



Deformações residuais longitudinais para estimativa das propriedades físicas de madeiras produzidas em sistema agroflorestal

Longitudinal residual deformations to estimate the physical properties of woods produced in agroforestry systems

Deformaciones residuales longitudinales para estimar las propiedades físicas de maderas producidas en sistemas agroforestales

Adriano Reis Prazeres Mascarenhas

Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Professor, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7050276331020244>

<https://orcid.org/0000-0002-7554-3590>

Fernando Luíz de Oliveira Corrêa

Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Auditor Fiscal Federal Agropecuário, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)/Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0711539042462723>

<https://orcid.org/0000-0002-4664-0340>

Rafael Rodolfo de Melo

Doutor em Ciências Florestais, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil

Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6281797821607307>

<https://orcid.org/0000-0001-6553-4204>

Marta Silvana Volpato Scotti

Doutora em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Professora, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/8802033326043604>

<https://orcid.org/0000-0001-5979-3218>

Emanuel Fernando Maia de Souza

Doutor em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Professor, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4742387914768064>

<https://orcid.org/0000-0002-5493-2183>

Emmanoella Costa Guaraná Araujo

Doutora em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

Professora, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/1659011614593700>

<https://orcid.org/0000-0002-4493-904X>

Thiago Cardoso Silva

Doutor em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil
Professor, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/8962087913561252>

<https://orcid.org/0000-0001-6553-4204>

Resumo

Introdução: Visando correlacionar tensões de crescimento com propriedades das madeiras, o objetivo deste trabalho foi estimar a densidade e parâmetros de retratibilidade da madeira tropicais produzidas em sistemas agroflorestais na Amazônia em função de leituras obtidas pelas deformações residuais longitudinais (DRL). **Metodologia:** O SAF avaliado foi implantado em Ouro Preto do Oeste/RO. Foram avaliadas árvores de mogno africano (*Khaya senegalensis*), freijó (*Cordia goeldiana*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*). Essas árvores compõem um SAF com espécies de cultivos agrícolas entre os renques. Nas espécies madeireiras foram realizadas leituras de DRL com a árvore em pé, utilizando extensômetro (*Growth Stran Gauge*). Em seguida, essas árvores foram derrubadas para as seguintes avaliações da madeira: densidade básica; contrações linear, tangencial, radial e volumétrica; e coeficiente de anisotropia. Essas propriedades foram correlacionadas com a DRL para modelagem estatística. **Resultados:** As espécies apresentaram DRL entre 0,24 e 0,62 mm. Mogno africano e freijó apresentaram os maiores valores, sugerindo maior influência das tensões de crescimento devido à porção de lenho juvenil. Paricá e teca apresentaram menores valores, por isso pode-se inferir que as árvores dessas espécies com 19 anos tendem a apresentar características de madeira adulta nas periferias do fuste. A DRL não apresentou correlação com as propriedades físicas das madeiras, podendo indicar que as árvores possuem madeira adulta, que sofrem menor influência das tensões internas de crescimento. **Conclusão:** Árvores cultivadas em SAF apresentam características positivas para a produção de madeiras tropicais. Aos 19 anos, suas propriedades físicas não são afetadas pelas tensões de crescimento.

Palavras-chave: métodos não destrutivos; qualidade de madeira; madeiras tropicais

Abstract

Introduction: To correlate growth stresses with wood properties, this study aimed to estimate the density and shrinkage parameters of tropical wood produced in agroforestry systems in the Amazon as a function of longitudinal residual strain (LRD) readings. **Methodology:** The SAF evaluated was implemented in Ouro Preto do Oeste/RO. African mahogany (*Khaya senegalensis*), freijó (*Cordia goeldiana*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), and teak (*Tectona grandis*) trees were evaluated. These trees make up an SAF with agricultural crop species between the renques. For the timber species, DRL readings were taken when the tree was standing, using an extensometer (*Growth Stran Gauge*). These trees were then felled for the following wood assessments: basic density; linear, tangential, radial, and volumetric shrinkage; and anisotropy coefficient. These properties were correlated with DRL for statistical modeling. **Results:** The species presented DRL between 0.24- and 0.62-mm. African mahogany and freijó had the highest values, suggesting a greater influence of growth tensions due to the juvenile wood portion. Paricá and teak showed lower values, so it can be inferred that the 19-year-old trees of these species tend to have adult wood characteristics on the peripheries of the stem. DRL showed no correlation with the physical properties of the wood, which may indicate that the trees have mature wood, which is less influenced by the internal stresses of growth. **Conclusion:** Trees grown in SAFs have positive characteristics to produce tropical timber. At 19 years of age, their physical properties are not affected by growth stresses.

