

BAMBU, UM GRANDE ALIADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Caroline Mayumi Yamaguchi (IC) e Adriana Volpon Diogo Righetto (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

A prática da sustentabilidade na construção civil vem crescendo ao longo dos anos, através da busca de alternativas sustentáveis que possam vir a diminuir a poluição e o lixo produzido pela mesma, uma dessas práticas que vem chamando bastante atenção nos últimos anos é o uso do bambu. O bambu, na realidade é empregado a séculos, principalmente em países asiáticos, na construção civil e também em outros setores, como na alimentação, trabalhos artesanais, utensílios domésticos e móveis, na construção suas principais características são flexibilidade, durabilidade, leveza, resistência, baixo custo e versatilidade. Para garantir seu uso no ambiente da construção civil são necessários tratamentos específicos como o antifúngico e o contra insetos, além também do cuidado nos processos anteriores, colheita, cura e secagem. Em face disso, o objetivo da presente pesquisa foi analisar a partir de testes físico-mecânicos, no Laboratório de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, campus São Paulo, o grande potencial do uso do bambu como material para a construção civil, sendo para tal realizada uma análise comparativa de duas espécies de bambu, definidas a partir de entrevistas com profissionais que utilizam esse material e de análise de artigos. Observou-se, com base no material analisado, que ambas as espécies definidas na pesquisa apresentaram boas características para o uso como material sustentável em construções.

Palavras-chave: construção civil, bambu, propriedades físico-mecânicas.

ABSTRACT

The practice of sustainability in civil construction has been growing over the years, through the search for sustainable alternatives that may reduce pollution and waste produced by it, one of these practices, which has been getting a lot of attention in recent years, is the use of bamboo. Bamboo has been used for centuries, mainly in Asian countries, in civil construction and also in other sectors such as food, handicrafts, home and furniture, in construction it's main characteristics are flexibility, durability, lightness, resistance, low cost and versatility. To guarantee it's use in the construction environment, specific treatments, such as antifungal and anti insects are necessary, as well as care in previous processes, harvesting, curing and drying. Therefore, the objective of this research was to analyze the great potential of the use of bamboo as a material for civil construction, based on physical-mechanical tests, realized in the Materials Laboratory of Universidade Presbiteriana

Mackenzie, in the campus of São Paulo, a comparative analysis of two species of bamboo, defined based in interviews with professionals who use this material and analysis of articles. It was observed, based on the analyzed material, that both species defined in the research presented good characteristics for the use as sustainable material in constructions.

Keywords: construction, bamboo, physical-mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

Da família *Graminae*, o bambu possui mais de mil e duzentas e cinquenta espécies classificadas, (LOPÉZ, 1974), e favoráveis aos ambientes de clima tropical, subtropical e temperado, e encontra-se presente em diversas regiões do mundo como América, África e Ásia, (OSSE; MEIRELLES, 2010).

No território brasileiro, apesar de possuir a maior floresta nativa do bambu no mundo, situada no estado do Acre. (DANTAS, 2017), possui certo preconceito em relação ao seu uso, devido ao seu histórico nacional, em que, inicialmente a sua utilização foi iniciada pelos indígenas e posteriormente pelos escravos em forma de matéria-prima para a construção civil, além da fabricação de utensílios de uso diário, como recipientes, cestos, instrumentos musicais, trazendo um significado de pobreza e miséria perante a sociedade. A representatividade de status social antigamente, e até nos dias de hoje, é vista através do tipo de habitação. Este tipo de construção denominou-se casa de pau a pique.

Em contrapartida, em países da Ásia como Japão e China, o bambu possui uma grande abrangência de utilização, estando presente desde o âmbito espiritual/religioso até nas suas diversas formas de aplicação. Em todo o planeta foram registrados mais de 5000 usos para o bambu, (DANTAS, 2017). A sua versatilidade vêm desde artesanatos, utensílios de uso doméstico, instrumentos musicais, instrumento para artes marciais, objetos decorativos, área medicinal, móveis, até matéria-prima para construções civis desde habitações de pequeno porte, como casas populares, até de grande porte como pontes e edifícios.

Em países próximos ao Brasil, como por exemplo, a Costa Rica, Equador e Colômbia, devido ao seu baixo custo de produção, o principal emprego do bambu é em habitações populares, mas está ganhando grande força também em grandes construções como em pavilhões, pontes, edifícios multifamiliares e hotéis.

