

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA ESPÉCIE DE BAMBU DENDROCALAMUS ASPER *PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF THE BAMBOO SPECIES DENDROCALAMUS ASPER*

Bruno Buch Olivati¹ 

Sérgio Trajano Franco Moreiras² 

Resumo: Está cada vez mais necessária a busca por matérias-primas sustentáveis, especialmente para o setor da construção civil, que comumente utiliza materiais não renováveis e com alto impacto negativo ao planeta, como aço e concreto. Portanto destaca-se a importância de explorar e estudar recursos naturais regionais, que sejam renováveis e sustentáveis para suprir a demanda de diversos setores. Neste sentido, o bambu, que é um material utilizado há milênios, apresenta aspectos que se enquadram nesse perfil, porém suas características se alteram, a depender da espécie e de onde são cultivados. Considerando isso, este trabalho trata da caracterização físico-mecânica da espécie de bambu *Dendrocalamus asper*, adaptada à região noroeste do Paraná (Brasil) e ao solo da formação do Arenito Caiuá, como um material natural sustentável. Tal caracterização foi feita por meio de testes laboratoriais baseados na normativa ABNT NBR 16828-2 (2020), a partir dos quais obtiveram-se valores médios de densidade (735kg/m³), retração tangencial e radial (2,83%), resistência à compressão paralela às fibras (58,12MPa), resistência à tração e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras (108,73MPa e 27,7GPa, respectivamente). Tais resultados foram satisfatórios e tiveram baixa variação entre diferentes amostras testadas e entre os resultados apresentados por outros pesquisadores para amostras de bambu da mesma espécie colhidos em diferentes localidades.

Palavras-chave: sustentabilidade. engenharia civil. caracterização. material. recurso natural.

Abstract: The search for sustainable raw materials is increasingly necessary, especially for the civil construction sector, which commonly uses non-renewable materials with a high negative impact on the planet, such as steel and concrete. Therefore, the importance of exploring and studying regional natural resources that are renewable and sustainable to meet the demands of different sectors is highlighted. In this sense, bamboo, which has been a material used for millennia, presents aspects that fit this profile, but its characteristics change depending on the species and where it is grown. Considering this, this work is about the physical-mechanical characterization of the bamboo species *Dendrocalamus asper*, adapted to the climate of the northwest region of Paraná (Brazil) and the soil of the *Arenito Caiuá* (Caiuá Sandstone) formation, as a sustainable natural material. This characterization was carried out through laboratory tests based on the ABNT NBR 16828-2 (2020) standard, from which average values of density (735kg/m³), tangential and radial shrinkage (2.83%), compressive strength parallel to the fibers (58.12 MPa), tensile strength and modulus of elasticity to tension parallel to the fibers (108.73MPa and 27.7GPa, respectively) were obtained. These results were satisfactory and had low variation between different samples tested and between the results presented by other researchers for bamboo samples of the same species collected in different locations.

Keywords: sustainability. civil engineering. characterization. material. natural resource.

¹ Mestre em Sustentabilidade, Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade (PSU) - UEM e IFPR - Campus Umuarama. pg404182@uem.br

² Doutor em Geotecnia, Universidade Estadual de Maringá (UEM) - Campus Umuarama. strajano@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Na busca por um desenvolvimento sustentável, no início do século XXI, é cada vez mais necessária a utilização de matérias-primas e processos sustentáveis em diversos setores da economia, em especial nas grandes indústrias como as da construção civil, que utilizam em larga escala diversos materiais não renováveis e que demandam um elevado custo energético e financeiro de extração, processamento e transporte.

Um dos principais materiais que são vistos como alternativas para a construção civil é a madeira. Porém, embora seja um recurso renovável, tal material apresenta alguns problemas pois, como Pedrangelo *et al.* (2020) explicam, madeiras nobres demandam décadas para se formar e por esse motivo tornam-se materiais escassos. Em consequência disso, são substituídas pelas madeiras de reflorestamento, que demandam um menor tempo de formação para extração e conseqüentemente possuem características químicas e físicas inferiores comparadas às madeiras nobres e ainda ocupam grandes áreas por um período relativamente longo causando enfraquecimento dos solos.

Mas existem outros materiais que também possuem um potencial sustentável e vêm sendo utilizados há milênios em técnicas conhecidas como Bioconstrução. Tais materiais são, além da madeira, as rochas, os solos, as fibras vegetais e o bambu. Este último possui uma série de características que o tornam uma opção de material regional renovável e sustentável pois, segundo Pereira e Beraldo (2007), tal planta é uma matéria-prima conhecida e utilizada desde a antiguidade, sobretudo na Ásia, e apresenta alta resistência, flexibilidade, durabilidade, versatilidade, facilidade de reprodução, adaptabilidade a diferentes climas e solos, e rápido crescimento. De acordo com Pedrangelo *et al.* (2020), o bambu é uma espécie que adquire maturidade de corte entre 3 e 5 anos, enquanto que árvores geralmente utilizadas em plantios de reflorestamento, como o Pinus e o Eucalipto, são cortadas entre 9 e 12 anos.

Com isso, o bambu é visto como um recurso com potencial para ser uma alternativa aos materiais convencionais da construção civil, pois de acordo com Carbonari *et al.* (2017), ele é um material extremamente eficiente, com baixo peso e altas resistências, tanto à tração quanto à compressão, apresentando

valores de eficiência superiores ao concreto e o aço ao considerar-se a relação entre as resistências e as densidades desses materiais.

Entretanto, o bambu, como todo material que é empregado na construção civil precisa ser reconhecido, estudado e padronizado. De acordo com Pedrangelo *et al.* (2020), no Brasil ainda são necessários mais estudos detalhados sobre o bambu, tanto em relação às suas características intrínsecas, quanto à sua cadeia produtiva, a fim de estabelecer normas de cultivo, caracterização e aplicação deste material. Tais estudos devem considerar fatores como solo e clima, que podem modificar os aspectos morfológicos entre outras propriedades de cada espécie. Ghavami e Marinho (2005) também apontam a necessidade de um estudo científico sistemático dos processos de plantio, colheita, cura, tratamento e pós-tratamento do bambu, além de uma completa análise estatística de suas propriedades físicas e mecânicas. Pois, com isso será possível estabelecer critérios confiáveis de dimensionamento de estruturas e do emprego de processos industriais economicamente viáveis para o uso do bambu em grande escala.

Devido à falta de normativas referentes à caracterização do bambu, alguns autores acabam se baseando em normas internacionais ou em normas de caracterização da madeira para caracterizar elementos de bambu, o que pode gerar imprecisão nos resultados obtidos apesar da semelhança entre tais materiais. Porém, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em 2020 a primeira norma brasileira de estruturas de bambu, a NBR 16828, que é dividida em duas partes. A “Parte 1” trata do dimensionamento e detalhamento de projetos estruturais em bambu, já a “Parte 2” trata da descrição de procedimentos destinados a determinar as propriedades físicas e mecânicas do bambu. Portanto, tal normativa estabelece critérios e processos padronizados para uso estrutural do bambu, assim como sua caracterização físico-mecânica.