Keywords: nondestructive methods; wood quality; tropical wood

Resumen

Introducción: Con el objetivo de correlacionar las tensiones de crecimiento con las propiedades de la madera, el objetivo de este estudio fue estimar los parámetros de densidad y contracción de la madera tropical producida en sistemas agroforestales en la Amazonia en función de las lecturas de la tensión residual longitudinal (TDR). **Metodología:** El SAF evaluado fue implementado en Ouro Preto do Oeste/RO. Fueron evaluados árboles de caoba africana (*Khaya senegalensis*), freijó (*Cordia goeldiana*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) y teca (*Tectona grandis*). Estos árboles forman un SAF con especies de cultivo agrícola entre las ramas. Para las especies maderables, las lecturas de DRL se tomaron con el árbol en pie, utilizando un extensómetro (Growth Strain Gauge). A continuación, se talaron estos árboles para realizar las siguientes evaluaciones de la madera: densidad básica; contracción lineal, tangencial, radial y volumétrica; y coeficiente de anisotropía. Estas propiedades se correlacionaron con el DRL para la modelización estadística. **Resultados:** Las especies presentaron DRL entre 0,24 y 0,62 mm. La caoba africana y el freijó presentaron los valores más altos, sugiriendo una mayor influencia de las tensiones de crecimiento debido a la porción de madera juvenil. Paricá y teca tuvieron valores más bajos, por lo que se puede inferir que los árboles de 19 años de estas especies tienden a tener características de madera adulta en las periferias del fuste. El DRL no se correlacionó con las propiedades físicas de la madera, lo que puede indicar que los árboles tienen madera madura que está menos influenciada por las tensiones internas de crecimiento. **Conclusión:** Los árboles cultivados en SAF presentan características positivas para la producción de madera tropical. A los 19 años de edad, sus propiedades físicas no se ven afectadas por las tensiones de crecimiento.

Palabras clave: métodos no destructivos; calidad de la madera; madera tropical

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAF) são baseados nas dinâmicas ecossistêmicas visando conciliar a produção de alimentos e a conservação da natureza por meio do cultivo de espécies florestais e espécies agrícolas (Suárez et al., 2024). Com isso, é possível apontar que os SAF podem ser uma alternativa para alcançar a segurança alimentar, diversificação da produção e redução da pressão sobre a vegetação natural e dos recursos hídricos na Amazônia.

Na literatura a maioria dos estudos sobre SAF são focados nos aspectos sociais, produtividade das culturas florestais e agrícolas e nos serviços ambientais, enquanto para os aspectos relacionados à qualidade da madeira produzida a quantidade de trabalhos é incipiente (Minini et al., 2024). Ainda, conforme Ramage et al. (2017), as propriedades físico-mecânicas da madeira são características importantes para tal finalidade, sobretudo para espécies cultivadas em SAF. Isto justifica-se pelo fato destas propriedades subsidiarem tomadas de decisão a respeito da resistência aos esforços mecânicos, o processamento industrial

(desdobro, secagem, colagem, acabamentos e polpação) e suas aplicações (construção civil, móveis e madeira engenheirada).

No entanto, a maioria dos trabalhos disponíveis abordam as propriedades tecnológicas da madeira por meio de métodos destrutivos. Os métodos destrutivos requerem amostragem de madeira com critérios de qualidade, representatividade e dependem da realização de análises em laboratórios especializados. Esses aspectos, muitas vezes, contribuem para aumento dos custos da caracterização tecnológica da madeira e tornam o processo moroso, sobretudo na Amazônia, onde a infraestrutura de pesquisa é limitada e a localização onera o transporte para centros de pesquisa na região sul e sudeste do Brasil, por exemplo.

