



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

BERNARDO COUTINHO PEREIRA MORAES

DENSIDADE DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO - *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. e *Khaya grandifoliola* C.DC.

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Julho – 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

BERNARDO COUTINHO PEREIRA MORAES

DENSIDADE DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO - *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. e *Khaya grandifoliola* C.DC.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Julho – 2024

DENSIDADE DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE MOGNO AFRICANO - *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. e *Khaya grandifoliola* C.DC.

BERNARDO COUTINHO PEREIRA MORAES

APROVADA EM: 24/07/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho – UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
Membro

Prof. MSc. Rodrigo Octávio Pinto Borges
Membro

Dedico este trabalho a Deus, pela força e inspiração que me sustentaram durante toda esta jornada. À minha mãe e ao meu pai, pelo amor e apoio incondicionais. Aos meus avós e todos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e inspiração ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença em minha vida me proporcionou coragem para superar desafios e persistir nos momentos de dificuldade. Sem sua bênção, nada disso seria possível.

À minha mãe, minha eterna fonte de amor e apoio. Agradeço por todas as palavras de encorajamento, pelos conselhos e pelo carinho incondicional. Além de todas as vezes que abdicou de fazer algo em meu objetivo. Sua dedicação e sacrifícios foram fundamentais para que eu pudesse alcançar este objetivo. Sou imensamente grato por ter você ao meu lado.

Ao meu pai Rômulo, meus tios Rogério, Douglas e Beto, meus avós Dilson, Kácia, Maria e Jorge, meu profundo agradecimento pelo apoio constante e pela confiança em meu potencial. Suas palavras de incentivo e seu suporte inabalável foram essenciais para minha formação. Agradeço também pelos exemplos de determinação e perseverança que me inspiraram a seguir em frente.

Ao meu orientador Alexandre Monteiro, pela orientação paciente, pelos ensinamentos valiosos e pela dedicação ao longo deste percurso. Sua experiência e sabedoria foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço por acreditar em mim e por me guiar com tanto zelo e competência.

Ao professor João Latorraca, pelos ensinamentos e apoio ao longo do curso. Suas aulas e orientações contribuíram significativamente para a minha formação acadêmica, e sou grato por seu compromisso e dedicação.

Aos meus amigos, na qual necessito citar um por um, Guilherme Nunes, Pedro Montes, José Guimarães, Vitor Lima, Euler Soares, Bruno Sena, Bruno Burns, Pedro Rocha, Guilherme Guedes, Matheus Marinho, Leticia Pires, Lucio Dornas, Victoria Magalhães, Yago Alves, Petrus Gabriel, Ana Beatriz Carvalho, Eduarda Pontes, Maria Eduarda Marinho, Juliana Rondon e Matheus Augusto, pelo companheirismo, pela troca de ideias e pelos momentos de descontração que aliviaram a pressão durante esta caminhada. A amizade de vocês foi um pilar de apoio e motivação, e sou muito grato por tê-los em minha vida.

Aos doutorandos do meu laboratório e ao José Mário, por todo o apoio técnico e moral. Agradeço pela disposição em compartilhar conhecimentos, pelas discussões enriquecedoras e pela colaboração durante a realização deste trabalho. Vocês contribuíram significativamente para que eu pudesse chegar até aqui.

RESUMO

Esta monografia aborda o estudo comparativo das propriedades físicas da densidade básica, aparente e anidra de duas espécies de mogno africano: *Khaya senegalensis* e *Khaya grandifoliola*. O principal objetivo do trabalho foi analisar as características densitométricas das madeiras dessas espécies, que são altamente valorizadas por suas propriedades físicas e mecânicas, assim como por sua importância econômica e ecológica. O mogno africano é utilizado na recuperação de áreas degradadas devido ao seu crescimento relativamente rápido e resistência a pragas comuns. O plantio dessa espécie em áreas desmatadas ou degradadas ajuda a recuperar a biodiversidade, melhora a qualidade do solo e da água, e cria corredores ecológicos que facilitam o movimento da fauna (Derblai Casaroli et al., 2018).

Para alcançar esse objetivo, foram realizados testes no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) do Departamento de Produtos Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde as amostras foram imersas em água e submetidas à secagem em estufa para o desenvolvimento dos cálculos de densidade, seguindo os procedimentos descritos no Anexo B da norma ABNT 7190:1997. O estudo revelou variações entre as duas espécies em relação às suas densidades. *Khaya senegalensis* apresentou densidades básica e aparente mais altas em comparação com *Khaya grandifoliola*, enquanto as densidades anidras encontradas mostraram diferenças menos pronunciadas devido à composição da madeira, estrutura celular e condições ecológicas. Análises de correlação revelaram uma relação linear positiva entre densidade básica e densidade aparente para ambas as espécies.

Essas informações são cruciais para a indústria madeireira e para o manejo sustentável dessas espécies, pois a densidade da madeira é um indicador chave de sua qualidade. Madeiras mais densas geralmente possuem maior resistência mecânica, durabilidade e estabilidade dimensional. Além disso, compreender as densidades básica e aparente auxilia na otimização dos processos de secagem e tratamento da madeira. Madeiras mais densas podem exigir métodos diferentes de secagem e tratamento para evitar defeitos como rachaduras e empenamento. Isso melhora a eficiência e reduz perdas durante o processamento. Estudos contínuos nessa área, através do melhoramento genético, desenvolvimento de técnicas de cultivo sustentável, ecologia e estudos de conservação, podem contribuir ainda mais para a compreensão e uso eficiente dessas importantes espécies de mogno africano.

Palavras-chave: Propriedades físicas, qualidade da madeira, propriedades mecânicas

ABSTRACT

This monograph addresses the comparative study of the physical properties of basic, apparent, and anhydrous density of two species of African mahogany: *Khaya senegalensis* and *Khaya grandifoliola*. The main objective of the work was to analyze the densitometric characteristics of the woods of these species, which are highly valued for their physical and mechanical properties, as well as their economic and ecological importance. African mahogany is used in the recovery of degraded areas due to its relatively fast growth and resistance to common pests. Planting this species in deforested or degraded areas helps recover biodiversity, improves soil and water quality, and creates ecological corridors that facilitate wildlife movement (Derblai Casaroli et al., 2018).

To achieve this, tests were conducted at the Wood Processing Laboratory (LPM) of the Department of Forest Products at the Federal Rural University of Rio de Janeiro, where the samples were immersed in water and subjected to oven drying for the development of density calculations, following the procedures described in Annex B of the ABNT 7190:1997 standard. The study revealed variations between the two species regarding their densities. *Khaya senegalensis* showed higher basic and apparent densities compared to *Khaya grandifoliola*, while the anhydrous densities found showed less pronounced differences due to wood composition, cellular structure, and ecological conditions. Correlation analyses revealed a positive linear relationship between basic density and apparent density for both species.

This information is crucial for the timber industry and for the sustainable management of these species, as wood density is a key indicator of its quality. Denser wood typically possesses greater mechanical strength, durability, and dimensional stability. Furthermore, understanding the basic and apparent densities aids in optimizing the drying and treatment processes of the wood. Denser woods may require different drying and treatment methods to avoid defects such as cracking and warping. This improves efficiency and reduces losses during processing. Continued studies in this field, through genetic improvement, the development of sustainable cultivation techniques, ecology, and conservation studies, could further contribute to the understanding and efficient use of these important species of African mahogany.

