



## **Densitometria de raios X aplicada à análise da madeira de *T. vulgaris* em plantações experimentais na Amazônia**

Jonathan Dias Marques<sup>1</sup>  
Larissa Gonçalves Moraes<sup>2</sup>  
Gabriel de Assis Pereira<sup>3</sup>  
Delman de Almeida Gonçalves<sup>4</sup>  
Mário Tomazello-Filho<sup>5</sup>  
Thiago de Paula Protásio<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia (jonathandiasmarques.2015@gmail.com), <sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras (larissa.moraes@estudante.ufla.br), <sup>3</sup>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ-USP (gabriel\_assispereira@hotmail.com), <sup>4</sup>Embrapa Amazônia Oriental (delman.goncalves@embrapa.br), <sup>5</sup>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ-USP (mtomazel@usp.br), <sup>6</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia ([thiago.protasio@ufra.edu.br](mailto:thiago.protasio@ufra.edu.br))

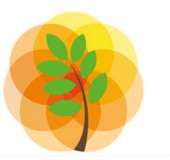
**RESUMO:** *O Tachigali vulgaris apresenta características promissoras para plantações florestais de múltiplos usos na região amazônica. O objetivo desse estudo foi avaliar o perfil densitométrico e as variações da densidade do lenho de T.vulgaris proveniente de plantação homogênea para finalidade energética na Amazônia. Foi realizada coleta de material em área experimental localizada município de Almeirim, Pará. O experimento foi instalado em 2010, sendo avaliados 6 espaçamentos. Foram avaliadas 18 árvores não bifurcadas e 36 bifurcadas. Os perfis de radiais da densidade aparente do lenho de árvores de T. vulgaris, demonstraram variação crescente da densidade no sentido medula-casca. A densidade média aparente do anel de crescimento apresentou aumento considerável no quinto ano de plantio para as árvores bifurcadas. Os resultados obtidos nesse estudo demonstram o potencial do T. vulgaris para florestas energéticas devido a qualidade da madeira e adaptabilidade as variações ambientais.*

*Palavras-chave:* bioenergia, qualidade da madeira, dendrocronologia

### **Introdução**

O estudo da dendrocronologia é realizado por meio do uso de técnicas que permitem a avaliação do lenho das árvores pela análise dos anéis de crescimento de forma rápida. Entre elas, a densitometria de raios X possibilita obter de forma automática os perfis de microdensidade do lenho e dos anéis de crescimento. É considerada como uma análise qualitativa e quantitativa altamente precisa que ajuda a compreender melhor as variações que ocorrem na árvore ao longo do tempo oferecendo suporte para na determinação dos ciclos de cortes, além de subsidiar a realização de melhores práticas silviculturais para a condução de florestas (Inga & Del Valle, 2017).

Entre as espécies tropicais com potencialidade de aplicação da densitometria de raios X está o *T. vulgaris*. A espécie apresenta a formação de anéis de crescimento anuais e visíveis, com considerável distribuição geográfica podendo ser encontrado em ambientes naturais ou plantado. Essas características permitem avaliar como as mudanças edafoclimáticas atuam sobre as

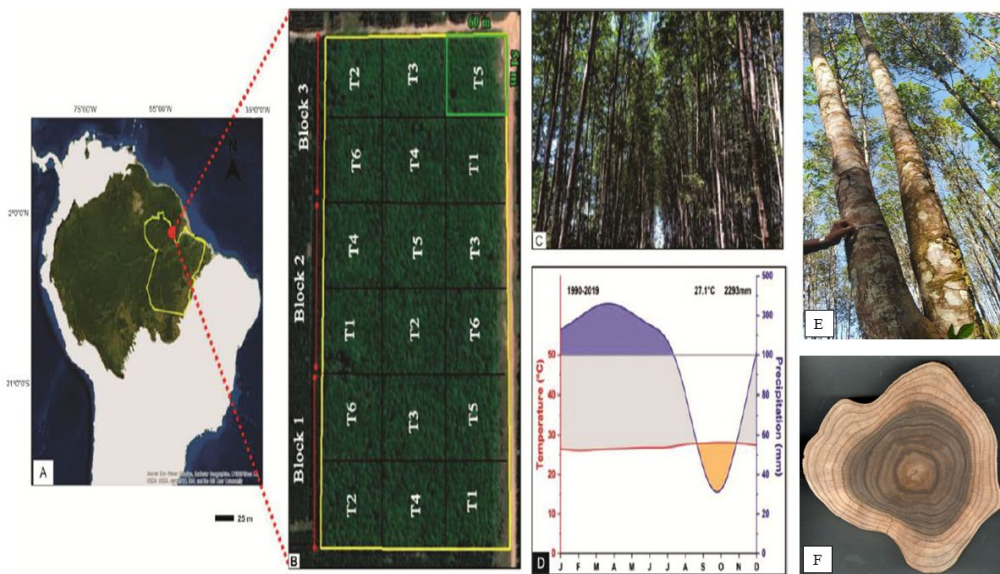


propriedades do lenho, assim como podem ajudar na compreensão da vulnerabilidade e fragilidade de diferentes domínios florestais frente às mudanças climáticas, principalmente na região amazônica (Barbosa et al., 2012; Brienen; Schöngart; Zuidema, 2016).