Com isso, a caracterização da madeira por meio de técnicas não destrutivas pode ser uma opção para contornar as limitações apresentadas. Dentre as técnicas disponíveis para essa finalidade, pode-se mencionar o emprego do *Growth Strain Gauge* (extensômetro), que é utilizado para mensurar as deformações residuais longitudinais (DRL).

Estas deformações decorrem da existência das tensões de crescimento, que são forças internas que sustentam a rigidez celular do tronco das árvores, mantendo-as em pé, e são influenciadas pelas características físicas do local, como desnivelamento do terreno e circulação das massas de ar (Monteiro et al., 2023), essa última podendo ser efeito do adensamento do plantio. Dessa forma, os valores de DRL podem ser correlacionados com a produção de madeira e sua qualidade, visto que essas tensões afetam características do lenho, gerando madeiras com maior propensão a defeitos no processamento e na secagem.

Portanto, evidencia-se a necessidade de realizar avaliações das tensões de crescimento para entender a relação entre características de crescimento das árvores e as propriedades das madeiras produzidas em diferentes sistemas. Visando essa correlação, o objetivo deste trabalho foi estimar a densidade e parâmetros de retratibilidade da madeira tropicais produzidas em SAF na Amazônia em função de leituras obtidas das DRL.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Caracterização da área de estudo e seleção das árvores

O SAF foi implantado na estação experimental da CEPLAC Rondônia (10°43'6,36" S, 62°13'22,17" W), no município de Ouro Preto do Oeste, em Rondônia/BR. As principais características edafoclimáticas da região são (Alvares et al., 2013; Mascarenhas et al., 2017): vegetação natural composta por floresta ombrófila densa submontana aberta, com dossel uniforme e com dossel emergente; solo classificado com argissolo vermelho-amarelo eutrófico; clima tropical úmido ou subúmido (Am); temperatura anual média de 26 °C; precipitação anual média de 2.300 mm; e umidade relativa entre 80-90%.

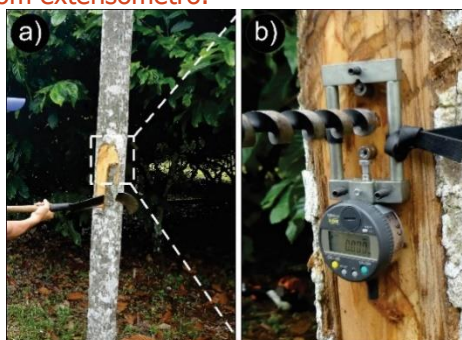
Para realização deste trabalho foram utilizadas árvores das espécies mogno africano (*Khaya senegalensis* A. Juss), freijó (*Cordia goeldiana* Huber), paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby) e teca (*Tectona grandis* L. f.). As árvores foram cultivadas em renques duplos no espaçamento 5,0 m × 2,5 m (800 árvores.ha⁻¹) em sistema agroflorestal multiestratificado (SAF) com área de 1,0 hectare (80,0 m × 125,0 m), implementado no ano de 1996 utilizando-se mudas seminais. Além das espécies madeiras, encontram-se cultivos agrícolas de araçá boi (*Eugenia stipitata* McVaugh), cacau (*Theobroma cacao* L.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.), cajá-mirim (*Spondias mombin* L.), coqueiro (*Cocos nucifera* L.), fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg), laranjeiras (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), mangueiras (*Mangifera indica* L.) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

A amostragem de árvores para realização deste trabalho foi conduzida seguindo a norma ASTM D 5536 (ASTM, 2017). Três árvores de mogno africano, freijó, paricá e teca foram selecionadas a partir do diâmetro de área basal (Dg). De cada árvore foram retiradas toras de 1,5 m de comprimento a partir da base do fuste para produção de corpos de prova visando obter as propriedades físicas das madeiras.

2.2 Leituras de deformação residual longitudinal (DRL)

As medições da deformação residual longitudinal (DRL) foram realizadas utilizando-se o extensômetro (*Growth Strain Gauge*). O equipamento foi posicionado no tronco das árvores vivas na região do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP). Foram realizadas duas leituras opostas entre as linhas de plantio, tendo cada ponto seguido a orientação cardinal N e S (Ferreira et al., 2020). Antes das leituras, as árvores foram descascadas para evitar influência nos resultados (Figura 1).