Keywords: Physical properties, wood quality, mechanical properties.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 <i>Khaya grandifoliola</i> C.DC.....	2
2.2 <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A.Juss.	3
2.3 Densidade básica	4
2.4 Densidade aparente	5
2.5 Densidade Anidra	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Área de coleta.....	5
3.2 Etapas da colheita	6
3.3 Produção dos corpos de prova	9
3.4 Cálculos de Densidade	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 Densidades	11
4.2 Comparação de Densidades	13
4.3 Relação entre Densidade Básica e Densidade Aparente	14
4.4 Relevância das diferenças nas densidades.....	16
4.5 Dispersão e variação de valores das densidades básicas e aparentes	16
5 CONCLUSÃO	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores obtidos de densidades básica, aparente e anidra dos dezoito corpos de prova de *Khaya senegalensis*.12
- Tabela 2.** Valores obtidos de densidades básica, aparente e anidra dos dezoito corpos de prova de *Khaya grandifoliola*.13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplar de <i>Khaya grandifoliola</i> . Fonte: Grupo Selva Florestal.	3
Figura 2. Exemplar de <i>Khaya senegalensis</i> . Fonte: Futuro Florestal (2023).	4
Figura 3. Localização da Fazenda Symbiosis. Fonte: Grupo Symbiosis.	6
Figura 4. Medição das toras. Fonte: Autor, 2024.	7
Figura 5. Disposição das toras amostrais, após transporte, no galpão da serraria da Fazenda Symbiosis. Fonte: Autor, 2024.	8
Figura 6. Desdobro em serra de fita horizontal, retirada de costaneiras. Fonte: Autor, 2024.	8
Figura 7. Mensuração dos volumes das pranchas e tábuas serradas após secagem (comprimento, largura e espessura). Fonte: Autor, 2024.	8
Figura 8. Indicação das direções tangencial, radial e longitudinal. Fonte: Autor, 2024.	9
Figura 9. Medição com paquímetro do comprimento dos corpos de prova. Fonte: Autor, 2024.	9
Figura 10. Corpos de prova marcados e numerados. Fonte: Autor, 2024.	10
Figura 11. Corpos de prova de propriedades físicas em submersão em água para saturação (a direita). Fonte: Autor, 2024.	10
Figura 12. Gráfico de barras de comparação entre as densidades básica das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.	13
Figura 13. Gráfico de barras de comparação entre as densidades aparente das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.	14
Figura 14. Gráfico de barras de comparação entre as densidades anidra das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.	14
Figura 15. Gráfico de dispersão comparando as densidades aparente e básica da <i>Khaya senegalensis</i> . Fonte: Autor, 2024.	15
Figura 16. Gráfico de dispersão comparando as densidades aparente e básica da <i>Khaya grandifoliola</i> . Fonte: Autor, 2024.	15
Figura 17. Gráfico de dispersão comparando amplitudes das densidades aparente e básica das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.	16

1. INTRODUÇÃO

A madeira sempre desempenhou um papel fundamental na história da humanidade, sendo amplamente utilizada em diversas aplicações, desde a construção de habitações até a fabricação de móveis e objetos decorativos.

Assim, o estudo da densidade da madeira é fundamental para compreender suas propriedades físicas e mecânicas, bem como para otimizar seu uso em diferentes aplicações. A densidade da madeira está relacionada à sua resistência, durabilidade e capacidade de absorver e liberar umidade, sendo influenciada por diversos fatores, como a espécie, idade, condições de crescimento e processamento. Portanto, conhecer a densidade de uma espécie de madeira é essencial para garantir sua qualidade, sustentabilidade e eficiência em diversas aplicações.

A densidade da madeira é uma medida da quantidade de definição de matéria contida em um determinado volume de madeira e varia de acordo com a espécie e as condições de crescimento da árvore. A densidade está diretamente relacionada à sua resistência mecânica e à sua capacidade de suportar cargas, sendo uma propriedade importante para determinar a qualidade e a adequação da madeira para diferentes usos.

Segundo Soares (2021), quanto maior é a densidade, maiores tendem a ser as contrações e os inchamentos na madeira, o que é explicado pela presença de maior proporção “parede celular/espacos vazios” na estrutura microscópica da madeira. O material mais denso tem disponibilidade de maior volume de parede celular ao se contrair mediante perda de umidade ou a se expandir em decorrência de ganho de umidade, em comparação com madeiras de menor densidade.

Além disso, a densidade da madeira também afeta sua usinabilidade, secagem, estabilidade dimensional e acabamento superficial, sendo importante para melhorar seu uso e minimizar desperdícios. Os tipos de densidade são cruciais para o melhor uso da madeira, como exemplo, a densidade aparente é medida relacionando-se volume e massa, medidos com a madeira em 12% de umidade, enquanto a densidade básica é medida com a madeira após secagem em estufa relacionando o peso seco com o volume saturado de uma amostra (Carvalho, A.M. de et al., 2010).

A determinação da densidade pode ser feita quando a madeira se encontra em diferentes umidades, fornecendo dados diversos para uma mesma amostra, devido às variações na massa e no volume decorrentes da presença de água em maior ou menor quantidade. Assim, é imprescindível indicar o tipo de densidade a que o pesquisador ou o laboratorista se propõe a determinar (Soares, 2021).

De acordo com Panshim e Zeeuw (1982), a densidade da madeira, que é um material poroso, pode ser medida de duas formas distintas. Uma determinada em função do volume total da amostra, incluindo-se o volume dos poros, que é denominada de densidade aparente. A outra forma de medição subtrai-se do volume total, o volume compreendido pelos poros e, este método é denominado de densidade real.

Tratando de matérias primas para indústrias madeireiras, a busca por fontes sustentáveis de madeira tornou-se uma prioridade, levando ao interesse crescente em espécies como o mogno africano, tal espécie vêm substituindo o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) por suas melhores características.

O mogno africano, conhecido por sua durabilidade, pela resistência a pragas, alta resistência a compressão, flexão e sua beleza, tem despertado atenção devido à sua alta qualidade e potencial de exploração comercial, podendo ser utilizado para madeiras serrada, sólida e laminados (Embrapa, 2019). Dessa forma, compreender a relação entre as densidades e os usos potenciais de espécies de mogno africano é essencial para otimizar sua utilização em diferentes aplicações.

Diversos estudos constataram que o mogno africano apresenta um considerável potencial econômico, porém há uma falta de conhecimento tecnológico e científico sobre suas propriedades e características (Dias et al., 2012).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi explorar a relação entre importantes propriedades físicas, densidades básica, aparente e anidra do mogno africano. A investigação dessas propriedades não apenas proporciona uma caracterização precisa da madeira, mas também fundamenta a escolha de sua aplicação em diferentes contextos, promovendo um uso mais consciente e sustentável desse recurso natural valioso. As variáveis densidades básica, aparente e anidra foram estudadas para as espécies *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss. e *Khaya grandifoliola* C.DC.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Khaya grandifoliola* C.DC.

A distribuição natural da *Khaya grandifoliola*, tem ocorrência na linha central africana, como Guiné-Bissau, Libéria, Costa do Marfim, Gana, Benin, Nigéria, Camarões, Uganda, República Centro-Africana (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012).

De acordo com Praciak et al. (2013), quando já está bem estabelecida, a *Khaya grandifoliola* é uma planta que se beneficia de luz, geralmente, é considerada pioneira de longa duração tolerante à sombra. As árvores possuem porte que varia de médio a alto, podendo atingir 40,00 m de altura e os fustes podem atingir 23,00 m. Sua casca tem coloração cinza-escura e o látex é vermelho. A madeira do cerne apresenta uma tonalidade marrom-rosada clara, que se torna marrom-avermelhada quando cortada (Poorter et al., 2004).

Por se tratar de uma madeira extremamente nobre, o mogno africano da espécie *Khaya grandifoliola* vem ganhando espaço no cenário nacional, tendo grande evolução em relação ao mogno brasileiro. Justamente por apresentar alto potencial de produção, sendo assim um de seus atrativos, assim como o grande valor comercial (Matias, 2019).

