



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

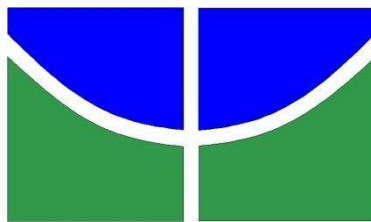
**DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS
SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO**

Carla Caroline Venanço de Sousa

Brasília, 12 de dezembro de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

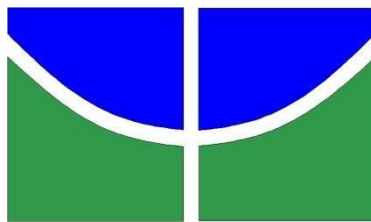
**DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS
SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO**

Carla Caroline Venanço de Sousa

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale
Coorientador: Peter Wimmer

Brasília-DF, 12 de dezembro de 2023.



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO

Estudante: Carla Caroline Venanço de Sousa

Matrícula: 19/0104112

Orientador: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Menção: _____

Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal - EFL
Orientador

Dr. Peter Wimmer
Laboratório de Produtos Florestais – LPF
Membro da Banca

Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Brasília-DF, 12 de dezembro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

VENANÇO DE SOUSA, CARLA CAROLINE.

DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO, 2023.

59 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2023).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Florestal

- | | |
|----------------|--------------------------|
| 1. Torneamento | 2. Modelo preditivo |
| 3. ASTM D 1666 | 4. Caracteres anatômicos |
| I. EFL/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUSA, C. V. (2023). **DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 59 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Carla Caroline Venanço de Sousa

TÍTULO: *Desempenho de espécies tropicais brasileiras submetidas a ensaios de torno.*

GRAU: Engenheira Florestal

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Carla Caroline Venanço de Sousa
carlavenanco@gmail.com

Dedico este trabalho ao meu marido, à minha família, e as minhas amizadas pela constante inspiração, apoio e fonte de amor infinito. Esta conquista é dedicada a cada um de vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, fonte inesgotável de sabedoria e força, por guiar cada passo desta jornada acadêmica e por ser a luz que ilumina meu caminho, sua presença foi meu alicerce.

Ao meu amado marido, agradeço por seu amor incondicional, compreensão, incentivo, por estar comigo nos momentos difíceis, me dando conforto, força e por sempre me ajudar, foi muito importante para que fosse possível a realização deste trabalho, eu sou muito grata por ter você ao meu lado todos os dias da minha vida.

Aos meus pais, irmãos e demais familiares, que sempre acreditaram no meu potencial e me apoiaram, vocês são um tesouro que valorizo a cada dia mais. Eu sei que posso contar com vocês seja nos momentos alegres ou nos desafios em que enfrentamos.

Às minhas queridas amigas, em especial a Ana Paula e a Joyce, que compartilharam comigo risos, desafios e conquistas, agradeço por serem a rede de apoio durante toda a jornada acadêmica. Também agradeço a Luiza e a Joelma que foram cruciais nesta fase de trabalho final.

Ao departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, expresso minha sincera gratidão por proporcionarem um ambiente acadêmico propício ao aprendizado e à pesquisa. O comprometimento com a excelência educacional foi fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Instituto Federal de Brasília, campus Samambaia, pela assistência fundamental durante a realização do meu trabalho, onde, sem o apoio da equipe, a conclusão deste trabalho teria sido desafiadora.

Aos meus dedicados orientadores, Ailton e Peter, expresso minha profunda gratidão. Suas orientações sábias, paciência e comprometimento foram fundamentais para o desenvolvimento desta monografia.

Um agradecimento especial aos professores Eder e José Henrique que se prontificaram para me ajudar, ao dedicado pessoal do Laboratório de Produtos Florestais, agradeço pela colaboração e apoio indispensáveis para a realização das pesquisas e experimentos, e ao pessoal da banca pelo tempo dedicado a avaliação do meu trabalho.

Este trabalho é o resultado de esforços coletivos, e agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para o seu desenvolvimento. Que este momento de conclusão seja apenas o início de novas conquistas.

RESUMO

Sousa, Carla Venanço (SOUSA, C. V.) **DESEMPENHO DE ESPÉCIES TROPICAIS BRASILEIRAS SUBMETIDAS A ENSAIOS DE TORNO**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

No presente trabalho foram realizados ensaios de torno em 34 espécies nativas do Bioma Amazônico, além de duas espécies nativas pertencentes à Mata Atlântica e três espécies exóticas. Foram relacionados os resultados obtidos do desempenho do acabamento superficial dos corpos de prova com os caracteres anatômicos e propriedades da madeira, como a densidade básica, orientação da grã, textura e porosidade. Para o teste de torno, foram confeccionadas 5 corpos de prova para cada espécie obedecendo às dimensões de 2 x 2 x 15cm (largura x espessura x comprimento), e o ensaio foi conduzido utilizando um torno mecânico com 2500 RPM, e uma fresa cujo perfil foi pré-estabelecido pela norma. Após o teste, foi realizada a caracterização dos defeitos encontrados e os corpos de prova foram avaliados por quatro pessoas distintas, considerando a norma ASTM D 1666-87. Das 39 espécies ensaiadas, 17 apresentaram bons resultados, em que a única espécie que obteve nota média igual a 1 foi a *Chamaecrista scleroxylon*, além disso, 19 espécies tiveram desempenho regular, com nota média 3, e as espécies *Dipteryx odorata*, *Dipteryx magnifica* apresentaram nota 4 (quatro) na avaliação do acabamento superficial, enquanto a espécie *Sterculia excelsa* foi a única que obteve nota média igual a 5 (cinco). Através do coeficiente de variação calculado para as avaliações realizadas, observou-se que a maioria das espécies apresentou coeficiente de variação médio, sugerindo uma dispersão moderada em relação à média, no entanto, algumas espécies se destacaram com coeficiente de variação considerado alto a muito alto, o que sugere uma heterogeneidade entre os corpos de prova. A correlação de Pearson revelou que a textura foi a variável mais significativa dentre as outras variáveis estudadas, demonstrando, a relação deste caractere com o desempenho obtido para o acabamento superficial. Com base nessa relação, foi possível confeccionar um modelo preditivo do acabamento superficial de espécies madeireiras utilizando os dados da textura e as avaliações obtidas após o ensaio de torno realizado nos corpos de prova, onde obteve-se um modelo com limitações, mas que funciona como uma ferramenta para previsão do desempenho frente a ensaios de torno.

Palavras-chave: Torneamento; Madeira; Acabamento superficial; Modelo preditivo;

ABSTRACT

Sousa, Carla Venanço (SOUSA, C. V.) **PERFORMANCE OF BRAZILIAN TROPICAL SPECIES SUBJECTED TO TURNING TESTS.** Monograph (Forest Engineering Degree) – University of Brasília, Brasília, DF.

In the present study, turning tests were conducted on 34 native species from the Amazon biome, as well as two native species belonging to the Atlantic Forest and three exotic species. The results of the surface finish performance of the test specimens were correlated with anatomical characteristics and wood properties, such as basic density, grain orientation, texture, and porosity. For the turning test, 5 test specimens were prepared for each species, following dimensions of 2 x 2 x 15 cm (width x thickness x length). The test was conducted using a mechanical turning machine at 2500 RPM and a cutter whose profile was pre-established by the standard. After the test, the defects found were characterized, and the test specimens were evaluated by four different individuals, following ASTM D 1666-87 standard. Out of the 39 species tested, 17 showed good results, with *Chamaecrista scleroxylon* being the only species to receive an average score of 1. Additionally, 19 species showed moderate performance, with an average score of 3, and *Dipteryx odorata* and *Dipteryx magnifica* received a score of 4 in surface finish evaluation, while *Sterculia excelsa* was the only species with an average score of 5. The coefficient of variation calculated for the evaluations revealed that most species had a moderate coefficient of variation, suggesting a moderate dispersion around the mean. However, some species stood out with a considered high to very high coefficient of variation, indicating heterogeneity among the test specimens. Pearson's correlation revealed that texture was the most significant variable among the studied variables, demonstrating its relationship with the performance in surface finish. Based on this relationship, a predictive model of the surface finish of wood species was developed using texture data and evaluations obtained after the turning test on the test specimens. The model has limitations but serves as a tool for predicting performance in turning tests.

Keywords: Turning; Wood; Surface finish; Predictive model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de grãos da madeira. Fonte: Coradin et al. (2010).....	20
Figura 2. Tipos de texturas da madeira observadas em um aumento de 1000 µm. a) textura fina (<i>Pouteria</i> sp.) e; b) textura grossa (<i>Diploporia</i> sp.). Fonte: JÁCOME (2019).....	21
Figura 3. Tipos de porosidade da madeira, onde: a) porosidade difusa (<i>Jacaranda copaia</i>); b) porosidade em anel semi-poroso (<i>Cedrela odorata</i>); c) porosidade em anel poroso (<i>Quercus robur</i>). Fonte: LPF (2023).....	22
Figura 4. Mesas laterais “Umbrella” e Mesa de Centro “Solar” que foram expostas no Salão do Móvel de Milão (iSaloni) no projeto <i>Brazilian Furniture</i> em 2019, com design da Lazz Interni e assinado por Vinicius Siega. Fonte: www.google.com	25
Figura 5. Instrumentos musicais torneados, onde: A) Barriletes; B) Flauta Doce; C) Batuta de Maestro; D) Boquilha de Clarinete. Fonte: https://www.instagram.com/eduardomontor/	25
Figura 6. Exemplos de tipos de defeitos normalmente observados após torneamento da madeira, onde se destaca a aspereza que é representada pela <i>Khaya grandifoliola</i> (1° CP), arranchamento de grã observada em <i>Protium sagotianum</i> (2° CP) e arpejamento das fibras em <i>Dipteryx odorata</i> (3° CP).....	26
Figura 7. Corpos de prova representando parte das espécies.	30
Figura 8. Torno mecânico empregado nos ensaios.	31
Figura 9. Fresa utilizada para os ensaios de torno.....	31
Figura 10. Corpos de prova após a realização do ensaio de torno.	32
Figura 11. Análise visual e classificação da qualidade dos corpos de prova ensaiados realizada por um dos avaliadores.	33
Figura 12. Espécies que obtiveram as notas 1 e 2 na avaliação do acabamento, seguindo a ordem da esquerda para a direita, temos: <i>Martiodendron elatum</i> , <i>Peltogyne lecointei</i> , <i>Handroanthus incanus</i> , <i>Terminalia amazonia</i> e <i>Chamaecrista scleroxylon</i>	38
Figura 13. Espécies que obtiveram notas 3, 4 e 5 na avaliação do acabamento, seguindo a ordem da esquerda para direita, temos: <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Balizia elegans</i> , <i>Dipteryx magnifica</i> , <i>Sterculia excelsa</i> e <i>Dipteryx odorata</i>	38
Figura 14. Gráfico de resíduos (Erro em porcentagem x Acabamento estimado).	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de espécies empregadas no estudo.....	28
Tabela 2. Classificação da análise visual da qualidade da superfície da madeira torneada. ...	34
Tabela 3. Vinculação dos elementos anatômicos	35
Tabela 4. Médias das notas das avaliações do acabamento superficial e coeficiente de variação por espécie e por avaliador.....	37
Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas no estudo.	41
Tabela 6. Resultado da análise de regressão para a avaliação do acabamento superficial em relação às características anatômicas e a densidade.	42
Tabela 7. Resultado da análise de regressão para a avaliação do acabamento em relação à textura.	42
Tabela 8. Estimativa para a avaliação do acabamento superficial com base na textura previamente identificada na madeira.	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Caracterização anatômica e densidade básica das espécies empregadas no ensaio de torno.....	50
Anexo 2. Dados obtidos para o modelo preditivo do acabamento.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
NBR	Norma Brasileira
LPF	Laboratório de Produtos Florestais
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
IFB	Instituto Federal de Brasília
DB	Densidade básica
CV	Coefficiente de variação

1. INTRODUÇÃO	14
2.OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Trabalhabilidade da madeira	16
3.2 Propriedades da madeira que influenciam a trabalhabilidade.....	17
3.2.1 Densidade	18
3.2.2 Orientação da grã, textura e porosidade	19
3.3 Tipos de defeitos observados na usinagem.....	22
3.4 Torneamento em madeira	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Local de realização do projeto	28
4.2 Espécies de madeira e preparo dos corpos de prova	28
4.3 Uso do torno	30
4.4 Identificação das propriedades anatômicas e físicas das espécies madeireiras.....	32
4.5 Qualificação das superfícies torneadas.....	33
4.5.1 Análise estatística.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

Existe uma diversidade de espécies arbóreas em todo o mundo, refletindo-se em uma grande variedade de madeiras, assim cada espécie madeireira apresenta características físicas, anatômicas, químicas e mecânicas singulares que desempenham um papel fundamental no uso final da madeira bruta como um produto finalizado, seja na forma sólida, *in natura* ou transformada.