O emprego do bambu como matéria-prima apesar de ser antigo, tornou-se uma alternativa sustentável, em uma época em que se está buscando a utilização de recursos que tendem a reduzir a poluição ambiental através da priorização do ambiente natural, principalmente no âmbito da construção civil em que os seus resíduos são os que mais provocam poluição para o meio.

Com esse pensamento na priorização da conservação do ambiente natural e na redução de produção de resíduos que poluem, o bambu vem sendo uma das alternativas viáveis para a construção civil, possuindo grandes características físico-mecânicas, boa durabilidade, e trabalhabilidade e versatilidade, além também de contribuir para recuperação de áreas degradadas e conter os problemas de erosão. (PADOVAN, 2010).

A partir de dados expostos acima foi proposto o estudo do bambu, através de realizações de testes físicos-mecânicos e, o estudo justificou-se por ser o bambu, um material sustentável com produção em larga escala com baixo custo, por não agredir o meio ambiente e ser um recurso renovável, bem como ser acessível a todos os estratos sociais. Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar os testes realizados em duas espécies de bambu, o *Dendrocalamus aespers* e o *Phyllostachys Pubescens*, usados em ambientes de construção civil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

- **Plantio e Colheita**

Segundo Padovan (2010), o plantio do bambu traz grandes benefícios em um curto período de tempo em comparação à madeira. Na hora de sua plantação, entre um bambu e outro tem que ter um espaçamento médio para bambus de grande porte e um espaçamento menor para bambus de pequeno porte. Logo em seguida é feito o manejo da área, que deve estar sempre livre e arejada, em que os colmos que possuem defeitos devem ser retirados e realizar também uma adubação por ano com correção do pH e irrigações no plantio.

A sua propagação, de acordo com Hidálgo-López (2003, apud PADOVAN, 2010), possui dois métodos: o de maneira assexuada e/ou sexuada. A maneira assexuada é a mais utilizada devido à sua eficiência na propagação, enquanto que o método de maneira sexuada tem-se uma grande dificuldade na obtenção de sementes, porque o período de produção é mais longo.

Segundo Castaño & Moreno (2004, apud MANHÃES, 2008), a reprodução assexuada, também denominada de vegetativa, é através das partes vegetativas do bambu, que são os ramos, gemas, colmos e rizomas; e a reprodução sexuada é feita a partir das sementes, não sendo o método mais prático para a produção, devido ao ciclo de floração de cada espécie de bambu, da baixa disponibilidade e o vigor das suas sementes. Assim, cada espécie possui uma forma mais apropriada para a sua propagação devido às suas características específicas.

O tempo para estabilizar uma produção de bambu varia entre cinco a sete anos, sendo o seu amadurecimento em três a quatro anos; nesse período também ocorre a coleta de colmos e brotos para continuar a produção do mesmo. A manutenção da plantação é feita através de irrigação, não ocorrendo a utilização de agrotóxicos, sendo que a colheita fortalece o bambuzal e é realizada com instrumentos manuais. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

Segundo Ghavami (1992, apud COSTA, 2015), ao longo do crescimento do bambu, as fibras tornam-se cada vez mais resistentes e duras, sendo assim a idade apropriada para o uso em construção de 3 a 5 anos, para obter a sua máxima resistência. A partir do sexto ano, o colmo do bambu começa a adquirir uma coloração branca, o que indica o início do seu ressecamento. O corte deve ser feito no segundo nó para evitar o acúmulo de água e o apodrecimento da raiz.

A melhor época para ser feita a colheita em regiões tropicais é no período da estação seca e nas regiões subtropicais, no período de inverno devido a menor concentração de água e amido nos colmos dos bambus, como descrito por Padovan, em sua dissertação “O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais”, em 2010.

Para a obtenção de colmos mais resistentes para uso em construção, a forma e o tempo da colheita tornam-se fatores essenciais. O inverno é a melhor época para colheita, pois é o período em que o bambu guarda maior parte de suas reservas nos rizomas (raízes). Assim, a colheita do bambu com um índice menor de açúcar possibilita a diminuição da presença de insetos e fungos que são as principais pragas do bambu. Outros pontos a serem observados para a colheita correta do bambu são a fase da lua e o horário: a lua minguante é a ideal para a sua colheita bem como o horário tem que anteceder o amanhecer. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

O corte do bambu é feito com uma serra ou machado, sendo o corte feito próximo a raiz e acima do primeiro ou o segundo nó, localizado acima do nível do solo. (LOPEZ, 1981).