A partir disso, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização físico-mecânica da espécie de bambu *Dendrocalamus asper* adaptada ao solo e clima da região do Arenito Caiuá no Noroeste do Paraná. Através de ensaios laboratoriais baseados na ABNT NBR 16828-2 (2020) busca-se avaliar características tais como dimensões, densidade, retração, resistência à compressão, resistência e módulo de elasticidade à tração, assim como realizar uma análise estatística dos resultados e compará-los com os resultados obtidos

por outros autores para a mesma espécie cultivada em diferentes localidades. Desta forma, objetiva-se levantar dados técnicos como subsídio para uma potencial aplicação e manejo sustentável deste recurso natural, o fomento de novas pesquisas sobre o assunto, o incentivo a elaboração de novas normativas e a possível criação de produtos regionais sustentáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bambus são gramíneas altas cuja estrutura principal é chamada de colmo, que é formado a partir de um broto gerado por um rizoma. Tal colmo é composto basicamente por regiões de distintas configurações estruturais chamadas de nós e entrenós. Nos entrenós, as células são orientadas axialmente formando a parede do colmo, enquanto que nos nós há a interconexão transversal com os diafragmas, que são como paredes sólidas cruzadas. Essa ligação entre a parede do colmo, o nó e o diafragma formam uma cavidade oca entre os nós chamada de lacuna (LIESE, 1998).

Em média, um colmo de bambu é composto por 52% de parênquima, 40% de fibras e 8% de tecido condutor (vasos, tubos e células). Na parede do colmo a porcentagem de fibras decresce da parte externa para a parte interna, enquanto com a porcentagem de parênquima ocorre o contrário. Os colmos de bambu se afinam da base para o topo, com isso paredes do colmo acompanham esse afinamento variando sua espessura conforme a altura do colmo, sendo mais espessas na base e menos espessas no topo. Esse estreitamento da parede do colmo resulta na redução de sua parte interna, onde há maior presença de parênquima, ou seja, o topo de um colmo contém a mesma quantidade ou mais fibras por unidade de área do que parênquima, em contraste com a base que contém uma maior concentração de parênquima (LIESE, 1998).

Com os resultados obtidos a partir de testes laboratoriais, Srivaro e Jakranod (2016) afirmam que a presença de nós tem um efeito significativo em algumas propriedades físicas e mecânicas do bambu. O inchamento e a retração radial, a resistência à tração e o módulo de ruptura da amostra com nós foram inferiores aos valores correspondentes da amostra sem nós. Entretanto, as demais propriedades examinadas para ambos os tipos de amostra nas mesmas posições de altura do colmo não apresentaram diferenças significativas. Carbonari *et al.* (2017) afirmam que o nó, além de reduzir significativamente a

resistência à tração, proporciona uma ruptura frágil e abrupta, o que não ocorre em amostras sem nó, nas quais vão se rompendo fibra por fibra, apresentando maior ductilidade.

Dentre as mais de 1600 espécies de bambu conhecidas a escolhida para este estudo foi a *Dendrocalamus asper* que é uma espécie asiática cuja origem exata não é conhecida, porém Benton (2015) afirma que ela é distribuída pelo Nepal, Bangladesh, Burma, Laos, Vietnam, norte da Tailândia e nordeste da Índia e que foi introduzida na Malásia, Indonésia, Filipinas e sul da China. Mustafa *et al.* (2021) acrescentam que essa espécie também foi introduzida em outros países tropicais na Ásia, África e América do Sul como Sri Lanka, Gana, Benim, República Democrática do Congo, Quênia, Madagascar, Colômbia, Equador e Brasil.

Segundo Mustafa *et al.* (2021), a espécie *Dendrocalamus asper* também é conhecida como bambu gigante e é uma espécie de bambu monopodial com múltiplos usos com um alto valor econômico, o que a torna uma das espécies mais comumente cultivadas comercialmente. De acordo com Benton (2015), os colmos desta espécie podem atingir de 20 a 30 m de altura, trechos de entrenós de 20 a 45 cm de comprimento com um diâmetro de 8 a 20 cm e espessuras da parede de até 2 cm. Com uma vasta gama de usos, *Dendrocalamus Asper* é útil não só na construção com função estrutural, mas também na culinária com brotos comestíveis e na fabricação de móveis, instrumentos musicais, utensílios domésticos e artesanato.

Com modificações na norma americana ASTM D 143-09 (2009), Srivaro e Jakranod (2016) realizaram a caracterização física e mecânica de amostras de *D. asper*, com e sem nós, retiradas da base e do topo de colmos de idade aproximada de 5 anos coletados em uma plantação localizada no Distrito de Thasala, Província de Nakhon Si Thammarat, Tailândia. Alguns dos testes realizados foram os de densidade, retração, resistência à tração paralela às fibras e módulo de elasticidade à flexão. Os autores verificaram que não houve diferenças significativas entre os valores de densidade das amostras com e sem nós, onde os resultados de densidade obtidos para as amostras sem nós da base e do topo foram de 706 kg/m³ e 896 kg/m³ respectivamente. Para os valores de retração radial os autores encontraram diferenças significativas para

amostras com e sem os nós, onde os valores das amostras sem nós foram de 2,7% e 2,6% na base e no topo, respectivamente, sendo 33% e 38% maiores do que os das amostras com nós na mesma posição do colmo.

Quanto aos valores de resistência à tração paralela as fibras da espécie *Dendrocalamus asper*, Srivaro e Jakranod (2016) constataram que nas amostras sem nós tal resistência foi maior do que nas amostras com os nós na mesma posição do colmo. Amostras sem nós da base e do topo tiveram resistências à tração aproximadamente 57% e 52%, respectivamente, maiores do que as amostras com nós (Base: 73 MPa e Topo: 145 MPa) na mesma posição do colmo. Os autores afirmam que tal diferença pode ter sido gerada pelos diferentes arranjos celulares dos feixes vasculares e das fibras presentes nos nós e nos entrenós. Os autores também notaram que as amostras localizadas no topo do colmo tiveram maior resistência à tração do que as amostras da base do colmo, pois têm maiores densidades.

Baseados na ISO/TC165 N314 (1999), Carbonari *et al.* (2017) realizaram um estudo de caracterização de diferentes espécies de bambu exóticas cultivadas no Instituto Agrônomo do Paraná em Londrina, dentre elas a *Dendrocalamus asper* que foi submetida à ensaios de compressão paralela às fibras. Os autores afirmam que a presença de nós não teve influência significativa nos valores de resistência à compressão em nove diferentes espécies de bambu e que os valores médios obtidos para *D. asper* foram de 51,15 MPa em amostras com nós e de 49,84 MPa em amostras sem nós.