A árvore *Khaya grandifoliola*, mais conhecida como mogno-da-folha-grande, possui uma madeira muito valorizada e amplamente utilizada em diversas aplicações, como carpintaria, fabricação de móveis, laminação, construção civil e naval, e a casca da planta é utilizada como substituto do sabão na lavagem de roupas (Opuni-Frimpong, 2008). A madeira é igualmente uma relevante fonte de receita para as comunidades locais, visto que estas lucram financeiramente em troca da exploração das árvores pelos comerciantes (Mukaila et al., 2021).

A Figura 01 apresenta imagem de indivíduos de *Khaya grandifoliola* em plantio homogêneo.



Figura 1. Exemplares de *Khaya grandifoliola*. Fonte: Grupo Selva Florestal.

Além disso, a madeira é utilizada também como antimalárico em alguns países, visto que de acordo com a Organização Mundial da Saúde, a região na qual a espécie é natural suporta uma maior parte do fardo global de malária. As pesquisas com *Khaya grandifoliola* necessitam também ser ampliadas no que se refere à produção de sementes e à avaliação da sua qualidade (Carvalho et al., 2016).

Conforme mencionado por Lemmens, Louppe e Oteng-Amoako (2012), esta espécie ocorre em florestas semidecíduais e ao longo de cursos d'água das savanas, até uma altitude de 1400 m, em regiões com índices pluviométricos entre 1200 e 1800 mm anuais, apresentando períodos de seca moderados (menos de 5 meses). As folíolas possuem formato elíptico a oblonga-elíptica com ápice levemente acuminado. Durante esta fase de crescimento, a base da copa se desenvolve a partir de 23 m ao longo do tronco, que apresenta uma forma um tanto tortuosa, com diâmetro variando de 120 a 200 cm. Na base do tronco, é evidente a formação de sapopemas que podem alcançar até 3 m de distância do eixo central do tronco.

2.2. *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss.

A área de ocorrência natural de *Khaya senegalensis* abrange diversas localidades africanas. A espécie tem sua distribuição natural na região do Senegal ao Sudão e Uganda, ao sul da zona da floresta tropical, locais de clima árido e quente (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008; Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012; Praciak et al., 2013).

De acordo com Nikiema e Pastenak, (2008), essa espécie é encontrada em savanas arborizadas, florestas úmidas e próximas a cursos d'água. Nas florestas ripárias, pode ser encontrada juntamente com *Khaya grandifoliola*. Suas folhas são alternadas, compostas e pinadas, e suas flores são pequenas e brancas, agrupadas em inflorescências terminais. Seus frutos são cápsulas lenhosas que se abrem para liberar as sementes aladas. Consiste em espécie

monóica, classificada como díclina, ou seja, com aparelhos sexuais masculino e feminino em flores distintas, mas muito similares em aparência.

Conforme Lemmens, Louppe e Oteng-Amoako (2012), esta espécie é adaptada a climas mais secos, com precipitações anuais variando entre 650 e 1300 mm, tolerando bem períodos prolongados de seca (de 4 a 7 meses). A inflorescência é do tipo panícula, com frutos que apresentam, em média, quatro válvulas deiscentes. Pode alcançar entre 30 e 35 m de altura, com a copa formada a partir de 10 a 16 m ao longo do tronco, que geralmente é mais curto, mas com diâmetro entre 100 e 250 cm. Na base do tronco, não são observadas sapopemas, ou, quando presentes, são quase imperceptíveis.

Em relação ao nível de plantio mundial, outros países na qual a espécie é plantada são África do Sul, América tropical, Austrália, Cabo Verde, Cuba, Egito, Guiana, Índia, Indonésia, Java, Madagáscar, Malawi, Malásia, Porto Rico, Sri Lanka, Tailândia, Tanzânia e Vietnã (Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Bandara; Arnold, 2018).

No Brasil, *Khaya senegalensis* é conhecida como mogno-africano, e a venda de sua madeira atinge valores bastante altos no mercado, tornando-a um excelente investimento a médio prazo (Pinheiro et al., 2011).

A Figura 02 apresenta imagem de indivíduos de *Khaya senegalensis* em plantio homogêneo.



Figura 2. Exemplar de *Khaya senegalensis*. Fonte: Futuro Florestal (2023).

2.3. Densidade básica

A densidade básica é um elemento crucial na avaliação da excelência da madeira, representando uma característica intrincada que surge da interação de vários elementos, tais como o comprimento das fibras, a espessura das paredes celulares, o volume dos vasos e tecidos parenquimatosos, a proporção entre o cerne e o alborno, e a disposição dos elementos anatômicos (Foelkel et al. 1971).

Densidade básica, esta é definida como a relação entre a massa seca para U (umidade) = 0 e volume saturado em água. Tal densidade é geralmente utilizada nos inventários florestais

para determinação da massa seca da floresta (Rezende, M. A.; Ferraz, E. S. B.; Escobedo, J. F., 1988).

A massa seca é determinada mantendo-se os corpos-de-prova em estufa a 103° até que a massa do corpo-de-prova permaneça constante. O volume saturado é determinado pelas dimensões finais do corpo-de-prova submerso em água até que atinja massa constante (Dias, 2000).

2.4. Densidade aparente

Dentre as diversas características relevantes da madeira, destaca-se a densidade aparente, que corresponde à relação entre a massa e o volume da madeira em seu estado de equilíbrio de umidade. A partir da densidade aparente, torna-se viável estimar outras propriedades importantes, como resistência e rigidez da madeira (Dias, 2000).

Os volumes dos corpos de prova podem ser obtidos a partir de medidas utilizando paquímetros digitais, sendo esse método o mais prático e o que apresenta melhores resultados (Hellmeister, 1982).

Segundo Dias, Lahr, (2004) e Lobão et al., (2004), é possível observar que, quanto maior a densidade aparente da madeira de alguma espécie, maiores seus valores de resistência e de rigidez.

2.5. Densidade anidra

A densidade anidra da madeira é uma característica fundamental que influencia diretamente suas propriedades físicas e mecânicas. Representada pela razão entre a massa seca e o volume seco da amostra de madeira (Oliveira, 2019).

Segundo Brand (2010), a densidade anidra varia significativamente entre diferentes espécies de madeira, refletindo a diversidade estrutural e composicional dos tecidos lenhosos. Estudos têm demonstrado que madeiras com maior densidade anidra tendem a apresentar melhor desempenho em termos de resistência mecânica e estabilidade dimensional (Foelkel, 2009).

Makeiras com alta densidade anidra são preferidas para produtos que requerem maior durabilidade e resistência, enquanto madeiras com menor densidade são valorizadas pela facilidade de processamento e menor peso (Zanetti, 2013).

Gonzalez (2005) ressalta a importância da densidade anidra na avaliação da qualidade da madeira para a produção de energia, já que madeiras mais densas possuem maior conteúdo energético por unidade de volume. Isso é particularmente relevante em projetos de biomassa e bioenergia, onde a eficiência energética é uma prioridade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de coleta

A coleta das madeiras foi realizada em fazenda de plantios florestais em Trancoso/BA, que faz parte da região da cidade de Porto Seguro, estado da Bahia, Brasil. A área específica de

coleta está situada em uma área de empresa privada, abrangendo uma extensão de aproximadamente de 329,21 hectares, dividida em talhões, com início dos plantios em 2011 (Figura 3).

