



Influência de tratamentos térmicos na perda de massa e absorção de água de lâminas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Resumo: A modificação hidrotérmica e a termorretificação são técnicas para aumentar a permeabilidade da madeira, melhorando a eficiência de tratamentos preservativos. Este estudo avaliou a influência desses tratamentos na saturação em água de lâminas de paricá. Foram testados quatro tratamentos: controle, modificação hidrotérmica com água a 40°C durante 72 horas, termorretificação a 180°C durante 3 horas e ambos os métodos combinados. Os resultados mostraram que o tratamento conjunto com modificação hidrotérmica e termorretificação produziu maior perda de massa, enquanto os tratamentos isolados com modificação hidrotérmica e termorretificação originaram maiores absorções de água.

Palavras-chave: Madeira, paricá, permeabilidade, modificação hidrotérmica, termorretificação.

Influence of thermal treatments on mass loss and water Absorption of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* veneers

Abstract: Hydrothermal modification and thermal rectification are techniques used to increase the permeability of wood, thereby improving the efficiency of preservative treatments. This study evaluated the influence of these treatments on the water saturation of paricá veneers. Four treatments were tested: control, hydrothermal modification with water at 40°C for 72 hours, thermal rectification at 180°C for 3 hours, and a combination of both methods. The results showed that the combined treatment with hydrothermal modification and thermal rectification resulted in greater mass loss, while the isolated treatments of hydrothermal modification and thermal rectification led to higher water absorption.

Keywords: Timber, parica, permeability, hydrothermal modification, heat treatment.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos de madeira engenheirada surgiram como alternativa à madeira serrada em estruturas, de forma a suprir alguns aspectos inerentes ao desempenho mecânico, exatidão das dimensões das peças, liberdade dimensional e higroscopidez (Ayanleye *et al.*, 2022). Segundo Lima *et al.* (2022a), estes produtos são obtidos através de processos industriais nos quais partículas, fibras, lâminas ou lamelas de madeira são colados através de adesivos. Os produtos de madeira engenheirada recorrem frequentemente ao uso de espécies provenientes de silvicultura. No entanto, geralmente estas espécies apresentam baixa resistência à biodegradação (Oliveira *et al.*, 1986). A resistência à biodegradação é a dificuldade que um ser biológico apresenta ao degradar a madeira, estando relacionada com o tipo e quantidade de extrativos presentes (Ayanleye *et al.*, 2022).

Comentado [user1]: Sugiro fazer uma introdução mais curta



Para viabilizar o emprego de produtos de madeira engenheirada em estruturas de edificações, de forma a garantir o tempo de vida útil compatível com as condições de exposição (ABNT, 2022), é possível recorrer à aplicação de produtos químicos hidrossolúveis ou oleossolúveis, com ou sem pressão (Sena, 2020), além de processos de modificação química (Zabel; Morrell, 2020). No Brasil, o tratamento mais utilizado é a impregnação com arseniato de cobre cromatado (CCA) sob pressão (Souza e Demenighi, 2017), sendo influenciado pela permeabilidade do produto na madeira (Taghiyari *et al.*, 2021).

A permeabilidade traduz a facilidade com que um fluido percorre um determinado volume, sendo influenciada pela viscosidade do fluido, além da distribuição, configuração, interconectividade e grau de obstrução de poros, raios de parênquima, vasos, grau de aspiração das pontoações areoladas e presença de extrativos (Sales-Campos *et al.*, 2003; Lehringer *et al.*, 2009; Baraúna *et al.*, 2014). Segundo Lehringer *et al.* (2009) e Modes *et al.* (2017), é possível promover o aumento da permeabilidade da madeira através da modificação hidrotérmica e termorretificação.

A modificação hidrotérmica consiste na imersão em um meio fluido, sob determinada temperatura (Ali *et al.*, 2021), provocando uma hidrólise ácida dos componentes da madeira, modificação, redistribuição e redistribuição dos extrativos voláteis e hidrolisáveis da madeira (Kim *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2003; Ali *et al.*, 2021), além do aumento permeabilidade devido à reversão das pontoações areoladas aspiradas (Lehringer *et al.*, 2009). Iida *et al.* (2002) estudaram a influência da duração da modificação hidrotérmica de quatro espécies de coníferas colocadas em água a 100°C, durante 1 dia, 3 dias, 5 dias e 10 dias, tendo sido constatada uma relação logarítmica entre o tempo de exposição e o aumento da absorção da madeira. Inalbon *et al.* (2017) observaram um aumento da capilaridade nas direções tangencial e radial da madeira de *Eucalyptus grandis* sujeita à modificação hidrotérmica em água sob temperaturas entre 90°C e 110°C.

