

Relação entre espessura foliar e densidade da madeira de *Khaya grandifoliola*

Daniela Minini¹; Cibelle Amaral Reis¹; Tauana de Souza Mangini¹; Emmanoella Costa Guaraná Araujo²; Amanda Thayana da Silva Costa¹; Silvana Nisgosky¹

¹Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR, Brasil; ²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura/RO, Brasil – daniminini16@gmail.com

Resumo: O objetivo foi verificar a existência da relação entre a espessura foliar e a densidade da madeira de *Khaya grandifoliola* de diferentes plantios do Brasil. Foram selecionadas árvores de 4 sítios de amostragem: Santa Catarina (SC), sul de Minas Gerais (MGS), norte de Minas Gerais (MGN) e Goiás (GO). Foram retiradas amostras de folhas para mensuração da espessura, e de madeira para determinação da densidade básica do alburno e cerne. A espessura foliar variou de 234,92 µm a 277,06 µm, enquanto a densidade básica da madeira variou de 0,51 g/cm³ a 0,54 g/cm³ para o alburno, e de 0,43 g/cm³ a 0,53 g/cm³ para o cerne. Há correlação entre a espessura foliar e a densidade da madeira do cerne em parte dos sítios, contudo, as propriedades avaliadas não devem ser consideradas de maneira isolada, sendo possivelmente explicadas por correlação multifatorial.

Palavras-chave: Mogno africano, Propriedades da madeira, Morfometria de folhas

Relationship between leaf thickness and wood density of *Khaya grandifoliola*

Abstract: The aim of this study was to verify the existence of a relationship between leaf thickness and wood density of *Khaya grandifoliola* from different plantations in Brazil. Trees were selected from four sampling sites: Santa Catarina (SC), southern Minas Gerais (MGS), northern Minas Gerais (MGN) and Goiás (GO). Leaf samples were taken to measure their thickness, and wood samples were taken to determine the basic density of sapwood and heartwood. Leaf thickness ranged from 234.92 µm to 277.06 µm, while the basic density of the wood ranged from 0.51 g/cm³ to 0.54 g/cm³ for sapwood, and from 0.43 g/cm³ to 0.53 g/cm³ for heartwood. There is a correlation between leaf thickness and heartwood density at some of the sites; nevertheless, the properties assessed should not be considered independently and yet their correlation could possibly be explained by multifactorial relations.

Keywords: African mahogany, Wood properties, Leaves morphometrics

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Khaya*, popularmente conhecido como mogno africano, é originário das regiões tropicais da África e foi introduzido no Brasil e em outros países devido às propriedades excepcionais de sua madeira e seu atrativo valor econômico. A aptidão para o plantio de espécies do gênero *Khaya* no Brasil foi comprovada por meio da realização de diversos zoneamentos, verificando que mais de 60% do seu território é

apto para seu desenvolvimento (Oliveira; Franca, 2020). Esta boa adaptação ao clima brasileiro ocorreu principalmente em regiões com temperaturas elevadas e chuvas regulares.

O desenvolvimento das árvores está diretamente ligado a fatores intrínsecos do sítio, que englobam fatores abióticos e bióticos, além de fatores genéticos (Taiz; Zeiger, 2013). Estudos indicam que as folhas, órgãos responsáveis pela fotossíntese e conversão de energia luminosa para as plantas, se adaptam morfometricamente de acordo com a disponibilidade dos recursos do local em que as árvores foram inseridas. De acordo com Pallardy (2008), podem ser mais espessas e menores em locais mais áridos e com maiores dimensões em locais mais chuvosos e temperaturas mais amenas.

O monitoramento das variações morfológicas, como as das folhas, pode fornecer informações valiosas sobre a saúde do plantio e da necessidade de intervenções, como irrigação ou correção do solo. Além disso, a largura, comprimento e espessura das folhas podem se adaptar para uma maior eficiência fotossintética, o que influenciará também nas características internas das árvores (Tholen et al., 2012), incluindo a madeira. Assim, a observação das características ambientais e a resposta das plantas são essenciais para o sucesso de seu cultivo. Além disso, a variação de características é algo que parece ser coordenada entre os tecidos vegetais, resultando, portanto, na criação de estratégias em toda a planta (Richardson et al., 2013) para se desenvolver da maneira mais eficiente possível de acordo com os recursos disponíveis e limitantes.