Portanto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o perfil densitométrico e as variações da densidade do lenho de *T. vulgaris* proveniente de plantação homogênea para finalidade energética na Amazônia.

## Material e métodos

Foi realizada coleta de material em área de plantação pertencente à empresa Jari celulose S.A., localizada município de Almeirim, na mesorregião do baixo Amazonas, Pará. O experimento foi instalado no ano de 2010 em que foram avaliados 6 espaçamentos distintos (3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m; 3,0 x 3,5 m e 3,0 x 4,0 m). Foram avaliadas 18 árvores não bifurcadas e 36 bifurcadas, aos 102 meses das quais foram retirados discos de 5 cm de espessura, na posição do DAP (1,30 m).



**Figura 11.** Delimitação do estado do Pará e área de estudo (A); Delineamento experimental (B); Plantação de *T. vulgaris* (C); Climógrafo do município de Almeirim, estado do Pará, Brasil (D); Árvore bifurcada do plantio experimental (E); Seção transversal de *T. vulgaris* (F).

Os discos passaram por corte na seção transversal para obtenção de amostras com dimensão aproximada de 1 cm de largura × 5 cm de espessura × comprimento igual ao diâmetro do disco, sendo estas amostras coladas em suporte de madeira para facilitar o corte em serra. A colagem foi realizada de modo que haja o alinhamento perpendicular das fibras e vasos em relação à linha de corte. Em



seguida, em equipamento de dupla serra circular paralela, o material foi cortado na direção transversal gerando corpos de prova com dimensão final de aproximadamente 1,4 cm de espessura  $\times$  1 cm de largura  $\times$  comprimento igual ao diâmetro do disco inicial. Para melhor precisão dos resultados foi necessário controle de qualidade dos corpos de prova, sendo realizadas medições com paquímetro. As seções transversais do lenho foram acondicionadas em câmara de climatização com temperatura e umidade constantes de 20°C e 60%, respectivamente, até que atingissem 12% de umidade (Tomazello Filho et al., 2008).

Para obtenção de detalhes dos perfis, as amostras foram analisadas qualitativamente com auxílio do equipamento de raios X digital Faxitron X-ray, modelo LX 60, em que foram irradiadas por 3 segundos com ajuste automático da potência. Após esta etapa foi obtida uma imagem digital em escala de cinza. Para que se possam obter informações quantitativas, as amostras foram radiografadas juntamente com dois tipos diferentes de escala uma escala para medida de área (1 cm<sup>2</sup>) e uma escala de acetato de celulose. Em seguida, as imagens foram analisadas com auxílio do Software WinDendro™ (Regent Instruments Inc.) para a determinação dos valores pontuais de microdensidade aparente no sentido radial das árvores de *T. vulgaris*.

Para análise estatística dos dados, foram realizadas análises de variância univariadas para avaliar o efeito do espaçamento e da idade cambial nas características dos anéis. O delineamento utilizado nas análises foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas foram constituídas pelos seis níveis de espaçamento inicial de plantio e as subparcelas pelos oito níveis de idade cambial do anel de crescimento.

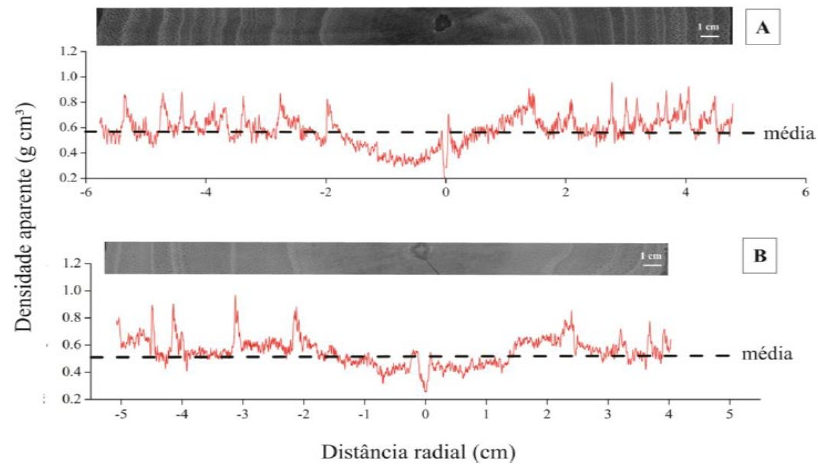
## **Resultados e discussões**

Os perfis de variação radial da densidade aparente do lenho de árvores de *T. vulgaris* representativas de cada espaçamento de plantio indicam (Figura 2): (i) aumento da densidade do lenho no sentido medula-casca; (ii) diferenciação dos lenhos inicial e tardio à medida que se distancia da medula, com característica de forte variação no lenho inicial e picos dos valores de densidade no lenho tardio; (iii) maior variação da densidade no primeiro anel de crescimento, seguida da estabilização ao longo do perfil densitométrico e, iv) formação de anéis de crescimento mais estreitos à medida que o lenho amadurece, independente do espaçamento de plantio adotado e tipo de fuste.

