

A INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO BAMBU

Lucas V. S. Felício^{1*}, Caio V. C. Fernandes²; Cristiane P. Marin¹

*Autor de contato: l.felicio@aluno.ifsp.edu.br

¹ Discente do curso de Engenharia civil, Instituto Federal de São Paulo, Votuporanga, Brasil

² Engenheiro civil, Instituto Federal de São Paulo, Votuporanga, Brasil

RESUMO

O bambu é uma planta de grande utilização em muitas aplicações, sendo ainda um produto ecologicamente correto em todos os aspectos. Aplicado há milhares de anos, mas ainda interessante e inovador no meio científico. Possui grande capacidade de se tornar um elemento estrutural de construções, desde que seja garantida a sua durabilidade a longo prazo, com tratamentos, por exemplo. Neste artigo foi investigado o impacto de três tratamentos (soluções de hidróxido de sódio, de Timbor e de água fria) na resistência paralela às fibras do bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*. Após o período de tratamento, os colmos foram submetidos a um processo de secagem e confecção de corpos de prova de tração, seguindo os padrões das normativas ABNT NBR 16828-1 (2020) e ABNT NBR 16828-2 (2020). Para realizar a comparação de resultados entre tratamentos e o grupo controle (sem tratamento) foram utilizadas técnicas estatísticas como a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Tukey para comparações múltiplas. Os resultados destacaram um maior desempenho no tratamento com hidróxido de sódio na resistência mecânica, especialmente nas partes médias e do topo do colmo.

Palavras-chave: Estruturas de bambu; Tratamentos em bambu; Resistência à tração.

ABSTRACT

Bamboo is a widely utilized and environmentally sustainable material, renowned for its applications across various domains throughout millennia. Despite its historical significance, bamboo continues to present opportunities for scientific exploration, particularly concerning its potential as a structural element in construction, provided its long-term durability is ensured through appropriate treatments. This study examines the influence of three distinct treatments—sodium hydroxide solution, Timbor solution, and cold water—on the tensile strength parallel to the fibers of *Bambusa vulgaris*. Following the treatment process, the culms were subjected to drying and preparation of tensile test specimens, adhering to the specifications of ABNT NBR 16828-1 (2020) and ABNT NBR 16828-2 (2020). Statistical analyses, including Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test, were employed to evaluate the performance of the treated samples relative to a control group (untreated). The results underscore the superior performance of the sodium hydroxide treatment in enhancing mechanical strength, particularly in the middle and top sections of the culms.

Keywords: Bamboo structures; bamboo treatments; Tensile testing.

1. INTRODUÇÃO

As construções de uma civilização são um reflexo da ciência produzida em seu entorno. Frente a um período de futura escassez de recursos não renováveis, cada vez mais se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias que utilizam materiais sustentáveis como solução para as edificações a surgirem. Nesse contexto, apresentam-se várias pesquisas resgatando materiais que sempre fizeram parte da história, como o bambu.

O bambu possui uma trajetória que se estende por milênios, juntamente com a pedra e a madeira. Sua utilização acompanha as origens de diversas civilizações como a China, Índia, Japão e Egito (Liese, 1998). Isto se deve ao fato de que sua adaptabilidade faz dele um recurso inestimável em diversos setores, desde a construção civil até a fabricação de móveis e utensílios. Além disso, o bambu possui características únicas, tais como resistência, leveza e capacidade de crescimento rápido, o que o torna uma opção sustentável e ecologicamente mais adequada em comparação com outros materiais disponíveis (Coutinho, 2017).

No Brasil, a chegada da maioria das espécies de bambu ocorreu durante o período colonial. Os portugueses introduziram espécies exóticas tropicais, que se tornaram as mais frequentes no país. Entre as espécies mais comuns estão a *Bambusa vulgaris*, conhecida como bambu-verde, a variedade *vittata* da *Bambusa vulgaris*, também chamada de bambu imperial e a *Bambusa tuldoides*, conhecida como bambu comum (Costa, 2004). Este cenário se expandiu tanto que atualmente o Brasil é o país no continente americano com maior quantidade de espécies, aproximadamente 240, sendo a região nordeste onde se encontra a maior biodiversidade desta gramínea (Ostapiv, Fagundes, 2007).