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar se existe correlação entre a espessura de folha e a densidade da madeira de *Khaya grandifoliola* proveniente de plantios no Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados plantios de *Khaya grandifoliola* em quatro sítios localizados em Santa Catarina (SC), sul de Minas Gerais (MGS), Goiânia (GO) e norte de Minas Gerais (MGN). Os plantios tinham idade entre 11 e 12 anos e apresentavam espaçamentos similares. Foram selecionadas 5 árvores em cada sítio com diâmetro à altura do peito próximo ou equivalente (DAP +/- 2 cm) ao médio de cada sítio. Após a seleção e derrubada das árvores, as folhas foram retiradas por toda a copa de

maneira aleatória. Posteriormente, esse material foi seco antes das análises para homogeneizar as condições de umidade por meio de exsiccatas e secas ao ar. A espessura dos folíolos foi mensurada com micrômetro operado automaticamente, onde uma carga estática é aplicada sobre a folha com uma pressão de 50 kPa por um tempo especificado de acordo com a normativa TAPPI T 411 (2015).

Foram retirados também três discos de 5 cm de espessura em três alturas diferentes (em relação à altura comercial da árvore): na base (0%), na metade do fuste (50%) e no topo do fuste comercial (a 100%), totalizando 15 discos por sítio e 60 discos no total.

Para a análise de densidade básica da madeira de cada lenho foram retirados de cada disco de cada posição 6 amostras de alburno e 6 amostras de cerne. A determinação da densidade básica foi de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 (ABNT, 1997). A densidade básica foi calculada através da média ponderada dos discos. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para análise das médias de espessura de folha e de densidade da madeira. A normalidade dos dados e a homogeneidade de variâncias foram analisadas a partir dos testes de *Shapiro-Wilk*, e a comparação das médias pelo teste de *Tukey*. Para todos os testes foi utilizado o nível de significância de 5%. As correlações foram realizadas pelo teste de Correlação de *Pearson* utilizando o nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espessura das folhas da *K. grandifoliola* proveniente de quatro sítios diferentes variou de 234,92 μm (SC) a 277,06 μm (MGN), resultando em uma amplitude de 42,14 μm (Tabela 1).

Alguns parâmetros morfométricos das folhas como a área foliar, espessura e densidade de estômatos se inter-relacionam e podem assumir dimensões e proporções variáveis para melhor se adaptarem aos recursos disponíveis. Em ambientes secos, as folhas destes indivíduos geralmente têm menores dimensões, são mais espessas e têm deposição expressiva de cera em sua cutícula como resposta às condições estressantes do sítio (limitação hídrica e clima seco). Assim, é possível afirmar que o déficit hídrico, por exemplo, é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, impactando-o e influenciando nas características

anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas da planta (Kozlowski, 1985; Kozlowski; Pallardy, 1997).

Tabela 1. Valores médios espessura das folhas, densidade básica do alburno e do cerne da madeira de *Khaya grandifoliola* e respectivas correlações

		SC	MGS	GO	MGN	Geral
Espessura Folha (μm)	Média	234,92	258,48	255,20	277,06	
	DP	60,14	34,43	42,79	48,12	
Alburno DB (g/cm^3)	Média	0,51	0,53	0,52	0,54	
	DP	0,04	0,01	0,04	0,01	
	Correl.	0,11	0,06	-0,04	-0,04	0,11
Cerne DB (g/cm^3)	Média	0,43	0,49	0,48	0,52	
	DP	0,02	0,02	0,03	0,01	
	Correl.	0,25	0,31	0,09	-0,33	0,25

DP: desvio padrão. DB: densidade básica. SC: Santa Catarina; MGS: sul de Minas Gerais; GO: Goiânia; MGN: norte de Minas Gerais. As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não apresentam diferença pelo teste de Tukey a 5% de significância. Correl: correlação - os valores em vermelho apresentaram correlação significativa pelo teste de Pearson a 5% de significância.