A maneira mais utilizada para se dar forma à madeira sólida, de acordo com Childs et al., (2000), é a usinagem, nomenclatura utilizada para se referir a diversos processos de beneficiamento da madeira. Entre eles tem-se o processo de torneamento, utilizando-se o torno mecânico, que consiste em rotacionar uma peça de madeira em alta velocidade e lentamente introduzir uma ferramenta de corte no corpo da peça trabalhada para alcançar as formas desejadas.

Todavia, não se pode presumir que todas as variedades de madeira são adequadas para o processamento por torno mecânico. Para tanto, é necessário realizar estudos mais aprofundados das características específicas de cada espécie, a fim de determinar quais são as mais adequadas para a utilização deste maquinário. Dessa forma, a escolha da madeira apropriada é fundamental para garantir que ela possa ser trabalhada da maneira desejada, e que haja qualidade no produto final.

Deste modo, os testes de torneamento desempenham um papel importante na avaliação da qualidade da madeira destinada à produção de peças torneadas como móveis de design, instrumentos musicais, artigos de luxo e entre outros, exercendo influência direta no tempo de finalização e na qualidade do produto resultante.

Assim, torna-se evidente a relevância de identificar espécies que possuam a capacidade de serem processadas de maneira rápida e eficiente, uma vez que uma menor quantidade de etapas no processo produtivo se traduz em maiores ganhos financeiros para a indústria. No entanto, apesar desta grande relevância, o torneamento é uma técnica muito pouco difundida e estudada no meio acadêmico e por pesquisadores (Dias Júnior et al., 2014).

Portanto, a avaliação do desempenho de espécies tropicais brasileiras submetidas a ensaios de torno é necessária, já que permite identificar quais espécies são mais adequadas para esse tipo de beneficiamento e quais cuidados devem ser tomados para garantir a qualidade das peças produzidas. Além disso, a escolha correta da espécie de madeira e a aplicação adequada dessa técnica de usinagem podem contribuir para a produção de peças

mais resistentes, duráveis e esteticamente atraentes, atendendo às necessidades do mercado e às demandas dos consumidores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar um conjunto de espécies e o desenvolvimento de um modelo preditivo para avaliar o desempenho de espécies madeireiras submetidas a ensaios de torno através da análise de características físicas e anatômicas e propriedades da madeira, identificando a variável mais significativa em relação ao acabamento superficial.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho de um conjunto de espécies madeireiras submetidas a ensaios de torno;
- Determinar um modelo preditivo do acabamento superficial a partir de algumas características físicas e anatômicas,
- Recomendar espécies que não apenas apresentam bons resultados nos ensaios, mas também sejam economicamente viáveis para processos industriais de torneamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Trabalhabilidade da madeira

O termo trabalhabilidade ou usinagem refere-se ao grau de facilidade de processar a madeira mediante o uso de instrumentos, tendo como objetivo não somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto for possível (Burger & Richter, 1991).

De acordo com Tibúrcio (2009), o estudo da usinabilidade tem como objetivo investigar as propriedades de processamento de um material em particular. Isso envolve a capacidade de manipular o material em formas e tamanhos específicos, com uma qualidade superficial aceitável, por meio de operações de corte.

Entender a maneira correta de usinar uma determinada espécie de madeira é crucial, uma vez que isso acarreta implicações econômicas substanciais. Isso se reflete na redução de perdas decorrentes da necessidade de introduzir uma etapa adicional de usinagem, ao mesmo tempo em que aprimora a qualidade da superfície da madeira. Esse aprimoramento contribui para o aumento do valor agregado do material, como destacado por Carvalho et al. (2010).

Quando a madeira é utilizada na fabricação de móveis, assoalhos, esquadrias e outros produtos que exigem uma elevada qualidade de superfície, uma usinagem precisa e bem executada melhora consideravelmente o seu desempenho frente aos processos de acabamento superficial. Isso não apenas otimiza a eficiência da operação, tornando-a economicamente viável, mas também ressalta a importância do conhecimento aprofundado das propriedades da madeira, dos parâmetros de usinagem e suas complexas interações, conforme foi evidenciado por Silva et al. (2005).

Neste sentido, deve-se assegurar que a madeira possua uma usinabilidade que esteja em sintonia com os requisitos de qualidade, custo e produtividade. Dessa forma, realizar investigações específicas com o intuito de analisar de que maneira as propriedades de diferentes espécies de madeira influenciam sua capacidade de ser usinada, como indicado por Csánády et al. (2019), torna-se indispensável. Esses estudos não apenas proporcionam informações valiosas para otimizar os processos de usinagem, mas também podem orientar decisões estratégicas relacionadas à seleção e aplicação de determinadas espécies de madeira em contextos específicos.

O campo de ação dos ensaios de usinagem engloba uma variedade de testes, incluindo os testes de plaina, rasgo, lixa, fendilhamento por pregos, furação, e, por fim o torneamento (Dias Júnior et al., 2014). Estes ensaios são especificamente aplicados para madeira serrada, e são conduzidos de maneira precisa e economicamente viável.

3.2 Propriedades da madeira que influenciam a trabalhabilidade

Segundo Carvalho et al. (2010) a madeira é um material heterogêneo, caracterizado pela presença de diversos tipos de células, cada uma adaptada para desempenhar funções específicas, em que as diferenças em sua composição química, física e anatômica são consideráveis entre as espécies de madeira.

Dessa forma, os estudos anatômicos oferecem a possibilidade de não apenas identificar espécies madeireiras, mas também fornecer informações cruciais sobre a estrutura do lenho. Isso possibilita a compreensão das relações entre o lenho e as características globais da madeira, especialmente em relação à resistência mecânica, a permeabilidade, a resistência natural e a permeabilidade, como evidenciado por Silva et al. (2007).

As características físicas e mecânicas da madeira desempenham um papel fundamental nas aplicações específicas a qual ela será destinada. Além disso, quando consideramos aspectos econômicos, estéticos, durabilidade natural, trabalhabilidade e outros fatores, as diferentes espécies de madeira podem ser classificadas e agrupadas com base na adequação para determinados usos, como destacado por Araújo (2020). Essa abordagem holística na classificação das madeiras destaca a importância de compreender suas propriedades para garantir uma seleção adequada em diferentes contextos de aplicação.

Kininmonth e Whitehouse (1991) afirmaram que a qualidade obtida não é um aspecto pontual e sim uma relação ampla de todas as propriedades do material trabalhado. Contudo, é importante verificar a variação dessas propriedades através de medições no âmbito macro e microscópico.

Assim, saber como a madeira se comporta durante o processo de usinagem e conhecer suas propriedades é fundamental para usá-la corretamente. Além disso, esse conhecimento nos ajuda a selecionar as espécies de madeira mais adequadas, escolher os equipamentos e ferramentas mais apropriados para cada tipo de trabalho, sendo assim, a qualidade da usinagem depende muito das características intrínsecas da madeira, sendo elas a estrutura física e anatômica da madeira.

De acordo com Silva et al. (2005), as variações das propriedades da madeira no sentido da medula à casca se apresentam em diferentes intensidades, dependendo da espécie utilizada, idade da árvore, tempo e forma de armazenamento, entre outros, a otimização do aproveitamento da madeira ocorre com esse conhecimento da variação radial existente, bem como a sua interação com as diferentes operações de usinagem.

3.2.1 Densidade

A densidade da madeira, segundo Chauhan et al., (2006) emerge como um indicador robusto de qualidade, sendo uma característica resultante da interação de vários fatores. Essa propriedade física não apenas varia entre diferentes espécies, mas também dentro de uma mesma espécie e até mesmo dentro de uma única árvore, nos sentidos radial e axial.

Valério et al. (2008) relatam que a densidade da madeira é influenciada por vários fatores, entre eles idade, procedência, local de origem, espaçamento, taxa de crescimento entre gêneros e espécies. À medida que o peso específico aumenta, elevam-se proporcionalmente a resistência mecânica e a durabilidade e, em sentido contrário, diminuem a permeabilidade a soluções preservantes e a trabalhabilidade (Lucas Filho, 2004).

As variações na massa específica são influenciadas pelas alterações na proporção dos vasos e nas espessuras das paredes celulares das fibras. A elevação dessa propriedade pode decorrer não apenas do aumento da espessura da parede celular das fibras, mas também de um aumento na proporção das fibras em relação à proporção de vasos, evidenciando a complexidade dos fatores envolvidos, como evidenciado por Oliveira e Silva (2003). Por outro lado, inversamente, um aumento na proporção de vasos, seja com ou sem redução na espessura da parede celular, resulta em sua diminuição, destacando a interconexão entre esses parâmetros.

A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore (Foelkel; Brasil; Barrichelo, 1971).

Assim, sendo, conforme apontado por Shimoyama e Barrichelo (1991), a densidade básica da madeira é amplamente reconhecida como um dos parâmetros mais significativos na avaliação da sua qualidade. Além de ser facilmente determinada, essa propriedade está intrinsecamente relacionada a outras características da madeira. Segundo Silva (2002), a sua importância reside não apenas na praticidade da mensuração intrinsecamente relacionada a

outras características da madeira, mas também na sua complexa combinação com os constituintes anatômicos da madeira, tornando-a uma propriedade física crucial para a trabalhabilidade do material.

Destaca-se que a densidade básica não é apenas um indicador isolado, ela desempenha um papel importante como parâmetro qualitativo devido à sua correlação direta com as propriedades mecânicas e as características anatômicas da madeira, e esta pode ser determinada através da relação entre a massa seca a 0% de umidade e o volume verde, ou pela relação com o máximo teor de umidade (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003). Além disso, a densidade básica apresenta variações devido a diferenças na estrutura e a presença de substâncias extrativas na madeira, sendo que a estrutura é caracterizada pela quantidade proporcional de diferentes tipos de células (Costa, 2006).