Já a termorretificação é o processo de modificação das propriedades químicas e físicas da madeira através da incidência de temperaturas entre 120°C e 200°C, que provocam a degradação da estrutura celular da madeira e a remoção de extrativos (Modes *et al.*, 2017). No trabalho de Esmailpour *et al.* (2018), foi constatado um aumento da permeabilidade à água de corpos de prova (CPs) de *Paulownia fortunei*, sujeitos ao tratamento de termorretificação sob temperaturas de 180°C, 190°C e



200°C. No trabalho de Taghiyari et al. (2021) também foi verificado um aumento da permeabilidade da madeira à água e querosene da madeira de *Populus nigra* var. *betulifolia*, sujeita ao tratamento de termorretificação sob 185°C, durante 4 horas.

A remoção de extractos, como forma de promover o aumento da permeabilidade de preservantes químicos, poderá ser relevante para espécies, como por exemplo o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*). Modes et al. (2018) verificaram que o teor de extractos da madeira de paricá com 14 anos foi de 6,65%, sendo superior aos valores obtidos para *Eucalyptus* sp. Segundo Nascimento et al. (2022), o paricá é utilizado como matéria-prima por empresas de madeira compensada na região Nordeste do Estado do Pará. Esta espécie ocorre no bioma Amazônico, sendo possível encontrar em mata nativa ou em áreas de silvicultura. Terezo et al. (2017) estudaram a resistência à biodegradação do paricá, tendo verificado que esta espécie é facilmente degradável por seres xilófagos, justificando a necessidade de realização de tratamentos preservativos.

Vários trabalhos avaliaram a permeabilidade da água em madeiras, como forma de equiparação à tratabilidade com preservantes químicos. No entanto, a literatura acerca da melhoria da permeabilidade à água da madeira de paricá através da modificação hidrotérmica e termorretificação ainda é escassa. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da modificação hidrotérmica e termorretificação na absorção de água de lâminas de paricá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Da linha de produção da empresa Adeco (Dom Eliseu – PA), foram obtidos 48 corpos de prova (CPs) de paricá com dimensões de (100 x 20 x 3) mm³, sendo a maior dimensão paralela às fibras. As dimensões foram aferidas através de um paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm e as massas de cada CP foram obtidas por intermédio de uma balança com precisão, com resolução de 0,01 g. De posse das dimensões e das massas iniciais, determinou-se a densidade aparente. Para a determinação do teor de umidade inicial das lâminas de paricá, recorreu-se ao método gravimétrico, com a aferição das massas em intervalos de 24 horas, até obter-se uma variação entre leituras consecutivas igual ou inferior a 0,5% (massa anidra).

Foram utilizados quatro tratamentos, cada um com 12 repetições: grupo de controle (GC), composto por uma sequência de etapas de secagem e saturação em água; TH40, no qual os CPs foram sujeitos à secagem, modificação hidrotérmica, secagem e saturação em água; TR180, em que as amostras foram sujeitas à secagem, seguida de termorretificação e, posteriormente, saturação em água; TH40TR180, com uma sequência de etapas composta por secagem, modificação hidrotérmica, secagem, termorretificação e saturação em água. As secagens foram realizadas sob temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se a massa anidra. A modificação hidrotérmica foi realizada em água a 40°C , durante 72 horas, enquanto a temperatura de termorretificação foi de 180°C , durante 3 horas. A saturação dos CPs em água foi realizada até obter-se uma variação entre massas consecutivas igual ou inferior a 0,5% (massa saturada). Os resultados obtidos foram sujeitos à estatística descritiva, no software Origin e, para verificar as diferenças entre as perdas de massa e absorção e água (massa saturada), realizou-se um teste *t-Student*, com 95% de confiança.

2.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à densidade aparente e teor de umidade das lâminas de paricá estão apresentados na Tabela 1. O teor de umidade de 9,50% permite enquadrar a madeira de paricá estudada na classe de umidade 1 da norma ABNT NBR 7190:2022-1 (ABNT, 2022). Neste contexto, é possível afirmar que o teor de umidade é condizente com o valor de equilíbrio (12%) para a região onde se desenvolveu este estudo. O valor obtido neste estudo ($389,59 \text{ kg.m}^{-3}$) permite enquadrar o lote de madeira de paricá na classificação de Silva *et al.* (2015) como sendo madeira “leve”, uma vez que é inferior a 550 kg.m^{-3} . Este fato está em consonância com os estudos de Modes *et al.* (2020) e Lima *et al.* (2022b), que também classificaram os respectivos lotes de madeira de paricá como sendo “leve”.

Tabela 1. Resultados da caracterização física, perda de massa e absorção de água.