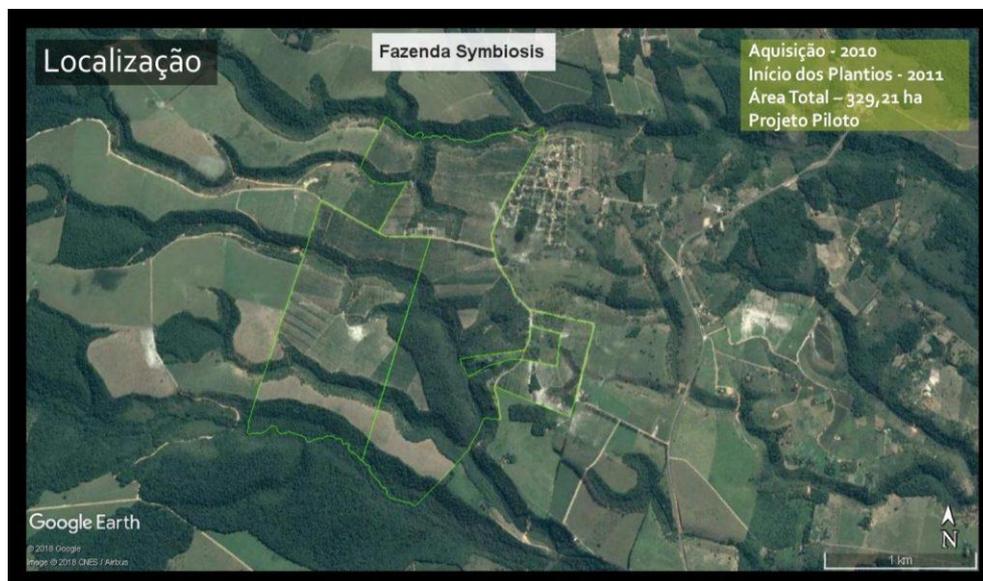


Figura 3. Localização da Fazenda Symbiosis. Fonte: Grupo Symbiosis Investimentos e Participações S. A.

A região é caracterizada por apresentar um clima tropical úmido, com temperaturas elevadas durante a maior parte do ano e com bastante chuva, fato este que auxilia no desenvolvimento dos plantios.

3.2. Etapas da colheita

A colheita das madeiras selecionadas na área de estudo foi realizada seguindo um conjunto de etapas meticulosamente planejadas para garantir a integridade do material e a representatividade dos dados coletados. As etapas da colheita foram as seguintes:

- 3.2.1. Seleção das Árvores:** As árvores de *Khaya senegalensis* e *Khaya granfoliola* foram selecionadas com base em critérios de diâmetro, altura, saúde, fuste, entre outros, escolhendo três árvores de cada espécie, com características qualitativas para que não houvesse tendenciosidade na escolha das árvores e nem nos resultados.
- 3.2.2. Identificação e Marcação:** Cada árvore selecionada foi identificada e marcada com uma etiqueta numerada para facilitar o monitoramento e o registro das informações durante a colheita. A localização exata de cada árvore foi registrada utilizando um GPS de alta precisão. As árvores também foram marcadas com spray e fitas, nas regiões onde seriam realizados seus cortes.
- 3.2.3. Medição:** Com as árvores marcadas, foram realizadas as medições, sendo medidos o DAP (1,30m) e as alturas de cada indivíduo.

- 3.2.4. Corte:** O corte das árvores foi realizado utilizando técnicas de manejo sustentável para minimizar o impacto ambiental. Foi utilizada motosserra para tal corte, e cada árvore foi derrubada de acordo com os procedimentos de segurança recomendados.
- 3.2.5. Segmentação:** Após o corte, as árvores foram segmentadas em troncos e discos principais. Cada segmento foi identificado e marcado com o mesmo número da etiqueta inicial para manter a rastreabilidade do material.
- 3.2.6. Transporte:** Os troncos segmentados foram transportados até um ponto de armazenamento temporário próximo à área de coleta. O transporte foi realizado utilizando caminhonetes e tratores, garantindo que o material não sofresse danos durante o deslocamento.
- 3.2.7. Armazenamento:** O material coletado foi armazenado em uma área próxima a serraria até o momento do processamento das madeiras. Durante o armazenamento, foram tomadas precauções para proteger o material contra possíveis danos, como umidade, pragas, etc.
- 3.2.8. Processamento:** Após o armazenamento, as madeiras foram processadas na serraria da própria empresa e utilizando uma serra fita horizontal a combustão, foram transformadas em tábuas, todas numeradas e identificadas.

As Figuras 4 a 7 ilustram as etapas metodológicas descritas acima.



Figura 4. Medição das toras. Fonte: Autor, 2024.



Figura 5. Disposição das toras amostrais, após transporte, no galpão da serraria da Fazenda Symbiosis. Fonte: Autor, 2024.

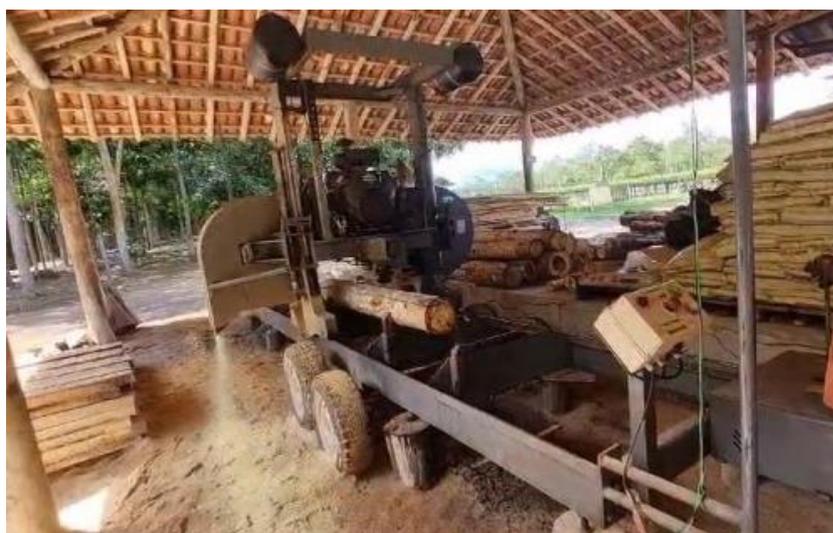


Figura 6. Desdobro em serra de fita horizontal, retirada de costaneiras. Fonte: Autor, 2024.



Figura 7. Mensuração dos volumes das pranchas e tábuas serradas após secagem (comprimento, largura e espessura). Fonte: Autor, 2024.

3.3. Produção dos corpos de prova

A madeira coletada em Trancoso/BA foi transportada para o Laboratório de Processamento de Madeira – LPM/DPF/IF da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a produção dos corpos de prova.

As peças de madeira foram cortadas e dimensionadas de acordo com as especificações da norma técnica ABNT 7190:1997 – Anexo B. Utilizou-se serra circular, plaina desempenadeira e plaina desengrossadeira, garantindo que todas as amostras apresentassem as dimensões padronizadas necessárias para os testes subsequentes (2 cm [Tangencial] x 3 cm [Radial] x 5cm [Longitudinal]), conforme visualiza-se na imagem da Figura 8 que indica as direções de corte.

Com os corpos de provas produzidos, os mesmos foram marcados nas três direções de corte, e realizou-se a medição e a pesagem destes na condição verde.

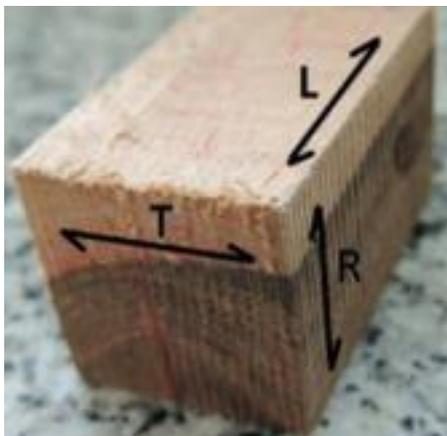


Figura 8. Indicação das direções tangencial, radial e longitudinal. Fonte: registro fotográfico equipe Laboratório de Processamento da Madeira (LPM – Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas/UFRRJ).