Neste contexto, SC está inserido em um ambiente costeiro que apresenta pluviosidade maior que o sítio MGN, em que este último tem um histórico de déficit hídrico e altas temperaturas médias anuais. Nestes ambientes, as árvores de *K. grandifoliola* apresentaram folhas com características que permitiram o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis de forma eficiente, ou seja, a menor espessura do sítio de SC e a maior espessura do sítio de MGN provavelmente são consequências da plasticidade fenotípica necessária ao seu sucesso e sobrevivência naquele local.

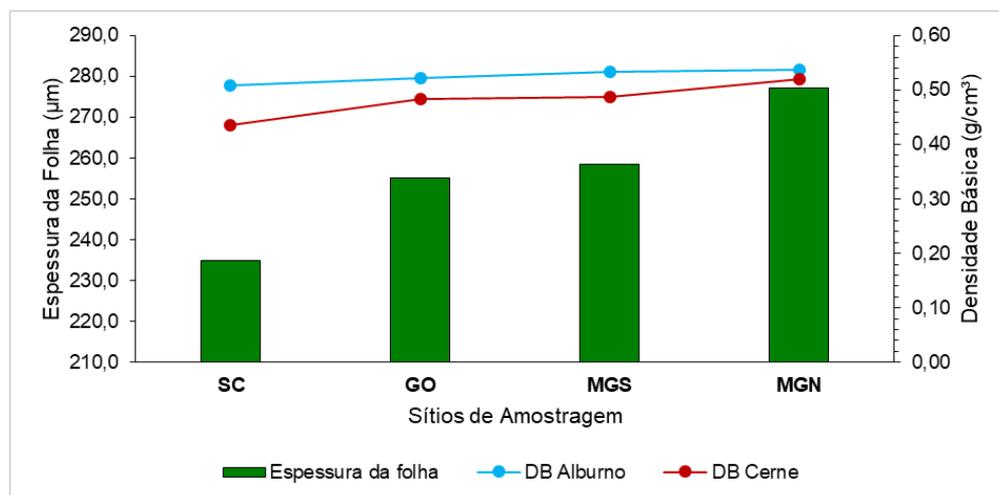
Em relação à densidade básica da madeira do alburno, esta propriedade variou de $0,51 \text{ g}/\text{cm}^3$ (SC) a $0,54 \text{ g}/\text{cm}^3$ (MGN), não havendo diferença para todos os sítios. Já para o cerne, os valores encontram-se entre $0,43 \text{ g}/\text{cm}^3$ (SC) e $0,53 \text{ g}/\text{cm}^3$ (MGN). Os valores de densidade básica obtidos neste estudo estão em concordância com o relatado na literatura, já que Pinto (2020) obteve valor médio de $0,43 \text{ g}/\text{cm}^3$ para plantio homogêneo de *K. grandifoliola* com 8 anos, enquanto Gavor *et al.* (2008), ao analisar plantio de 10 anos, encontrou valores médios entre $0,54 \text{ g}/\text{cm}^3$ e $0,62 \text{ g}/\text{cm}^3$. Estes resultados também estão condizentes com outras espécies do mesmo gênero, como relatado por Carvalho *et al.* (2010) para plantio de *K. ivorensis* com 10 anos e

densidade básica de 0,47 g/cm³, e por Rezende et al. (2012) ao estudar indivíduos de *K. senegalensis* de plantios com 11 anos e densidade básica média de 0,51 g/cm³.

Não há correlação entre a densidade básica da madeira de alburno e a espessura foliar em todos os sítios. Contudo, foi constatada correlação positiva entre a densidade do cerne e a espessura da folha para o sítio MGS e correlação negativa entre a densidade do cerne e espessura da folha em MGN, contribuindo para uma correlação geral positiva, mesmo que fraca (<0,5), entre a densidade do cerne e a espessura foliar.

Apesar de não ocorrer correlação concomitante entre a espessura da folha e a densidade da madeira tanto de cerne como de alburno, é possível identificar que existe uma tendência ou padrão de maneira concomitante para todas as variáveis analisadas, pois há aumento de valor na mesma ordem para todas: SC - GO - MGS - MGN (Figura 1).