A partir de ensaios de flexão de três pontos em ripas de *D. asper*, Srivaro e Jakranod (2016) observaram não haver diferenças entre os valores de módulo de elasticidade para amostras com e sem os nós na mesma posição do colmo. Os autores afirmam que o módulo de elasticidade é dependente da posição do colmo de onde as amostras foram retiradas, com valores de 24,86 MPa obtidos em amostras retiradas do topo e 12,53 GPa em amostras da base do colmo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de alcançar os objetivos estabelecidos foi utilizada a metodologia proposta pela ABNT NBR 16828-2 (2020) para os processos preliminares (amostragem, seleção dos colmos, corte e identificação, tratamento

preservativo, secagem, transporte e armazenamento das amostras de bambu), assim como para os ensaios de caracterização das propriedades físicas e mecânicas. Tais ensaios são: Teor de umidade; Massa volumétrica; Retração; Resistência à compressão paralela às fibras; e Resistência e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras.

2.1 Procedimentos Preliminares

Para este trabalho foi escolhida a espécie de bambu entouceirante *Dendrocalamus asper*, que é adaptada ao clima e ao solo da região Noroeste do Paraná. O material utilizado como objeto de estudo é proveniente de uma touceira presente em uma propriedade privada na zona rural do município de Cruzeiro do Oeste-PR (Figura 1).

Figura 1 – Touceira do bambu *Dendrocalamus asper* em Cruzeiro do Oeste-PR



Fonte: os autores.

A colheita foi realizada na manhã do dia 26 de agosto de 2022, com clima frio, seco e com lua minguante, período em que, segundo Carbonari *et al.* (2017), os colmos estariam com as menores quantidades de seiva e de umidade, sendo, portanto, mais leves e menos suscetíveis a ataques de insetos xilófagos. Foram selecionados dois colmos adultos (de 4 a 7 anos), maduros e sem defeitos que melhor representaram média dos colmos de bambu dominantes na touceira, que foram chamados de Colmo 1 e Colmo 2. Foi realizado o corte inicial na parte inferior dos colmos, logo acima do primeiro nó caulinar, cerca de 20 cm do chão.

Após o corte os colmos foram posicionados sobre uma superfície rígida e foram deixados na touceira para secarem durante 57 dias.

No dia 22 de outubro de 2022 os colmos 1 e 2 foram divididos em seis e cinco partes, respectivamente, de aproximadamente 3 metros de comprimento, que foram nomeadas de Base, Meio e Topo (Figura 2). Também houve o descarte da parte superior do topo, pois ela apresenta características anatômicas diferentes do restante do colmo, como a presença de ramificações. Em seguida o material foi transportado para o laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, campus Umuarama, onde foi realizada grande parte dos experimentos.

Figura 2 – Divisões do Colmo 1 (a) e Colmo 2 (b)



Fonte: os autores.

Foram aferidas as medidas de comprimento, diâmetro e espessura das paredes de cada parte dos colmos. Para as medidas de comprimento foi utilizada uma trena com precisão de 1 mm e para as medidas de diâmetro e espessura foi utilizado um paquímetro com precisão de 0,1 mm.

Como a ABNT NBR 16828-2 (2020) um método de tratamento preservativo do bambu e visando um processo simples, de baixo custo e sustentável, considerando que o bambu deste estudo seria armazenado por um curto período e seria utilizado apenas para os ensaios em laboratório, optou-se

pelo antigo método de tratamento de imersão em água estudado por Kaur *et al.* (2013) e Do Amaral *et al.* (2023). Todo o material foi submerso em água por 30 dias visando eliminar ou diminuir a quantidade de amido presente no interior dos colmos e conseqüentemente diminuir as chances de ataques de agentes deteriorantes. Com a imersão em água o amido liberado pelo bambu começa a se decompor, o que gera um forte odor e acaba atraindo insetos como moscas e mosquitos. Por conta disso, ao longo desse período de imersão, a água foi trocada e os bambus foram escovados a cada sete dias. Além disso, o reservatório utilizado para a imersão foi coberto com uma tela e uma tampa parcialmente fechada, de modo que houvesse circulação de ar e impedisse o acesso e a proliferação dos insetos mencionados.

Após o período de 30 dias, o bambu foi retirado da água e escovado mais uma vez. Algumas peças foram selecionadas para serem divididas em taliscas, ou seja, ripas de bambu, enquanto o restante permaneceu em sua forma semicilíndrica natural. Em seguida, todo o material foi disposto verticalmente em local arejado e livre da luz do sol para um processo de secagem que durou cerca de duas semanas.

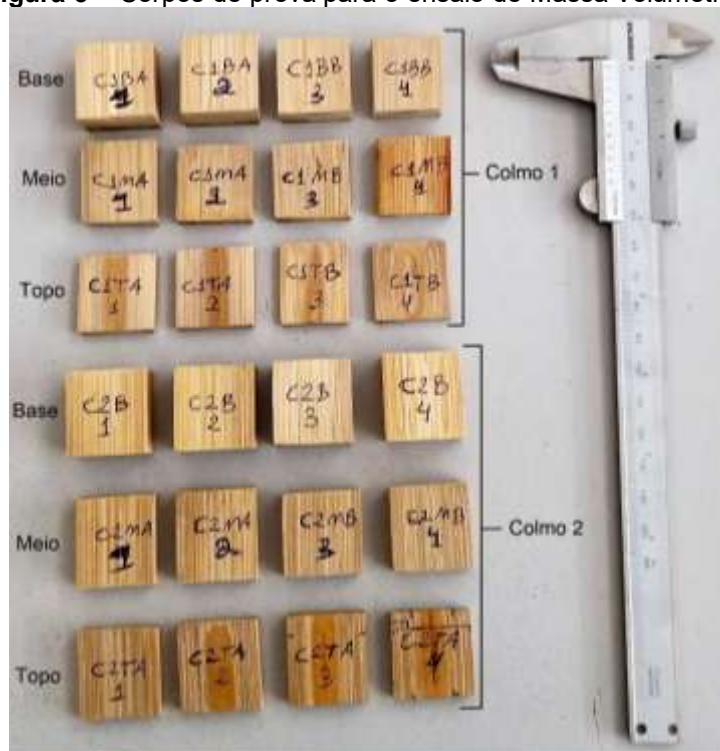
Após a secagem, foi realizado, em uma parcela do material, um segundo processo do tratamento, escolhido pelos autores, que foi a aplicação superficial de três demãos de óleo de linhaça da marca Natrielli©, sendo que cada demão foi aplicada após 24 horas após a demão anterior. Após sete dias da aplicação do óleo o material foi submetido aos processos de preparo de amostras e execução dos ensaios de caracterização.

2.2 Massa volumétrica e Teor de Umidade

O ensaio de massa volumétrica, também chamado de ensaio de densidade, consiste na determinação da massa por unidade de volume da parede do colmo de bambu, que depende do teor de umidade do colmo. Para tal, foi preparada uma amostra com 24 corpos de prova prismáticos, sem a aplicação de óleo de linhaça, com cerca de 25 mm de largura, 25 mm de altura e espessura igual à da parede do colmo, como sugere a ABNT NBR 16828-2 (2020). Dos 24 elementos da amostra, 12 representam o Colmo 1 e 12

representam o Colmo 2, sendo divididas em Base, Meio e Topo, com 4 corpos de prova cada parte (Figura 3).

Figura 3 – Corpos de prova para o ensaio de Massa Volumétrica



Fonte: os autores.

