

Influência do teor de umidade na resistência à flexão de Madeira de Sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*)

Influence of moisture content on bending strength of Sapucaia Wood (*Lecythis pisionis cambesse*)

Influencia del contenido de humedad en la resistencia a la flexión de la Madera de Sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*)

Recebido: 20/07/2022 | Revisado: 30/07/2022 | Aceito: 05/08/2022 | Publicado: 15/08/2022

Williane Pascoal de Lima Candido

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6770-9765>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: williane.candido.20180035108@uemasul.edu.br

Ana Paula Gomes Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2451-0737>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: anamesquita.20180035153@uemasul.edu.br

Debora Ferreira Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5106-2349>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: deboramatos.20180040396@uemasul.edu.br

Erica dos Santos Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2919-346X>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: ericalima.20180040153@uemasul.edu.br

Gustavo Santos Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8804-4862>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: gustavoferreira.20200006950@uemasul.edu.br

Paulo Daniel Pimentel Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4608-7503>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: paulocosta.20180040304@uemasul.edu.br

Rafael Moderno Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4495-5573>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: rafaellima.201763125@uemasul.edu.br

João Miguel Santos Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8030-739X>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: joao.dias@uemasul.edu.br

Resumo

A sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*) é uma espécie que compõe a família botânica lecythidacea e é comumente encontrada na Amazônia brasileira, sendo bastante utilizada em construções pesadas internas e pesadas externas. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do teor de umidade na rigidez e resistência a flexão de peças de madeira de sapucaia. Foram utilizados 18 CPs para a aferição do teor de umidade através do método gravimétrico, com aferição das massas em intervalos de 24 horas e para o ensaio de flexão foram utilizados 3 CPs por teor de umidade. Com isso, foi observado que entre 0 a 7 dias a aferição do teor de umidade houve uma variação de 13,64% e no intervalo entre 7 e 14 dias não houve um ganho significativo de umidade, tendo um acréscimo de apenas 0,61% ao fim dos 14 dias. Nos ensaios de flexão, foram obtidos os módulos de ruptura (MOR) no qual o valor mínimo para 0 dias foi de 94,99 MPa e o valor máximo foi de 118,65 MPa. Foi constatado que o teor de umidade da madeira, no momento da aquisição, estava acima do Ponto de Saturação das Fibras (29,56%) e o seu módulo de ruptura foi de 104,36 MPa. Dessa forma, foi possível verificar que o teor de umidade variou com o tempo de submersão e, quanto ao módulo de ruptura médio constatou-se que não ocorreu variação.

Palavras-chave: Madeira; Teor de umidade; Resistência à flexão; MOR; Sapucaia.

Abstract

Sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*) is a species that makes up the botanical family *lecythidacea* and is commonly found in the Brazilian Amazon, being widely used in heavy internal and heavy external constructions. The objective of

this work is to evaluate the influence of the moisture content on the stiffness and flexural strength of sapucaia wood pieces. 18 CPs were used to measure the moisture content using the gravimetric method, with mass measurement at 24-hour intervals and for the bending test, 3 CPs were used per moisture content. With this, it was observed that between 0 and 7 days the measurement of moisture content there was a variation of 13.64% and in the interval between 7 and 14 days there was no significant gain in moisture, with an increase of only 0.61% at the end of the 14 days. In the bending tests, the modulus of rupture (MOR) were obtained, in which the minimum value for 0 days was 94.99 MPa and the maximum value was 118.65 MPa. It was found that the moisture content of the wood, at the time of acquisition, was above the Fiber Saturation Point (29.56%) and its modulus of rupture was 104.36 MPa. In this way, it was possible to verify that the moisture content varied with the submersion time and, as for the average modulus of rupture, it was found that there was no variation.

Keywords: Wood; Moisture content; Flexural strength; MOR; Sapucaia.