As Figuras 9 e 10 ilustram etapas dos procedimentos de medição dos corpos de prova e marcação das direções de corte.

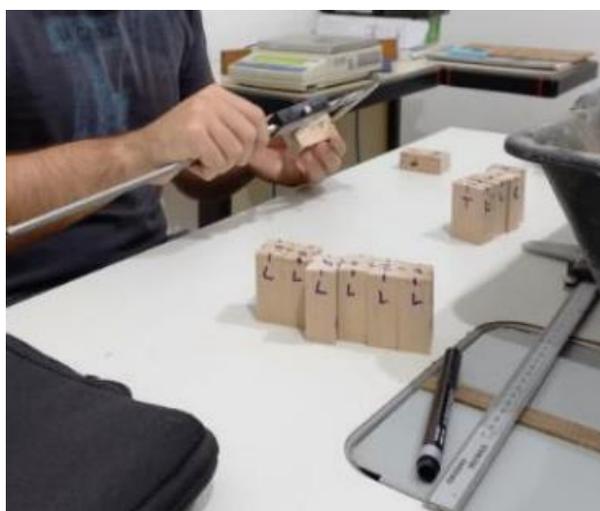


Figura 9. Medição com paquímetro do comprimento dos corpos de prova. Fonte: Autor, 2024.



Figura 10. Corpos de prova marcados e numerados. Fonte: Autor, 2024.

Foram produzidos e avaliados ao todo trinta e seis corpos de prova, estes foram devidamente identificados e separados por espécie (dezoito corpos de prova para cada espécie). Após a medição e pesagem na condição verde, os mesmos foram colocados em malhas plásticas e imersos em água.

Os corpos de prova ficaram imersos em água até que o peso de cada um ficasse constante, sendo avaliados uma vez por semana. O afundamento na água é um indicativo da condição de saturação, que será confirmada após sucessivas pesagens onde não ocorram mais ganhos no peso medido.

Com a estabilidade do peso dos corpos, estes foram retirados da água, medidos e pesados na condição de saturamento e, posteriormente, levados a estufa após um período de 24 horas ao ar livre para perda inicial de água. A estufa foi regulada a 80°C, e os corpos de prova ali permaneceram até que os pesos ficassem constantes, sendo este o indicativo da condição de secagem por completo ou retirada total da água do interior da madeira, figura 11.



Figura 11. Corpos de prova de propriedades físicas em submersão em água para saturação (a direita). Fonte: Autor, 2024.

Com o peso constante e os corpos de provas secos, foram novamente medidas as suas dimensões e registrado o peso de cada um.

Os dados foram tabulados em planilhas do software Excel, subdivididas em “Condição verde”, “Condição Úmida” e “Condição Seca”.

3.4. Cálculos de Densidade

O cálculo das densidades dos corpos de prova de *Khaya senegalensis* e *Khaya grandifoliola* foi realizado seguindo metodologias padronizadas para garantir a precisão e a comparabilidade dos resultados.

A densidade básica de cada corpo de prova foi calculada utilizando a equação 1:

$$\rho_b = \frac{M_0}{V_v} \quad (1)$$

onde,

ρ_b = Densidade básica;

m_0 = Massa de madeira seca em estufa; e

v_v = Volume de madeira saturado em água.

A densidade aparente de cada corpo de prova foi calculada utilizando a equação 2:

$$\rho_{ap} = \frac{M_{ap}}{V_{ap}} \quad (2)$$

onde,

ρ_{ap} = Densidade aparente;

m_{ap} = Massa aparente; e

v_{ap} = Volume aparente.

A densidade anidra de cada corpo de prova foi calculada utilizando a equação 3:

$$\rho_{an} = \frac{M_0}{V_0} \quad (3)$$

onde,

ρ_{anid} = Densidade anidra;

m_0 = Massa de madeira seca em estufa; e

v_0 = Volume de madeira seca em estufa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidades

Para *Khaya senegalensis*, os valores obtidos de densidade básica variaram entre 0,546 g/cm³ e 0,605 g/cm³, com uma média de 0,580 g/cm³. Em comparação, *Khaya grandifoliola* apresentou valores entre 0,376 g/cm³ e 0,463 g/cm³, com uma média de 0,484 g/cm³.

Os valores de densidade aparente da primeira espécie variaram entre 0,680 g/cm³ e 0,747 g/cm³, com uma média de 0,710 g/cm³, enquanto a segunda espécie apresentou valores entre 0,448 g/cm³ e 0,555 g/cm³, com uma média de 0,428 g/cm³.

A densidade anidra de *Khaya senegalensis* variou entre 0,618 g/cm³ e 0,725 g/cm³, com uma média de 0,667 g/cm³. Já *Khaya grandifoliola* teve valores entre 0,418 g/cm³ e 0,551 g/cm³, com uma média de 0,484 g/cm³.

Os valores encontrados nos ensaios foram dispostos conjuntamente nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores obtidos de densidades básica, aparente e anidra dos dezoito corpos de prova de *Khaya senegalensis*:

Espécie	CP	D. básica (g/cm ³)	D. aparente (g/cm ³)	D. anidra (g/cm ³)
<i>K. senegalensis</i>	1	0,546	0,680	0,618
<i>K. senegalensis</i>	2	0,564	0,681	0,663
<i>K. senegalensis</i>	3	0,568	0,691	0,684
<i>K. senegalensis</i>	4	0,573	0,694	0,681
<i>K. senegalensis</i>	5	0,571	0,683	0,671
<i>K. senegalensis</i>	6	0,568	0,686	0,672
<i>K. senegalensis</i>	7	0,578	0,703	0,646
<i>K. senegalensis</i>	8	0,605	0,728	0,673
<i>K. senegalensis</i>	9	0,576	0,701	0,643
<i>K. senegalensis</i>	10	0,588	0,715	0,655
<i>K. senegalensis</i>	11	0,568	0,699	0,631
<i>K. senegalensis</i>	12	0,588	0,708	0,653
<i>K. senegalensis</i>	13	0,594	0,736	0,655
<i>K. senegalensis</i>	14	0,591	0,747	0,656
<i>K. senegalensis</i>	15	0,598	0,725	0,684
<i>K. senegalensis</i>	16	0,587	0,735	0,695
<i>K. senegalensis</i>	17	0,582	0,721	0,701
<i>K. senegalensis</i>	18	0,588	0,745	0,725
Média (g/cm ³)		0,580	0,710	0,667
Desvio Padrão		0,0143	0,0225	0,026
C.V (100%)		2,47	3,17	3,90
Amplitude		0,059	0,067	0,107

Tabela 2. Valores obtidos de densidades básica, aparente e anidra dos dezoito corpos de prova de *Khaya grandifoliola*:

Espécie	CP	D. básica (g/cm ³)	D. aparente (g/cm ³)	D. anidra (g/cm ³)
<i>K. grandifoliola</i>	1	0,426	0,513	0,464
<i>K. grandifoliola</i>	2	0,404	0,494	0,444
<i>K. grandifoliola</i>	3	0,410	0,499	0,450
<i>K. grandifoliola</i>	4	0,412	0,497	0,451
<i>K. grandifoliola</i>	5	0,398	0,480	0,457
<i>K. grandifoliola</i>	6	0,417	0,495	0,469
<i>K. grandifoliola</i>	7	0,456	0,555	0,499
<i>K. grandifoliola</i>	8	0,376	0,448	0,418
<i>K. grandifoliola</i>	9	0,460	0,549	0,499
<i>K. grandifoliola</i>	10	0,427	0,517	0,472
<i>K. grandifoliola</i>	11	0,376	0,448	0,427
<i>K. grandifoliola</i>	12	0,443	0,537	0,490
<i>K. grandifoliola</i>	13	0,435	0,517	0,517
<i>K. grandifoliola</i>	14	0,455	0,544	0,535
<i>K. grandifoliola</i>	15	0,436	0,517	0,512
<i>K. grandifoliola</i>	16	0,463	0,541	0,551
<i>K. grandifoliola</i>	17	0,442	0,550	0,516
<i>K. grandifoliola</i>	18	0,462	0,536	0,547
Média (g/cm ³)		0,428	0,513	0,484
Desvio Padrão		0,0276	0,0326	0,040
C.V (100%)		6,46	6,34	8,28
Amplitude		0,087	0,107	0,133

4.2.Comparação de densidades

O gráfico de barras (Figura 12, 13 e 14) mostram que *Khaya senegalensis* apresenta maiores densidades básica, aparente e anidra em comparação com *Khaya grandifoliola*. Isso pode ser atribuído a estrutura anatômica, composição química e espessura das paredes celulares. Esses fatores combinados podem explicar por que a espécie *Khaya senegalensis* apresentou maiores densidades em relação a *Khaya grandifoliola*.