De acordo com Burger e Richter (1991), madeiras caracterizadas por ter baixa densidade podem ser excessivamente macias, apresentando dificuldades na obtenção de superfícies lisas, em contrapartida, espécies com alta densidade são mais difíceis de serem trabalhadas, pois tendem a ser mais duras, ocasionando desgaste nas ferramentas utilizadas. Além disso, a presença de substâncias como a sílica nas células dessas madeiras pode tornar o aproveitamento da madeira antieconômico, devido aos danos que essas substâncias podem causar nos equipamentos. Essa inter-relação entre densidade e facilidade de trabalhabilidade destaca a complexidade na seleção e utilização de diferentes tipos de madeira em aplicações práticas.

3.2.2 Orientação da grã, textura e porosidade

A grã da madeira está intrinsecamente ligada ao sentido das fibras, vasos e traqueídes na madeira em relação ao eixo de crescimento da árvore. De maneira prática, ao rachar uma peça de madeira na direção longitudinal, ela se parte seguindo a direção dos elementos anatômicos, ou seja, na direção da grã, conforme apontado por Melo (2002).

Ainda em conformidade com Melo (2002), os padrões de grã podem ser divididos em grã direita e grã irregular. Na grã direita, os elementos anatômicos estão alinhados paralelamente à direção longitudinal do tronco ou da peça serrada, sendo essa orientação comum e preferível, pois resulta em madeira serrada de alta qualidade, tanto em termos de resistência estrutural quanto de facilidade de processamento primário e secundário, além de

proporcionar estabilidade dimensional durante a secagem. Por outro lado, na grã irregular, os elementos anatômicos podem estar dispostos de forma inclinada, em espiral, ondulada ou entrecruzada em relação ao eixo longitudinal do tronco. Este tipo de grã exibe uma ampla gama de comportamentos, o que dificulta sua caracterização. No entanto, essa variedade proporciona padrões decorativos muito interessantes, sendo explorada especialmente quando o aspecto visual é um critério crucial na escolha de uma espécie de madeira específica.

De acordo com Burger e Richter (1991), no que diz respeito à trabalhabilidade, a orientação da grã da madeira fornece uma ideia da facilidade de obtenção de um acabamento superficial de qualidade nas peças. Madeiras com grã direta não apresentam dificuldades ao serem trabalhadas, porém madeiras com grã irregular podem apresentar superfícies ásperas nas regiões onde o instrumento passou em sentido contrário à direção das fibras (Figura 1). Assim, é importante destacar que a influência da orientação da grã na trabalhabilidade vai além da estética, impactando diretamente na eficiência do processo de acabamento.



Figura 1. Tipos de grãs da madeira. Fonte: Coradin et al. (2010)

Por outro lado, textura é o termo utilizado para se referir ao efeito produzido na madeira pelas dimensões, distribuição (organização) e porcentagem dos diversos elementos estruturais que compõem o lenho no seu conjunto (Botosso, 2011). No caso da madeira das angiospermas (ou folhosas), essa característica é determinada, sobretudo, pelo diâmetro dos vasos (poros) e largura dos raios, já para as gimnospermas (ou coníferas), a textura é determinada pelo maior ou menor contraste (nitidez), espessura e regularidade dos anéis de crescimento, dessa forma, as madeiras que possuem textura mais fina apresentam superfícies mais lisas e uniformes (Figura 2), que é ideal para usos onde um bom acabamento é essencial, enquanto aquelas madeiras de superfície mais ásperas possuem texturas mais grossas (Melo, 2002).

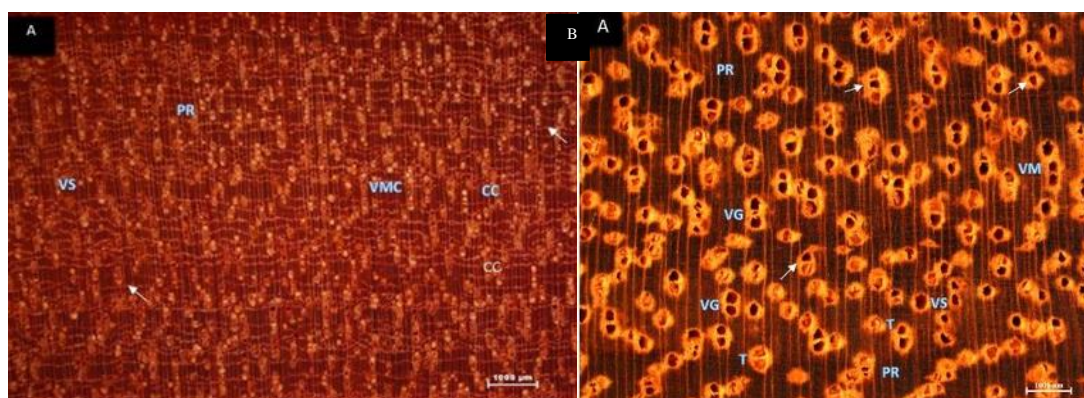


Figura 2. Tipos de texturas da madeira observadas em um aumento de 1000 μm . a) textura fina (*Pouteria* sp.) e; b) textura grossa (*Diptotropis* sp.). Fonte: JÁCOME (2019).

Enfim, em conformidade com Botosso (2011), a porosidade refere-se ao tipo de dispersão dos vasos, quando observados em seção transversal da amostra de madeira (Figura 3), podendo esta ser: difusa que é quando os poros (vasos) apresentam-se dispersos de forma aproximadamente uniforme pelo lenho, independentemente do limite dos anéis de crescimento; anel poroso quando os poros de maior diâmetro se apresentam dispostos de forma concêntrica no tronco, sendo os de maior diâmetro localizados no lenho tardio; e anel semiporoso quando observa-se a presença de poros de maior diâmetro tangencial no lenho inicial e gradativa diminuição do diâmetro dos poros no lenho tardio (final do anel de crescimento).

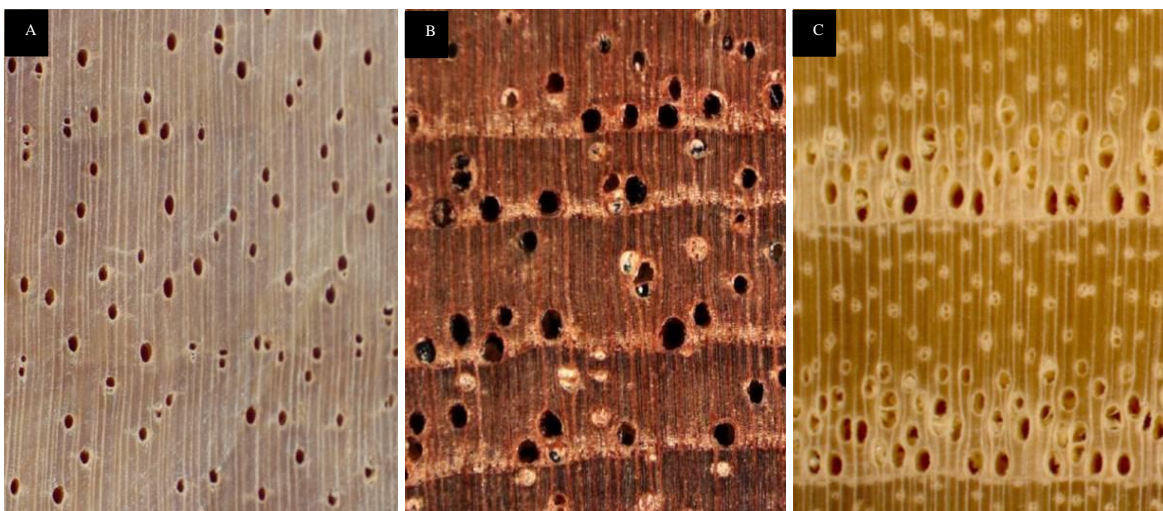


Figura 3. Tipos de porosidade da madeira, onde: a) porosidade difusa (*Jacaranda copaia*); b) porosidade em anel semi-poroso (*Cedrela odorata*); c) porosidade em anel poroso (*Quercus robur*). Fonte: LPF (2023).

Ademais, conforme apontado por Lucas Filho (2004) é importante destacar que alguns defeitos naturais inerentes à madeira exercem influência significativa sobre o desempenho dos processos de usinagem. Dentre os principais defeitos da madeira que podem afetar a utilização industrial da madeira, destacam-se as variações na largura dos anéis de crescimento, crescimento excêntrico, presença de lenho de reação, nós, tecidos de cicatrização, defeitos na forma do tronco, defeitos de secagem, defeitos durante o processamento e a influência de agentes físicos e bióticos.

Adicionalmente, conforme apontado por Silva et al. (2005), é crucial considerar o comportamento anisotrópico da madeira, caracterizado pela variação das propriedades mecânicas e físicas em função da direção em que uma força é aplicada, dessa forma, a madeira pode ser usinada em diferentes planos e de diferentes maneiras em razão da direção e sentido de ataque da ferramenta em relação às fibras. Esse fenômeno destaca a importância de compreender a natureza anisotrópica ao realizar processos de usinagem, uma vez que suas propriedades podem diferir significativamente em diferentes direções.

3.3 Tipos de defeitos observados na usinagem

Após a usinagem da madeira, o ideal é que as peças trabalhadas obtenham uma superfície de boa aparência, para que se possa realizar o acabamento com vernizes e tintas, por exemplo, porém, mesmo após processamento secundário, algumas irregularidades na superfície ainda são visíveis na superfície da madeira.

Compreende-se, que os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão intrinsecamente relacionados a uma série de parâmetros interligados. Dentre esses fatores, Sofuoglu (2016) e Paul et al. (2019) destacam as variações nas propriedades da madeira, as condições das máquinas, o estado das ferramentas de corte e o treinamento do operador. É imperativo considerar que as condições das máquinas, incluindo desgaste dos componentes, balanceamento e alinhamento, desempenham um papel crucial na prevenção de defeitos durante a usinagem. A conservação do gume de corte e a escolha adequada das ferramentas também são fatores determinantes, influenciando diretamente na precisão e na eficácia do processo. Não menos importante, o treinamento do operador, abrangendo a correta regulagem e ajuste das máquinas, desempenha um papel essencial na minimização de defeitos.

As irregularidades, resultantes da ação da ferramenta de corte, se manifestam na forma de cavidades que são abertas nas diversas células constituintes do tecido lenhoso. O tamanho e a profundidade dessas cavidades são influenciados por uma variedade de fatores que se relacionam tanto com as características intrínsecas da madeira, como sua dureza, abrasividade, orientação da grã e resistência mecânica, quanto com os parâmetros do processo de corte, tais como altura e profundidade de corte, velocidade de corte e de alimentação, e etc., como apontado por Lucas Filho (2004).

Tendo isso em mente, os principais defeitos encontrados em peças de madeira após ensaios de usinagem, são a marca de cavacos, fibra felpuda ou arpejiamento da superfície, levantamento de fibras e arrancamento de fibras. Segundo a norma ASTM D 1666-87 (*reaprovado em 1999*), a marca de cavacos (*Chip marks*) são marcas de dentes rasos gerados na superfície da madeira em função dos cavacos que aderem às lâminas, a fibra felpuda (*Fuzzy grain*) são grupos de fibras que não foram muito bem cortadas pela ferramenta de corte estando estas acima do nível geral da superfície, o levantamento de fibras (*Raised grain*) é uma condição áspera da superfície da madeira em que o lenho tardio é levantado acima do lenho inicial, mas que não se soltou dela, e, por fim, o arrancamento de fibras (*Torn grain*) é a parte da madeira que foi arrancada durante o processamento secundário.