- **Cura e Tratamento**

Para ter mais durabilidade e diminuir o ataque dos fungos e insetos, o bambu após seu corte deve passar pela cura e por tratamentos.

O objetivo da cura é a redução da decomposição do amido, e existem três tipos de cura do bambu.

A cura na mata, em que o bambu, com suas folhas e ramos, fica posicionado na vertical no local da colheita durante quatro semanas, apoiado nos bambus vizinhos e em uma pedra para não ter o contato com o solo. Esse tipo de cura deve ocorrer no período de seca, mas em temperatura, pressão e umidade local em que ocorreu seu desenvolvimento. Depois desse tempo, ocorre a retirada das suas folhas e ramos e, então, é levado para um local coberto e arejado para terminar a sua secagem. Esse método é o mais recomendado, pois mantém a sua cor natural e não tem o aparecimento de manchas. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011) e (LOPEZ, 1981).

Já a cura por imersão em água ocorre logo após seu corte, em um tanque ou um rio, em um período variável de quatro semanas para mais. Posteriormente, é deixado para secagem por um determinado tempo. Esse método é o menos eficaz e o menos recomendado por diminuir a resistência, tornando-os quebradiços, além da formação de manchas. (LOPEZ, 1981).

E por último, a cura por calor que é feita de maneira que o bambu é colocado horizontalmente sobre brasas, a uma distância em que não ocorre a queima do mesmo (30 a 40 cm de profundidade), e fazendo a sua constante rotação, devendo ser realizado em uma área livre. O aparecimento de fissuras, através da contração do bambu, faz com que o método não seja tão eficaz. (LOPEZ, 1981)

Existem vários tipos de tratamentos de bambu: em sua maioria ocorre a substituição do amido por substâncias químicas, mas também são utilizados os métodos tradicionais e tratamentos sob pressão, que são descritos por Padovan em sua obra (2010). No Brasil, o método mais utilizado é o tratamento com ácido bórico e bórax; este tratamento está descrito na obra "Uso do Bambu na Construção Civil", dissertação de V.H.S. Marçal, em 2008.

Os tipos de tratamentos no bambu são: o de fervura e cocção, sendo ele o mais utilizado, que seria ferver o bambu em água por um período entre 15 a 60 minutos. Nesse mesmo tratamento alguns fornecedores de bambu passam um pano molhado com óleo diesel no bambu antes de ferver, outros colocam soda cáustica junto com água, mantendo-o na cocção durante 15 minutos. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

Outro tratamento seria o químico, que deve ter as seguintes características:

A sua composição química não pode modificar as propriedades físicas e mecânicas do bambu, através dos tecidos do bambu;

Que a composição química seja líquida para que ocorra fácil absorção do produto para todas as partes do bambu;

Com a finalidade de impedir a presença de micro-organismos, fungos e insetos;

Que sejam solúveis em água, para que possa ser aplicado com diferentes concentrações, levando-se em conta que após serem colocados não serem de fácil remoção;

Que não tenha um odor forte, para facilitar a aplicação e não ser transferível ao ser introduzido em construções.

O tratamento químico tem dois tipos de aplicação: o método Boucherie (por gravidade) e o método Boucherie modificado (por pressão). Esses métodos consistem na

penetração pelo extremo do bambu, através da pressão hidrostática, em que ocorre a expulsão da seiva e a substituição pelo sulfato de cobre. O método Boucherie em que se coloca uma luva de borracha é acoplada no extremo superior do caule do bambu (sem seus ramos e suas folhas), preenchendo totalmente com o produto químico. O bambu deve ser colocado na vertical e fechado no outro extremo, fazendo com que o produto penetre por pressão hidrostática dentro caule. (LOPEZ, 1981), e OLIVEIRA (1980, apud, MARÇAL, 2008).

Esse tratamento é feito com ácido bórico e bórax por imersão. Com isso, o amido presente no bambu é diluído e a sua taxa de concentração é reduzida, ficando grande parte retida na água do tanque. Esse tanque deve ter uma limpeza esporádica para evitar o acúmulo dos reagentes no mesmo. Em paralelo, os sais da solução são absorvidos e aderidos nas paredes do bambu, fazendo com que impeça a proliferação de organismos xilófagos. (MARÇAL 2008).