Tratamento	U (%)	ρ_{ap} (kg.m^{-3})	perda de massa (%)				absorção de água (%)			
			máx	med	min	CV	máx	med	min	CV
GC			-	-	-	-	210,29	165,66c	101,80	18,74
TH40			4,58	1,41a	0,00	108,57	356,33	277,74d	182,50	16,85
TR180	9,50	389,59	3,00	1,60a	0,66	36,92	348,68	244,78d	130,83	27,33
TH40TR180			10,00	7,78b	5,16	17,74	226,29	186,51c	158,89	10,78

Comentado [user2]: Ok. Voce falou muitas coisas na introdução sobre a biodegradação e permeabilidade. Seus resultados trouxeram a relação da permeabilidade. Mas vc não criou uma conexão com a biodegradação. Assim, toda aquela informação sobre biodegradação, não foi conectada com seu trabalho. Deve haver esse link no resultados

Comentado [user3]: E pela norma brasileira? Qual seria a classificação?

Comentado [JD4R3]: Não foi encontrada uma norma brasileira de classificação de madeiras em função da densidade.

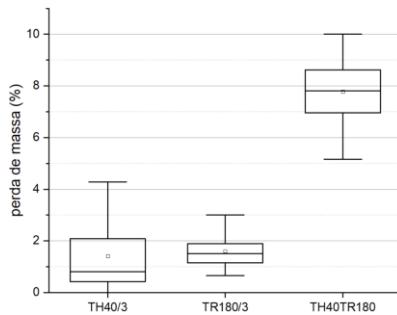
Comentado [user5]: As letras dos resultados estatísticos na tabela estão muito confusos. O leitor pode ter dificuldade de entender. Vc diz q confrontou as 2 propriedades com student. P.ex. Eu vejo que o TH180, apresentou menor perda de massa (estatisticamente) e maiores absorções de água. Está confuso. Coloca legenda sobre as letras embaixo da tabela (letras minúsculas não diferenciam na linha ou coluna...) e/ou reeve as letras entre as propriedades perda de massa e absorção de água. Faz com que fique claro para leitor. A tabela serve para bater olho e entender rapidamente.



U = teor de umidade. ρ_{ap} = densidade aparente. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2, é possível encontrar os resultados e distribuições da perda de massa e absorção de água obtidas em cada tratamento, respectivamente. É possível verificar que, para a perda de massa, os maiores valores foram obtidos no tratamento com a conjugação da modificação hidrotérmica e termorretificação. Conforme é possível constatar na Tabela 1, não foi constatada diferença estatística entre as perdas de massa das séries TH40 e TR180. O fato da série TH40TR180 ter apresentado maior perda de massa, poderá estar associado à conjugação da remoção dos extractivos hidrolisáveis através da modificação hidrotérmica, assim como a eliminação dos extractivos voláteis, além da degradação térmica da hemicelulose.

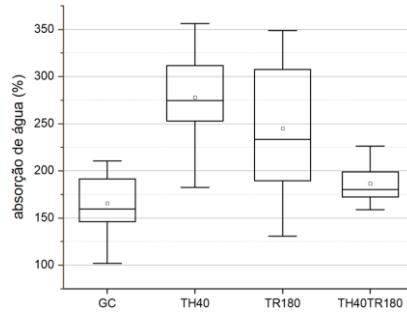
Figura 1. Perda de massa ocorrida em cada tratamento.



Fonte: (Autor)

No que concerne à absorção de água, o grupo de controle apresentou menores resultados, seguido da série TH40TR180 e do tratamento de termorretificação (série TR180). O tratamento que promoveu maior absorção de água foi o TH40. Conforme é possível constatar na Tabela 1, o teste *t*-Student não atribuiu diferenças estatísticas entre as séries TH40 e TR180. No entanto, é possível verificar que os tratamentos que incluíram termorretificação, tiveram menor absorção de água, sendo este fato condizente com Esteves *et al.* (2011), que referem que a exposição a temperaturas elevadas, implica na degradação da estrutura celular da madeira. Os mesmos autores referem que a termorretificação promove a redução das hidroxilas presentes na estrutura celular da madeira, reduzindo a higroscopичidade.

Figura 2. Absorção de água ocorrida em cada tratamento.



Fonte: (Autor)

A redução das hidroxilas também pode explicar a inexistência de uma relação entre a perda de massa e a absorção de água da madeira. De fato, o decréscimo de massa correspondente à remoção dos extractivos e degradação da hemicelulose, não é igual ao aumento de massa de água após a saturação das lâminas, devido à redução dos grupos hidroxila da madeira, os quais permitem o estabelecimento de ligações com as moléculas de água.