Entretanto, a utilização deste material é limitada à produção artesanal convencional e de construções temporárias, devido à falta de exploração industrial para um maior aproveitamento e processamento do bambu (Garcia *et al.*, 2010), fato que pode ser revolucionado com a divulgação científica das propriedades atraentes que o bambu possui.

Rosa *et al* (2016), cita que para o impulsionamento da utilização industrial do bambu, é imprescindível o avanço na criação de produtos inovadores e a condução de variados ensaios de resistência física e biológica. Quanto a sua durabilidade, por ser um material natural é sujeito a degradações do ambiente ao qual está presente, mas que podem ser contornadas com tratamentos de preservação a fim de assegurar seu estado original.

Como o tratamento é necessário para garantir durabilidade ao material e a resistência é fundamental para a garantia de segurança da estrutura, este trabalho teve como intuito analisar a influência de alguns tratamentos selecionados sobre a resistência à tração do bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*, avaliados logo após o tratamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Capellari *et al.* (2006) na classificação biológica estabelecida pelo botânico alemão Adolf Engler, o bambu é categorizado na divisão *Angiospermae* e está incluído no grupo das monocotiledôneas.

O bambu é uma gramínea que alcança grandes alturas e é dividido em duas partes principais, o colmo, parte exposta da planta, e o rizoma, parte subterrânea, que contém as raízes do vegetal. O colmo é composto por fibras, que conferem a resistência do bambu, e que têm na sua composição principalmente a celulose e a lignina (Mota *et al.*, 2021).

As partes constituintes do colmo são os nós, parte do colmo dos quais saem os ramos e folhas do bambu; o diafragma, uma espécie de película interna nos nós, que confere rigidez ao colmo para sua sustentação vertical; e os entrenós, parte compreendida entre dois nós consecutivos (ABNT, 2020).

Anatomicamente, o bambu é um material compósito, formado por um conjunto vascular, componente que varia sua forma e distribuição ao longo do entrenó e comprimento do colmo. O conjunto vascular é majoritariamente composto por fibras alongadas e alinhadas na direção longitudinal do colmo, compostas por celulose, imersas em uma matriz de lignina, também chamada de parênquima; e vasos condutores de seiva (Ghavami, Marinho, 2004).

As fibras são responsáveis pela resistência mecânica do bambu e os vasos conduzem os nutrientes da planta por toda a sua extensão, fazendo uma conexão entre os ramos, folhas e caule com o rizoma. Quando o bambu é solicitado por esforços de tração, as fibras são responsáveis pela sua resistência mecânica, porém, por conta da matriz de lignina que as envolve, a ruptura do material se dá por cisalhamento entre as fibras (Ghavami, Marinho, 2004). Esse tipo de ruptura é comum em materiais fibrosos e é conhecido como ruptura do tipo vassoura (Al-Fasih *et al.*, 2021).

O bambu pode ser cultivado em diferentes regiões, desde áreas costeiras até regiões tropicais e montanhosas, com altitudes de aproximadamente 1.300 metros. Uma das vantagens do cultivo de bambu é sua adaptabilidade a diversos tipos de solo, embora seu crescimento seja mais significativo em solos arenosos, leves e ricos em matéria orgânica, com boa drenagem, que são essenciais para o ciclo de vida das espécies tropicais. No entanto, em áreas pantanosas com excesso de umidade, o bambu não se desenvolve adequadamente (Costa, 2004).

O corte do bambu deve ser feito antes do nó caulinar (primeiro nó) em aproximadamente 20 centímetros do solo, como recomendado por Drumond e Wiedman (2017), com o intuito de prevenir o acúmulo de água nos caules, o abrigo de insetos e a decomposição das plantas.

O corte de colmos de bambu é mais indicado no final do outono e inverno, quando o metabolismo da planta está reduzido e há menor circulação de seiva, evitando danos de insetos e fungos (Silva *et al.*, 2011).