Outro tipo de tratamento é o térmico. Segundo Ferreira (2014, apud COSTA, 2015), o tratamento térmico é realizado com o aquecimento do bambu a temperaturas menores as que são capazes de alterar seus constituintes químicos fundamentais. Como vantagem o tratamento térmico garante uma homogeneidade à peça de bambu como um todo (COLLA, 2010).

Além desses tratamentos, a utilização de verniz e selantes ajudam na conservação do bambu, tanto na proteção ao sol como também na prevenção de ataques de insetos e fungos. (MARÇAL, 2008).

- **Armazenamento**

O armazenamento do bambu deve ser em local coberto, protegido da chuva e do sol, em que as varas devem ser dispostas em camadas, com espaços que permitam a circulação de ar entre elas. As mesmas devem ser colocadas acima do solo em uma altura de aproximadamente 15 cm para que não tenha contato com a umidade. (PADOVAN, 2010).

- **Secagem**

Para o uso nas construções, a secagem é um processo importante para obter resistência e durabilidade do bambu; se não for feita de forma adequada pode vir a provocar retração das peças, ocasionando uma falha estrutural. Com isso, com o colmo cortado, ele encontra-se em estado úmido por dentro. Para a sua secagem, uma das alternativas é a que se apoia o bambu, ainda com as folhas, em um lugar arejado com chão e paredes livres de umidades, e sob proteção do sol e da chuva (dependendo da espécie e das condições

climáticas do local). Esse processo dura entre duas a oito semanas para que a seiva escorra e ocorra a sua evaporação. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

Outra forma de secagem é a utilização do fogo, sendo ele uma fonte pontual a exemplo do maçarico em que utiliza-se o fogo baixo, obtendo-se alta resistência e brilho. A desvantagem que é um processo de secagem mais demorado e trabalhoso, pois é feito um a um. E sob a ação do fogo e da fumaça nos colmos do bambu ocorre a defumação do mesmo, sendo ele colocado em um compartimento com pouca saída de ar. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

As estufas são meios mais eficazes para secagem dos bambus. Elas devem coletar o calor dos raios solares durante o dia, sem incidir diretamente sobre o material, mantendo quente durante a noite. (Neto, Miná, Furtado, Nascimento, 2011).

- **Propriedades físicas e mecânicas**

Segundo Ghavami (1992, apud MARÇAL, 2008), o bambu traz consigo um alto desempenho estrutural quanto à compressão, torção e flexão, mas principalmente à flexão devido a sua volumetria tubular e pela forma que as fibras estão organizadas longitudinalmente, formando feixes de micro-tubos. Entretanto, as características mecânicas possuem influência principalmente da idade, condições climáticas, época de colheita, espécie e teor de umidade. (MARÇAL, 2008).

As resistências à compressão e à tração são maiores até os seis anos e à flexão é maior com a idade superior a oito anos. Essas resistências têm relação com a anatomia do bambu em que a tensão ou módulo de ruptura e o módulo de elasticidade são relacionados aos comprimentos das fibras e distribuição dos feixes vasculares de forma homogênea, sendo um ponto positivo para o fendilhamento do colmo. (Liese, 1998, apud MARÇAL, 2008).

- **Compressão**

Segundo Beraldo (2003, apud MARÇAL, 2008), a presença ou a ausência de nós na região considerada colmo, como também o espaço e a posição entre eles ao longo do colmo, pode influenciar diretamente nos resultados de testes de compressão. E a deformação do módulo de elasticidade do bambu em relação à compressão é variável, pois tem uma dependência do extensômetro (sensor que mede a deformação): se ele fica próximo a camada externa do colmo ou se próximo a um nó. Outra característica que pode fazer com que o módulo de elasticidade apresente um valor de duas a três vezes maior que a média da espécie, é que a camada externa se deforma mais que a camada interna, devido as suas características anatômicas de distribuição.

- Tração

O bambu possui uma alta resistência à tração, em que determinadas espécies chegam até 370 MPa (Megapascal). E em geral, a resistência, com ou sem a presença do nó, fica entre 40 MPa e 215 MPa, e o módulo de elasticidade tem uma variação entre 5,5 GPa (Giga pascal) e 18 GPa. (MARÇAL, 2008).

A resistência à tração do bambu pode ser reduzida de forma considerável pela presença de nós, em razão da descontinuidade das fibras nesses pontos. (Ghavami e Marinho, 2005 apud PADOVAN, 2010)

- Flexão

Os resultados obtidos em ensaios de flexão com o bambu são variáveis, devido a variação de orientação das fibras na região dos nós, presença do diafragma, a forma irregular próxima a troncos de cone, espessuras não uniformes das paredes, o tipo de teste de flexão, pelo tamanho da amostra, entre outros fatores. (PADOVAN, 2010).

