é semelhante quando comparado com espécies utilizadas comercialmente no Brasil em idades semelhantes, tais como *E. grandis* com 0,44 g.cm⁻³ (Sette Jr et al., 2012), *E. urophylla* com 0,46 g.cm⁻³ (Trugilho et al., 2015) e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com 0,46 g.cm⁻³ (Medeiros et al., 2016).

No que diz respeito à relação C/A, a média foi de 0,67, sendo que o valor mínimo de 0,36 está associado a áreas próximas ao topo do tronco, onde a madeira é mais jovem. De acordo com Pereira (2013), a proporção de cerne tende a diminuir longitudinalmente da base em direção ao topo do tronco.

O valor médio da relação C/A encontrado pode ser atribuído à idade, pois quanto mais jovem a madeira, maior a proporção de alburno e, conseqüentemente, menor a relação

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

cerne/alburno (Evangelista, 2007). Em um estudo semelhante, verificou-se uma relação C/A variando de 0,8 a 1,2 para um clone de *Eucalyptus urophylla* com 6 anos de idade. Arantes (2009) também encontrou uma relação C/A média de 0,54 para um clone proveniente de um cruzamento entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, também aos 6 anos de idade. Além disso, Gonçalves et al. (2010) sugerem que uma maior proporção de alburno é mais adequada quando se pretende realizar tratamento preservativo em madeira roliça.

Embora a densidade básica média encontrada ($0,48 \text{ g.cm}^{-3}$) seja menor do que o valor recomendado pela norma NBR 9480 (2009), que estabelece uma densidade básica mínima de $0,54 \text{ g.cm}^{-3}$ para a madeira utilizada como mourão tratado, os clones examinados neste estudo ainda podem ser adequados para a indústria de preservação da madeira. Isso se deve ao fato de que, após o tratamento com agente preservante, a densidade básica tende a aumentar. Estudos anteriores, como os de Faria et al. (2015) e Valle et al. (2013), demonstraram um aumento de cerca de 28%, elevando a densidade básica de $0,53 \text{ g.cm}^{-3}$ para $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$ após o tratamento.

CONCLUSÕES

A análise de variância não revelou interação significativa entre os fatores (clone x posições), indicando que os efeitos de cada clone são consistentes em todas as posições avaliadas. A média geral da densidade básica foi de $0,48 \text{ g.cm}^{-3}$, o que se assemelha a espécies de *Eucalyptus* comerciais em idades equivalentes. A relação C/A média de 0,67 é considerada baixa e pode ser explicada pela idade, já que madeiras mais jovens tendem a ter maior proporção de alburno e menor de cerne. Ambos os clones mostram potencial na indústria de madeira tratada, pois atendem aos requisitos normativos de densidade básica, sugerindo que são adequados para uso industrial. Adicionalmente, sua versatilidade se destaca ao serem aplicados em tratamentos preservativos, como os métodos com CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) e CCB (Arseniato de Cobre Borato), ampliando ainda mais suas possibilidades de aplicação e resistência a agentes deteriorantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arantes, M. D. C. Variação nas características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. 2009, 149 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

- Arantes, L. S.; Hein, P. R. G.; Silva, J. R. M.; Soares, V. C. Influência do tratamento preservativo com CCA-C na estabilidade dimensional da madeira de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis* 2017, 45, 114, 285-293.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6232: Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão. Rio de Janeiro, 2013.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9480: Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- Baldin, T.; Marchiori, J. N. C.; Talgatti, M. Anatomia da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage, espécie promissora para o setor de celulose no sul do Brasil. Balduínia, Santa Maria, n. 59, p. 10 - 18, 2017. Disponível online: <https://periodicos.ufsm.br/balduinia/article/view/28580> (Acesso em 3 agosto de 2023).
- Boschetti, W. T. N. Qualidade da madeira de árvores do híbrido clonal *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* inclinadas por ação de ventos para produção de celulose. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- Climate-data-org. Clima: Açailândia. 2021. Disponível online: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/maranhao/acailandia-29550/#google_vignett (Acesso em 23 Agosto de 2023).
- Evangelista, W. V. Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Faria, W.; Resende, D.; Guimarães, I.; Protásio, T.; Junior, J. B. G. Avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* tratado e não tratado com preservativo. *Enciclopédia Biosfera* 2015, 11, 21.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). In State of the World's Forests. Disponível online: <http://www.fao.org/docrep/007/y5574e/y5574e00.htm> (Acesso em 3 de outubro de 2023).
- Ferreira, D. H. A. A.; Leles, P. S. S.; Oliveira Neto, S. N.; Paula, T. R.; Coutinho, R. P.; Silva, R. L. Crescimento e produção de eucalipto na Região do Médio Paraíba do Sul, RJ. *Floresta e Ambiente* 2017, 24, 1, 1-9.
- Gonçalves, F. G.; Oliveira, J. T. D. S.; Silva, G. F. D.; Nappo, M. E.; Tomazello Filho, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com as propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 2010, 34, 5, 947-959.
- Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. Relatório IBÁ 2022. Disponível online: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf> (Acesso em 3 de outubro de 2023).
- Lima, F. C. C.; Sartori, M. S.; Severo, E. T. D.; Calonego, F. W. Tratamento de seis espécies de *Eucalyptus* spp., utilizando arseniato de cobre cromatado (CCA-C) em método industrial com autoclave. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal* 2014, 23, 1, 71-80.
- Medeiros, B. L. M. A.; Guimarães Jr, J.B.; Ribeiro, M. X.; Lisboa, F. J. N.; Guimarães, I.; Protásio, T. P. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. *Nativa* 2016, 4, 6, 403-407.
- Oliveira, J. T. S.; Hellmeister, J. C.; Tomazello Filho, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. *Revista Árvore* 2005, 29, 1,

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

115-127.

Pereira, B. L. C.; Oliveira, A. C.; Carvalho, A. M. M. L.; Carneiro, A., Vital, B. R.; Santos, L. C. Correlations among the heart/sapwood ratio of eucalyptus wood, yield and charcoal properties. *Scientia Forestalis* 2013, 41, 98, 217-225.

Quintilhan, M. T.; Oliveira, W. C.; Oliveira, A. C.; Pereira, B. L. C.; Môra, R. Physical properties and preservative treatment eucalyptus and corymbia wood. *Floresta* 2021, 51, 2, 410-418.

Sette, Jr., C. R.; Ivanka, R. O.; 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 Arvore* 2012, 36, 6, 1183-1190.

Trugilho, P. F.; Goulart, S. L.; Assis, C. O. Couto, F. B. S.; Alves, I. C. N.; Protássio, 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* 2015, 45, 4, 662-666.

Valle, M. L. A.; Silva, J. D. C.; Lucia, R. M. D.; Evangelista, W. V. Retenção e penetração de CCA em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* ST Blake. *Ciência Florestal* 2013, 23, 481-490.

You, R.; Zhu, N.; Deng, X.; Wang, J.; Liu, F. Variation in wood physical properties and effects of climate for different geographic sources of Chinese fir in subtropical area of China. *Nature* 2022, 1-11.