Resumen

Sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*) es una especie que conforma la familia botánica *lecythidaceae* y se encuentra comúnmente en la Amazonía brasileña, siendo ampliamente utilizada en construcciones pesadas internas y externas. El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia del contenido de humedad en la rigidez y resistencia a la flexión de piezas de madera de sapucaia. Se utilizaron 18 CP para medir el contenido de humedad por el método gravimétrico, con medición de masa a intervalos de 24 horas y para el ensayo de flexión se utilizaron 3 CP por contenido de humedad. Con esto se observó que entre los 0 y 7 días la medición del contenido de humedad hubo una variación de 13.64% y en el intervalo entre 7 y 14 días no hubo ganancia significativa de humedad, con un incremento de solo 0.61% en el final de los 14 días. En los ensayos de flexión se obtuvo el módulo de ruptura (MOR), en el cual el valor mínimo para 0 días fue de 94.99 MPa y el valor máximo de 118.65 MPa. Se encontró que el contenido de humedad de la madera, al momento de la adquisición, estaba por encima del Punto de Saturación de la Fibra (29,56%) y su módulo de ruptura era de 104,36 MPa. De esta forma, se pudo verificar que el contenido de humedad varió con el tiempo de inmersión y, en cuanto al módulo de ruptura promedio, se encontró que no hubo variación.

Palabras clave: Madera; Contenido de humedad; Fuerza flexible; MOR; Sapucaia.

1. Introdução

A madeira possui inúmeras aplicabilidades sendo empregada na construção civil em diversas etapas da obra, de forma temporária, instalação do canteiro de obra (fôrmas e escoras), e definitiva, como em estruturas e revestimentos (Santos, 2018). Além disso, a madeira destaca-se por ser um produto renovável e natural, um material de fácil trabalhabilidade, bom desempenho termoacústico, boa relação peso próprio e resistência mecânica, quando comparados com estruturas de concreto armado (Cordeiro et al., 2017).

Por ser um material de origem vegetal, a madeira possui estrutura complexa e heterogênea (Silva & Oliveira, 2003), apresentando comportamento anisotrópico, podendo ser considerada ortotrópico, visto que suas propriedades mecânicas, físicas, térmicas, elétricas e acústicas se modificam de acordo com a direção (radial, tangencial e longitudinal) analisada (Dias, 2018).

A madeira apresenta características higroscópicas, ou seja, capacidade de absorver ou expulsar moléculas de água para o meio externo (Melo, 2013), tal atribuição implica em alteração do teor de umidade e conseqüentemente em sua resistência mecânica (Sá & Vito, 2014). Diante disso, a madeira dependerá das condições climáticas: temperatura e umidade, de sua localização para atingir o valor do teor de umidade de equilíbrio ao ar, ou seja, equilíbrio higroscópico (Moreschi, 2022). A alteração do teor de umidade implica em variação dimensional da madeira e também de suas propriedades geométricas, pois, quando expostas ao aumento do teor de umidade ocorre o inchamento, todavia, a diminuição resulta em retração da peça (Takeshita & Jankowsky, 2015).

Contudo, a variação das propriedades mecânicas e geométricas da madeira ocorrerem abaixo do ponto de saturação, que corresponde 25% a 30% do teor de umidade (Dias, 2018). Visto que há relação direta das propriedades mecânicas e a umidade, observa-se que as resistências mecânicas sofrem pouca variação quando estão acima do ponto de saturação das fibras (PSF), aumentando a resistência conforme o teor de umidade é reduzido, abaixo do PSF. Dentro desse intervalo quando a umidade aumenta a resistência diminui (Garcia et al., 2021). Por isso, faz-se necessária a verificação do teor de umidade da madeira, pois, tais características influenciam a trabalhabilidade, a estabilidade dimensional, a durabilidade natural e a resistência

mecânica (Silva & Oliveira, 2003).