Figura 1 - Avaliação das árvores. a) Descascamento das árvores, b) leitura da deformação residual longitudinal (DRL) com extensômetro.



2.3 Determinação das propriedades físicas da madeira

Para as madeiras estudadas determinaram-se a densidade básica (ρ_b), contração linear (β_l), contração radial (β_r), contração tangencial (β_t), contração volumétrica (β_v) e coeficiente de anisotropia (CA). Estes parâmetros foram obtidos conforme as diretrizes apresentadas na norma ASTM D 143 (ASTM, 2014).

2.4 Análise dos dados

As médias obtidas pelas leituras de DRL foram avaliadas a partir do teste de Tukey a 95% de probabilidade utilizando o programa Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2014), sendo submetidas previamente ao teste de F a 95% de probabilidade. Em seguida, os dados obtidos a partir das propriedades físicas da madeira de cada espécie foram plotados em função das leituras de DRL, a fim de se verificar a correlação entre os coeficientes angulares para obtenção de modelos únicos. Estes

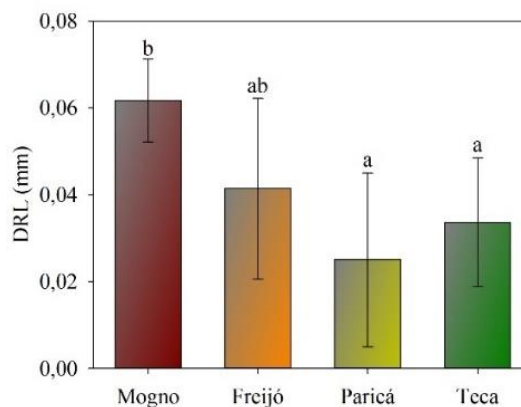
modelos foram obtidos com objetivo de estimar as propriedades físicas das madeiras (ρ_b , ρ_r , ρ_t , ρ_l , ρ_v e CA) de forma agrupada.

Os resultados foram analisados por meio de regressão, com modelagem dos parâmetros utilizando-se o método dos mínimos quadrados. As variáveis dependentes (Y – propriedades físicas) foram avaliadas em função das variáveis independentes obtidas com extensômetro (X – penetração e DRL). Os melhores modelos foram escolhidos com base na significância estatística da equação, maiores coeficientes de determinação (R^2) e menor erro padrão da estimativa (S_{yx}), conforme sugerido por Mascarenhas et al. (2022). As avaliações foram realizadas utilizando o programa Microsoft Office Excel 2022.

3 RESULTADOS

Os maiores valores de DRL foram observados para mogno africano e freijó (Figura 2).

Figura 2 - Valores para leituras de deformação residual longitudinal (DRL) para árvores de mogno africano (*Khaya senegalensis*), freijó (*Cordia goeldiana*), paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*) produzidas em sistemas agroflorestal multiestratificado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia.



Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey a 95% de probabilidade.

As DRL de paricá e teca não diferiram entre si, sendo valores mais baixos. Os maiores desvios-padrão de DRL foram observados para o paricá e freijó. De

maneira geral, o coeficiente de variação médio para DRL entre todas as espécies foi de ~47,5%.

A madeira juvenil contém fibras mais curtas, assim a observação de maiores intensidades de tensões de crescimento para as árvores estudadas era esperada. O paricá é uma espécie pioneira secundária com ciclo de colheita entre 6 e 8 anos. Como as árvores possuíam 19 anos na época do corte, é possível que a madeira da periferia do fuste tenha características de madeira adulta, explicando as menores DRL (Lunz et al., 2010). Essa é uma característica positiva para produção de madeira. Madeiras de rápido crescimento, como de *Eucalyptus* sp. de mesma idade, podem apresentar DRL superior a 0,12 mm, que se correlaciona com as propriedades mecânicas, porém não com a densidade básica da madeira (Trugilho e Oliveira, 2008).

Correlacionando a DRL com as propriedades físicas da madeira, foi possível perceber uma baixa influência das tensões na densidade e retratibilidade das madeiras produzidas no SAF. Os parâmetros estatísticos e os modelos podem ser observados na Tabela 1 e na Figura 3, respectivamente.