3.4 Torneamento em madeira

“O teste de torno também é um ensaio de usinagem, porém, muito pouco difundido e estudado no meio acadêmico e por pesquisadores, atualmente” (Dias Júnior et al., 2014). Assim, o “torno” é o termo utilizado para descrever as máquinas que possibilitam a usinagem

ou o beneficiamento de peças com formas geométricas de revolução, sendo uma ferramenta essencial na usinagem, amplamente utilizada para dar forma a materiais como metal ou madeira. Nesse processo, a peça é girada em torno de seu eixo, enquanto uma ou mais ferramentas de corte são aplicadas em um movimento regulável de avanço na superfície. Essa técnica visa à remoção de material e consegue-se dar a peça formatos desejados, conforme detalhado por Machado et al. (2011).

Dessa forma, como exposto por Ebersbach (2018), a execução do processo de torneamento necessita, além do torno, de uma ferramenta de corte (ou fresa), um dispositivo de fixação e a peça a ser beneficiada. A peça é segurada pelo dispositivo de fixação, a qual é presa ao torno e tem a capacidade de girar em alta velocidade. A ferramenta de corte, que é crucial nesse processo, costuma ser uma ferramenta de aço de ponta única ou um metal duro, que também é fixado ao torno. O corte ocorre no ângulo 0° - 90° na direção radial, sendo aquele que exige menos energia quando comparado às outras direções, 90° - 0° e 90° - 90° (Tiburcio, 2009).

Dias Júnior et al. (2014) consideram o torneamento um dos processos de usinagem mais complexos e difíceis para a madeira, pois há muitas variáveis que influenciam este processo, visto que o torno opera através da rotação de uma peça fixada em uma placa (quando se trata de peças curtas e robustas) ou presas entre pontos (quando se trata de peças longas e finas), enquanto uma ou diversas ferramentas de corte são pressionadas em um movimento regulável de avanço de encontro à superfície da peça, removendo material.

Assim, de acordo com a Norma ASTM D 1666-87, deve-se levar em consideração alguns aspectos para melhores resultados, como o uso da ferramenta correta, assim como a velocidade de corte adequada durante o processo, sendo esta de 3200 RPM e manutenção da máquina utilizada.

Cervelin (2009) descreve a importância do processo de torneamento na produção de peças, destacando a possibilidade de realizar diversas operações no torneamento, o que permite gerar peças cilíndricas, cônicas, esféricas, com detalhes ou uma combinação de tudo isso, tornando-o um processo muito versátil, em que este processo agrega valor às peças fabricadas, não só estético quanto econômico.

Dessa forma, o torneamento é muito empregado em móveis com desing de luxo, assim como em instrumentos musicais e entre outros. As Figuras 5 e 6 apresentam exemplos de peças de madeiras produzidas por meio do processo de torneamento



Figura 4. Mesas laterais “Umbrella” e Mesa de Centro “Solar” que foram expostas no Salão do Móvel de Milão (iSaloni) no projeto *Brazilian Furniture* em 2019, com design da Lazz Interni e assinado por Vinicius Siega. Fonte: www.google.com



Figura 5. Instrumentos musicais torneados, onde: A) Barriletes; B) Flauta Doce; C) Batuta de Maestro; D) Boquilha de Clarinete. Fonte: <https://www.instagram.com/eduardomentor/>.

Em relação aos defeitos mais comuns encontrados após o torneamento (Figura 4), segundo a norma ASTM D 1666-87, pode-se citar a fibra felpuda ou arrepiamento da superfície (*fuzzy grain*), superfície enrugada ou aspereza (*roughness*) e arrancamento de fibras (*torn grain*). Dessa forma, os defeitos e sua intensidade sobre as peças são analisados por avaliadores de qualidade, segundo critérios padronizados e definidos, realizando o registro de todos os defeitos encontrados, e em uma escala de 1 a 5, em que a nota 1 significa que o corpo de prova não apresentou defeitos, sendo as demais notas dadas em função da intensidade dos mesmos.



Figura 6. Exemplos de tipos de defeitos normalmente observados após torneamento da madeira, onde se destaca a aspereza que é representada pela *Khaya grandifoliola* (1° CP), arrancamento de grã observada em *Protium sagotianum* (2° CP) e arrepiamento das fibras em *Dipteryx odorata* (3° CP).

Um estudo realizado por Marques et al. (2006) analisou os efeitos dos parâmetros de usinagem da madeira, como a velocidade de corte, velocidade de rotação e espessura do corte nas superfícies produzidas após o torneamento. Assim, o estudo teve como objetivo de

estabelecer as correlações entre as condições do torneamento e a qualidade da superfície para compreender o efeito dos parâmetros de usinagem no acabamento final das peças torneadas.

Dessa forma, o estudo concluiu que ajustar corretamente os parâmetros de usinagem é importante para alcançar a qualidade da superfície desejada nos processos de torneamento de madeira, onde este resultado foi confirmado em um trabalho realizado por Oliveira (2012), onde o autor destaca que essas descobertas contribuem para a otimização do processo de torneamento.

Dias Júnior et al. (2014) conduziram um estudo comparativo entre cinco espécies nativas brasileiras submetidas a ensaios de plaina, furo para dobradiça e para cavilha, teste de rasgo, lixa, fendilhamento por pregos e ensaios de torneamento. Os resultados destacaram o *Handroanthus albus* (Ipê) e *Aniba firmula* (Canela) como as melhores para o ensaio de torneamento, demonstrando um bom acabamento superficial, com poucos defeitos. As espécies *Astronium lecointei* (Muiracatiara) e *Andira anthelmia* (Angeim), apresentaram desempenho semelhante, com algumas amostras demonstrando defeitos de fibra arrancada e fibra felpuda, com média intensidade. Por outro lado, a *Cedrela fissilis* (Cedro) exibiu desempenho inferior, pois obteve uma enorme quantidade de fibras arrancadas e fibras felpudas nas peças torneadas.

Em uma pesquisa feita por Bilesky et al., (2015), foi investigada a influência da termorreificação no torneamento das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Pinus elliotti*, em que o tratamento térmico realizado foi conduzido em diferentes temperaturas durante 6 horas, seguido pela avaliação da potência de corte e da rugosidade das superfícies usinadas. Os resultados indicaram que a potência de corte foi menor para *P. Elliotti* e a rugosidade menor para *C. Citriodora*, além disso, a rugosidade foi reduzida em temperaturas de tratamento térmico de 180°C.

A investigação e estudos dedicados ao torneamento de madeira são consideravelmente limitados, especialmente quando se trata de espécies tropicais. Essa área específica dentro do âmbito acadêmico carece de uma atenção mais aprofundada e de um número significativamente menor de estudos em comparação com outras áreas da indústria madeireira.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de realização do projeto

A confecção e condicionamento dos corpos de prova foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e os ensaios de torno no Instituto Federal de Brasília – IFB situado em Samambaia, Brasília/DF.

4.2 Espécies de madeira e preparo dos corpos de prova

As madeiras utilizadas neste estudo foram provenientes, em sua maioria, de coletas realizadas pelo LPF em áreas de manejo florestal. Foram ensaiadas 39 espécies, sendo 34 amazônicas, provenientes de Jacundá (PA), Almeirim/Monte Dourado (PA) e Santarém (PA), duas espécies provenientes da Mata Atlântica (Araucária e Jacarandá), além de três espécies exóticas (Eucalipto, Pinus e Teca) (Tabela 1). A nomenclatura referente às espécies empregadas foi conferida na Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora e Funga do Brasil, 2023).

Tabela 1. Relação de espécies empregadas no estudo.

Nome Científico	Família	Nome Comum	Local
<i>Allantoma decandra</i>	Lecythidaceae	Jequitibá-branco	Jacundá (PA)
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucariaceae	Araucária	Paraná
<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	Fabaceae	Sucupira Preta	Almeirim (PA)
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	Moraceae	Mureré	Santarém (PA)
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	Moraceae	Amapá-doce	Santarém (PA)
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	Andiroba	Santarém (PA)
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	Pequiá	Almeirim (PA)
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Pau Santo; Coração-de-negro	Santarém (PA)
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	Lecythidaceae	Tuari	Santarém (PA)
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Lecythidaceae	Tuari	Santarém (PA)
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	Fabaceae	Jacarandá-da-Bahia	Bahia

Nome Científico	Família	Nome Comum	Local
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae	Angelim Vermelho	Almeirim (PA)
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Fabaceae	Cumaru Ferro	Jacundá (PA)
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	Fabaceae	Cumaru Rosa	Jacundá (PA)
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae	Cedrinho	Almeirim (PA)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Eucalipto	Exótica
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Goupiaceae	Cupiúba	Almeirim (PA)
<i>Handroanthus incanus</i>	Bignoniaceae	Ipê	Jacundá (PA)
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Fabaceae	Angelim da Mata	Almeirim (PA)
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	Lecythidaceae	Sapucaia	Almeirim (PA)
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	Lecythidaceae	Jarana Amarela	Almeirim (PA)
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	Malvaceae	Açoita Cavalo	Santarém (PA)
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	Sapotaceae	Maparajuba	Almeirim (PA)
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	Moraceae	Muiratinga	Santarém (PA)
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	Fabaceae	Tamarindo	Jacundá (PA)
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	Lauraceae	Itaúba Amarela	Almeirim (PA)
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	Fabaceae	Roxinho	Jacundá (PA)
<i>Pinus elliottii</i>	Pinaceae	Pinus	Exótica
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	Fabaceae	Timborana	Almeirim (PA)
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	Breu Sucuruba	Santarém (PA)
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	Vochysiaceae	Mandioqueira Rosa	Santarém (PA)
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	Mandioqueira Escamosa	Almeirim (PA)
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	Marupá	Santarém (PA)
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	Malvaceae	Tacacazeiro; Axixá	Santarém (PA)
<i>Tectona grandis</i> L.f.	Lamiaceae	Teca	Exótica
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	Combretaceae	Tanimbuca	Almeirim (PA)
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	Combretaceae	Cuiarana	Santarém (PA)
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Burseraceae	Breu amescla	Santarém (PA)
<i>Virola michelii</i> Heckel	Myristicaceae	Virola	Santarém (PA)

A partir das madeiras serradas anteriormente, confeccionou-se, corpos de prova nas dimensões de 2,0 x 2,0 x 15,0 cm (tangencial, radial e longitudinal) (Figura 7). Todos os corpos de prova receberam códigos que continham letras e numeração para facilitar a identificação. Foram produzidos 5 corpos de prova, onde cada corpo de prova representa um indivíduo (uma árvore) para cada uma das 39 espécies, totalizando 195 corpos de prova.

Os corpos de prova foram armazenados em uma sala de climatização com temperatura e umidade controlada (21°C e umidade de 65%) até a sua estabilização com teor de umidade de aproximadamente 12%.



Figura 7. Corpos de prova representando parte das espécies.