Adjacente a isso, o conhecimento das propriedades físicas da madeira são fundamentais para estipular a finalidade de suas aplicações (Pelozzi et al., 2012), além de atribuir outros aspectos aos projetos com base em suas propriedades, estética e economia, que podem ser agrupadas e categorizadas em usos mais adequados (Santos et al. 2020), fazendo com que seja possível potencializar a aplicação da madeira através de projetos inovadores (Nascimento et al., 2020). Dentre as propriedades físicas que são atribuídas as madeiras, podem citar o teor de umidade, densidade básica, aparente e real, reação e resistência ao fogo, durabilidade natural e higroscopicidade (Dias, 2018).

Conforme Santos et al. (2020), as propriedades mecânicas são afetadas por vários motivos, como teor de umidade, composição química, idade da árvore, temperatura, presença de defeitos, corte, secagem, etc. Essas propriedades estão diretamente relacionadas à sua densidade, sendo a madeira densa, menor índice de vazios, geralmente mais resistente, embora existam diferenças nas propriedades da madeira com a mesma densidade (Dias, 2018). Para essas propriedades são realizados ensaios mecânicos em amostras, conforme a norma ABNT NBR 7190-3:2022 – Projeto de Estruturas de Madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas.

Devido a essas diversas vantagens é ideal que os profissionais da construção civil sejam estimulados a entender os valores deste material e as vantagens da sua aplicabilidade, fazendo com que seja possível potencializar a aplicação da madeira através de projetos inovadores (Nascimento et al., 2020).

A sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*) é uma espécie que compõe a família botânica *lecythidacea* e é comumente encontrada na Amazônia brasileira, podendo medir de 20 a 30 m de altura e diâmetro médio de 90 centímetros (Cademartori et al., 2013). Além de ser considerada uma madeira pesada e cerne marrom-avermelhado, textura fina a média, de fácil secagem e processamento regular na plaina (Souza et al., 2014).

Segundo o IPT (2022) a utilização da madeira de sapucaia é utilizada comumente em construções pesadas internas, tais como: esquadrias, ripas vigas e caibros, assim como pesadas externas: pontes, estacas, cruzetas e dormentes ferroviários. Uma vez que ela apresenta características, como durabilidade, rigidez, elasticidade e resistência a esforços (Ribeiro, 2019).

De acordo com Araújo (2007), entre as fundamentais propriedades físicas da madeira estão a massa específica (ou densidade), que é representada pelo quociente entre a massa e o volume, e a variação dimensional, caracterizada pela instabilidade das dimensões (linear e volumétrica). Ademais, destacam-se as propriedades mecânicas de compressão, flexão, tração, cisalhamento e fendilhamento.

Segundo IPF (2022), podemos destacar os valores de flexão estática que será o foco do estudo em questão, com módulo de ruptura da madeira verde de 111,89 MPa e para madeira seca chegando a 149,94 MPa. Além disso, para o módulo de elasticidade pode-se chegar a 14,42 MPa para madeira verde e 14,81 MPa para madeira seca.

Face ao exposto e devido a disponibilidade desta madeira no mercado madeireiro de Imperatriz – MA, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do teor de umidade na rigidez e resistência a flexão de peças de madeira de sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*).

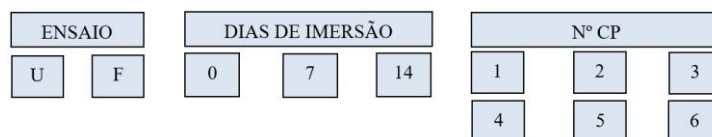
2. Metodologia

Foram selecionadas madeireiras na cidade de Imperatriz – MA e realizado um levantamento de custo-benefício, sendo optada a madeira sapucaia (*Lecythis pisionis cambesse*) devido a disponibilidade desta madeira no mercado madeireiro da cidade. Os ensaios decorreram no Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção – LEMATCON – Timoshenko da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), campus Açailândia – MA (Pereira A. S. et al., 2018). Os corpos de prova (CPs) para teor de umidade tinham as dimensões de (2,0 x 3,0 x 5,0) cm³, sendo a maior dimensão medida na direção das fibras. As dimensões dos CPs de flexão eram de (5,0 x 5,0 x 155,0) cm³.