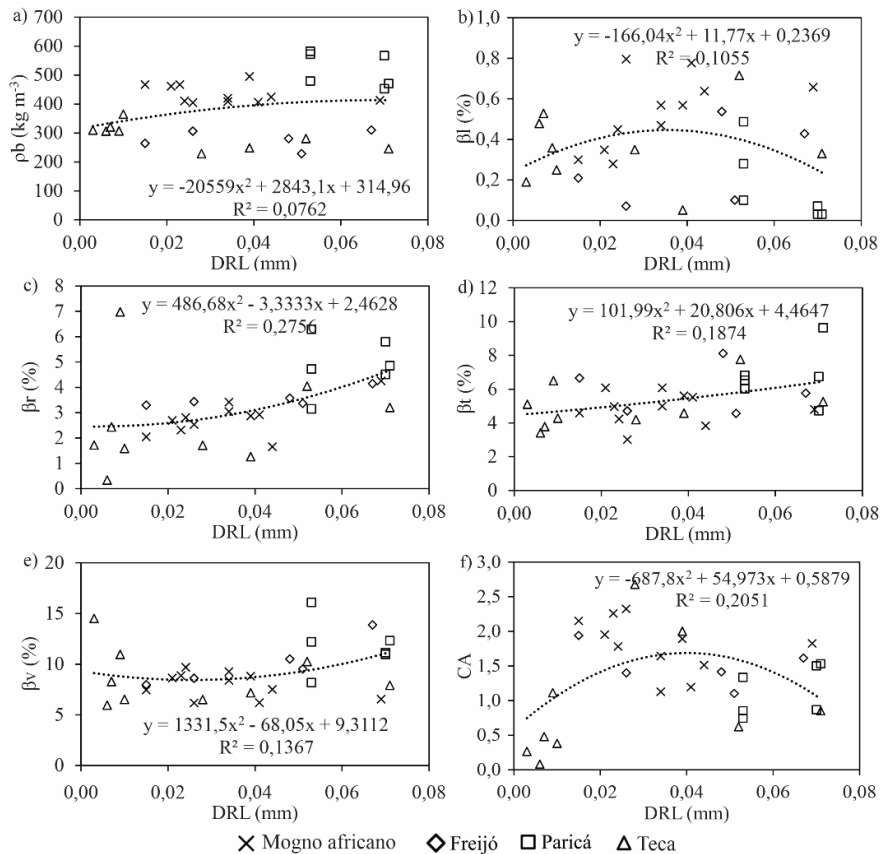
Tabela 1 – Parâmetros estatísticos dos modelos selecionados para estimar densidade básica (ρ_b), contrações longitudinais (β_l), radiais (β_r), tangenciais (β_t), volumétrica (β_v) e coeficiente de anisotropia (CA) em função das deformações residuais longitudinais (DRL).

X	Y	R ²	R ² aj	Syx	P-valor
DRL (mm)	ρ_b (kg.m ⁻³)	0,08	0,01	103,25	0,33
	β_l (%)	0,11	0,04	0,22	0,21
	β_r (%)	0,28	0,22	1,30	<0,01
	β_t (%)	0,19	0,13	1,35	0,05
	β_v (%)	0,14	0,08	2,46	0,13
	CA	0,21	0,15	0,60	0,04

Em que: X = variável independente, Y = variável dependente, R² = coeficiente de determinação, R²aj = coeficiente de determinação ajustado, Syx = erro padrão da estimativa, P-valor = probabilidade.

Os modelos ajustados, considerando a contração radial (Figura 3C) e coeficiente de anisotropia (Figura 3F) possibilitaram as estimativas com menor erro em relação aos demais. Isto se deve à elevada dispersão dos dados observada para densidade básica (Figura 3A) e contrações longitudinal (Figura 3B), tangencial (Figura 3D) e volumétrica (Figura 3E) em função da DRL.

Figura 3 - Modelos ajustados com base em leituras de deformações residuais longitudinais (DRL) para estimativa das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya senegalensis*), freijó (*Cordia goeldiana*), paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*) produzidas em sistemas agroflorestal multiestratificado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia.