O ensaio se baseia na determinação da massa do corpo de prova por pesagem, com precisão de 0,01 g, e do seu volume, com precisão de 10 mm³, por meio de medição das suas dimensões, com uma aproximação de 0,1 mm. Para cada corpo de prova foram feitas duas medições de largura, duas de comprimento e duas de espessura. Os corpos de prova foram produzidos, medidas e armazenadas em condições que assegurem que o teor de umidade permanecesse inalterado até a realização do ensaio, quando foram pesados e, em seguida, secos em estufa a uma temperatura de 103±2 °C por 24 horas. Após esse período, o peso foi registrado em intervalos regulares de 2 horas, até que a diferença entre duas pesagens sucessivas fosse inferior a 0,01 g.

O teor de umidade (U) de cada corpo de prova foi calculado como a perda de massa, expressa em percentagem da massa seca em estufa, de acordo com a Equação 1.

$$U = \left[\frac{(m - m_0)}{m_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

Onde m é a massa do corpo de prova, antes da secagem em estufa, com precisão de 0,01 g e m_o é a massa do corpo de prova depois da secagem, com precisão de 0,01 g.

Para o cálculo da massa volumétrica utilizou-se a Equação 2.

$$\rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 10^6 \quad (2)$$

Onde ρ é a massa volumétrica, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3), m é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g) e V é o volume do corpo de prova, expresso em milímetros cúbicos (mm^3).

Os valores obtidos no ensaio foram coletados, organizados e tratados estatisticamente, sendo submetidos ao teste comparativo de médias de Tukey a fim de verificar possíveis influências de cada variável analisada (Colmo: 1 e 2; Parte: base, meio e topo) quanto aos valores de densidade dos corpos de prova expostos à umidade ambiente (u) e secas em estufa (s).

2.3 Retração

Este ensaio consiste na determinação da retração, ou seja, a diminuição de dimensões dos elementos de bambu, quando passam do teor de umidade de equilíbrio com a atmosfera para a condição de seco em estufa. Para tal mede-se, com precisão de 0,1 mm, a variação dimensional que ocorre nos corpos de prova após secagem natural e secagem em estufa.

A amostra utilizada neste ensaio foi a mesma utilizada no ensaio de massa volumétrica, portanto utilizou-se as mesmas medidas de dimensão com umidade ambiente e logo após a secagem em estufa foi feita uma nova medição para o cálculo da retração a partir da Equação 3.

$$\left[\frac{L1-L2}{L1}\right] \times 100\% \quad (3)$$

Onde $L1$ é a média da leitura inicial de cada uma das dimensões, feita com a amostra na umidade de equilíbrio com o ambiente e $L2$ é a média da leitura final, feita após secagem em estufa. O resultado da retração se dá em porcentagem da condição de equilíbrio com a atmosfera para a condição seca em estufa.

A medição da retração foi feita para as três dimensões dos corpos de prova, tangencial (largura), longitudinal (altura) e radial (espessura). Os valores obtidos foram coletados, organizados e tratados estatisticamente, sendo submetidos ao teste comparativo de médias de Tukey a fim de verificar possíveis influências de cada variável analisada (Colmo: 1 e 2; Parte: base, meio e topo) na retração.

2.4 Resistência à compressão paralela às fibras

O ensaio de compressão paralela às fibras consiste na obtenção da resistência à compressão paralela às fibras em corpos de prova de bambu, por meio da aplicação de carga distribuída em suas extremidades. Tais corpos de prova são cilíndricos e sem nó, retirados das partes basal, média e tópica de ambos os colmos e sem a aplicação do óleo de linhaça (Figura 4). Para o colmo 1 foram ensaiados dez corpos de prova, sendo dois para a base, quatro para o meio e quatro para o topo. Já para o colmo 2 foram ensaiados seis corpos de prova, um para a base, três para o meio e dois para o topo. Como sugere a ABNT NBR 16828-2 (2020), os comprimentos dos corpos de prova foram iguais a seus diâmetros externos e os cortes em suas extremidades foram planos, com um desvio máximo de 0,2 mm.

Figura 4 – Corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão paralela às fibras



Fonte: os autores.

A aplicação da carga foi realizada por uma prensa universal de ensaios da marca EMIC®, com uma capacidade de carga de 300 kN e possui uma das placas rotulada. Tal equipamento aplicou uma carga com uma velocidade constante de aproximadamente 0,01mm/s sobre a superfície das extremidades dos corpos de prova após terem sido posicionados de forma centralizada entre as duas placas da prensa e acomodados com uma pequena carga de não mais de 1 kN, que foi aplicada e relaxada (Figura 5).

Figura 5 – Esquema de ensaio de resistência à compressão paralela às fibras



Fonte: os autores.

A carga aplicada é lida pelo equipamento que também faz leituras de deslocamento durante todo o ensaio, que se estende até a falha estrutural do corpo de prova, também conhecida como ruptura. Após o término do ensaio, o software do equipamento fornece o valor da carga máxima registrada, que é utilizada para o cálculo da resistência à compressão paralela às fibras, com a Equação 4.

$$f_{c0} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad (4)$$

Onde f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras, expressa em megapascals (MPa), $F_{m\acute{a}x}$ é a carga máxima indicada na máquina de ensaio, expressa em newtons (N) e A é a área da seção transversal do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm²).

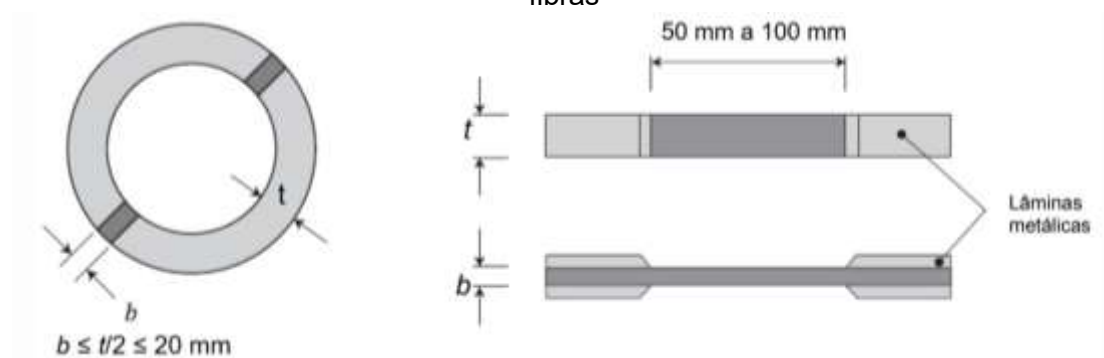
Para o cálculo da área da seção transversal foram utilizadas as médias de quatro medidas de diâmetro e oito medidas de espessura, tiradas de forma cruzada nas faces transversais de cada corpo de prova, com uma precisão de 0,1mm.

Logo após o ensaio, um pequeno elemento prismático foi retirado de cada corpo de prova para a verificação de seus respectivos teores de umidade.