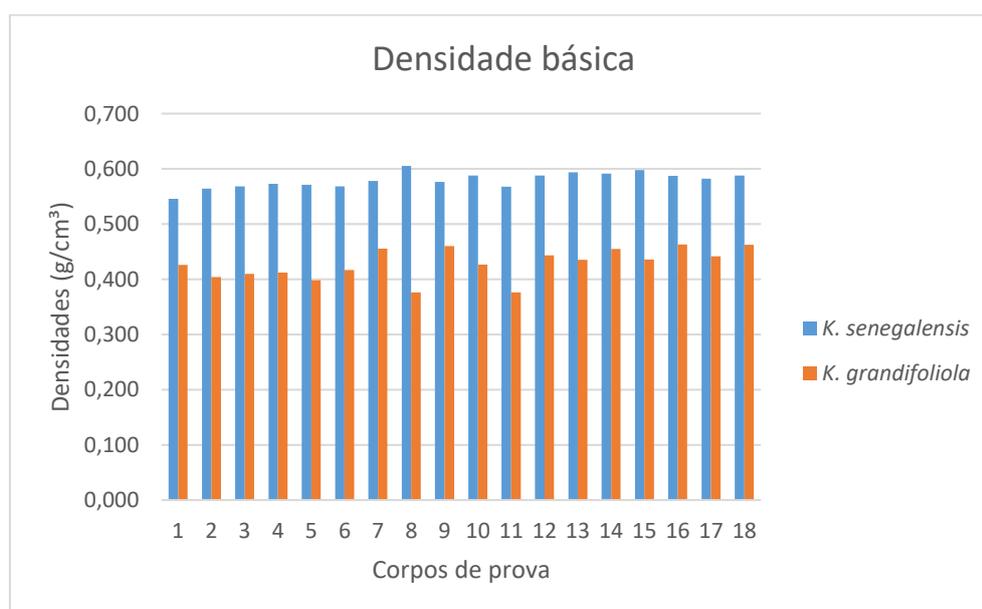


Figura 12. Gráfico de barras de comparação entre as densidades básicas das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.

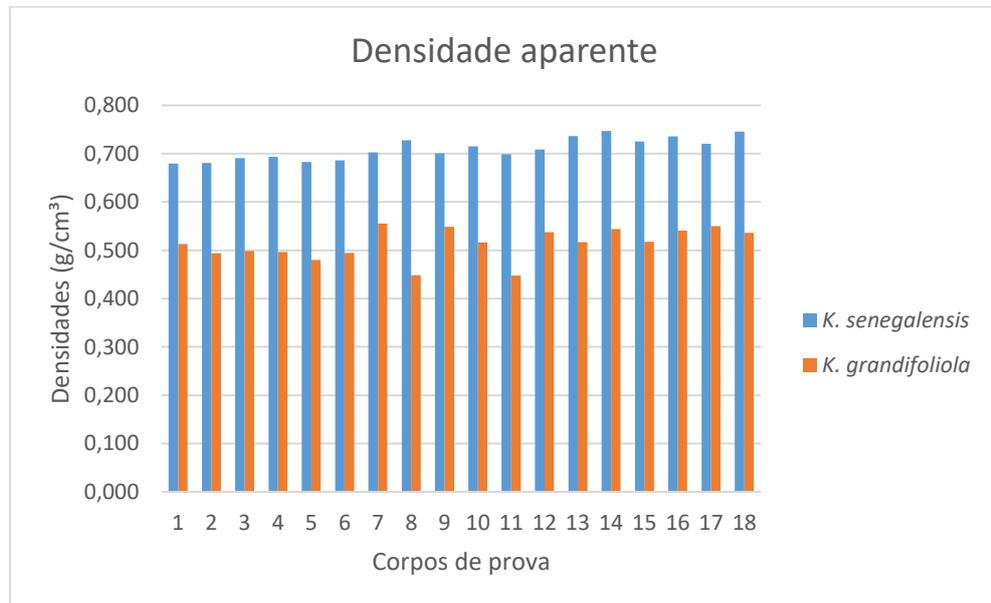


Figura 13. Gráfico de barras de comparação entre as densidades aparente das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.

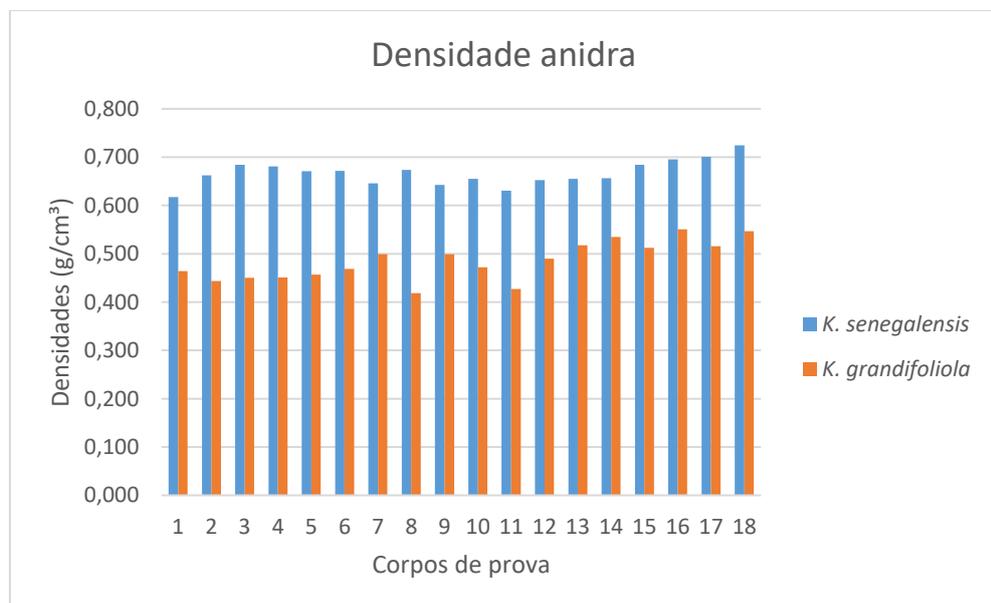


Figura 14. Gráfico de barras de comparação entre as densidades anidra das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.

4.3. Relação entre Densidade Básica e Densidade Aparente

A densidade anidra foi excluída das comparações posteriores devido à sua pouca utilização prática. Embora a densidade anidra possa fornecer informações úteis sobre a composição da madeira, ela não é amplamente utilizada em aplicações práticas e na literatura científica. Por essa razão, optou-se por focar nas densidades básica e aparente, que são mais

comumente empregadas em estudos e aplicações industriais, permitindo uma análise mais relevante e comparável entre as duas espécies de mogno africano

Para *Khaya senegalensis*, o gráfico de dispersão (Figura 15) revelou uma correlação linear positiva com a equação $Y = 1,3074x - 0,0478$ e um R^2 de 0,691, indicando que 69,1% da variação na densidade aparente pode ser explicada pela variação na densidade básica. Este valor sugere uma correlação moderada a forte.