Os coeficientes de determinação dos modelos são considerados baixos. Assim, pode-se inferir que as tensões de crescimento não influenciam nas propriedades físicas dessas madeiras com 19 anos. Como já discutido, árvores com uma maior porção de lenho adulto podem sofrer menores efeitos das tensões de crescimento na qualidade da madeira, logo tendem a apresentar menor propensão aos defeitos após processamento e secagem (Eloy et al., 2020).

4 CONCLUSÕES

Evidencia-se que árvores cultivadas no SAF avaliado apresentam características desejáveis para a produção de madeiras tropicais. Com idades

próximas a 20 anos, as árvores tenderam a não sofrer influência das tensões de crescimento nas propriedades físicas da madeira. Assim, essas características indicam que a matéria-prima possui qualidade superior para produção de madeira com uso sólido.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 22 fevereiro 2024.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. D 5536: Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties. ASTM, 2017.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. D 143: Standard test methods for small clear specimens of timber. ASTM, 2014.
- DU, Sheng; YAMAMOTO, Fukuju. An overview of the biology of reaction wood formation. *Journal of Integrative Plant Biology*, v. 49, n. 2, p. 131-143, fev. 2007. DOI: 10.1111/j.1672-9072.2007.00333.x. Disponível em: <https://bitly.ws/3dSty>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.
- ELOY, Elder *et al.* Influence of drying on the physical and mechanical properties of wood from trees grown in an agroforestry system. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 44, e4431, 2020. DOI: 10.1590/1806-908820200000031. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/SmnTSgNLZrqHK46qB7t7xps/abstract/?lang=en>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450. Disponível em: <https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.
- LATORRACA, João Vicente de Figueiredo; ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo C. de. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, jan./dez. 2000. Disponível em: <https://www.floram.org/journal/floram/article/588e21f4e710ab87018b45b5>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.

LUNZ, Alexandre Mehl *et al.* Método para monitoramento de ninfas de cigarras e controle com inseticidas em reflorestamentos com paricá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 7, p. 631-637, jul. 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000700001;

<https://www.scielo.br/j/pab/a/XXr76gFzv5K5jtd6ZHB36TS/>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.

MASCARENHAS, Adriano Reis Prazeres *et al.* Characterization of wood from *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber x Ducke trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. *Agroforestry Systems*, *in press*, v. 95, p. 475-486, fev. 2021. DOI: 10.1007/s10457-020-00576-5. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rcf/a/7b5L8KfgtjWYTFRmPsPFPs/?lang=pt>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.

MASCARENHAS, Adriano Reis Prazeres *et al.* Ultrasound to estimate the physical-mechanical properties of tropical wood species grown in an agroforestry system. *Holzforschung*, v. 75, n. 10, p. 879-891, 2021. DOI: 10.1515/hf-2020-0249.

Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/hf-2020-0249/html>. Acesso em: 22 março 2024.

MININI, Daniela *et al.* A review on the quality of wood from agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, *in press*, jan. 2024. DOI: 10.1007/s10457-023-00941-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-023-00941-0#citeas>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.

MONTEIRO, Thiago Campos *et al.* Artificial intelligence to growth stresses predicting in *Eucalyptus* clones using dendrometric variables and wood density. *Maderas. ciencia & tecnología*, iv. 25, n. 30, p. 1-12, abr. 2023. DOI: 10.4067/s0718-221x2023000100430. Disponível em:

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2023000100430&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 22 fevereiro 2024.

RAMAGE, Michael H. *et al.* The wood from the trees: the use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, part 1, p. 333-359, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.09.107. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306050>. Acesso em: 25 março 2024.

SUÁREZ, Juan Carlos *et al.* Agroforestry systems affect soil organic carbon stocks and fractions in deforested landscapes of Amazonia. *Agroforestry Systems*, *in press*, jan. 2024. DOI: 10.1007/s10457-023-00949-6. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-023-00949-6#citeas>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.



TRUGILHO, Paulo Fernando; OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva. Relationships and estimates of longitudinal growth stress in *Eucalyptus dunnii* at different ages. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 723-729, 2008. DOI: 10.1590/S0100-67622008000400014. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rarv/a/bmNcjQ7zHqr6YD79zCK7CGD/?lang=en>. Acesso em: 22 fevereiro 2024.