Figura 1. Densidade da madeira e espessura de folha de indivíduos de *Khaya grandifoliola* versus sítio de amostragem



Fonte: as autoras. SC: Santa Catarina; GO: Goiânia; MGS: sul de Minas Gerais; MGN: norte de Minas Gerais.

As características morfológicas das folhas estão correlacionadas com estratégias de sobrevivência, captação e uso eficiente de recursos, além de plasticidade e genética. Do mesmo modo, os caracteres anatômicos da madeira também são fortemente influenciados pela genética e condições de sítio, dentre outros, garantindo sua sobrevivência por meio de diversas estratégias evolutivas.

Nesse sentido, seria esperado, portanto, que os caracteres das folhas e da madeira seriam fortemente e diretamente ligados (já que as forças que os guiam são as “mesmas”), contudo, a relação entre os caracteres foliares e a densidade da madeira é algo complexo e sua variação não é necessariamente direta (Richardson *et al.*, 2013). Assim, além da carga genética, diversos estudos parecem indicar que tais caracteres compartilham uma ligação com um fator ambiental em comum (salinidade, acidez, radiação solar, temperatura, déficit hídrico, etc.), caracterizando-se como estratégias para lidar de forma eficiente com as limitações ambientais (Richardson *et al.*, 2013).

Por exemplo, espécies com madeiras densas também possuem folhas relativamente pequenas (Baraloto *et al.*, 2010; Malhado *et al.*, 2009; Pickup *et al.*, 2005), assim como há indicação de que espécies com madeira densa também tem alto LDMC (*leaf dry matter content* ou teor de massa seca de folha em tradução livre). Por outro lado, não há consenso sobre a relação entre LMA (*leaf mass per unit area*, ou massa foliar por unidade de área, em tradução livre) e densidade da madeira, já que há alguns estudos que encontram essa correlação (Ishida *et al.*, 2008; Kitajima; Poorter, 2010), e outros não (Baltzer *et al.*, 2009; Wright *et al.*, 2007). É sabido, contudo, que a espessura da folha tem correlação com a taxa fotossintética, porém, a correlação entre a densidade da madeira e a espessura de folha é algo que ainda não está bem elucidado (Richardson *et al.*, 2013).

Ao estudar quatro espécies distintas do gênero *Nothofagus* na Nova Zelândia, Richardson *et al.* (2013) não encontraram correlação entre a espessura foliar e a densidade da madeira, porém, identificaram correlação entre esses dois parâmetros quando a variável ambiental é inserida. Esses autores encontram que as correlações entre espessura foliar-ambiente e densidade da madeira-ambiente são negativas, e, em conjunto com a análise de outros parâmetros, seus resultados apontam que, nas espécies estudadas, espécimes com madeiras mais densas também apresentam folhas mais finas e densas, o que os leva a conclusão de que estes parâmetros são resultado dos mesmos fatores/forças ambientais.

Além do fato dessas características possivelmente serem respostas não-lineares dos caracteres ao ambiente (Magnani, 2009), é necessário destacar que na madeira é possível observar (e portanto analisar) a variação de crescimento (e sua taxa) de maneira contínua representando diversos anos (variação interanual), enquanto que as características da folha de um determinado ano irão refletir as

condições de sítio de especificamente aquele ano/parte do ano (Richardson *et al.*, 2013), indicando mais uma vez o porquê da relação entre ambos não ser direta, isolada ou facilmente explicada.

A partir dos resultados deste estudo e da literatura sobre o tema, a espessura da folha não deve ser levada em consideração isoladamente, sendo necessários estudos mais aprofundados com outras características morfométricas e morfológicas e o estudo de possíveis correlações com a densidade da madeira. O indicativo de correlação (ao menos parcialmente) com a densidade da madeira encontrada neste estudo deve ser interpretada como possivelmente multifatorial e com provável maior influência de condições ambientais, havendo resposta conjunta de características da folha e da madeira a essas condições.