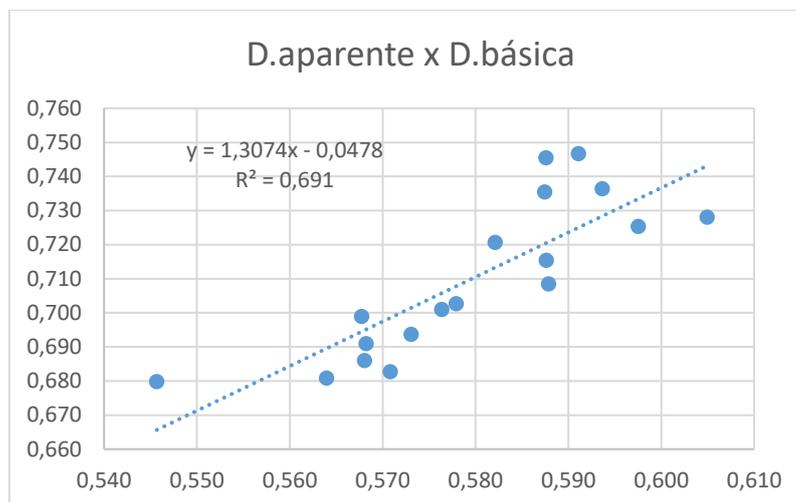


Figura 15. Gráfico de dispersão comparando as densidades aparente e básica da *Khaya senegalensis*. Valores em g/cm^3 . Fonte: Autor, 2024.

Comportamento semelhante foi observado para *Khaya grandifoliola*, com a equação $Y = 1,1338x + 0,0283$ e um R^2 de 0,9266, isso significa que 92,66% da variação na densidade aparente pode ser explicada pela variação na densidade básica, indicando uma correlação muito forte entre as duas variáveis. Esse alto valor de R^2 sugere que a densidade básica é um excelente preditor da densidade aparente para esta espécie (Figura 16).

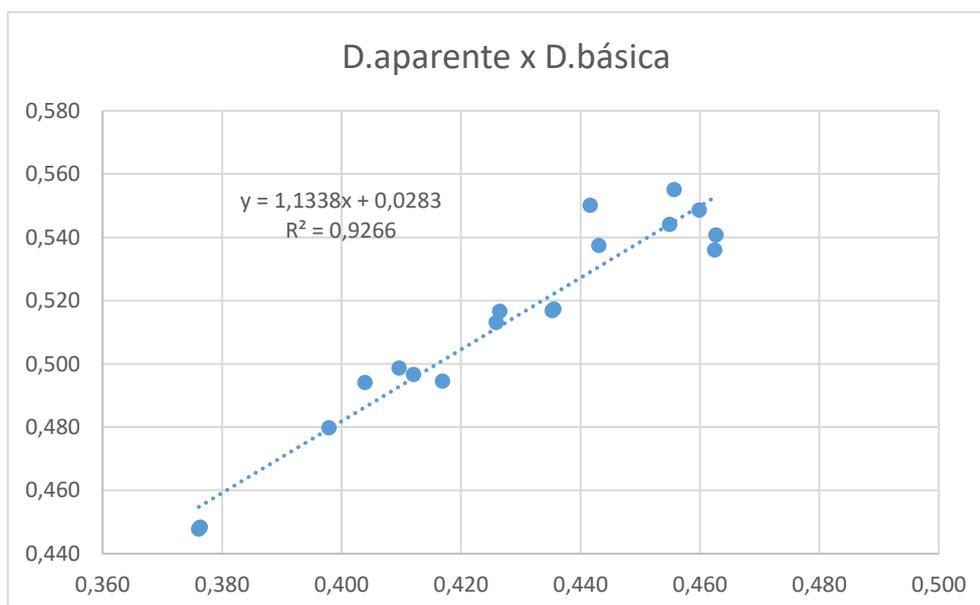


Figura 16. Gráfico de dispersão comparando as densidades aparente e básica da *Khaya grandifoliola*. Fonte: Autor, 2024.

4.4. Relevância das diferenças nas densidades

As diferenças observadas nas densidades são importantes para a escolha das espécies para diferentes aplicações industriais. *Khaya senegalensis*, com suas maiores densidades, é mais adequada para aplicações que requerem madeira de alta resistência e durabilidade. Essas aplicações incluem a fabricação de móveis de alta qualidade, pisos, vigas estruturais e componentes arquitetônicos que exigem resistência mecânica superior. Além disso, a maior densidade torna essa espécie mais resistente a pragas e ao desgaste, prolongando sua vida útil em condições desafiadoras.

Por outro lado, *Khaya grandifoliola*, com suas densidades relativamente menores, pode ser mais apropriada para aplicações que não necessitam de alta resistência, como painéis decorativos, molduras, e produtos onde o peso mais leve da madeira pode ser vantajoso.

A escolha da espécie correta, portanto, depende das especificidades do uso final e das propriedades desejadas no produto acabado.

4.5. Dispersão e variação de valores das densidades básicas e aparentes

O gráfico de dispersão das densidades básica e aparente revela características importantes sobre a variabilidade e a distribuição dessas propriedades na madeira. Observa-se que a densidade básica tem um pico em torno de 0,570 g/cm³, enquanto a densidade aparente apresenta um pico em torno de 0,710 g/cm³. Essa diferença indica que a densidade aparente, em média, é maior que a densidade básica, conforme esperado, uma vez que a densidade aparente considera o volume total, incluindo os poros (Figura 17).

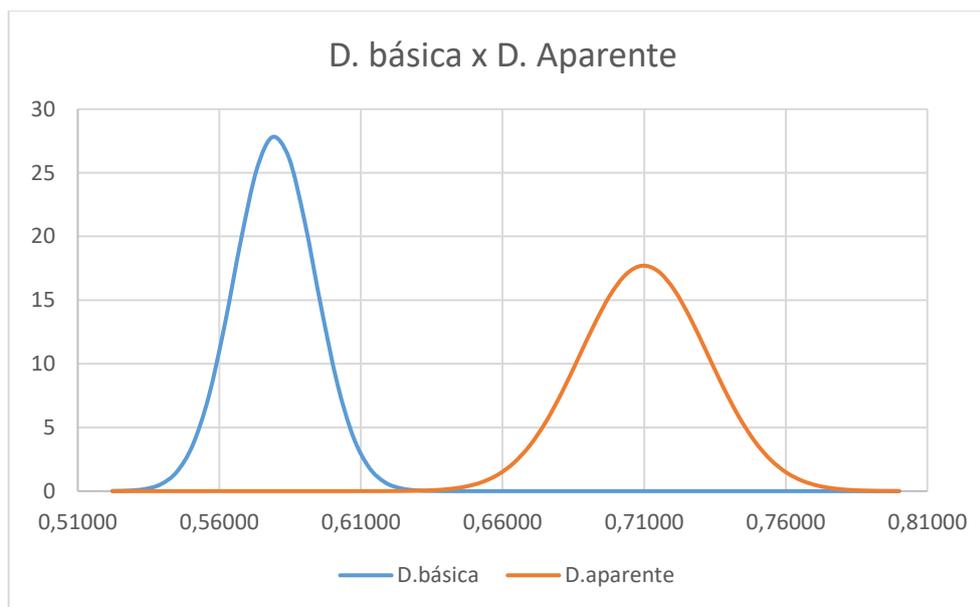


Figura 17. Gráfico de dispersão comparando amplitudes das densidades aparente e básica das duas espécies. Fonte: Autor, 2024.