4.3 Uso do torno

Para o teste de torno foi empregado um torno mecânico (Figura 8) operando a 2.500 RPM (rotações por minuto), contendo uma base composta e uma fresa. A fresa (Figura 9), segundo as diretrizes da norma, é uma peça única, capaz de desenhar o corte na madeira com o perfil previamente estabelecido pela norma, delineando os contornos dos corpos de prova a serem torneadas, sendo necessário ajustá-la para realizar cortes de até 9,5mm no ponto mais fino da peça.



Figura 8. Torno mecânico empregado nos ensaios.



Figura 9. Fresa utilizada para os ensaios de torno.

Para o desenvolvimento dos ensaios de torno e produção das peças torneadas (Figura 10), foram necessárias três sessões em dias diferentes, onde, o teste foi realizado em um corpo de prova de cada espécie sucessivamente, iniciando com aquelas que possuem menores densidades, indo ao final para aquelas com densidades mais elevadas. Para isso, a fresa foi afiada por profissionais entre as seções, e, por vezes, reafiada durante as seções utilizando uma lixa fina.



Figura 10. Corpos de prova após a realização do ensaio de torno.

4.4 Identificação das propriedades anatômicas e físicas das espécies madeiras

A identificação anatômica das espécies de madeiras empregadas neste estudo foi conduzida pelo setor de Anatomia da Madeira do Laboratório de Produtos Florestais – LPF.

Os resultados dessa identificação estão documentados na base de dados da chave de identificação de espécies, existente em “Madeiras Comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e microscópicos” (Coradin et al., 2010). Nessa chave, os dados referentes às espécies listadas foram obtidos por meio de análises do material da xiloteca do LPF, juntamente com informações de uma chave pré-existente e confeccionada no ano de 2010, onde buscou-se os dados referentes à textura, porosidade e orientação da grã das espécies utilizadas no estudo, apresentados no Anexo 1.

Adicionalmente, para relacionar os dados de densidade básica das espécies empregadas, foi utilizado o banco de dados de madeiras brasileiras disponível no site do LPF (SFB, 2023).

No entanto, para as espécies que não estavam incluídas na base de dados da chave de identificação de espécies ou na base de dados de madeiras brasileiras, fez-se necessário recorrer a outras fontes bibliográficas, como, artigos científicos e dissertações, para obter essas informações.

O Anexo 1 apresenta uma visão detalhada das espécies que foram testadas, incluindo informações sobre seus respectivos parâmetros anatômicos e a densidade básica correspondente.

4.5 Qualificação das superfícies torneadas

Com base na norma ASTM D-1666-87, foi realizada a qualificação visual dos corpos de prova torneados por quatro avaliadores especializados em madeira (Figura 11). Neste procedimento, foram atribuídas notas, conforme detalhado na Tabela 2. Subsequentemente, procedeu-se ao cálculo da média aritmética das notas concedidas pelos avaliadores para cada um dos 5 corpos de prova por espécie.



Figura 11. Análise visual e classificação da qualidade dos corpos de prova ensaiados realizada por um dos avaliadores.

Tabela 2. Classificação da análise visual da qualidade da superfície da madeira torneada.

Nota	Classificação da superfície torneada
1	Excelente (isento de defeitos)
2	Boa (fraca intensidade de defeitos)
3	Regular (média intensidade de defeitos)
4	Ruim (alta intensidade de defeitos)
5	Muito ruim (fibra arrancada e/ou extremidades quebradas)

Fonte: ASTM D 1666-87 (1999).

É importante salientar que as notas 2, 3 e 4 estão relacionadas com a fibra felpuda e a aspereza, e à medida que a nota aumenta o grau de intensidade dos defeitos é elevado até chegar a nota 5, que se refere ao grau máximo de defeitos, onde, além da possibilidade de haver fibras felpudas e superfície enrugada, o corpos de prova deve, necessariamente, possuir fibra arrancada ou até mesmo extremidades quebradas.

Após os avaliadores analisarem os 5 corpos de prova de cada espécie, foi calculada a média dessas avaliações para a espécie. Esta etapa tem a finalidade de verificar o coeficiente de variação entre os diferentes corpos de prova e avaliações, permitindo uma análise mais abrangente e a identificação de padrões de variação nos dados coletados. Além disso, esse processo torna-se fundamental para oferecer uma compreensão mais precisa da variabilidade dentro das diferentes espécies avaliadas. Ao calcular as médias, pode-se identificar tendências gerais dentro de cada espécie, e com o cálculo do coeficiente de variação, é possível entender a dispersão dos dados e determina-se, de certa forma, a consistência das avaliações feitas, destacando se há variações significativas ou se os dados estão mais uniformes.

4.5.1 Análise estatística

Para que fosse possível a realização da análise estatística, foi necessário fazer uma vinculação dos dados originalmente qualitativos referentes à orientação da grã, textura e porosidade (Tabela 3), em valores numéricos que representassem determinada categoria e assim realizar a correlação das notas dos acabamentos obtidas após análise superficial realizada pelos avaliadores com os caracteres anatômicos e a densidade. O Anexo 2 apresenta

o detalhamento desta vinculação realizada, incluindo as médias obtidas para a avaliação do acabamento por corpo de prova.

Tabela 3. Vinculação dos elementos anatômicos

Caractere anatômico	Escala	Vinculação
Textura	Fina	1
	Fina - média	2
	Média	3
	Média - grossa	4
	Grossa	5
Orientação da grã	Direta	1
	Irregular	2
	Direita ou irregular	3
Porosidade	Difusa	1
	Anéis difusos	2

Desta forma, foi possível utilizar a correlação de Pearson, a qual possibilitou avaliar o sentido e a intensidade da relação ou associação linear existente entre duas variáveis, onde o valor 0 (zero) indica a inexistência de uma relação linear entre duas variáveis, e quanto mais próximo de 1 for o valor absoluto deste coeficiente, mais forte é a relação linear entre as variáveis. Além disso, o sinal indica o sentido da relação entre as variáveis, onde o sinal positivo mostra que as variáveis variam no mesmo sentido, enquanto o sinal negativo expressa que as variáveis variam no sentido contrário, conforme exposto por Sousa (2019).

É importante salientar que a inclinação em um diagrama de dispersão da esquerda para direita, sugere que há a existência de uma correlação positiva entre as variáveis, por outro lado, a inclinação da direita para esquerda indica que há uma correlação negativa (Sousa, 2019).

A correlação de Pearson pode ser calculada através de um suplemento presente no software *Microsoft Excel* denominada “Análise de Dados”, podendo ser empregada para as variáveis de interesse, sendo elas: orientação da grã, densidade, porosidade, textura e avaliação do acabamento superficial dos corpos de prova.

Adicionalmente, foi realizada uma análise de regressão para verificar o relacionamento estimado entre a variável dependente (Y - avaliação do acabamento) e as variáveis independentes (X - orientação da grã, textura, densidade básica e porosidade).

Para modelar a correlação, ou seja, encontrar a curva que melhor represente a relação entre as variáveis foi utilizado o software *Curve Expert* 1.3. Assim, mediante os dados disponíveis para avaliação do acabamento (Y) com a variável X, de maior relação linear com Y e com auxílio da ferramenta “*Curve Finder*”, foi escolhido o melhor ajuste de curva e, conseqüentemente, a sua fórmula ajustada. Assim, houve a possibilidade de realizar um modelo preditivo do acabamento (Equação 1) utilizando um ajuste geométrico, onde através dos coeficientes dados pelo ajuste e a variável X que obtêm a maior correlação linear com Y, encontrou-se um valor estimado para o acabamento superficial.

$$Y = ax^{bx} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Y = valor estimado para o acabamento superficial;

X = variável que obteve maior correlação linear com Y;

a = coeficiente;

b = coeficiente

Vale ressaltar que ao depender do caráter que obtiver correlação com a avaliação do acabamento, se esta for uma variável qualitativa, deve-se reclassificar esta variável com alguma escala conhecida, para que seja possível a realização do cálculo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta as médias aritméticas das avaliações realizadas para o acabamento superficial dos corpos de prova de cada espécie. As Figuras 12 e 13 apresentam exemplos de espécies que receberam as notas 1(um) ou 2 (dois) devido ao acabamento superficial de boa qualidade, indicando se houve ou não a ausência de defeitos, assim como as espécies que obtiveram as notas, 3 (três), 4 (quatro) ou 5 (cinco), revelando uma presença significativa de defeitos.

Tabela 4. Médias das notas das avaliações do acabamento superficial e coeficiente de variação por espécie e por avaliador.

Nome Científico	Média	CV (%)	Nome Científico	Média	CV (%)
<i>Chamaecrista scleroxylon</i>	1	9,35	<i>Brosimum potabile</i>	3	35,22
<i>Allantoma decandra</i>	2	13,41	<i>Caryocar villosum</i>	3	20,02
<i>Carapa guianensis</i>	2	20,97	<i>Couratari oblongifolia</i>	3	26,18
<i>Erisma uncinatum</i>	2	10,80	<i>Couratari stellata</i>	3	17,53
<i>Goupia glabra</i>	2	16,09	<i>Dalbergia nigra</i>	3	24,26
<i>Handroanthus incanus</i>	2	16,20	<i>Dinizia excelsa</i>	3	20,00
<i>Lueheopsis duckeana</i>	2	13,41	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	24,18
<i>Martiodendron elatum</i>	2	12,71	<i>Hymenolobium excelsum</i>	3	31,57
<i>Peltogyne leointei</i>	2	17,42	<i>Lecythis pisonis</i>	3	33,85
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	2	10,80	<i>Lecythis poiteaui</i>	3	26,12
<i>Protium heptaphyllum</i>	2	13,96	<i>Manilkara bidentata.</i>	3	16,93
<i>Qualea paraensis</i>	2	15,25	<i>Maquira sclerophylla</i>	3	17,60
<i>Simarouba amara</i>	2	21,74	<i>Mezilaurus itauba</i>	3	27,99
<i>Tectona grandis</i>	2	13,77	<i>Pinus elliottii</i>	3	27,86
<i>Terminalia amazonia</i>	2	12,92	<i>Qualea dinizii</i>	3	22,09
<i>Terminalia glabrescens</i>	2	19,33	<i>Trattinnickia burserifolia</i>	3	20,00
<i>Virola michelii</i>	2	17,04	<i>Dipteryx odorata</i>	4	31,74
<i>Araucaria angustifolia</i>	3	27,17	<i>Dipteryx magnífica</i>	4	37,03
<i>Bowdichia nitida</i>	3	36,25	<i>Sterculia excelsa</i>	5	35,54
<i>Brosimum acutifolium</i>	3	24,33			

CV (%) = coeficiente de variação.



Figura 12. Espécies que obtiveram as notas 1 e 2 na avaliação do acabamento, seguindo a ordem da esquerda para a direita, temos: *Martiodendron elatum*, *Peltogyne lecointei*, *Handroanthus incanus*, *Terminalia amazonia* e *Chamaecrista scleroxylon*.



Figura 13. Espécies que obtiveram notas 3, 4 e 5 na avaliação do acabamento, seguindo a ordem da esquerda para direita, temos: *Araucaria angustifolia*, *Balizia elegans*, *Dipteryx magnifica*, *Sterculia excelsa* e *Dipteryx odorata*.