Os tratamentos isolados e conjugados de modificação hidrotérmica e termorretificação promoveram perdas de massa e aumentos de permeabilidade da madeira. As maiores absorções de água registradas para as séries de modificação hidrotérmica e termorretificação isoladas sugerem que estes tratamentos poderão favorecer a permeabilidade de preservantes químicos e, consequentemente, promover uma maior proteção contra a biodegradação.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu concluir que o tratamento conjunto com modificação hidrotérmica e termorretificação produziu maior perda de massa, no entanto originou menor absorção de água. Já os tratamentos isolados com modificação hidrotérmica e termorretificação originaram maiores absorções de água, sugerindo que poderão promover uma maior permeabilidade de produtos preservantes e o consequente aumento da proteção contra seres xilófagos.

Comentado [user6]: Novamente, onde está a conexão entre a permeabilidade, biodegradação? Falta uma frase que traga o parágrafo para a conclusão. Se eu ler só a conclusão do seu trabalho, ela me diz um mínimo de informação. Conecta tudo o que escrever aqui na conclusão.

4. REFERÊNCIAS

ALI, M.R. et al. Hydrothermal Modification of Wood: A Review. **Polymers**, 2021, v. 13, n.16, p. 2612, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190 - 1**: Projeto de estruturas de madeira. Parte 1: Critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

AYANLEYE, S. et al. Durability and protection of mass timber structures: A review. **Journal of Building Engineering**, v. 46, p. 103731, 2022.

BARAÚNA, E. E. P. et al. Effect of anatomical and chemical structure in the permeability of "Amapá" wood. **Cerne**. v. 20, p. 529-534, 2014.

ESTEVES, B.; VIDEIRA, R.; PEREIRA, H. Chemistry and ecotoxicity of heat-treated pine wood extractives. **Wood Science Technology**, v. 475, p. 661-676, 2011.

FREITAS, F. P. et al. Influence of time and heat treatment temperature on permeability of *Eucalyptus Grandis* wood. **Revista Árvore**, v. 43, n. 3, p. 1-7, 2019.

IIDA, I.; YUSUF, S.; WATANABE, U. et al. Liquid penetration of precompressed wood VII: combined treatment of precompression and extraction in hot water on liquid penetration of wood. **Journal of Wood Science**, v. 48 (1), p. 81-85, 2002.

INALBON, M. C.; SOLIER, Y. N.; ZANUTTINI, M. A. Hydrothermal treatment of Eucalyptus wood: Effects on ion permeability and material removing. **Industrial Crops & Products**, v. 104, n. 01, p. 195-200, 2017.

KIM, G. H.; YUN, K. E.; KIM, J. J. Effect of heat treatment on the decay resistance and the bending properties of radiata pine sapwood. **Material und Organismen**, v. 32, n. 2, p. 102-108, 1998.

LEHRINGER, C. et al. A review on promising approaches for liquid permeability improvement in softwoods. **Wood and Fiber science**, v. 41 n. 4, p. 373-385, 2009.

LIMA, V. S., NASCIMENTO, S. L., SANTOS, M. C., et al., Avaliação geográfica e econômica das indústrias de compensado no Brasil. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 08, n. 04, 2022a.

LIMA, V. S., NASCIMENTO, S. L., SANTOS, M. C., et al., Avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) utilizada na indústria de compensados no Estado do Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022b.

MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A. et al., Efeito da termorretificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucaliptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n.1, p. 291-302, 2017.



MODES, K. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G., VIVIAN, M. A., et al., Propriedades físicomecânicas da madeira sólida de *Schizolobium amazonicum*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, p. 989-995, 2020.

NASCIMENTO, S. L. et al. Perfil das empresas madeireiras no município de Salvador. **The Journal of Engineering and Exact Sciences - jCEC**, v. 08, n. 04, 2022.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. et al. **Manual de preservação de madeiras**. v. 1. São Paulo: IPT, 1986. Cap. 05, p. 99-278.

OLIVEIRA, L. S.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R. Efeitos de pré-tratamentos de água quente e Congelamento na taxa de secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 11-18, 2003.

SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (Pau-Rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

SENA, C. S. **Proposta de LVL produzido com lâminas de eucalipto (Eucalyptus pellita) tratadas com CCA-C**. 2020. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2020.

SILVA, C. J. D.; VALE, A. T. D.; MIGUEL, E. P. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado do Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 2015. 63-75.

SOUZA, R. V.; DEMENIGHI, A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 03, n. 01, p. 84-92, 2017.

TAGHIYARI, H. R. et al. Fluid flow of polar and less polar liquids through modified Poplar wood. **Forests**, v. 12, n. 4, p. 482, 2021.

TEREZO, R. F. et al. Resistência da madeira tratada de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) ao ataque de cupins. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 8, n. 3, p. 187-193, 2017.

ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. **Wood microbiology: Chemical protection of wood (wood preservation)**. 2. ed. California: Academic Press, 2020. 576 p.