De forma geral, os resultados obtidos em estudos sobre a resistência do bambu à flexão variam entre 30 MPa e 170 MPa. E em relação ao módulo de elasticidade dos colmos em bambus estudados foram entre 6 GPa e 14 GPa. (Beraldo, 2003 apud MARÇAL, 2008).

- Torção

Segundo Marçal (2008), o bambu por ter um formato cilíndrico possui boas características quando é submetido a solicitações de torção. Porém, as fibras de bambu são facilmente descoladas e isso pode ser prejudicial ao sistema de tensão, provando uma descontinuidade do mesmo. Com isso, tende a diminuir a resistência a torção da vara.

- Cisalhamento e Esmagamento

Segundo Padovan (2010), em razão que o bambu apresenta em sua estrutura as fibras unidas umas às outras somente por elementos naturais colantes e por elas possuírem grande facilidade de deslocamento, o mesmo possui uma limitação na resistência ao cisalhamento na direção paralela.

A resistência transversal às fibras do bambu é aproximadamente 30% da resistência à flexão, e a sua resistência ao cisalhamento longitudinal das fibras fica em torno de 15% de sua resistência à compressão. De modo geral, quanto maior o teor de umidade do bambu, menor será sua resistência ao cisalhamento. (Beraldo et al, 2003, apud PADOVAN, 2010).

As características físicas do bambu variam de acordo com as espécies do mesmo, em que ao longo da planta ocorre uma diminuição gradual, da base para o topo, como a espessura da parede e o diâmetro do colmo. (Ghavami e Marinho, 2005 apud PADOVAN, 2010). Essas propriedades têm maior resistência quando são utilizados os colmos maduros e secos. As propriedades físicas são de grande importância para o estudo na construção civil, as quais podem citar: massa específica, teor de umidade, absorção da água, variações da dimensão do bambu e coeficiente de dilatação.

Devido as suas propriedades físico-mecânicas, o bambu possui uma variedade de estruturas para o uso na construção civil tais como: coluna, viga, lastro, placas, painéis, chapas, pilares, mastros. (SOUZA, 2014).

E, para fixar e encaixar as estruturas de bambu entre si são feitas conexões entre eles, a partir do mesmo. Em estudos de vários autores, a maior dificuldade encontrada para o uso do bambu juntamente com os materiais da construção civil são suas conexões, devido a sua forma cônica, oca e dimensões que variam conforme seu comprimento (diâmetro e espessura das paredes). Portanto, as conexões entre duas ou mais peças de bambu demandam um tratamento diferente de outros materiais, a exemplo da madeira e de tubos de aço. (PADOVAN, 2010). E, segundo Jaynetti e Follett (1998, apud PADOVAN, 2010) a estrutura formada através das conexões das peças é fundamental para a sua integridade, sendo necessário o uso adequado dos materiais que vão ser utilizados nas mesmas. Quando da sua aplicação inadequada compromete as suas propriedades físico-mecânicas e, conseqüentemente, a edificação corre um alto risco, podendo vir a desabar.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Materiais do Departamento de Engenharia Civil da Universidade presbiteriana Mackenzie – Campus Higienópolis, tendo como objetivo estudo das propriedades mecânicas, físicas e estruturais do colmo do bambu das espécies *Dendrocalamus aespér* e *Phyllostachys Pubescens* nativos da cidade de Atibaia, SP.

Por falta de normatização específica, os ensaios realizados neste trabalho foram embasados em normas adotadas em projetos de pesquisa que realizaram os mesmos tipos de ensaios.

- **Resistência à Compressão**

Seguindo recomendações dos artigos científicos estudados, cada corpo-de-prova (CP), foi cortado com uma altura aproximada de duas vezes ao seu diâmetro externo, como mostram as Figuras 1 e 2. Esses corpos de prova foram lixados em ambas as extremidades

para manter a uniformização, como também para permitir a distribuição uniforme das tensões durante o ensaio de compressão.



Figura 1. Corpos de Prova para Teste de Resistência à Compressão
Bambu *Dendrocalamus aesper*



Figura 2. Corpos de Prova para Teste de Resistência à Compressão
Bambu *Phyllostachys Pubescens*

A altura e os diâmetros internos e externos de cada CP foram medidos com auxílio de paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, à semelhança do paquímetro universal com a mesma precisão. Como ao longo do bambu as seções transversais não são totalmente circulares e a espessura também pode variar, foram adotadas três medidas dos diâmetros em cada face - superior, meio e inferior – de cada CP.