A amplitude das curvas sugere uma maior uniformidade nos valores de densidade básica em comparação com a densidade aparente. Isso pode ser atribuído à estrutura intrínseca da madeira e à distribuição de seus componentes celulares. A maior variabilidade na densidade aparente pode refletir diferenças na porosidade e outras características físicas que afetam o volume total da madeira.

Essas diferenças observadas na Figura 17 têm implicações práticas significativas. Madeiras com maior densidade aparente são geralmente mais resistentes e duráveis, adequadas para aplicações que requerem alta performance mecânica. Em contrapartida, madeiras com menor densidade básica podem ser mais fáceis de processar e manusear, mas podem não oferecer a mesma durabilidade.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- *Khaya senegalensis* apresentou consistentemente maiores valores de densidade básica, aparente e anidra em comparação com *Khaya grandifoliola*. Isso se dá pela estrutura celular, composição química, idades das árvores.
- As análises de correlação revelaram uma relação linear positiva entre densidade básica e densidade aparente para ambas as espécies.
- As diferenças nas densidades entre as duas espécies têm implicações significativas para suas aplicações industriais. *Khaya senegalensis*, com suas maiores densidades, é mais adequada para usos que requerem alta resistência e durabilidade, como na fabricação de móveis de alta qualidade, pisos e vigas estruturais. Por outro lado, *Khaya grandifoliola* pode ser mais apropriada para aplicações que exigem menor densidade, como painéis decorativos e molduras, onde o peso mais leve é uma vantagem.

Este estudo destacou as diferenças na propriedade física de *Khaya senegalensis* e *Khaya grandifoliola*, fornecendo informações valiosas para a escolha adequada das espécies em diferentes contextos. A continuidade de estudos visando melhoramentos genéticos, propriedades físicas, mecânicas, poderá contribuir ainda mais para o entendimento e a utilização eficiente dessas importantes espécies de mogno africano.

6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: projeto de estruturas de madeiras.** São Paulo, 1997. Disponível em: https://www.academia.edu/34645241/NBR_7190_Projetos_De_Estrutura_De_Madeira

BANDARA, K. M. A.; ARNOLD, R. J. Seed source variation for growth and stem form in the exotic species *Khaya senegalensis* in Sri Lanka. *New Forests*, v. 49, n. 4, p. 489- 510, 2018. DOI: 10.1007/s11056-018-9630-z.

BRAND, M.A. (2010). Propriedades físicas e mecânicas da madeira. *Revista da Madeira*, 20(3), 15-23.

CARVALHO, J. C. de et al. Efeito de tratamentos pré-germinativos e substratos na germinação e crescimento de plântulas de mogno brasileiro e africano. *Biota Amazônia*, v. 6, n. 3, p. 84-88, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n3p84-88>. Acesso em: 05 jun. 2024.

CONSERVATOIRE ET JARDIN BOTANIQUE DE LA VILLE DE GENÈVE AND SOUTH AFRICAN NATIONAL BIODIVERSITY INSTITUTE. African plant database. Pretoria, [2012]. Disponível em: <<https://africanplantdatabase.ch/>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

DIAS, A. H. S.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Avaliação do potencial de germinação do mogno-africano sob diferentes tipos de substrato e períodos de armazenamento. *Informativo ABRATES*, v. 22, n. 1, p. 26-29, 2012.

DIAS, F. M. A densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira. 2000. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente, *Scientia Forestalis*, n.65, p. 102-113, 2004.

EMBRAPA. 2019. Mogno africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112698/mogno-africano-khaya-spp-atualidades-e-perspectivas-do-cultivo-no-brasil>. Acesso em: 02 jun. 2024.

FOELKEL, C. (2009). Caracterização da madeira: importância e métodos de avaliação. *Wood Science Journal*, 12(4), 45-56.

FOELKEL, C.E.B.; Brasil, M.A.M.; Barrichelo, L.E.G. 1971. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, 2/3:67-74.

GONÇALES, J.C. (2005). Utilização da madeira na produção de energia. *Energia & Floresta*, 8(2), 28-35.

HELLMEISTER, J. C. (1982). Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos. 119p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Sociedade Alemã de Cooperação Técnica; 1990. 342p.

LEMMENS, R. H. M. J.; LOUPPE, D. OTENG-AMOAKO, A. A. Timbers 2: Plant Resource of Tropical Africa. Wageningen: PROTA Foundation, 2012. 804p.

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de Eucalipto com diferentes densidades, Revista Árvore, v. 28, n.6, p. 889-894, 2004.

MATIAS, Renan Krupok. Formação de fuste do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) no início da cultura. 2019. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2019.

MONTEIRO, Alexandre; TORRES BRAGA DA SILVA, Bruno; DE FIGUEIREDO LATORRACA, João Vicente. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *CERNE [online]*, v. 16, p. 106-114, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74459381014>. Acesso em: 2 abr. 2024. ISSN: 0104-7760.

MUKAILA, Yusuf Ola; AJAO, Abdulwakeel Ayokun-nun; MOTEETEE, Annah Ntsamaeeng. *Khaya grandifoliola* C. DC. (Meliaceae: Sapindales): Ethnobotany, phytochemistry, pharmacological properties, and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 278, 2021.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. In: LOUPPE, D.; OTENGA-MOAKO, A. A.; BRINK, M. (Eds.). *Plant resources of Tropical Africa*. Wageningen: PROTA Foundation, 2008.

OLIVEIRA, Ramon F. Análise das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *khaya grandifoliola* c. dc. proveniente da região amazônica brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Espírito Santo, 2019. Disponível em: https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc_ramon_f_oliveira.pdf. Acesso em: 05 jun. 2024.

OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola* C.DC. In: Louppe, D., Oteng-Amoako, AA & Brink, M. (Editores). PROTA (Recursos Vegetais da África Tropical / Recursos vegetais de l'Afrique tropicale), Wageningen, Holanda, 2008. Disponível em: [https://uses.plantnetproject.org/en/Khaya_grandifoliola_\(PROTA\)](https://uses.plantnetproject.org/en/Khaya_grandifoliola_(PROTA)). Acessado em: 6 de set. de 2023.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. *Textbook of wood technology*. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1982. 722 p.

PINHEIRO A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.). Viçosa: Sociedade de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.

POORTER, Lourens (Ed.). *Biodiversity of West African forests: an ecological atlas of woody plant species*. CABI, 2004.

PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (Ed.). The CABI encyclopedia of forest trees. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.

REZENDE, M. A.; FERRAZ, E. S. B. ; ESCOBEDO, J. F. . Retrabildade Volumétrica e Densidade aparente da madeira em função da umidade.. IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Cessou em 1995. Cont. ISSN 1413-9324 Scientia Forestalis) , Piracicaba, v. 39, p. 40-43, 1988.

SciELO Brasil. Moura, L. C., Zanchetta, D., & Luca, E. F. (2011). Aptidão edafoclimática para o mogno-africano no Brasil. Gestão, sustentabilidade e enriquecimento da flora nativa em floresta plantada de eucalipto. In *Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 7.*, 2011, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: FIRJAN, 2011.

Selva Florestal. (n.d.). Sustentabilidade e reflorestamento: O mogno africano como protagonista. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509831606>. Recuperado em 27 de julho de 2024.

SOARES, Bruno Charles Dias. Densidade: tipos, variabilidade e relações com a secagem. *Revista Opiniões*, 2021. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/20-densidade-tipos-variabilidade-e-relacoes-com-se/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

ZANETTI, R. (2013). Aplicações industriais da madeira: desafios e perspectivas. *Revista de Tecnologia da Madeira*, 15(1), 33-41.

* * *