Foram ensaiados CPs para três teores de umidade (U): 0 dias de submersão em água, 7 dias de submersão em água e 14 dias de submersão em água, sendo utilizados 6 CPs para cada idade, totalizando 18 CPs, consistindo a aferição do teor de umidade através do método gravimétrico conforme a norma ABNT NBR 7190-3:2022, com aferição das massas em intervalos de 24 horas, devido a disponibilidade do laboratório (Silva et al. 2019). Os equipamentos utilizados para o ensaio de aferição do teor de umidade foram: estufa de secagem da marca Lucademia, modelo 80/100, balança de precisão Bel S 622 e paquímetro universal da marca Storm.

Para o ensaio de flexão, foram utilizados 3 CPs por teor de umidade (0 dias de submersão em água, 7 dias de submersão em água e 14 dias de submersão em água), desta forma, totalizando 9 CPs para o ensaio. O ensaio de flexão foi utilizado a máquina universal de ensaios INSTRON EMIC 23-100, com células de carga com capacidade 100 KN, com taxa de aplicação da carga de 10 MPa/min.

Figura 1 – Nomenclaturas dos CPs.



U: teor de umidade; F: flexão; 0: zero dias em submersão em água, 7: sete dias de submersão em água, 14: quatorze dias de submersão em água; 1: primeiro espécime; 2: segundo espécime; 3: terceiro espécime; 4: quarto espécime; 5: quinto espécime; 6: sexto espécime.

Fonte: Autores.

Os resultados dos módulos de ruptura (MOR) dos ensaios de flexão foram utilizados para fazer um tratamento estatístico utilizando o teste de hipótese “*t-Student*” com o objetivo de verificar se houve diferenças significativas entre as médias dos três CPs nos intervalos entre 0 e 7 dias, 0 e 14 dias e 7 e 14 dias respectivamente.

3. Resultados e Discussão

Nota-se que os valores do teor de umidade das amostras apresentados na Tabela 1, no momento em que chegaram ao laboratório apresentaram teor médio de umidade de 29,56% e após 7 dias submersa em água, aumentou para 43,20% até atingir 43,81% aos 14 dias de imersão na água. Dessa forma, observou-se que entre 0 e 7 dias houve uma variação de 13,64% e no intervalo entre 7 e 14 dias apenas 0,61% de acréscimo.

Como o valor médio de teor de umidade apresentado aos 0 dias (29,56%) é superior ao valor de referência de teor de umidade de equilíbrio ao ar de peças de madeira localizadas na cidade de Imperatriz – MA, onde a umidade relativa do ambiente se situa entre 65% a 75%, a classe a ser utilizada é a 2, correspondente a 15% de teor de umidade.

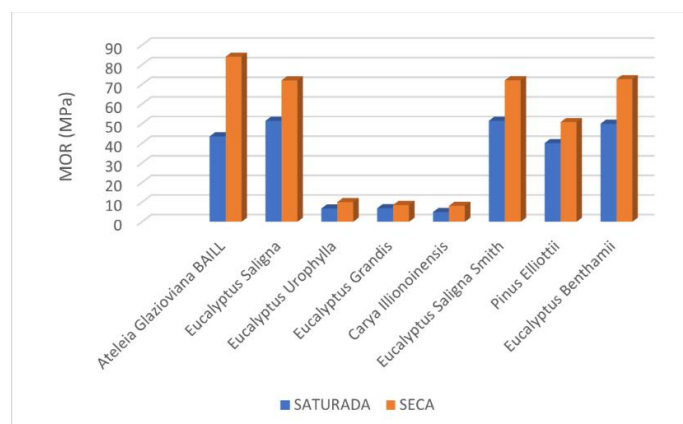
O emprego da madeira analisada (sapucaia) neste trabalho não é indicado para o uso em edificações, pois, de acordo com Silva e Oliveira (2003) devido as propriedades higroscópicas da madeira, a mesma sofrerá perda de moléculas de água até atingir o teor de umidade em equilíbrio ao ar e, conseqüentemente, ocorrerá retração do material, podendo resultar em tensões adicionais na estrutura, ocasionando modificações em seu volume e forma.