Os ensaios foram executados em uma Máquina Universal, representada pela Figura 3, com capacidade máxima de 60 toneladas e com um incremento de carga constante de 10 mm/s.



Figura 3. Máquina utilizada para o Ensaio de Compressão

O corpo-de-prova é posicionado de maneira que o centro móvel da máquina corresponda com a seção transversal do mesmo. Para obtenção da resistência à compressão é feito o cálculo de relação entre a carga máxima suportada por cada CP de cada espécie de bambu e a área da seção transversal. Sendo que área é obtida através da diferença da área externa (cálculo com o diâmetro externo médio do CP) e a área interna (cálculo com diâmetro interno médio do CP).

A tensão máxima de compressão é obtida quando ocorre o rompimento do bambu. As Figuras 4 e 5 representam os corpos-de-prova rompidos, logo após a medida da tensão.

Foram utilizadas no total 20 CPs, sendo 10 de espécie *Dendrocalamus aesper* e 10 da espécie *Phyllostachys Pubescens*.



Figura 4. Corpos de prova rompidos da espécie *Dendrocalamus aesper*



Figura 5. Corpos de prova rompidos da espécie *Phyllostachys Pubescens*

- **Resistência à Tração**

Nos ensaios de tração axial das amostras de bambu foram moldados corpos-de-prova, representados na Figura 5 e na Figura 6, com tiras paralelas extraídas de colmos com altura entre 20 cm e 29 cm, e com espessura de acordo com a parede do colmo.



Figura 6. Corpos-de-prova para Ensaio de Tração Bambu *Dendrocalamus aesper*



Figura 7. Corpos-de-prova para Ensaio de Tração - Bambu *Phyllostachys Pubescens*

Na sequência, as tiras foram demarcadas nas extremidades (aproximadamente com 5 cm de comprimento da mesma), para que ocorra a fixação dos dentes da prensa. A parte

do centro do CP possui aproximadamente 5 cm de comprimento x 5 mm de largura. Na parte de transição a largura varia entre 5 a 6 mm.

Com o molde feito e realizadas as demarcações no bambu, o próximo passo foi lixar para garantir uma uniformidade constante na área de seção transversal a ser rompida, sem que ocorresse nenhum erro durante o ensaio. É recomendado, caso ocorra a ruptura fora da parte central do bambu, que se descarte o mesmo do resultado obtido. Em geral, a causa provável para o rompimento é o cisalhamento.

Para que ocorra a melhor aderência da garra com o CP foi colocado um pedaço de lixa em cada extremidade, evitando, assim, o seu escorregamento, como podemos observar na Figura 8.

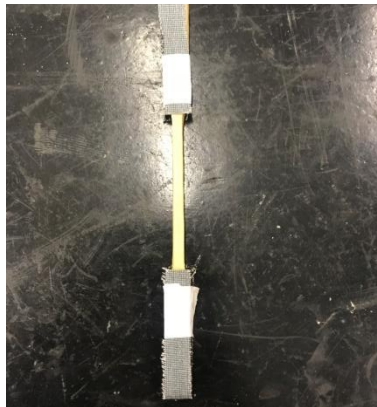


Figura 8. Corpo de Prova para Ensaio de Tração

Antes do ensaio forem realizadas as medições de largura e espessura na região de ruptura, para que obtenha-se o cálculo da área da seção transversal aonde ocorre a mesma. Concordar com ruptura

Os ensaios de tração foram realizados na Máquina Universal, com capacidade de aplicação de 60 tf, apresentada na Figura 9. No total, foram utilizados 6 corpos de prova, sendo três de cada espécie acima citadas.



Figura 9. Máquina utilizada para o Ensaio de Tração

A obtenção da tensão máxima da tração é verificada quando ocorre o rompimento do corpo-de-prova. A figura 10 demonstra o rompimento das amostras de ambas as espécies de bambu.



Figura 10. Corpos-de-prova de ambas as espécies rompidos

A máquina que realizou os testes acima citados não fornece dados suficientes para o cálculo do Modulo de Young e do Coeficiente. Portanto, não foi obtido o valor de ambos os dados.