Da totalidade das espécies ensaiadas, 17 obtiveram bons resultados no ensaio de torno, onde apenas a espécie *Chamaecrista scleroxylon* obteve nota média igual a 1 (um) na avaliação do acabamento, em que a superfície dos corpos de prova ensaiados apresentaram-se isentos de defeitos. No entanto, as outras 16 espécies obtiveram acabamento superficial igual a 2 (dois), indicando a presença geral de fraca intensidade de defeitos de fibra felpuda e aspereza nos corpos de prova. O anexo 1 apresenta um detalhamento das características anatômicas dessas madeiras, além da densidade básica para cada espécie.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de torno e na avaliação do acabamento das espécies estudadas, fica evidente que há um potencial significativo para o uso dessas madeiras no processo de torneamento. Dentre as espécies estudadas, a *Chamaecrista scleroxylon*, em particular, possui características excepcionais para o torneamento, oferecendo um acabamento de alta qualidade desde o processo inicial.

No entanto, as outras 16 espécies, embora tenham recebido nota média igual a 2 (dois), também demonstram potencial para o torneamento. Ainda que apresentem defeitos, estas espécies podem ser beneficiar de etapas adicionais de beneficiamento, como lixamento adicional, polimento específico e entre outros, melhorando substancialmente a qualidade do acabamento final dessas madeiras.

O Pimentel (1985), estudando os coeficientes de variação (desvio padrão expresso em porcentagem da média) obtidos nos ensaios agrícolas, classificou da seguinte forma: baixo quando o CV é inferior a 10%; médio quando o CV se encontra entre 10 e 20%; alto quando CV está entre 20 e 30%; e muito alto para valores acima de 30%. Onde esta classificação, além de se basear em dados agrícolas, está sendo utilizada para classificar os CV de diferentes variáveis dentro da experimentação florestal (Garcia, 1989).

Dessa forma, considerando o coeficiente de variação calculado para as 17 espécies que se destacaram na avaliação do acabamento, é possível verificar que a maioria destas espécies apresentaram CV médio, ou seja, entre 10 a 20% de variação, sugerindo que a dispersão das avaliações de cada corpo de prova em relação à média, foi moderada para a maioria destas espécies. Isso pode indicar certa consistência ou estabilidade na avaliação do acabamento entre os corpos de prova destas espécies, além de média variabilidade nos corpos de prova empregados para estas espécies, havendo uma relativa uniformidade tanto entre os corpos de prova, em função do acabamento que obtiveram, quanto na percepção dos avaliadores, indicando uma menor variação.

Além disso, das 39 espécies analisadas neste estudo, quase metade delas, precisamente 19 espécies, receberam nota média de avaliação do acabamento igual a 3 (três). Dentro desse grupo, houve uma distribuição considerável em relação aos coeficientes de variação dessas espécies, em que 5 espécies apresentaram CV considerado médio, 11 apresentaram CV alto e 4 espécies exibiram CV muito alto. Este resultado revela um número substancial deste conjunto de espécies evidenciou uma variação alta, indicando uma heterogeneidade existente entre os corpos de prova dessas espécies e a variação existente nas propriedades da madeira entre árvores de uma mesma espécie.

Por outro lado, espécies *Dipteryx odorata*, *Dipteryx magnifica* apresentaram nota 4 (quatro) na avaliação do acabamento superficial, e a espécie *Sterculia excelsa* obteve nota 5 na mesma avaliação, em que essas três espécies apresentaram-se com CV muito alto entre corpos de prova. Isso implica que trabalhar com essas espécies para fabricação de objetos torneados pode ser desafiador, já que a consistência no resultado final pode ser difícil de obter, sendo necessário tanto para as espécies que se mostraram regulares no ensaio, quanto as que se apresentaram ruins, a adição de etapas posteriores de beneficiamento para obter um acabamento semelhante ao das espécies que obtiveram notas 1 e 2 para o acabamento superficial.

Assim, cada avaliador, com sua experiência e foco específico, pôde perceber e valorizar diferentes atributos da madeira, o que influencia na análise superficial dos corpos de prova. Essa variedade destaca a complexidade envolvida na avaliação da madeira, pois interpretações distintas contribuem para a diversidade dos dados e dos coeficientes de variação observados.

Além disso, a rotação da máquina utilizada no ensaio (2500 RPM) foi inferior ao exigido na norma (3200 RPM), sendo este um dado importante para a compreensão dos resultados obtidos, pois este parâmetro desempenha um papel importante na qualidade do acabamento final da peça, onde as rotações mais altas podem gerar um acabamento mais suave e preciso. Dessa forma, ao utilizar uma rotação inferior à indicada na norma, é possível que os resultados obtidos para o acabamento superficial tenham sido afetados, podendo não refletir o potencial real das espécies de madeira avaliadas.

Para a confecção do modelo preditivo do acabamento superficial, a correlação de Pearson (ρ) foi realizada para as diversas variáveis de interesse, incluindo a avaliação do acabamento, densidade básica, orientação da grã, porosidade e textura (Tabela 5). O objetivo

foi identificar quais as características que apresentaram a relação mais significativa com a avaliação do acabamento, que é a variável principal deste estudo.

Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas no estudo.

	Acabamento Superficial	Densidade Básica (g/cm³)	Grã	Porosidade	Textura
Acabamento Superficial	1				
Densidade Básica (g/cm³)	0,0193	1			
Grã	-0,0958	0,3333	1		
Porosidade	0,0317	-0,3650	-0,3239	1	
Textura	0,2182	-0,2705	0,033	-0,0157	1

Os resultados revelaram que apenas a textura demonstrou uma correlação significativa com o acabamento superficial, apresentando uma correlação de 0,2182. Esse valor indica uma relação positiva, mas de intensidade baixa entre essas duas variáveis. As outras variáveis não demonstraram uma correlação forte ou até mesmo significativa nesta análise realizada.

Assim, a identificação de uma correlação, mesmo que baixa, entre o acabamento superficial e a textura oferece uma visão inicial sobre a relação entre essas duas variáveis. Dessa forma, a correlação de cerca de 0,21 sugere que há uma ligação entre a textura e o acabamento superficial. Essa descoberta aponta para a possibilidade de a textura possuir um papel mais visível na percepção do acabamento superficial, entretanto, não pode ser considerada como o único determinante nesse processo, pois deve-se considerar a possibilidade de haver outros fatores que não foram abordados nesta análise que também desempenham papéis essenciais, a exemplo o comprimento das fibras e espessura da parede.

Por outro lado neste trabalho está sendo testado apenas uma forma de usinagem ou acabamento que é o torneamento. Outras formas como teste de plaina, rasgo, lixamento, fendilhamento por prego e furação podem ser incluídas nesta análise e assim outras características da madeira podem apresentar como significativo.

As Tabelas 6 e 7 exibem os resultados da análise de regressão que foi conduzida com a variável dependente Y, representada pela avaliação do acabamento superficial, e as variáveis independentes X, abrangendo os caracteres anatômicos e a densidade básica. Através desta análise, foi possível observar que a densidade básica, grã e porosidade não se mostraram

significantes, uma vez que seus valores- P são maiores do que 0,05 (alfa de significância), enquanto a textura apresentou valor- P inferior ao alfa de significância.

Neste contexto, a mesma análise de regressão foi conduzida considerando apenas a textura como variável independente. Nota-se que a textura apresentou, mais uma vez, um valor- P inferior a 0,05, indicando a significância estatística. Além disso, foi possível estimar um erro aproximado de 26% na relação entre a textura e a avaliação do acabamento, sugerindo que embora a textura seja significativa nesse contexto, ainda há uma margem de erro considerável associada a sua capacidade de prever o acabamento superficial, havendo outras influências ou variáveis não contempladas nesse modelo que podem afetar a percepção do acabamento.

Tabela 6. Resultado da análise de regressão para a avaliação do acabamento superficial em relação às características anatômicas e a densidade.

F cal.	F sign.	Erro padrão	valor - P			
			DB (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura
3,9030	0,0045	0,7931	0,0579	0,0666	0,5456	0,0004

Tabela 7. Resultado da análise de regressão para a avaliação do acabamento em relação à textura.

F cal.	F sign.	Erro padrão	Erro (%)	valor - P
				Textura
9,64452	0,0022	0,7989	26,18	0,0022

A análise de regressão expressa uma perspectiva valiosa sobre a relação entre variáveis específicas - como os caracteres anatômicos, densidade básica e a textura da madeira - e a avaliação do acabamento superficial. Essa análise permite observar quais características têm um impacto estatisticamente significativo na percepção do acabamento.

Nesse contexto, os resultados destacam que, enquanto a densidade básica, grã e porosidade não se mostraram estatisticamente significativos para prever a avaliação do acabamento superficial, a textura se destacou como um fator relevante. Isso ressalta a importância da textura como uma variável que contribui de maneira significativa para a percepção do acabamento superficial.

Esses achados destacam a relevância da textura na avaliação do acabamento, evidenciando sua importância estatística nesse contexto específico. Contudo, também enfatizam a complexidade subjacente na percepção do acabamento, indicando que a textura, embora significativa, não é o único fator determinante. Outros elementos ou variáveis não consideradas nesse modelo, a exemplo, a própria densidade, porosidade, orientação da grã, além de informações microscópicas acerca do comprimento das fibras e esperrura da parede, podem influenciar a avaliação final do acabamento, contribuindo para a margem de erro observada.

Desta forma, após essa análise, foi possível desenvolver o modelo preditivo para a avaliação do acabamento utilizando um ajuste geométrico expresso pela Equação 1, onde, após ajuste da curva que melhor representava os dados obteve-se os coeficientes a e b , correspondendo respectivamente a 2,1214 e 0,0493. Esta equação baseada na variável X identificada - que neste caso é a textura - permitiu estimar um valor para a avaliação do acabamento superficial. Assim, esse modelo funcionou como uma ferramenta de previsão da qualidade do acabamento superficial com base na textura, fornecendo uma aproximação do valor esperado da avaliação do acabamento, com base nessa característica específica. Assim, conforme expresso pela Tabela 8, com base na textura identificada na madeira, é possível ter uma ideia aproximada de como será a avaliação do acabamento.

Tabela 8. Estimativa para a avaliação do acabamento superficial com base na textura previamente identificada na madeira.

Textura	Reclassificação	Previsão acabamento
Fina	1	2
Fina - Média	2	2
Média	3	2
Média - Grossa	4	3
Grossa	5	3

Entretanto, ao realizar o modelo preditivo do acabamento, observa-se que apesar da ampla escala de textura, que variam entre 1 a 5, que indicam, respectivamente a textura fina, fina a média, média, média a grossa e grossa, o modelo nos retorna apenas as avaliações 2 e 3, dessa forma, é fundamental reconhecer que qualquer modelo preditivo, por mais robusto que seja, possui suas limitações intrínsecas (Figura 14).