Contudo, essa perda de água ocorrerá de forma lenta podendo causar uma falsa impressão de estabilidade mecânica e física (Anjos e Souza, 2015). Essas imperfeições surgem devido a anisotropia da madeira onde os valores de retração variam em geral de 0,1% a 0,2% na direção longitudinal, 4% a 18% na direção tangencial e 2% a 8% na direção radial. Essas diferenças de retração são preponderantes para o surgimento de defeitos de secagem como rachaduras e empenamentos (Dias, 2018).

Na Figura 2, é possível notar a importância da averiguação do teor de umidade da madeira, tendo em vista que o módulo de ruptura dos CPs quando a madeira se encontrava no estado seco, ou seja, com teor de umidade em equilíbrio com o ambiente

em que se localiza (Lahr, 2015), foi maior do que quando ela estava saturada.

Figura 2 - Valores coletados em literatura para MOR seco e saturado



Fonte: Autores.

Nota-se que para as espécies: *Ateleia Glazioviana*, *Eucalyptus Urophylla*, *Eucalyptus Urophylla*, *Eucalyptus Grandis*, *Carya Illinoensis*, *Eucalyptus Saligna* e *Pinus Eliottii* as respectivas resistências foram maiores quando os CPs estavam no estado seco. Neste caso, o desempenho geral de uma estrutura de madeira entre outras características depende do teor de umidade (U), sendo necessário a utilização de madeira com Ueq (teor de umidade em equilíbrio com o ambiente) e também fazer o monitoramento adequado dos valores de U por medidores de capacitância ou resistência, é aconselhável secar a madeira ou mesmo realizar testes gravimétricos (Dias et al., 2019).

Ainda observando a Tabela 1, nos ensaios de flexão, obteve-se os módulos de ruptura (MOR) no qual o valor mínimo para 0 dias foi de 94,99 MPa, o valor máximo foi de 118,65 MPa implicando em uma média de 104,36 MPa com coeficiente de variação (CV) de 12,05% entre os CPs analisados. Para os ensaios realizados depois de 7 dias submersos em água obteve-se um valor mínimo de 86,42 MPa e 130,42 MPa para valor máximo e média de 105,85 MPa, com coeficiente de variação de 21,21%. Já para o ensaio de 14 dias o valor mínimo obtido foi de 76,49 MPa e 106,24 MPa para o máximo, a média foi de 94,48 MPa e coeficiente de variação igual a 16,75%.

Tabela 1 – Relação da Força de Ruptura e MOR com três teores de umidades diferentes.

	0 Dias	7 Dias	14 Dias
	MOR (MPa)	MOR (MPa)	MOR (MPa)
U (%)	29,56	43,20	43,81
CP 1	94,99	100,70	100,72
CP 2	118,65	86,42	76,49
CP 3	99,43	130,42	106,24
Máximo	118,65	130,42	106,24
Média	104,36	105,85	94,48
Mínimo	94,99	86,42	76,49
CV (%)	12,05	21,21	16,75

A tabela apresenta a relação da força de ruptura e módulo de ruptura com três teores de umidades diferentes, sendo eles aferidos com 0, 7 e 14 dias. Obtendo-se assim os valores máximos, média, mínimos e seus respectivos coeficientes de variação. Fonte: Autores.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do teste de hipótese “*t-Student*” para as amostras de 0 e 7 dias, 0 e 14 dias e 7 e 14 dias respectivamente. Em todas as comparações realizadas, nota-se que o P-Valor “P(T<=t) bi-caudal” é maior que a significância (α) e, devido a isso, afirma-se que a hipótese nula (H_0) é aceita, ou seja, não há diferenças significativas entre os valores das médias.

Tabela 2 – Teste de hipótese t de student no intervalo 0, 7 e 14 dias.