O alto teor de amido no bambu pode atrair o caruncho (*Dinoderus minutus*), tornando-o vulnerável a ataques de insetos. O *Dinoderus minutus* é denominado como praga, pois o besouro cujas larvas bloqueiam a circulação da seiva nos colmos torna inviável o cultivo do bambu em algumas regiões (Lopez, 1974). A Figura 1 mostra a degradação do bambu e o caruncho:

Figura 1 – Bambu não tratado atacado pelo caruncho (a); *Dinoderus minutus*, caruncho do bambu (b);



Fonte: (Liese, 1998)

Assim como a madeira, o bambu sofre alterações após o corte, podendo se deteriorar e eventualmente se desintegrar devido a fatores como agentes atmosféricos, variações de umidade e ação de outras plantas ou animais (Naccache, 2013). Considerando que a durabilidade natural do bambu é reduzida quando comparada com a da madeira, o tratamento é essencial para a preservação das propriedades mecânicas.

Os tratamentos aplicados ao bambu têm a finalidade de protegê-lo contra agentes externos, desde o momento do corte até o seu uso final, a partir de diferentes estratégias, como impermeabilizá-lo ou reduzir o amido presente em seu interior. Existe uma variedade de métodos disponíveis para realizar tratamentos no bambu, abrangendo desde técnicas avançadas, como o uso de caldeiras e câmaras de vácuo e pressão, até opções mais simples (Lopez, 1974).

Naccache (2013) cita a existência de duas categorias de métodos disponíveis para o tratamento preservativo do bambu: métodos tradicionais ou naturais e métodos químicos. A escolha entre esses métodos depende de diversos fatores, como a condição do bambu, o tempo disponível, a finalidade do material e a quantidade a ser tratada.

Dentre os métodos naturais podem-se destacar o método de fumigação, que consiste em tratar o colmo de bambu utilizando fumaça, que penetra no colmo, eliminando o amido e tornando o bambu menos atrativo para insetos, além de formar uma camada protetora superficial devido a carbonatação (Naccache, 2013).

Outro método natural é o *White-washing*, que envolve a aplicação de uma camada de cal nos colmos de bambu, o que contribui para aumentar a sua durabilidade, reduzir a absorção de umidade e atuar como um repelente natural de insetos (Naccache, 2013).

Destaca-se também, a imersão em água. O amido é hidrossolúvel, portanto, imergir o bambu em água por tempo suficiente retira o amido presente no colmo, o que torna este tratamento

eficaz. A imersão pode ser feita em água corrente, para que o amido seja lixiviado, ou em taques de água, contanto que a água seja trocada para evitar a fermentação e consequente contaminação do bambu (Naccache, 2013).

Para os tratamentos químicos, estes dependem da concentração dos compostos envolvidos e tempo de exposição. Pode ser citado, como exemplo, o tratamento com o octaborato de dissódio tetra-hidratado, conhecido como Timbor, que é uma solução de borato de sódio com ácido bórico, que reagem e cristalizam a superfície do colmo. O tratamento é altamente eficaz para o combate a insetos perfuradores, fungos e cupins (Naccache, 2013).

Outro tratamento mencionado na bibliografia para fibras naturais é o hidróxido de sódio. De acordo com Jähn *et al.*, 2002, o tratamento de fibras naturais com hidróxido de sódio contribui para aumentar o teor de celulose, uma vez que esta solução remove a hemicelulose.

Ainda, segundo Jähn *et al.* (2002), o aumento nos teores de celulose contribui para melhorar a resistência e rigidez das fibras naturais. No entanto, resultados encontrados por Das e Chakraborty (2008) demonstraram que soluções com concentração de hidróxido de sódio acima de 20% podem levar à degradação das fibras e perda de resistência mecânica.

Contudo, os tratamentos a serem analisados e comparados com o bambu *in natura* são o de imersão em água, timbor e hidróxido de sódio, por diferirem entre si com relação aos mecanismos de proteção. Como já apontado anteriormente, a imersão em água é um tratamento natural que lixivia amido; a aplicação de Timbor é um tratamento químico que cristaliza a superfície e impregna sais de boro no colmo e o hidróxido de sódio também é um tratamento químico, mas que reduz a concentração de lignina e aumenta a celulose do colmo. Como cada tratamento atua de maneira diferente no colmo, os três foram implementados para uma maior compreensão da influência dos tratamentos no bambu na resistência à tração.