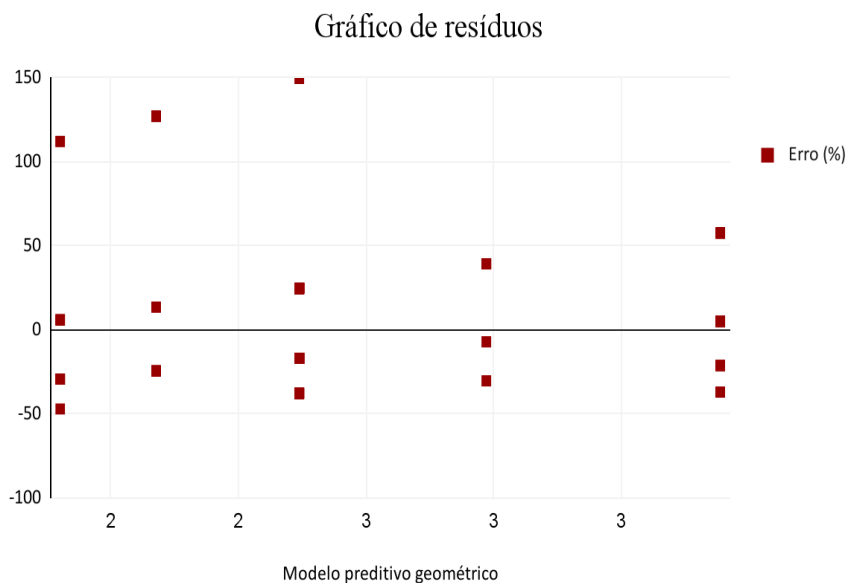


Figura 14. Gráfico de resíduos (Erro em porcentagem x Acabamento estimado).

É importante enfatizar que, embora seja uma ferramenta valiosa na indústria, o modelo preditivo baseado na textura representa apenas uma aproximação, oferecendo uma estimativa inicial e relevante da avaliação do acabamento com base em uma característica específica da madeira. Assim, esse modelo pode servir como um ponto de partida importante na identificação de áreas de melhoria no processo de acabamento ou na seleção das madeiras que podem ser utilizadas para tal finalidade. Portanto, ao usar esse tipo de modelo preditivo, é essencial fazê-lo com cautela, reconhecendo suas limitações e considerando a complexidade envolvida na avaliação do acabamento.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Contudo, deve-se buscar não apenas espécies que apresentem um bom resultado após o beneficiamento, mas também aquelas que sejam economicamente viáveis, ou seja, deve-se considerar a qualidade do acabamento e os custos envolvidos na aquisição e na abundância dessas espécies. Dessa forma, sugere-se, explorar um conjunto de espécies que não apenas atenda aos critérios de avaliação do acabamento, mas que também possuam características para a produção em larga escala.

A textura desempenha um papel estatisticamente significativo no desempenho de espécies madeireiras submetidas ao ensaio de torno, no entanto, deve-se considerar a complexidade subjacente de outras variáveis. Dessa forma, o modelo preditivo baseado na

textura da madeira mostrou-se uma ferramenta valiosa na avaliação do acabamento superficial, pois ao estimar um valor para a avaliação do desempenho das espécies que foram submetidas a ensaio de torno, o modelo fornece uma aproximação inicial e relevante da qualidade do acabamento. No entanto, é importante compreender suas limitações, tendo em vista que outras variáveis que não foram incorporadas ao modelo podem afetar as suas precisões.

Recomenda-se, em estudos subsequentes, a exploração de outros aspectos e propriedades da madeira que não foram abordados no presente estudo. Estes podem incluir variáveis como o tempo e as condições de armazenamento, dimensões das fibras, espessura da parede celular, idade da árvore, propriedades químicas, entre outros, que podem ter correlação com o desempenho das espécies florestais utilizadas.

Além disso, é recomendável ampliar o número de avaliadores na análise do desempenho dos corpos de prova após serem submetidos ao ensaio de torno. Evitar áreas de atuação muito discrepantes entre avaliadores é essencial para minimizar a variação nas avaliações. Explorar métodos para reduzir a variabilidade nas percepções individuais pode ser valioso nesse processo.

É fundamental utilizar um torno que atenda às especificações da norma, especialmente no que se refere à rotação, para garantir resultados mais precisos.

Adicionalmente, recomenda-se incluir na análise do acabamento outros ensaios além do torneamento, como plaina, rasgo, lixamento, fendilhamento, furação, entre outros, para uma compreensão mais abrangente das propriedades e comportamentos das espécies de madeira sob diferentes condições de processamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1666-87: **Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials** (reapproved 1999). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

ARAÚJO, Henrique José Borges. **Caracterização do material madeira**. 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1120281>>. ¹¹

ARAÚJO, Henrique José Borges. **Agrupamento das espécies madeireiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do projeto de colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. 2002. Tese de doutorado.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: **Madeira: Determinação da Densidade Básica**. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

AUGUSTI, Rodinei et al. **Caracterização Energética de Madeira de E. grandis, Pinus sp., T. vulgaris e P. lecontei**. Recursos naturais: energia de biomassa florestal, v. 1, n. 1, p. 49-61, 2021. ¹³

BALLONI, CARLOS JOSÉ VESPÚCIO. **Caracterização física e química da madeira de Pinus elliottii**. Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira, 2009. ⁴

BARROS, Filipe Augusto Snel de Oliveira. **Identificação de madeiras do gênero Dalbergia com espectrômetro NIR portátil por PLS-DA e SIMCA**. 2018. ¹⁰

BILESKY, Luciano Rossi et al. **ESTUDO DA USINAGEM DAS MADEIRAS DE Corymbia citriodora E Pinus elliottii TERMORRETIFICADAS**. Revista *Árvore*, v. 42, 2018.

BOTOSSO, Paulo Cesar. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. 2011.

BURGER, L. M.; RICHTER, H., G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CARNEIRO, F. da S. et al. **Densidade da madeira de espécies florestais de quatro áreas experimentais da Amazônia oriental brasileira**. 2020. ⁶

CARVALHO, Alexandre Monteiro, et al. **AVALIAÇÃO DA USINAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO (Khaya Ivorensis A. Chev.)**. CERNE, julho de 2010, pp. Universidade de Lavras, www.redalyc.org/pdf/744/74459381014.pdf. Acesso em 1 de novembro de 2023.

CERVELIN, J.E. **Estudo teórico-experimental das forças de corte no processo de torneamento**. Dissertação (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), 2009.

CHAUHAN SS et al., **Wood Quality: in Context**. In: Walker JCF. Primary Wood Processing Principles and Practice. 2nd ed. University of Canterbury, Christchurch, New CsaZealand: Springer; 2006.

CHILDS, T.H.C. **Metal Machining: Theory and Applications**. London: Arnold, 2000

CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; PASTORE, T. C. M.; CHRISTO, A. G. **Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos**. Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília, 2010. CD-ROOM. ¹

COSTA, V. E. **Caracterização Físico-Energética da Madeira e Produtividade de Reflorestamentos de Clones de Híbridos de Eucalyptus grandis x E. Urophylla**. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CSANÁDY, E., KOVÁCS, Z., MAGOSS, E., & RATNASINGAM, J. (2019). **Furniture Production Processes: theory to practice**. In: Csanády, E., Kovács, Z., Magoss, E. & Ratnasingam, J. (Eds.), Optimum Design and Manufacture Of Wood Products (pp. 367 - 421), Springer International Publishing.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. **Usinagem da madeira de cinco espécies nativas brasileiras**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 3, p. 1200-1206, 2014.

DIAS, Ana Carolina Caixeta et al. **Relação entre a densidade básica e as retrações em madeira de teca**. Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), v. 9, n. 1, 2018. ⁵

EBERSBACH, F. G. **Efeitos do processo de torneamento nas propriedades de superfície em compósitos autolubrificantes sinterizados**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2018.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

FLORSHEIM, Sandra Monteiro Borges et al. **IDENTIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DE MADEIRAS COMERCIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Governo do Estado de São Paulo, 2020. ¹²

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Piracicaba: IPEF, 1971. (IPEF, 2/3).

GARCIA, Carlos Henrique. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, 1989. 11 p., 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Martiodendron elatum**. IPT. São Paulo. Disponível em: https://www.ipt.br/informacoes_madeiras/8-

nesta_ficha_sao_apresentadas_informacoes_para_a_especiev_%3Ci%3Eh_petraeum%3C_i%E_no_entanto_existem_outra.htm. Acesso em: 19 out. 2023. ⁷

JÁCOME, Camila Cordeiro. **Anatomia macroscópica de madeiras comercializadas no município de São João Evangelista, estado de Minas Gerais, Brasil**, 2019.

KININMONTH, J. A.; WHITEHOUSE, L. J. **Properties and use of New Zealand radiata pine: wood properties**, New Zealand: Forest Research Institute, 1991. v.1.

LUCAS FILHO, F. C.. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. Diss. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção., 2004. MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. C. **Teoria da usinagem dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 297p.

MARQUES, Edmundo; MARTINS, JMS Silva; DE CARVALHO, LM Hora. **Estudo da Influência das Condições de Operação do Torno na Qualidade Final do Produto Madeira**. 2006. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

MATTOS, PP de et al. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze**. Comunicado Técnico, Colombo, n. 160, 2006. ³

MELO, J. E. **Madeira: características e aplicações**. Brasília: LPF, 2002. 30 p.

MIRANDA, M.C., & Castelo, P.A.R. (2012). **Avaliações Anatômicas das Fibras da Madeira de Parkia gigantocarpa Ducke**. Brazilian Journal of Wood Science, 3, 01–09. <https://doi.org/10.12953/2177-6830.v03n02a07>.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C.R. **Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira Eucalyptus saligna Sm**. Revista *Árvore*, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; HELLMEISTER, João Cesar; TOMAZELLO FILHO, Mário. **Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto**. Revista *Árvore*, v. 29, p. 115-127, 2005. ⁸

OLIVEIRA, Edson Luiz Machado de. **Efeito da variação da velocidade de corte e de avanço no torneamento de Eucalipto**. 2012.

PAUL, L., BABU, J., & DAVIM, J. P. (2019). **Non-conventional Micro-machining Processes**. *Materials Forming, Machining And Tribology*, 109-139.

PIMENTEL GOMES. **Curso de Estatística Experimental**, 1985. Piracicaba-SP. ESALQ/USP.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Banco de dados de Madeiras Brasileiras**. Laboratório de Produtos Florestais. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>. Acesso em: 21 mar. 2023. ²

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELO, L.E.G. **Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de Eucalyptus spp.** In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando sua utilização na indústria moveleira.** 2002. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em engenharia florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J. C. et al. **Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden.** Revista *Árvore*, v. 31, p. 1081-1090, 2007.

SILVA, J. R. M.; MARTINS, M.; OLIVEIRA, G. M. V.; BRAGA, P. P. C. **Parâmetros de qualidade da usinagem para a determinação dos diferentes usos da madeira de Eucalyptus.** *Cerne*, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2009.

SILVA, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B; LIMA, J. T., BONDUELLE, A. F.. (2005). **Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden.** Revista *Árvore*, 29(3), 479–487 <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300016>

SILVA, J.R.M; MUÑIZ, G.I.B; LIMA, J.T; BONDUELLE, A.F. **Relações da usinabilidade com a morfologia das fibras da Eucalyptus grandis Hill Ex. Maiden.** Revista *Árvore*, Viçosa MG, v.29, n.3, p.479-487, 2005

SOFUOGLU, S. D. (2016) **Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge glued panels which is made of Scots pine (Pinus sylvestris L.) using Taguchi design method.** *European journal of wood and wood products*, 75 (1), 33-42.

SOUSA, Áurea. **Coefficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman: o que medem e em que situações devem ser utilizados?.** *Correio dos Açores*, p. 19-19, 2019.