2.5 Resistência e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras

Este ensaio consiste na determinação da resistência à tração paralela às fibras do bambu, que é determinada pela aplicação gradual de uma carga de tração na amostra. Tal ensaio foi realizado em corpos de prova retangulares com um comprimento de cerca de 220 mm e com nó na parte central. A largura adotada foi igual à espessura da parede do colmo t e espessura b no máximo igual à metade deste valor e menor que 20 mm (Figura 6).

Figura 6 – Esquema dos corpos de prova para o ensaio de Resistência à tração paralela às fibras



Fonte: ABNT NBR 16828-2 (2020)

Seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) foi testada uma amostra com 72 corpos de prova, sendo 36 deles representando o colmo 1, e 36 representando o colmo 2. Destes 36 corpos de prova 18 eram com a aplicação de óleo de linhaça e 18 sem óleo, sendo divididos em três partes, Base, Meio e Topo, totalizando então seis elementos para cada variável envolvida (Figura 7).

As dimensões da seção transversal da porção central de cada corpo de prova foram medidas em três pontos distintos (com precisão de 0,1mm), obtendo-se uma média, a partir da qual calculou-se a área da seção transversal.

Figura 7 – Corpos de prova (com óleo) para o ensaio de Resistência à tração paralela às fibras



Fonte: os autores.

O equipamento utilizado neste ensaio foi uma prensa universal de ensaios da marca EMIC® com uma capacidade de carga de 300 kN e com garras que prenderam os corpos de prova perpendicularmente às suas fibras, asseguraram que a carga fosse aplicada ao longo de seu eixo longitudinal e impediram a sua torção lateral. Também foi utilizado um equipamento medidor de deformações de mesma marca da prensa que foi posicionado na região central do corpo de prova no sentido longitudinal, no qual os valores de deslocamento foram medidos (Figura 8). A carga foi aplicada continuamente ao longo do ensaio a uma velocidade de 0,01 mm/s, com precisão de 10 N, até a ruptura do corpo de prova. Logo após o ensaio um pequeno pedaço, de formato prismático, foi retirado de cada elemento da amostra para a verificação de seus respectivos teores de umidade.

Figura 8 – Esquema do ensaio de resistência à tração paralela às fibras



Fonte: os autores.

A resistência à tração paralela às fibras foi determinada pela Equação 5.

$$f_{t0} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad (5)$$

Onde f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras, expressa em megapascals (MPa), $F_{m\acute{a}x}$ é a carga máxima lida no equipamento de tração, expressa em newtons (N) e A é a área média da seção transversal da parte central do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm^2).

Já o módulo de elasticidade à tração paralela às fibras foi calculado no trecho linear do diagrama tensão-deformação, entre 20% e 60% da tensão de ruptura, conforme a Equação 6.

$$E_{t0} = \frac{(F_{60} - F_{20})}{[A \cdot (\epsilon_{60} - \epsilon_{20})]} \quad (6)$$

Onde E_{t0} é o módulo de elasticidade à tração paralela às fibras, expressa em gigapascals (GPa), F_{60} é a força correspondente 60% da carga de ruptura no ensaio, expressa em newtons (N), F_{20} é a força correspondente 20% da carga de ruptura no ensaio, expressa em newtons (N), A é a área média da seção transversal da parte central do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm^2); ϵ_{60} é a deformação específica correspondente à força F_{60} , expressa em partes por mil (‰); ϵ_{20} é a deformação específica correspondente à força F_{20} , expressa em partes por mil (‰).

Os resultados dos ensaios foram coletados, organizados e tratados estatisticamente, sendo submetidos ao teste comparativo de médias de Tukey a fim de verificar possíveis influências de cada variável analisada quanto aos valores de resistência e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras.

2.1.6 Tratamento de dados e análise estatística

Toda a organização e tratamento dos dados obtidos nos ensaios foram feitos em planilhas eletrônicas com o auxílio do software Microsoft EXCEL®. Já as análises de variância e os testes comparativos de médias (Tukey) dos resultados, já organizados e tratados, foram feitos utilizando o software SISVAR®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dimensões dos colmos

As dimensões de comprimento, espessura e diâmetro de cada parte dos colmos 1 e 2 são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões do Colmo 1 e Colmo 2

Colmo 1		Colmo 2	
Comprimento total do colmo (m)	21,96	Comprimento total do colmo (m)	19,84
Comprimento descartado (m)	3,00	Comprimento descartado (m)	4,00
Comprimento da parte útil (m)	18,96	Comprimento da parte útil (m)	15,84
Comprimento Base A (m)	3,21	-	-
Comprimento Base B (m)	3,14	Comprimento Base (m)	3,06
Comprimento Meio A (m)	3,20	Comprimento Meio A (m)	3,34
Comprimento Meio B (m)	3,34	Comprimento Meio B (m)	2,98
Comprimento Topo A (m)	3,11	Comprimento Topo A (m)	3,21
Comprimento Topo B (m)	2,96	Comprimento Topo B (m)	3,25
Espessura Inferior Base (mm)	46,55	Espessura Inferior Base (mm)	40,15
Espessura Base/Meio (mm)	11,95	Espessura Base/Meio (mm)	15,03
Espessura Meio/Topo (mm)	9,40	Espessura Meio/Topo (mm)	8,78
Espessura Superior Topo (mm)	6,35	Espessura Superior Topo (mm)	7,30
Diâmetro Inferior Base (cm)	17,45	Diâmetro Inferior Base (cm)	15,74
Diâmetro Base/Meio (cm)	12,26	Diâmetro Base/Meio (cm)	11,12
Diâmetro Superior Meio/Topo (cm)	9,15	Diâmetro Superior Meio/Topo (cm)	8,97
Diâmetro Superior Topo (cm)	3,92	Diâmetro Superior Topo (cm)	4,22

Fonte: Dos autores.

Ao observar os valores apresentados na Tabela 1 é possível concluir que o comprimento total médio destes dois colmos é de 20,90 m e o comprimento médio da parte útil é de 17,40 metros. Portanto, estas podem ser consideradas

as médias aproximadas dos comprimentos dos colmos adultos da touceira de onde a amostra foi retirada.

É possível observar que, em ambos os colmos, os valores tanto de diâmetro quanto de espessura mudam de maneira decrescente no sentido da base ao topo, o que condiz com o que foi proposto por Liese (1998). Inclusive os valores médios obtidos foram semelhantes às médias apresentadas por Benton (2015), porém os valores da espessura inferior da base foram maiores do que o valor máximo, de 20 mm, apresentado pelo autor, indicando que tal região possui dimensões que fogem do padrão do restante do colmo, como pode ser observado na Figura 2.

3.2 Massa volumétrica e Teor de Umidade

A média aritmética dos resultados para a densidade dos corpos de prova expostos à umidade ambiente (u) e secos em estufa (s), juntamente com a média aritmética do teor de umidade dos mesmos, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias dos valores de massa volumétrica e teor de umidade

Condição	Densidade (Kg/m ³)	Teor de umidade (%)
Úmido	735,22 ± 86,43	12,73 ± 0,22
Seco	690,66 ± 79,03	0,00

Fonte: Dos autores.