3. METODOLOGIA

Este tópico apresenta informações sobre a procedência da espécie escolhida, amostragem, tratamento, secagem e procedimentos de ensaio à tração. Para a pesquisa foi utilizada a espécie de bambu *Bambusa vulgaris*, com idade superior a 3 anos (Figura 2), adquirido por doação no município de Andradina, localizado no interior do estado de São Paulo.

O corte ocorreu na data 23/04/2023, em fase da Lua Quarto Minguante, e foi realizado no local em aproximadamente 20 cm do solo. Após o corte inicial, o bambu foi dividido em três partes, denominados de base, meio e topo, cada parte com 2 metros de comprimento, preservando os entrenós, e transportado para o laboratório do IFSP – Campus Votuporanga, onde ficou em repouso até a manhã do dia seguinte (24/04/2023).

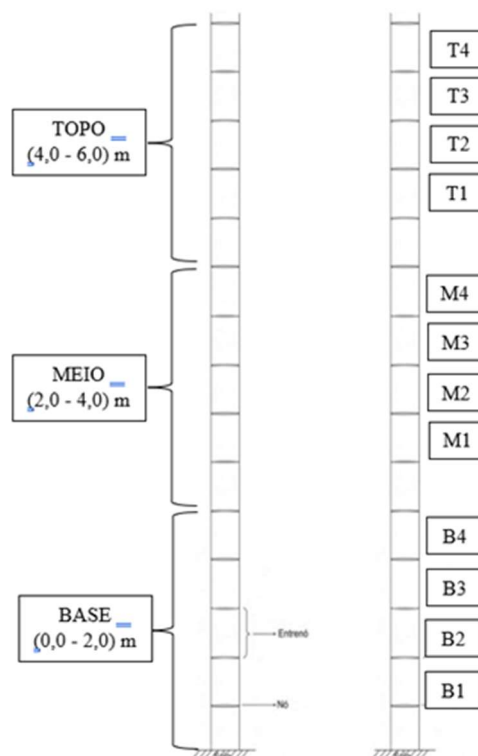
Figura 2 – Touceira de *Bambusa Vulgaris*



Fonte: Os autores (2023)

As partes do colmo foram subdivididas em Bx para Base, Mx para meio e Tx para topo, sendo “x” o numeral que representa o tipo de tratamento de proteção, sendo eles: 1-Natural; 2-Água; 3-Timbor; 4-Hidróxido de Sódio, como expresso na Figura 3.

Figura 3 – Esquemática do colmo investigado e divisão dos tratamentos



Fonte: Os autores (2023)

O tratamento com hidróxido de sódio teve duração de 16 horas, usando como referência a pesquisa de Moura (2021). Foram utilizados 500g de pastilhas de hidróxido para 15 litros de água, resultando numa concentração de 3,33%. Além disso, outra solução utilizada foi o octaborato de dissódio tetra-hidratado ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$), conhecida como Timbor. Essa solução é obtida pela reação entre o ácido bórico (H_3BO_3) e o borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - bórax), na proporção de 1:1,54 (Lepage, 1986). Para o tratamento de Timbor foram utilizados 16 litros de água, 194g de bórax e 126g de ácido bórico resultando em uma concentração de 2% de Timbor. O tratamento teve duração de 10 dias. No tratamento usando apenas água, foram empregados 20 litros de água, e a necessidade de troca da mesma a cada 24 horas por causa da fermentação do amido retirados pela água. O tratamento com água teve duração de 15 dias conforme indicado por Paes (2009). A Figura 4 evidencia o momento dos tratamentos:

Figura 4 – Tratamentos do bambu: Água, Timbor e Hidróxido de sódio



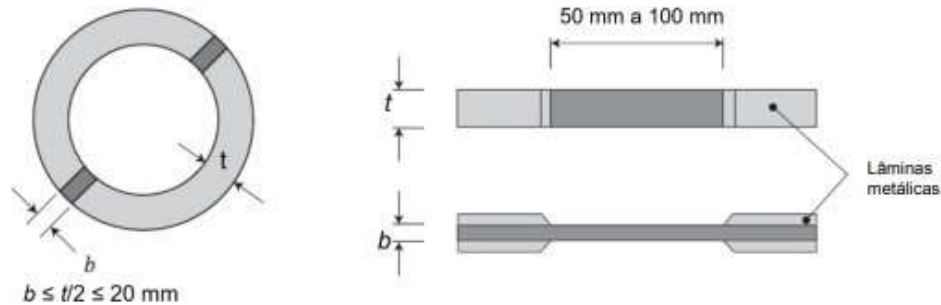
Fonte: Os autores (2023)

A secagem dos colmos consistiu na utilização de uma estufa em temperatura a 50°C com o objetivo de evitar a dilatação térmica ou retração brusca dos colmos já tratados. O processo foi realizado de maneira individualizada para cada tratamento para impossibilitar a contaminação de partículas suspensas de entrenós tratados para outros.

Os corpos de prova foram confeccionados manualmente com o auxílio de ferramentas e equipamentos, como: estilete; lixadeiras; lixas para madeira de nº 100. Foram utilizadas as normas brasileiras ABNT NBR 16828-1 (2020) e ABNT NBR 16828-2 (2020) como metodologia para a confecção dos corpos de prova para teste de tração.

Conforme a ABNT NBR 16828-2 (2020) a amostra de teste deve ser retirada de um pedaço do colmo, paralelamente às fibras. O segmento central da amostra, com comprimento entre 50 mm e 100 mm, deve apresentar uma forma retangular em sua seção transversal. A largura dessa seção deve ser igual à espessura (t) da parede do colmo e a espessura (b) deve ser no máximo a metade desse valor, e ainda menor que 20 mm. A Figura 5 apresenta o modelo de corpo de prova proposto pela normativa.

Figura 5 – Corpo de prova para ensaio de tração paralela às fibras



Fonte: ABNT NBR 16828-2 (2020)

Os ensaios de tração foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR 16828-2 (2020). Foi utilizada uma máquina universal de ensaios, modelo DL-30000 com capacidade até 300kN, mostrada na Figura 6:

Figura 6 – Máquina universal de ensaio



Fonte: Os autores (2023)

Conforme a norma ABNT NBR 16828-1 (2020) são necessários 13 corpos de prova por lote, para se determinar o desvio padrão do ensaio. Assim, para cada cilindro de bambu tratado e em natura, foram retirados 13 corpos de prova, totalizando 156 corpos de prova.

Os corpos de prova para os ensaios de tração axial foram cortados no sentido paralelo às fibras, sem nó, com largura de aproximadamente 10 mm e espessura da parede do colmo. Em seguida, as tiras foram lixadas até apresentar espessura uniforme de aproximadamente 2,5 mm e cortadas

no comprimento total do corpo de prova em 20 cm, sendo demarcadas nas extremidades dos corpos de prova regiões de 5 cm de comprimento designadas aos mordentes da prensa. A Figura 7 apresenta o corpo de prova no momento do ensaio.

Figura 7 – Fixação do corpo de prova nos mordentes



Fonte: Os autores (2023)

Após a ruptura de cada corpo de prova, obtém-se seu respectivo valor de resistência à tração conforme a ABNT NBR 16828-2 (2020), por meio da expressão 1:

$$f_{t0} = \frac{F_{Máx}}{A} \quad (1)$$

Onde:

f_{t0} = Resistência à tração paralela às fibras, expressa em MPa;

$F_{Máx}$ = Carga máxima lida no equipamento de tração, expressa em newtons (N);

A = Área média da seção transversal da parte central do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm²);

Para se ter o valor característico da propriedade desejada do bambu, foi utilizada a equação 2 apresentada pela ABNT NBR 16828-1 (2020), apresentando, dessa forma, 5% de probabilidade de não ser atingido em um determinado lote:

$$f_k = f_m - 1,645 * s \quad (2)$$

Onde:

f_k = Resistência à tração paralela às fibras característica;

f_m = Resistência média dentre os 13 corpos de prova ensaiados;

s = Desvio padrão da amostragem de corpos de prova.