SOUSA, LUCIANA K. V. S. et al. **Características Ecológicas e Tecnológicas da Espécie Cuiarana (Terminalia Glabrescens C. Mart.), com Potencial Madeireiro, na Região de Santarém, Pa** : 2011. In: I SEMINÁRIO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS . 1 ed. Anais eletrônicos [...] Santarém - PA, 2011. 147p. Disponível em: https://pesquisa/anais_i_seminario_de_pesquisas_pdf.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.⁹

TIBÚRCIO, Ulisses Frazão de Oliveira. **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento.** 2009. 101 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SILVESTRE, R.; KOEBLER, H. S. **Determinação da densidade básica da madeira de cedro (Cedrela fissilis Vell.) ao longo do fuste.** *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava, v. 1, n. 1, 2008.

ANEXO 1. Caracterização anatômica e densidade básica das espécies empregadas no ensaio de torno.

Nome Científico	DB (g/cm³)	Grã	Porosidade	Textura	Referência
<i>Simarouba amara</i>	0,38	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,43	Direita	-	Fina	1 e 3
<i>Erisma uncinatum</i>	0,46	Direita	Difusa	Média - Grossa	1 e 2
<i>Pinus elliottii</i>	0,47	Direita	-	Grossa	1 e 4
<i>Couratari oblongifolia</i>	0,49	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Trattinnickia bursarifolia</i>	0,50	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Virola michelii</i>	0,50	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Brosimum potabile</i>	0,53	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Sterculia excelsa</i>	0,53	Direita	Difusa	Grossa	1 e 2
<i>Qualea dinizii</i>	0,54	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Protium heptaphyllum</i>	0,55	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Tectona grandis</i>	0,55	Direita	Anéis porosos	Média	1 e 5
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	Direita	Difusa	Média	1 e 6
<i>Carapa guianensis</i>	0,56	Direita / Entrecruzada	Difusa	Média	1 e 2
<i>Maquira sclerophylla</i>	0,57	Direita / Entrecruzada	Difusa	Média	1 e 2
<i>Martiodendron elatum</i>	0,59	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Grossa	1 e 7
<i>Caryocar villosum</i>	0,63	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Hymenolobium excelsum</i>	0,64	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Grossa	1 e 6
<i>Lueheopsis duckeana</i>	0,64	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2

Nome Científico	DB (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Referência
<i>Couratari stellata</i>	0,65	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	Direita		Média	1 e 8
<i>Qualea paraensis</i>	0,67	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 6
<i>Mezilaurus itauba</i>	0,68	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	0,68	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Goupia glabra</i>	0,71	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Lecythis poiteaui</i>	0,76	Direta	Difusa	Fina	1 e 6
<i>Bowdichia nitida</i>	0,77	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média - Grossa	1 e 2
<i>Terminalia glabrescens</i>	0,79	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 9
<i>Terminalia amazonia</i>	0,80	Entrecruzada / Reversa / Ondulada	Difusa	Média	1 e 2
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Dinizia excelsa</i>	0,83	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Manilkara bidentata.</i>	0,83	Direita	Difusa	Fina - Média	1 e 2
<i>Dalbergia nigra</i>	0,84	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 10
<i>Lecythis pisonis</i>	0,84	Direita	Difusa	Média	1 e 2
<i>Brosimum acutifolium</i>	0,85	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 11
<i>Chamaecrista scleroxylon</i>	0,85	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Fina - Média	1 e 2
<i>Peltogyne lecointei</i>	0,86	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Fina	12 e 13
<i>Dipteryx odorata</i>	0,91	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 2
<i>Dipteryx magnífica</i>	0,91	Entrecruzada / Reversa	Difusa	Média	1 e 6

ANEXO 2. Dados obtidos para o modelo preditivo do acabamento.

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	1	1	3	2	2	0	25
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	1	1	3	2	2	0	25
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	1	1	3	2	2	0	25
<i>Allantoma decandra</i>	0,56	1	1	3	2	2	0	25
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,43	1	3	1	3	2	-1	-29
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,43	1	3	1	3	2	-1	-29
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,43	1	3	1	3	2	-1	-29
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,43	1	3	1	3	2	-1	-29
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,43	1	3	1	4	2	-2	-47
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	0,77	2	1	4	4	3	-1	-30
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	0,77	2	1	4	3	3	0	-7
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	0,77	2	1	4	4	3	-1	-30
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	0,77	2	1	4	3	3	0	-7
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	0,77	2	1	4	2	3	1	39
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	0,85	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	0,85	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	0,85	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	0,85	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	0,85	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,53	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,53	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,53	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,53	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,53	2	1	3	4	2	-2	-38

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,56	3	1	3	3	2	-1	-17
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,56	3	1	3	2	2	0	25
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,56	3	1	3	2	2	0	25
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,56	3	1	3	2	2	0	25
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,56	3	1	3	1	2	1	150
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	0,63	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	0,63	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	0,63	2	1	3	2	2	0	25
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	0,63	2	1	3	2	2	0	25
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	0,63	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	0,85	2	1	2	1	2	1	127
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	0,85	2	1	2	1	2	1	127
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	0,85	2	1	2	2	2	0	14
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	0,85	2	1	2	1	2	1	127
<i>Chamaecrista scleroxylon</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	0,85	2	1	2	1	2	1	127
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	0,49	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	0,49	1	1	3	4	2	-2	-38
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	0,49	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	0,49	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth	0,49	1	1	3	4	2	-2	-38
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	0,65	1	1	3	2	2	0	25

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	0,65	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	0,65	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	0,65	1	1	3	2	2	0	25
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	0,65	1	1	3	2	2	0	25
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	0,84	2	1	3	2	2	0	25
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	0,84	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	0,84	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	0,84	2	1	3	2	2	0	25
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	0,84	2	1	3	2	2	0	25
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	0,83	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	0,83	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	0,83	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	0,83	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	0,83	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	0,91	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Dipteryx magnífica</i> Ducke	0,91	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	0,46	1	1	4	2	3	1	39
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	0,46	1	1	4	2	3	1	39
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	0,46	1	1	4	2	3	1	39
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	0,46	1	1	4	2	3	1	39

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	0,46	1	1	4	2	3	1	39
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	1	1	3	4	2	-2	-38
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,65	1	1	3	2	2	0	25
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	0,71	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	0,71	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	0,71	2	1	3	2	2	0	25
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	0,71	2	1	3	2	2	0	25
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	0,71	2	1	3	2	2	0	25
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	2	1	3	2	2	0	25
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	2	1	3	2	2	0	25
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	2	1	3	2	2	0	25
<i>Handroanthus incanus</i>	0,82	2	1	3	2	2	0	25
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,64	2	1	5	3	3	0	5
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,64	2	1	5	4	3	-1	-21
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,64	2	1	5	3	3	0	5
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,64	2	1	5	3	3	0	5
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,64	2	1	5	4	3	-1	-21
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	0,84	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	0,84	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	0,84	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	0,84	1	1	3	2	2	0	25

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	0,84	1	1	3	4	2	-2	-38
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	0,76	1	1	1	3	2	-1	-29
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	0,76	1	1	1	3	2	-1	-29
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	0,76	1	1	1	3	2	-1	-29
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	0,76	1	1	1	2	2	0	6
<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg	0,76	1	1	1	1	2	1	112
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	0,64	2	1	3	2	2	0	25
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	0,64	2	1	3	2	2	0	25
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	0,64	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	0,64	2	1	3	2	2	0	25
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	0,64	2	1	3	2	2	0	25
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	0,83	1	1	2	3	2	-1	-24
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	0,83	1	1	2	3	2	-1	-24
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	0,83	1	1	2	2	2	0	14
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	0,83	1	1	2	3	2	-1	-24
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	0,83	1	1	2	3	2	-1	-24
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	0,57	3	1	3	3	2	-1	-17
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	0,57	3	1	3	2	2	0	25
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	0,57	3	1	3	2	2	0	25
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	0,57	3	1	3	2	2	0	25
<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	0,57	3	1	3	3	2	-1	-17
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,59	2	1	5	3	3	0	5
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,59	2	1	5	2	3	1	58
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,59	2	1	5	2	3	1	58
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,59	2	1	5	2	3	1	58
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,59	2	1	5	2	3	1	58
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	0,68	2	1	3	3	2	-1	-17

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	0,68	2	1	3	4	2	-2	-38
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	0,68	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	0,68	2	1	3	2	2	0	25
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn) ex Mez	0,68	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,86	2	1	1	2	2	0	6
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,86	2	1	1	2	2	0	6
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,86	2	1	1	2	2	0	6
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,86	2	1	1	3	2	-1	-29
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,86	2	1	1	1	2	1	112
<i>Pinus ellioti</i>	0,47	1	3	5	3	3	0	5
<i>Pinus ellioti</i>	0,47	1	3	5	3	3	0	5
<i>Pinus ellioti</i>	0,47	1	3	5	2	3	1	58
<i>Pinus ellioti</i>	0,47	1	3	5	3	3	0	5
<i>Pinus ellioti</i>	0,47	1	3	5	2	3	1	58
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	0,68	2	1	3	2	2	0	25
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	0,68	2	1	3	2	2	0	25
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	0,68	2	1	3	2	2	0	25
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	0,68	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.)	0,68	2	1	3	2	2	0	25
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,55	1	1	3	2	2	0	25
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,55	1	1	3	2	2	0	25
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,55	1	1	3	2	2	0	25
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,55	1	1	3	2	2	0	25
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,55	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0,54	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0,54	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0,54	2	1	3	3	2	-1	-17

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0,54	2	1	3	2	2	0	25
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0,54	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	0,67	2	1	3	2	2	0	25
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	0,67	2	1	3	2	2	0	25
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	0,67	2	1	3	2	2	0	25
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	0,67	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,38	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,38	1	1	3	2	2	0	25
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,38	1	1	3	2	2	0	25
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,38	1	1	3	2	2	0	25
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,38	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	0,53	1	1	5	5	3	-2	-37
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	0,53	1	1	5	5	3	-2	-37
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	0,53	1	1	5	5	3	-2	-37
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	0,53	1	1	5	4	3	-1	-21
<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	0,53	1	1	5	4	3	-1	-21
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0,55	1	2	3	2	2	0	25
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0,55	1	2	3	2	2	0	25
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0,55	1	2	3	3	2	-1	-17
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0,55	1	2	3	2	2	0	25
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0,55	1	2	3	2	2	0	25
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	0,80	2	1	3	1	2	1	150
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	0,80	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	0,80	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	0,80	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel)	0,80	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0,79	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0,79	2	1	3	3	2	-1	-17

Espécie	Densidade básica (g/cm³)	Grã	Porosidade	Textura	Acabamento nota ASTM D 1666-87	Modelo Preditivo Quadrático	Erro	Erro (%)
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0,79	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0,79	2	1	3	2	2	0	25
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0,79	2	1	3	2	2	0	25
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	0,50	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	0,50	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	0,50	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	0,50	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	0,50	2	1	3	3	2	-1	-17
<i>Virola michelii</i> Heckel	0,50	1	1	3	2	2	0	25
<i>Virola michelii</i> Heckel	0,50	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Virola michelii</i> Heckel	0,50	1	1	3	3	2	-1	-17
<i>Virola michelii</i> Heckel	0,50	1	1	3	2	2	0	25
<i>Virola michelii</i> Heckel	0,50	1	1	3	2	2	0	25