Com o SISVAR foi possível realizar a análise de variância de valores (ANOVA) para verificação das significâncias dos fatores envolvidos no experimento (Colmo e Parte), assim como a interação entre eles, quanto aos valores de densidade nos estados úmido e seco em estufa. Com a ANOVA foi possível notar que os efeitos da variável Parte e a interação entre Parte e Colmo mostraram-se significativos para ambas as densidades calculadas, constatado diante do teste $P < 0,05$. Tal fato indica uma diferença significativa de valores de densidade entre as diferentes partes de um mesmo colmo e entre alguma parte específica de ambos os colmos. Já os efeitos da variável Colmo não se mostraram significativos, indicando que os valores médios de densidade não se alteram significativamente entre os colmos dentro de uma mesma touceira.

Com isso, o teste Tukey foi aplicado às médias referentes a variável Parte (Base, Meio e Topo), assim como para a análise do desdobramento da variável

Colmo dentro de cada nível da variável Parte e vice-versa. A comparação entre todas as médias analisadas está presente na Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela do teste Tukey com as médias e desvio padrão das variáveis Colmo e Parte em relação às densidades (u) e (s) e o teor de umidade das amostras (u)

Amostras	Densidade (u) (Kg/m³)	Teor de umidade (%)	Densidade (s) (Kg/m³)
Colmo 1 - Base	593,02 ± 27,97 a	12,65 ± 0,15	558,32 ± 28,41 a
Colmo 1 - Meio	739,90 ± 74,57 b	12,83 ± 0,26	694,85 ± 68,10 b
Colmo 1 - Topo	844,53 ± 28,98 c	13,03 ± 0,10	785,08 ± 24,63 c
Colmo 2 - Base	758,48 ± 20,97 b	12,75 ± 0,21	716,35 ± 14,66 b
Colmo 2 - Meio	753,86 ± 61,84 b	12,52 ± 0,01	708,75 ± 58,90 b
Colmo 2 - Topo	721,54 ± 38,23 b	12,60 ± 0,07	680,61 ± 37,80 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dos autores.

A partir da análise do teste Tukey foi possível observar que houve diferenças significativas dos valores de densidade (u e s) entre as três partes do Colmo 1, onde obtiveram-se os menores valores para a Base, valores intermediários para o Meio e os maiores valores para o Topo. Tal fato é corroborado por Liese (1998), ao afirmar que há diferenças na estrutura morfológica do bambu em cada parte de seu colmo, assim como segue o padrão apresentado por Srivaro e Jakranod (2016), com densidade menor para a base e maior para o topo. Tal padrão não é observado para o Colmo 2, onde não houve diferenças significativas entre Base, Meio e Topo em relação aos valores de densidade (u e s), que são da mesma grandeza do Meio do Colmo 1. Esse fato indica uma possível uniformidade da morfologia ao longo da estrutura do Colmo 2.

3.3 Retração

Ao realizar a ANOVA para verificação das significâncias dos fatores Colmo e Parte, assim como a interação entre eles, quanto aos valores de retração, foi possível notar que os efeitos tanto das variáveis Colmo e Parte, quanto da sua interação não se mostraram significativos para retração, constatado diante do teste $P > 0,05$. Tal fato indica que as médias de retração não se alteram significativamente entre os colmos dentro de uma mesma touceira, nem entre as diferentes partes de cada colmo. Desta forma, os resultados gerais do ensaio de Retração, para uma perda do teor de umidade de $12,73 \pm 0,22\%$, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias dos valores de retração (%) para toda a amostra

Tangencial (%)	Longitudinal (%)	Radial (%)
2,99 ± 0,39	0,02 ± 0,23	2,67 ± 0,53

Fonte: Dos autores.

Notam-se valores significativos de retração tangencial e radial dos corpos de prova, ou seja, no sentido perpendicular às fibras do bambu, com valores próximos aos de Srivaro e Jakranod (2016), que foram de 3,05% e 2,65%, respectivamente. Já a retração longitudinal, ou seja, no sentido paralelo às fibras do bambu, não foi significativa, indicando que este material não muda suas dimensões no sentido longitudinal com a perda de umidade.

3.4 Resistência à compressão paralela às fibras

Os valores dos resultados do ensaio de Resistência à compressão paralela às fibras encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Médias dos valores de resistência à compressão paralela às fibras

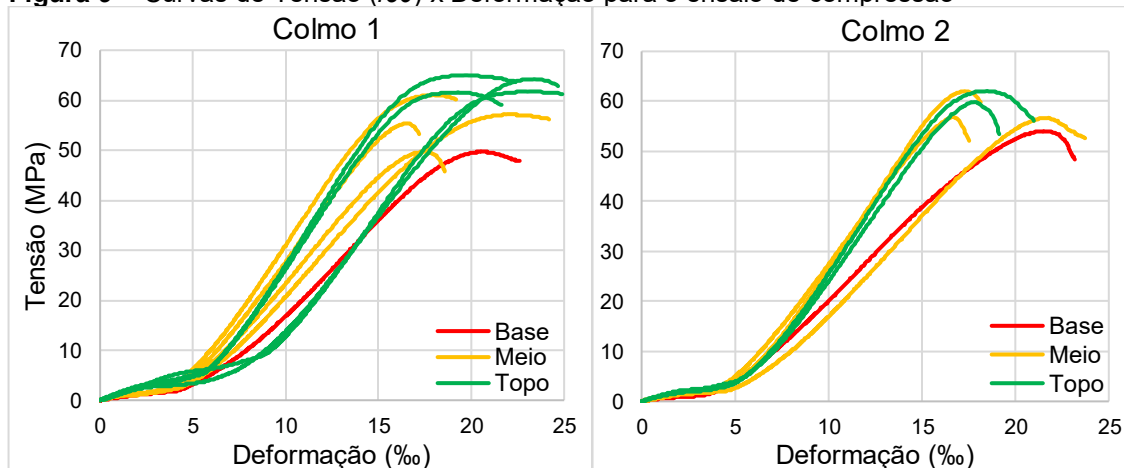
Colmo	f_{c0} (MPa)	Teor de Umidade (%)
Colmo 1	57,85 ± 5,71	14,23 ± 0,25
Colmo 2	58,59 ± 3,26	13,90 ± 0,26

Fonte: Dos autores.

Nota-se que não há uma diferença significativa entre as médias de ambos os colmos, então é possível afirmar que a média geral de resistência à compressão é de 58,12 ± 4,82 MPa, sendo, portanto, 13,11% maior do que a média obtida por Carbonari *et al.* (2017) (50,5 MPa).

Os ensaios de Resistência à compressão paralela às fibras apresentaram curvas de tensão versus deformação que seguem o padrão da Figura 9.

Figura 9 – Curvas de Tensão (f_{c0}) x Deformação para o ensaio de compressão



Fonte: Dos autores.