Em estudo realizado por Oliveira et al., (2012), o perfil densitométrico apresentado para árvores de *Eucalyptus grandis* foi similar ao obtido para o *T. vulgaris*. Os autores ressaltaram que

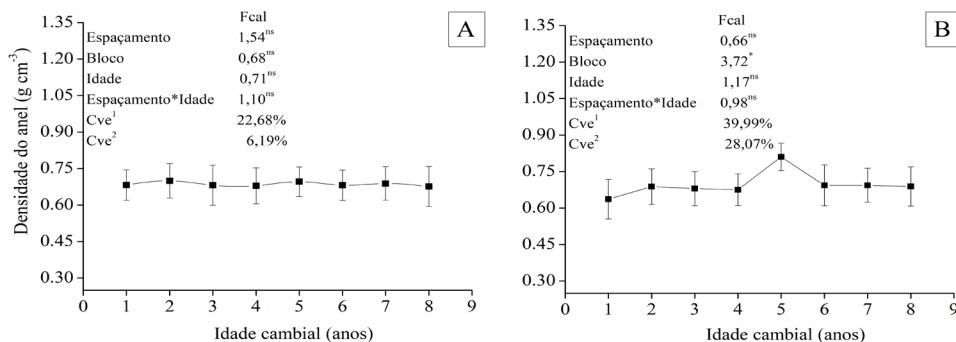


espécies que apresentam alta homogeneidade de densidade na direção medula-casca apresentaram melhores propriedades tecnológicas.



**Figura 2.** Perfil densitométrico de do lenho de *T. vulgaris* de fuste principal (A) e secundário (B).

A densidade média aparente do anel de crescimento não apresentou efeito significativo de nenhum dos fatores analisados, tanto para árvores bifurcadas como para as não bifurcadas (Figura 3). Em ambos os tipos de fuste, houve um aumento discreto de densidade da medula à casca. Nas árvores bifurcadas, foi observado um aumento expressivo da propriedade no quinto ano de plantio. Este comportamento pode estar associado a um mecanismo de adaptação da espécie frente a mudanças de temperatura, uma vez que este ano corresponde ao ano civil de 2015, em que foi marcado por um longo período de estiagem na região norte, causado pelos efeitos do *El niño*. Clough et al. (2017) relataram que o aumento da densidade frente a alterações de temperatura é uma estratégia de manter um ritmo de crescimento até que haja melhores condições do ambiente. A compreensão da variação radial da densidade da madeira, associada ao estudo dos anéis de crescimento, permitirá futuras aplicações de *T. vulgaris* para múltiplos usos. Além disso, essa análise permite inferir que o padrão de variação da densidade da madeira da espécie não depende do espaçamento adotado no plantio e do tipo de fuste.



**Figura 3.** Efeito da idade cambial na densidade aparente do anel de crescimento de árvores não bifurcadas (A) e bifurcadas (B) de *T. vulgaris*.

## Conclusão

Para a densidade aparente, o tipo de fuste e espaçamento não foram fatores significativos, já a idade do plantio se demonstrou como um fator importante para a condução de povoamentos da espécie. Além disso, o *T. vulgaris* apresentou potencial para avaliações de variabilidade ambiental na formação do lenho e suas propriedades por meio da análise dos anéis de crescimento, dessa forma, sendo um tema importante para estudos futuros.

## Agradecimentos

PROCAD, CNPq, CAPES, Jari Celulose S.A. e Embrapa Amazônia Oriental pela ajuda no desenvolvimento desse estudo.

## Referências bibliográficas

- BARBOSA, J.P.R.A.D.; RAMBAL, S.; SOARES, A.M.; MOUILLOT, F.; NOGUEIRA, J.M.P.; MARTINS, G.A. Plant physiological ecology and the global changes. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 36, p. 253-269, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000300001>
- BRIENEN, R.J.; SCHÖNGART, J.; ZUIDEMA, P.A. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. In: *Tropical Tree Physiology*, p. 439 - 461. Springer International Publishing, UK, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27422-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27422-5_20)
- CLOUGH, B.J.; CURZON, M.T.; DOMKE, G.M.; RUSSEL, M.B.; WOODALL, C.W. Climate driven trends in stem wood density of tree species in the eastern United States: ecological impact and implications for national forest carbon assessments. *Global Ecology Biogeography*, 26, 1153–1164. 2017. <https://doi.org/10.1111/geb.12625>
- INGA, J.G.; DEL VALLE, J.I. Log-relative growth: A new dendrochronological approach to study diameter growth in *Cedrela odorata* and *Juglans neotropica*, Central Forest, Peru. *Dendrochronologia*, v. 44, p. 117-129, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.009>
- 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.



**Congresso**  
**Plantações Florestais**  
23 a 25 de maio de 2023  
Piracicaba - SP



TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BALLARIN, A. W.; BENJAMIN, C. A. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. *Maderas: Ciencia y Tecnologia, Concepcion*, v.10, n. 2, p.139-149, 2008. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2008000200006>