Os resultados obtidos com os corpos de prova tratados foram comparados entre si e com amostras *in natura* (sem tratamento) utilizando o Software Minitab para as análises estatísticas de variância (ANOVA) e execução do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados obtidos dos ensaios de tração (Tabela 1), observa-se, ao analisar os valores de resistência, que o tratamento Natural, de Água e Timbor, apresentaram valores próximos, demonstrando pouca influência nas características de resistência à tração. A condição de Hidróxido de sódio, por sua vez, demonstra impactos significativos nas resistências (melhor visualizado na Figura 8 e Figura 9) nas regiões do meio e do topo, sugerindo possíveis efeitos de ganho de resistência mecânica das fibras, em função da quantidade e cristalinidade da fibra e preservação da celulose.

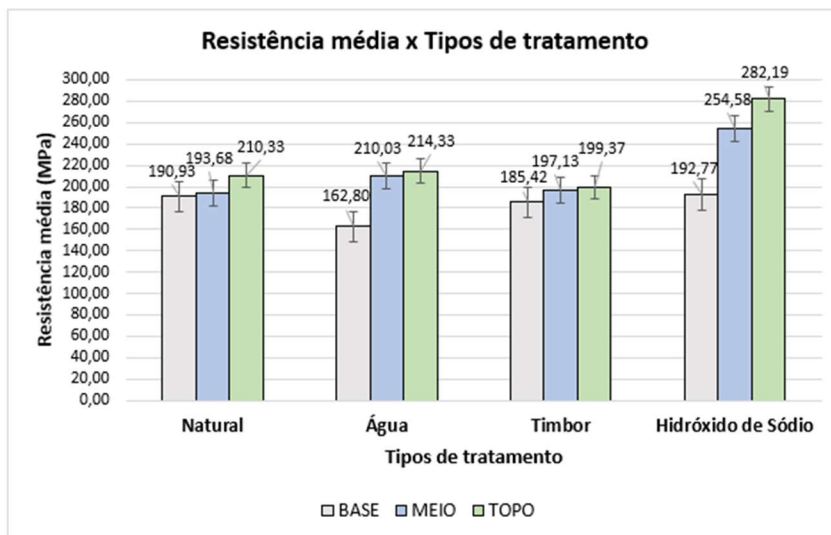
Tabela 1– Resumo dos resultados obtidos dos ensaios de tração

TRATAMENTOS	LOCAL	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA (MPa)
Natural	Base	190,93	14,35	167,33
	Meio	193,68	11,99	173,95
	Topo	210,33	11,19	191,92
Água	Base	162,80	14,67	138,68
	Meio	210,03	13,41	187,98
	Topo	214,33	8,56	200,26
Ácido bórico+bórax	Base	185,42	9,50	169,80
	Meio	197,13	14,80	172,79
	Topo	199,77	12,17	179,35
Hidróxido de sódio	Base	192,77	13,31	170,88
	Meio	254,58	9,90	238,29
	Topo	282,19	18,82	251,23

Fonte: Os autores (2024)