É necessário reforçar que para este ensaio não foi utilizado nenhum dispositivo para medir as deformações dos corpos de prova de bambu e que os valores de deformação apresentados nos gráficos são referentes ao deslocamento das placas de compressão da própria prensa, e por conta disso não se fez possível calcular os valores de módulo de elasticidade à compressão. Portanto, ao analisar os gráficos é possível observar curvas de tensão de compressão versus deformação com um padrão onde, no início da curva, há um trecho de deslocamento de cerca de 5 % com um acréscimo quase nulo de tensão que é referente ao processo de acomodação das placas nas superfícies dos elementos de bambu. Após esse trecho inicial é possível observar um comportamento elástico-linear das curvas até o ponto de ruptura dos corpos de prova, ou seja, a curva se desenvolve de maneira linear e crescente ao longo da região elástica do material até a sua falha estrutural, quando há um decréscimo dos valores de tensão.

3.5 Resistência e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras

As médias gerais dos valores de resistência e módulo de elasticidade à tração paralela às fibras, assim como de teor de umidade e seus respectivos desvios padrão, para os colmos 1 e 2 com e sem a aplicação de óleo, se encontram na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias e desvios padrão dos valores de f_{t0} , E_{t0} e teor de umidade

Colmo	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	Teor de Umidade (%)
Colmo 1 sem óleo	110,73 ± 19,82	26,43 ± 4,08	12,46 ± 2,76
Colmo 1 com óleo	105,64 ± 21,25	27,61 ± 4,48	10,84 ± 0,95
Colmo 2 sem óleo	109,43 ± 16,63	27,83 ± 5,38	11,56 ± 2,68
Colmo 2 com óleo	109,10 ± 21,16	28,93 ± 5,05	10,52 ± 1,37

Fonte: Dos autores.

Com o SISVAR foi possível realizar a análise de variância de médias (ANOVA) para verificação das significâncias dos fatores envolvidos no experimento quanto a f_{t0} e E_{t0} . Ressalta-se que, para a realização da análise de variância, o valor de E_{t0} de uma corpo de prova, referente ao topo do Colmo 2 com óleo, foi replicado para substituir o valor de outro corpo de prova, de mesma parte e colmo, cujo E_{t0} não foi possível ser calculado por conta de uma falha na leitura de deformação durante o ensaio.

Ao realizar a ANOVA nota-se que os efeitos da variável Parte se mostraram significativos tanto para $ft0$ quanto para Eto , constatado diante do teste $P < 0,05$. Tal fato indica uma diferença significativa de valores de $ft0$ e Eto entre as partes de um mesmo colmo. Já os efeitos das outras variáveis não se mostraram significativas, assim como todas as interações entre as variáveis analisadas. O fato de a variável Colmo não ter sido significativa nesta análise, é um indicativo de que os valores de $ft0$ e Eto não se alteram significativamente entre os vários colmos dentro de uma mesma touceira. Já o fato de a variável Óleo não ter sido significativa, indica que a aplicação superficial de óleo de linhaça nas amostras de bambu não teve influência significativa em seus valores de $ft0$ e Eto .

Portanto, a partir desta análise, o teste Tukey foi aplicado apenas às médias referentes à variável Parte (Base, Meio e Topo) realizando então a comparação entre tais médias, presente na Tabela 7, a fim de verificar a influência de cada parte do colmo nos valores de $ft0$ e Eto .

Tabela 7 – Tabela do teste Tukey com as médias e o desvio padrão da variável Parte (Base, Meio e Topo) em relação a $ft0$ e Eto de ambos os colmos

Parte	$ft0$ (MPa)	Eto (GPa)
Base	91.65 ± 14,67 b	24.50 ± 5,33 b
Meio	116.37 ± 13,01 a	27.99 ± 3,05 a
Topo	118.16 ± 18,10 a	30.61 ± 3,40 a

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dos autores.

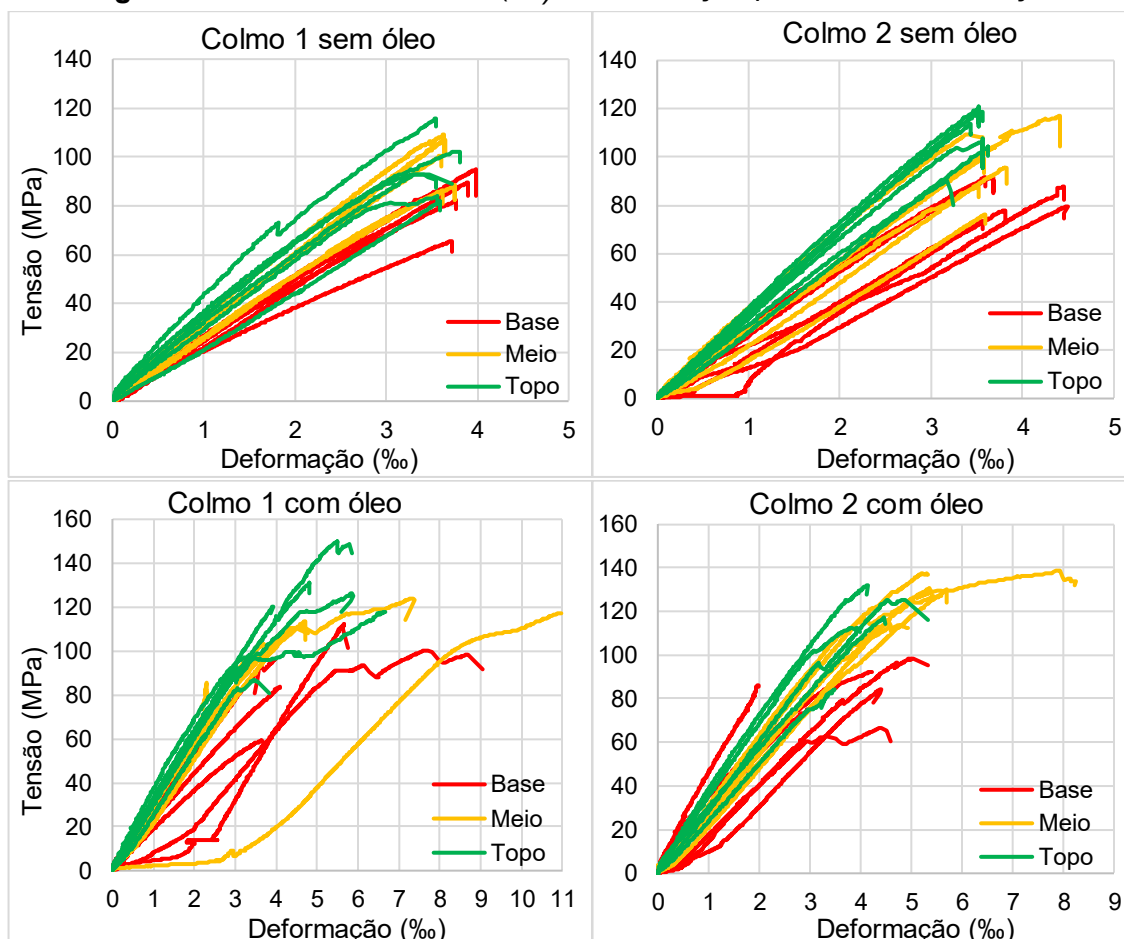
A partir da análise do teste Tukey realizado, nota-se que as médias das partes Meio e Topo não se diferem significativamente entre si em relação a $ft0$ e Eto . Por outro lado, a parte Base difere-se significativamente das demais partes, resultando em um valor médio de $ft0$ 21,24% e 22,44% menor que as médias das partes Meio e Topo respectivamente, enquanto para Eto essa diferença foi de 12,48% e 19,96%.