- **Teste de Torção, Flexão, Cisalhamento e Esmagamento**

No projeto de pesquisa foi proposto a realização dos testes mecânicos das duas espécies de bambu, os quais não foram realizados devido a não disponibilidade de equipamentos necessários para a realização do mesmo.

- **Testes Físicos**

Como descrito no projeto de pesquisa também foi proposto a realização dos testes físicos das duas espécies de bambu estudadas. Os testes iriam analisar as propriedades físicas de ambas as espécies do bambu, tais como a massa específica aparente, o teor de umidade e a variação dimensional. Esses dados não foram obtidos devido a não disponibilidade de equipamentos necessários para a realização dos testes, como também o acesso à normas necessárias para efetuar os testes de forma correta.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Para análise dos resultados obtidos foi utilizado o software estatístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences), utilizando tanto análises descritivas (principalmente medidas) quanto inferências a partir de um nível de significância de 5%.

Primeiramente foi verificada a normalidade dos dados através do teste estatístico Shapiro Wilk, que resultam, em sua maioria, como não normais. Associando a não

normalidade de alguns resultados ao pequeno tamanho da amostra, optou-se pela utilização de testes não paramétricos para comparar os resultados dos dois tipos de bambus, a exemplo do teste de Mann-Whitney.

- **Resistência à Compressão**

Tabela 1: Estatísticas das variáveis: comprimento (mm), diâmetro externo (cm), espessura (mm), diâmetro interno (cm), tensão à compressão (tf), área (cm²) e resistência à compressão (MPa) de duas espécies de bambu, 2018.

Estatística	Espécie	Comprimento	Diâmetro Externo	Espessura	Diâmetro Interno	Tensão à Compressão	Área	Resistência à Compressão
Média	<i>D. aesper</i> *	306,51	14,28	13,62	12,92	24,56	29,10	83,14
	<i>P. Pubescens</i> **	237,32	10,65	10,12	9,63	15,20	15,31	97,67
Mínimo	<i>D. aesper</i>	294,80	13,83	11,73	12,52	19,80	24,72	59,95
	<i>P. Pubescens</i>	234,10	10,05	9,23	9,12	13,60	13,30	88,62
Máximo	<i>D. aesper</i>	319,90	240,95	16,64	13,46	31,40	36,09	98,24
	<i>P. Pubescens</i>	240,95	14,79	11,56	10,19	18,10	17,49	124,43

Dendrocalamus aesper*; *Phyllostachys Pubescens*

Conforme a Tabela 1, observa-se que o ambas as espécies de bambu no teste de compressão paralela às fibras ficaram dentro do parâmetro relato por Beraldo, Azzini, Ghavami e Pereira (2003), no qual a resistência à compressão situaria na faixa de 20 MPa a 120 MPa. A média da resistência obtida entre os testes dos corpos-de-prova da espécie *Dendrocalamus aesper* foi de 83,14 MPa e da espécie *Phyllostachys Pubescens* foi de 97,67 MPa.

- **Resistência à Tração**

Tabela 2: Estatísticas das variáveis, altura (mm), medida a (mm), medida b (mm), medida c (mm), tensão à tração (tf), área (cm²) e resistência à tração (MPa) de duas espécies de bambu, 2018.

Estatística	Espécie	Altura	Medida a e b	Medida d e e	Medida c	Tensão à Tração	Área	Resistência à Tração
Média	<i>D. aesper</i> *	299,23	11,29	6,18	5,66	1256,67	0,68	180,71
	<i>P. Pubescens</i> **	200,68	11,72	5,98	5,54	670,00	0,50	131,88
Mínimo	<i>D. aesper</i>	298,80	10,87	5,90	5,35	990,00	0,64	151,22
	<i>P. Pubescens</i>	200,02	10,93	5,92	5,33	640,00	0,48	125,88
Máximo	<i>D. aesper</i>	299,80	11,52	6,51	5,90	1420,00	0,71	202,52
	<i>P. Pubescens</i>	201,48	12,23	6,07	5,75	720,00	0,52	136,44

Dendrocalamus aesper*; *Phyllostachys Pubescens*

A Tabela 2 apresenta dados do ensaio de tração paralela às fibras do bambu. A resistência à tração do bambu, em geral, situa-se entre 40 MPa a 215 MPa, com ou sem a presença de nó. (Beraldo, Azzini, Ghavami e Pereira, 2003). Com isso, a média da resistência à tração dos corpos-de-prova de ambas as espécies de bambu estão dentro desse parâmetro estipulado: a da espécie *Dendrocalamus aesper* foi de 180,71 MPa e da espécie *Phyllostachys Pubescens* foi de 131,88 MPa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto de pesquisa contemplou a realização de testes físico-mecânicos para o uso do bambu, como alternativa sustentável para o ambiente da construção civil, sendo esses testes realizados na Universidade Presbiteriana Mackenzie Campus Higienópolis. Um dos principais pontos seria verificação das resistências das duas espécies escolhidas para ver realmente o quanto de carga o bambu em si suporta.