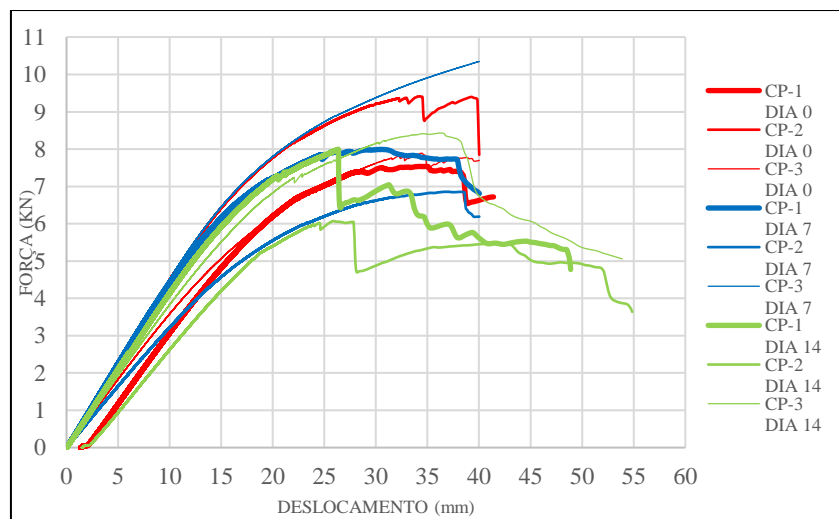
Intervalo	0 dias	7 dias	0 dias	14 dias	7 dias	14 dias
Média	104,3553	105,8484	104,3553	94,48488	105,8484	94,48488
Stat t		-0,10052		0,845775		0,716652
P(T<=t) bi-caudal		0,926274		0,445306		0,513206
t crítico bi-caudal		3,182446		2,776445		2,776445
Significância (α)		0,05		0,05		0,05

A tabela apresenta os resultados do teste de hipótese *t-Student* para a comparação das médias de 0 e 7 dias, 0 e 14 dias e 7 e 14. Fonte: Autores.

Como a madeira adquirida para o ensaio de resistência mecânica apresentou um teor de umidade de 29,56% em seu estado natural, não foi possível fazer a correção para 12%, isso porque, de acordo com o item 6.2.1 da norma ABNT NBR 7190-1:2022, não é permitido a correção das suas propriedades mecânicas quando a umidade está fora do intervalo de 10% a 25%.

Para o ensaio de flexão, os valores médios mais elevados foram obtidos com 7 dias e os menores com 14 dias. Apenas os valores mínimos seguiram um decréscimo do valor de MOR, conforme apresentado na Figura 3. Avaliando os resultados obtidos após a realização dos ensaios de flexão verificou-se que houve um ganho de resistência nos valores máximos de 0 a 7 dias em 11,77 MPa e um decréscimo de 24,18 MPa de 7 para 14 dias, com isso não é possível afirmar que tal mudança tenha ocorrido por conta da variação do teor de umidade.

Figura 3 – Ensaio de Flexão



Fonte: Autores.

Além do mais, em virtude do número de CPs e também pelo fato da madeira estar acima do ponto de saturação das fibras, onde o aumento da umidade acima desse valor não acarreta em variações significativas nas propriedades mecânicas de resistência paralela às fibras, resultados esses que seguem as mesmas predisposições de outros autores, como Filho (2012). Tais diferenças nos valores de MOR podem ter surgido por conta da variabilidade da madeira, pela possibilidade de defeitos de crescimento ou por outras características relacionadas ao ambiente em que as árvores cresceram (Lahr, 2015).

4. Conclusão

Este trabalho consistiu na avaliação da influência do teor de umidade na resistência à flexão de peças de madeira de sapucaia (*Lecythis pisonis cambesse*) adquiridas na cidade de Imperatriz – MA sujeitas a 0, 7 e 14 dias de submersão em água.