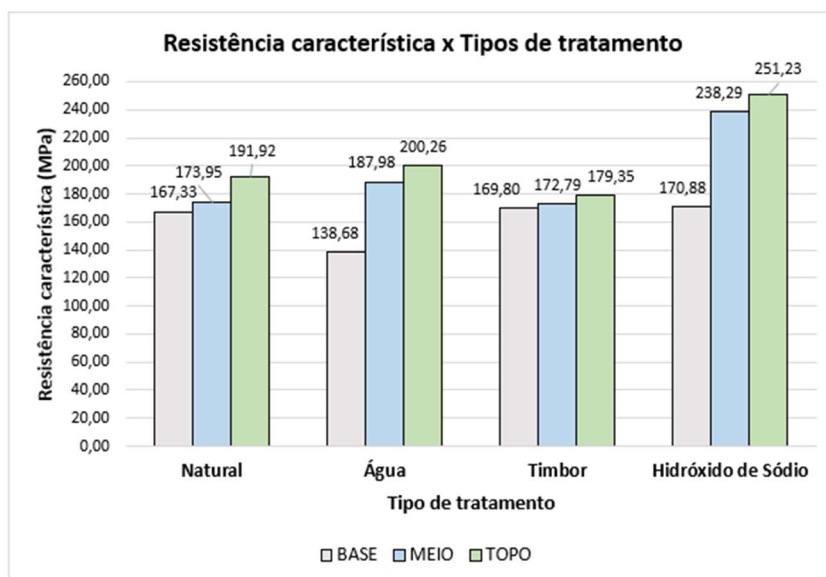
A Figura 8, apresenta as variações nas resistências médias em diferentes partes do bambu (base, meio e topo) dentro de cada tratamento. Essa diferenciação destaca a influência da quantidade de fibras e tecidos parenquimatosos entre base, meio e topo do bambu. Além disso, os desvios padrão associados a cada média fornecem informações de variação nos valores e da dispersão de dados obtidos dos ensaios de tração.

Figura 8 – Gráfico Resistência média (com desvio padrão) x Tipos de tratamento



Fonte: Os autores (2024)

Figura 9– Gráfico Resistência característica x Tipos de tratamento



Fonte: Os autores (2024)

O aumento da resistência devido ao tratamento com hidróxido de sódio pode estar associado ao possível aumento do teor de celulose, verificado no trabalho de Jähn *et al.* (2002) para fibras naturais. Os resultados obtidos com o tratamento Timbor pouco variaram comparando da base para o topo. Ao comparar as regiões do colmo (base, meio e topo), pode-se afirmar que todos os tratamentos tiveram resistência crescente a partir da base.

Apesar de serem visíveis os bons resultados obtidos com o tratamento de Hidróxido de Sódio, surge a necessidade de investigar se sua influência é de fato significativa e se os outros

tratamentos exerceram algum impacto na resistência à tração do bambu. Diante dessa questão, foram realizados a análise estatística de variância (ANOVA) e a execução do teste de Tukey, avaliando primeiramente os locais (base, meio e topo), e posteriormente os tratamentos (natural, água, Timbor e Hidróxido de Sódio).

A realização da análise estatística de variância nos dados da base, meio e topo indicaram uma variação significativa em cada uma das partes. Em seguida foram efetuados o teste de Tukey, analogamente às análises de variância, com as informações dadas da base, meio e topo. Os resultados do teste de Tukey em relação à base apresentaram que não houve diferença estatisticamente significativa para os tratamentos de Hidróxido, Natural e Timbor, enquanto o tratamento de Água revelou ser significativamente inferior aos demais.

O teste de Tukey para os valores do meio do colmo sugere que, em termos de resistência à tração, os tratamentos de Hidróxido de Sódio e Água, apresentaram diferenças significativas em comparação com o bambu natural, enquanto o tratamento de Timbor não apresentou diferença significativa entre o tratamento com Água e o bambu natural, pertencendo estatisticamente aos dois grupos nesse caso. O resultado indica a necessidade de mais dados de ensaios para uma avaliação mais precisa de suas tendências.

Com relação aos valores do topo do colmo o teste sugere que, em termos de resistência à tração, apenas o tratamento de Hidróxido de Sódio apresentou diferença significativa em comparação com o bambu natural, enquanto os tratamentos de Timbor e Água não apresentaram diferença significativa com o grupo do bambu natural. Porém, os resultados obtidos no tratamento com Água são diferentes estatisticamente dos resultados obtidos no tratamento com o Timbor.

Ao analisar cada tratamento individualmente, buscando as variações entre base, meio e topo, o teste de Tukey indicou que para o bambu natural os valores de topo foram estatisticamente superiores ao meio e base; para os tratamentos com Água e Timbor, o topo e o meio não tiveram diferença significativa, enquanto a base apresentou valores estatisticamente inferiores; já com o tratamento com Hidróxido de Sódio as diferenças significativas foram observadas nas três regiões (base, meio e topo), em ordem crescente da base para o topo.

5. CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que os tratamentos de bambu, além de alterar sua durabilidade, podem impactar positivamente em sua resistência, principalmente o tratamento com hidróxido de sódio a 3,33%, que apresentou significativa variação no ensaio de tração paralela às fibras, principalmente nas regiões de meio e topo do colmo investigado. Os outros tratamentos, pela similaridade apresentada com o bambu não tratado, evidenciam pouco impacto na resistência à tração das amostras. Estes resultados ressaltam a importância de considerar diferentes tratamentos para otimizar a utilidade estrutural do bambu em aplicações diversas.

REFERÊNCIAS

- AL-FASIH, M. *et al.* Tensile properties of bamboo strips and flexural behaviour of the bamboo reinforced concrete beams. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19648189.2021.1945954>. Acesso em: 12 nov. 2023
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 16828-1**: Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 16828-2**: Estruturas de bambu - Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro, 2020.
- CAPELLARI, J. *et al.* **Botânica sistemática**: aplicada aos cursos de engenharia agrônômica e engenharia florestal. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2007. Acesso em: 11 dez. 2024.
- COSTA, T. M. **Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie Bambusa Vulgaris Schard. como carvão vegetal**. Dissertação (Tecnologia Nuclear - Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.85.2004.tde-11052022-122618>. Acesso em: 28 mai. 2023.
- COUTINHO, I. L. **Corte, tratamento e beneficiamento de diferentes espécies de bambu no distrito de cacaria – pirai – rio de janeiro**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade federal rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/3204>. Acesso em: 27 maio 2023.
- DAS, M., CHAKRABORTY, D. Evaluation of improvement of physical and mechanical properties of bamboo fibers due to alkali treatment. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 107, n. 1, p. 522–527, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.26155>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- GARCIA, J. *et al.* Estudio cinético y termodinámico de la adsorción de iones cd (ii) mediante carbón obtenido a partir de bambú. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**. V. 14, 2010. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/99303>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO**: Cultivo, manejo e colheita do bambu. **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. 1 ed. Rio de Janeiro: ICH - Instituto Ciência Hoje, 2017. cap. 2, p. 28-41. Acesso em: 30 mai. 2023.

JÄHN, A. *et al.* Characterization of alkali treated flax fibres by means of FT Raman spectroscopy and environmental scanning electron microscopy. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, pp. 2271-2279, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(01\)00697-7](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(01)00697-7). Acesso em: 28 jun. 2023.

LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. V. 1. p. 279- 342.

LIESE, W. **Bamboo**: The plant and its uses. Suíça: Springer International, 1998.

LOPEZ, O. H. **Bambu**: Cultivos y aplicaciones en fabricacion de papel construccion arquitectura ingenieria, Colombia: Estudios tecnicos colombianos limitada., 1974. 329 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33244>. Acesso em: 28 mai. 2023.

MOTA, G. *et al.* O uso do bambu como material estrutural na construção civil, **Revista Principia – Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 55, p. 152-164, set. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4366>. Acesso em: 24 maio 2024.

MOURA, C. R. Avaliação da resistência mecânica da fibra de bambu tratada com hidróxido de sódio. **Revista Principia – Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id3355>. Acesso em: 4 jun. 2023.

NACCACHE, A. C. **Tratamentos do bambu como reforço em concreto**, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Rio de Janeiro, 2013. Acesso em: 28 mai. 2023.

OSTAPIV, F.; FAGUNDES, E. D. Perspectivas para o desenvolvimento da cultura e da cadeia produtiva do bambu no paraná: tendo como referência a inovação, a educação tecnológica e o modelo produtivo chinês. **Revista Científica de Educação**, v. 9, p. 41-53, 2007.

PAES, J. B. *et al.* Caracterização físico-mecânica do laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*). **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 41–51, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/19805098418>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ROSA, R. A. Influências da espécie, tratamento preservativo e adesivos nas propriedades físicas do bambu laminado colado, **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509824220>. Acesso em: 28 mai. 2023.

SILVA, J. C. B. V. *et al.* **Estufa ecológica**: uso do bambu em bioconstruções. Curitiba: CPRA, 2011. 33 p. Acesso em: 28 mai. 2023.