Dos testes realizados nas espécies *Dendrocalamus aesper* e *Phyllostachys Pubescens*, conclui-se que ambas as espécies apresentam resistência à tração e a compressão dentro de padrões estudados anteriormente. Também, verificou-se que as espécies suportam melhor a tensão à tração do que a tensão à compressão.

E por fim, os dados obtidos nesses ensaios nos revelam que ambas as espécies podem ser utilizadas na construção civil por possuírem uma boa resistência tanto à compressão como à tração.

6. REFERÊNCIAS

BERALDO, A.L; AZZINI, A; GHAVAMI, K; PEREIRA, M.A.R. Bambu características e aplicações. In: FREIRE, W. J; BERALDO, A.L. (Org.). *Tecnologias e Materiais Alternativos de Construção*. Campinas: Editora Unicamp, 2003, p. 253 – 300.

CASTAÑO, F., MORENO, R. D. *Guadua para todos – Cultivo y aprovechamento, Proyecto Manejo Sostenible de Bosques de Colombia*. Bogotá, Colombia, 2004.

COLLA, E. A. *Efeito do tratamento térmico nas características físicas e mecânicas do Bambu (Dendrocalamus giganteus Munro)* (Dissertação). Universidade Estadual de Campinas –Unicamp. Campinas – SP). 2010.

COSTA, A.M. *Tratamento térmico de Dendrocalamus asper para confecção de bambu laminado colado (BLC)*. Projeto de Pesquisa. Universidade de Brasília, 2015.

DANTAS, M.; EARLE, J ; HASHIGUCHI, H; GURGEL, T. *Bambu – Histórias de um Japão* – São Paulo, SP:, p.180, 2017

FERREIRA, L. M. S. *Design de móveis e Bambu laminado Colado: Consideração ao tratamento térmico e às características físicas e mecânicas com vistas ao projeto de produtos*. Tese Mestrado. Universidade de Brasília, 2014.

GHAVAMI, K. *Bambu: um material alternativo na engenharia*. Engenharia, 1992.

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.

JAYANETTI, D. L.; FOLLETT, P. R. *Bamboo in construction: an introduction*. Ed. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Colombia: TRADA Technology Limited, Department for International Development (DFID), 1998.

LÓPEZ, O. H. *Bambu, su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía*. Cali, Colombia: Estudios Tecnicos Colombianos Ltda, 1974.

OSSE, V. C; MEIRELLES, C.R.M. *A utilização do bambu na arquitetura: as questões de conforto ambiental e estrutura*. 2010.

PADOVAN, R.B. *O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais*. Dissertação (Pós-Graduação em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2010.

LIESE, W. *The anatomy of bamboo culms*. Technical Report. International network of bamboo and Rattan, Beijing. Peoples Republic of China, p.203, 1998.

LÓPEZ, O. H. *Bamboo, the gifts of the gods*. Colombia, Bogota: D'vinni Ltda, 2003.

LÓPEZ, O. H. *Bambu, su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía*. Cali, Colombia: Estudios Tecnicos Colombianos Ltda, 1974.

MANHÃES, A. P. *Caracterização da cadeia produtiva do Bambu no Brasil: abordagem preliminar*. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MARÇAL, V. H. S. *Uso do Bambu na Construção Civil*. Dissertação de graduação. Universidade de Brasília, Departamento de engenharia Civil e Ambiental. Dezembro 2008.

PEREIRA NETO, J. S; MINÁ, A. S.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B. *Aplicação do Bambu nas Construções Rurais*. Revista Educação Agrícola Superior, v.24, n.2, p. 67-77, março. 2011.

SOUZA, A.M. de. *Os Diversos Usos do bambu na Construção Civil*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil. 2014.

Contatos:

Caroline Mayumi Yamaguchi: carol.my04@gmail.com

Adriana Volpon Diogo Righetto: adriana.righetto@mackenzie.br