4. CONCLUSÃO

- Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:
- Existe correlação entre a espessura foliar e a densidade da madeira de cerne, sendo relatada especificamente para metade dos sítios estudados. Além disso, os parâmetros analisados diferiram entre as localidades, indicando possíveis variações em razão do sítio.
- As propriedades avaliadas não devem ser consideradas de maneira isolada, sendo necessários estudos com um maior número de características morfométricas e morfológicas, assim como de características ambientais para uma melhor compreensão e possível correlação de maneira multifatorial.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190**: Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BARALOTO, C.; PAINE, C. E. T.; POORTER, L. *et al.* Decoupled leaf and stem economics in rain forest trees. **Ecology Letters**, v. 13, p. 1338–1347, 2010.

BALTZER, J. L.; GREGOIRE, D. M.; BUNYAVEJCHEWIN, S. *et al.* Coordination of foliar and wood anatomical traits contributes to tropical tree distribution and productivity along the Malay-Thai peninsula. **American Journal of Botany**, v. 96, p. 2214–2223, 2009.

GAVOR, E. S.; OPUNI-FRIMPONG, E.; FRIMPONG-MENSAH, K. **Static bending (modulus of rupture) and compressive strengths of plantation grown *Khaya grandifoliola* wood from two ecological zones in the high forest zone of Ghana.** Output of ITTO project PD 528/08. Rev .1 (F), 2008. Disponível em: <[https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)Technical-Paper-11-vs.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)Technical-Paper-11-vs.pdf)>. Acesso em 06 de maio de 2024.

ISHIDA, A.; NAKANO, T.; YAZAKI, K. *et al.* Coordination between leaf and stem traits related to leaf carbon gain and hydraulics across 32 drought-tolerant angiosperms. **Oecologia**, v. 156: 193–202, 2008.

KITAJIMA, K.; POORTER, L. Tissue-level leaf toughness, but not lamina thickness, predicts sapling leaf lifespan and shade tolerance of tropical tree species. **New Phytologist**, v. 186, p. 708–721, 2010.

KOZLOWSKI, T. T. Tree growth in response to environmental stresses. **J. Arboric.**, v. 11, p. 97–111, 1985.

KOZLOWSKI, Theodore T.; PALLARDY, Stephen G. **Growth Control in Woody Plants**. San Diego: Academic Press, 1997.

MAGNANI, F. Phenotypic variability: underlying mechanisms and limits do matter. **New Phytologist**, v. 184, p. 277–279, 2009.

MALHADO, A. C. M.; MALHI, Y.; WHITTAKER, R. J. *et al.* Spatial trends in leaf size of Amazonian rainforest trees. **Biogeosciences**, v. 6, p. 1563–1576, 2009.

OLIVEIRA, R. de S.; FRANCA, T. M. Climatic zoning for the cultivation of African Mahogany species in Brazil. **Cerne**, v. 3, p. 369-380, 2020.

PALLARDY, S. G. Transpiration and Plant Water Balance. *In*: PALLARDY, S. G. **Physiology of Woody Plants**. Londres: Elsevier, 2008. p. 325-366.

PICKUP, M.; WESTOBY, M.; BASDEN, A. Dry mass costs of deploying leaf area in relation to leaf size. **Functional Ecology**, v. 19, p. 88–97, 2005.

PINTO, Joyce de Almeida. **Medidas profiláticas para proteger madeiras à ação de insetos xilófagos**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro, 2020.

RICHARDSON, S. J.; ALLEN, R. B.; BUXTON, R. P. *et al.* Intraspecific relationships among wood density, leaf structural traits and environment in four co-occurring species of *Nothofagus* in New Zealand. **PloS one**, v. 8, n. 3, p. e58878, 2013.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013.

Technical Association of the Paper and Pulp industry. **TAPPIT 411**: thickness (Caliper) on Paper and Paperboard. 2015.

THOLEN, D.; BOOM, C.; ZHU, X. Opinion: Prospects for improving photosynthesis by altering leaf anatomy. **Plant Science**, v. 197, p. 92-101, 2012.

WRIGHT, I. J.; ACKERLY, D. D.; BONGERS, F. et al. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven Neotropical forests. *Annals of Botany*, v. 99, p. 1003–1015, 2007.