A diferença de resistência e módulo de elasticidade entre as diferentes partes do colmo de bambu reforça o que Liese (1998) afirma sobre as partes mais altas apresentarem quantidades menores de parênquima e maiores de fibras por unidade de área, conseqüentemente resultando em valores de densidade e resistência mecânica mais elevados em comparação às partes mais

basais do colmo. Fato esse que corrobora o padrão de resultados encontrado por Srivaro e Jakranod (2016).

Os ensaios de Resistência à tração paralela às fibras apresentaram curvas de tensão versus deformação que seguem o padrão da Figura 10.

Figura 10 – Curvas de Tensão (f_t) x Deformação para o ensaio de tração



Fonte: Dos autores.

É possível analisar que os gráficos apresentam curvas de tensão de tração versus deformação com um padrão elástico-linear até a ruptura, ou seja, a curva se desenvolve de maneira linear e crescente ao longo da região elástica do material até a sua falha estrutural. Porém, é possível observar uma mudança neste padrão, principalmente nas curvas dos corpos de prova com óleo, devido a escorregamentos ocorridos pelo equipamento medidor de deslocamentos, que provocou erros de medição no início da aplicação de carga e próximo a ruptura de alguns ensaios.

Ainda é possível analisar um padrão de distribuição das curvas de acordo com as partes do colmo, onde a maioria das curvas referentes a parte Base

atingem valores de f_{t0} menores que as curvas das partes Meio e o Topo, assim como um menor ângulo de inclinação em relação ao eixo da deformação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível observar que a espécie de bambu exótica no Brasil, *Dendrocalamus asper*, adaptada ao solo e clima da região do Arenito Caiuá no Noroeste do Paraná, trata-se de uma espécie de grande porte com um alto potencial de aproveitamento de todo o seu colmo adulto. Além de grandes dimensões essa espécie demonstra ter baixa variabilidade de características, tanto físicas quanto mecânicas, ao longo de todo o colmo e entre diferentes colmos de uma mesma touceira.

Ao comparar os resultados obtidos neste artigo com os resultados obtidos por outros autores que caracterizaram amostras de *D. asper* colhidas em diferentes localidades, nota-se que não houve grandes diferenças em relação aos valores das propriedades físico-mecânicas, mesmo considerando que cada autor utilizou uma normativa diferente como referência para a metodologia dos testes. Tal fato pode indicar que esta espécie de bambu sofre baixa variabilidade de características mesmo sendo cultivada em diferentes pontos do planeta.

Em resumo, as médias gerais das propriedades físicas e mecânicas da espécie de bambu *Dendrocalamus asper*, que este trabalho visou investigar, são: Densidade (umidade de 12,73%): 735,22 kg/m³; Densidade (seco): 690,66 kg/m³; Retração tangencial: 2,99 %; Retração longitudinal: 0,02 %; Retração radial: 2,67 %; Resistência à compressão paralela às fibras: 58,12 MPa; Resistência à tração paralela às fibras para base, meio e topo respectivamente: 91,65 MPa, 116,37MPa e 118,16 MPa; Módulo de elasticidade à tração paralela às fibras para base, meio e topo, respectivamente: 24,50 MPa, 27,99 MPa e 30,61 MPa.

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que a metodologia utilizada foi efetiva e permitiu avaliar as propriedades físicas e mecânicas do *D. asper* de maneira satisfatória e compará-las com os resultados de outros autores ao redor do mundo. Tais resultados podem ainda servir de base para análises e avaliações do potencial dessa espécie de bambu para usos específicos como material para a construção civil e diversos outros setores.

Como sugestão para futuras pesquisas sobre essa espécie de bambu ou qualquer outra espécie, a fim de obter uma caracterização mais completa, seria interessante realizar, além dos ensaios realizados neste trabalho, outros ensaios padronizados pela norma ABNT NBR 16828-2 (2020), como os ensaios de cisalhamento e de flexão. Assim como realizar um planejamento mais detalhado para o ensaio de resistência à compressão paralela às fibras, a fim de possibilitar uma análise de variância levando em conta fatores como os analisados no ensaio de resistência à tração paralela às fibras. Outra sugestão seria testar o bambu submetido a outros tipos de tratamentos preservativos, a fim de verificar a possível influência dos mesmos nas propriedades do material.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D143-09**: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. ASTM Annul Book of Standards. ASTM International, West Conshohocken, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1**: Estruturas de bambu Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-2**: Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro, 2020.
- BENTON, A. Priority Species of Bamboo. In: Liese, W., Köhl, M. (eds) **Bamboo**: The Plant and its Uses. Tropical Forestry. vol. 10. Springer International Publishing Switzerland, Cham, 2015. Cap. 2, p.31-41. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6_2> Acesso em: 24 maio 2024.
- CARBONARI, G. *et al.* **Bambu** - O aço vegetal. Revista MIX Sustentável, Florianópolis, Ed. 5, v. 3, n.1, p. 17-25. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2017.v3.n1.17-25>> Acesso em: 29 jan. 2022.
- DO AMARAL, L. M.; KADIVAR, M.; PAES, J. B.; BATISTA, D. C.; REIS, M. S.; TARVERDI, A.; DE GODOY JR, A. L. P.; SAVASTANO JR, H. **Physical, mechanical, chemical, and durability assessment of water leaching treatment of bamboo**. Advances in Bamboo Science, v.5, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2023.100040>> Acesso em: 8 jan. 2025.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.107-114. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>> Acesso em: 15 mar. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TC165 N314**. Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo. 20p. 1999.

KAUR, P.; KARDAM, V.; PANT, K.K.; S. SATYA, S.; NAIK, S.N. **Scientific Investigation of Traditional Water Leaching Method for Bamboo Preservation**. Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society, v.26, n.1, p. 27-32, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271440045_Scientific_Investigation_of_Traditional_Water_Leaching_Method_for_Bamboo_Preservation> Acesso em: 8 jan. 2025.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Technical Report, International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, Eindhoven, New Delhi, 1998, 208p.

MUSTAFA, A. A. *et al.* **A Concise Review of *Dendrocalamus asper* and Related Bamboos**: Germplasm Conservation, Propagation and Molecular Biology. Plants, v.10(9), 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/plants10091897>> Acesso em: 20 maio 2024.

PEDRANGELO, A. C. S. *et al.* **Considerações sobre o material bambu: Potencialidades e desafios no Brasil**. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.5, n.7, p. 288-01, 288-15, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21575/25254782rmetg2020vol5n71123>> Acesso em: 29 jan. 2022.

PEREIRA, M. A. dos R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, São Paulo: Canal6, 2007. 240p.

SRIVARO, S.; JAKRANOD, W. **Comparison of physical and mechanical properties of *Dendrocalamus asper* Backer specimens with and without nodes**. European Journal of Wood and Wood Products. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, v.74, p. 893–899, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00107-016-1048-8>> Acesso em: 20 maio 2024.