Foi constatado que o teor de umidade da madeira, no momento da aquisição estava acima do Ponto de Saturação das Fibras (29,56%) e o seu módulo de ruptura foi de 104,36 MPa. Foi possível verificar que o teor de umidade variou com o tempo de submersão e, quanto ao módulo de ruptura médio constatou-se que não ocorreu variação.

Para pesquisas futuras sugere-se continuar utilizando a madeira de sapucaia para um conhecimento mais aprofundado da espécie. Tendo como proposta, realizar o mesmo trabalho para as demais propriedades mecânicas sendo elas: resistência a compressão paralela a grã; resistência a compressão normal a grã; resistência à tração paralela a grã; resistência à tração normal a grã; resistência de cisalhamento paralelo a grã; resistência ao fendilhamento.

Referências

- Araújo, H. J. B. (2007). *Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeira tropicais brasileiras*. Floresta, 37(3). 10.5380/ufv.37i3.9937
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). NBR 7190 - 1: *Projeto de estruturas de madeira. Parte 1: Critérios de dimensionamento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). NBR 7190 - 3: *Projeto de estruturas de madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas*. Rio de Janeiro.
- Almeida, E. & Barbosa, S. E. & Nascimento, F. B. & Santana, F. E. & Sousa, L. F. D. (2020). *Estruturas de Madeiras: um novo olhar para a formação acadêmica dos futuros profissionais*. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. 3(4), 3822-3828. 10.34188/bjaerv3n4-082
- Anjos, F. P. dos & Sousa, A. M. L. de. (2015). *Umidade de Equilíbrio em Madeira Termorretrificada de Cupiúba da Região Amazônica*. Biota Amazônia Open Journal System, Universidade Federal do Amapá. Macapá, AP. 5(1), 99–104. 10.18561/2179-5746/biotaamazonia
- Cademartori, G. P. H. & França, F. R. & Nisgoski, S. & Magalhães, E. L. W. & Muniz, B. I. G. (2013). *Característica Anatômica da Madeira de Lecythis pisonis CAMB. I Congresso de Ciência e Tecnologia da madeira (CBCM); III Simpósio de Ciência e Tecnologia do Estado do RJ (SIMADERJ)*. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1004681/caracterizacao-anatomica-da-madeira-de-lecythis-pisonis-camb>
- Cordeiro, J. et al. (2017). *Uso da madeira na construção civil*. Projectus, 2(4), 79-93. 10.15202/25254146.2017v2n4p79
- Dias, J. M. S. (2018). *Estruturas de madeiras*. 2B Educação.
- Dias, J. M. S. et al. (2019). *Avaliação comparativa entre métodos de aferição do teor de umidade em peças de madeira de dimensões reduzidas*. ResearchGate, Ponta Grossa, PR. 3, 171 – 179. 10.22533/at.ed.93019150316
- Filho, F. C. L. (2012). *Efeito combinado do teor de umidade e da massa específica na resistência e rigidez da madeira de Pinus elliottii*. Revista Floresta, 42(3), 519–526. 10.5380/ufv.42i3.16973
- França, M. C. & Cunha, A. B. da. (2020). *Determinação da Relação Resistência / Rigidez e Teor de Umidade da Madeira de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage*. <https://silo.tips/download/determinacao-da-relacao-resistencia-rigidez-e-teor-de-umidade-da-madeira-de-eucaly#sidebar-close>
- Gonçalves, F. G. et al. (2009). *Estudo de Algumas Propriedades Mecânicas da Madeira de Um Híbrido Clonal de Eucalyptus urophylla X Eucalyptus grandis*. R. Árvore, Viçosa, MG, 33(3), 501-509. 10.1590/S0100-67622009000300012
- Haselein, C. R. et al. (2002). *Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de Eucalyptus saligna Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação*. Revista Ciência Florestal, 22(2), 147–152. <https://doi.org/10.5902/198050981689>
- Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT. (2013). *Informações sobre madeiras*. https://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=73
- Lahr, F. A. R. et al. (2015). *Avaliação de Propriedades Físicas e Mecânicas de Madeiras de Jatobá (Hymenaea stilbocarpa Hayne) Com Diferentes Teores de Umidade e Extraídas de Regiões Distintas*. Revista Árvore, 40(1), 147-154. 10.1590/0100-67622016000100016
- Melo, R. R. (2013). *Estabilidade dimensional de compostos de madeira*. Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 4(2), 152–175. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4060>
- Mendes, L. M. & Arce, J. E. (2003). *Análise comparativa das equações utilizadas para estimar a umidade de equilíbrio da madeira*. Cerne, Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brasil, 9(2), 141–152. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/18195?show=full>
- Moreschi, J. C. (2014). *Propriedades da madeira*. <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>
- Moretti, S. D. A. & Santos, C. M. M. dos; Mascarenhas, A. R. P. & Oliveira, J. P. de. & Anjos, S. P. dos. (2020). *Avaliação do processo de secagem ao ar livre da madeira de jatobá na Amazônia Evaluation of the outdoor drying process of jatoba wood in the Amazon Evaluación del proceso de secado al aire libre de la madera de jatoba en la Amazonía*. Research, Society and Development, 9(9), 1-21. 10.33448/rsd-v9i9.7258
- Oliveira, J. T. da S. & Silva, J. de C. (2003). *Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de Eucalyptus saligna Sm*. Revista Árvore, 27(3), 381 – 385. 10.1590/S0100-67622003000300015
- Pelozzi, M. M. A. et al. (2012). *Propriedades físicas dos lenhos Juvenil e adulto de Pinus elliottii Engelm var. elliottii E DE Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*. Revista Ciência Florestal, 22(2), 305–313. 10.5902/198050985737

- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>
- Ribeiro, R. B. S. & Gama, J. R. V. & Souza, A. L. & Andrade, D. F. C. (2019). *Análise financeira da extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na floresta nacional do tapajós*. *Advances in Forestry Science*, 6(2), 567-573. 10.34062/afs.v6i2.5621
- Santos, L. M. A. (2018). *Madeiras*. *Revista Científica Semana Acadêmica*. Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000131. <https://semanaacademica.org.br/artigo/madeiras>
- Santos, J. O. X. dos. Et al. (2020). *Evaluation of physical and mechanical properties of four species of Amazonian wood for use in civil construction*. *Research, Society and Development*, 9(12), e44891211379. 10.33448/rsd-v9i12.11379
- Sá, P. A. D & VITO, M. (2014). *Estudo da Influência da Umidade nas Propriedades Mecânicas da Madeira*. Santa Catarina, SC. UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense. <http://repositorio.unesc.net/handle/1/3020>
- Silva, V. P. S. & Matos, D. F. & Lima, T. J. & Moreira, W. M. & Dias, J. M. S. (2019). *Análise do teor de umidade de madeiras comercializadas na cidade de Açailândia – MA. III Semana de Engenharia Civil – SEC Marabá-PA*.
- Souza, A. S. de & Margallo, L. & Prance, G. T. & Gurgel, E. S. C. & Gomes, J. I. & Carvalho, L. T. & Martins-da-Silva, R. C. V. (2014). *Conhecendo Espécies de Plantas da Amazônia: Sapucaia (Lecythis pisonis Cambess. – Lecythidaceae)*. *Embrapa Amazônia Oriental*, Comunicado Técnico, 250. Belém, PA. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110906/1/COM-250.pdf>
- Takeshita, S.; Jankowsky, I. P. (2015). *Redução na movimentação dimensional da madeira de Jatobá (Hymenaea sp.) e Muiracatiara (Astronium sp.) submetidas a tratamento térmico adicional*. *Scientia Forestalis*, 43(106), 345–352. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap10.pdf>
- Tramontina, J. et al. (2013). *Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade da espécie Ateleia glazioviana BAILL. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, 9(16). <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3488>
- Vidal, J. M. el al. (2015). *Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências*. *Revista Ciência Florestal*, 25(1), 257–271. 10.1590/1980-509820152505257.