https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020

Estudo de diferentes tipos de ligação de estruturas em bambu.

Study of different types of bamboo joints.

Ana Caroline Cadorin
anacadorin@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, Paraná, Brasil

Paôla Regina Dalcanal
paolardalcanal@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, Paraná, Brasil

RESUMO

A construção civil é uma das atividades que mais causam impacto no meio ambiente por gerar de 51 a 70% dos resíduos sólidos urbanos, e por isto, ações sustentáveis são imprescindíveis. O bambu é um recurso renovável, uma planta com crescimento rápido e favorável ao clima tropical e temperado. Um material natural, polimérico, anisotrópico, ortotrópico e higroscópico, e que apresenta uma considerável resistência mecânica quando submetido à compressão, tração e flexão. Porém, esta gramínea é pouco utilizada na indústria da construção civil pela falta de técnicas de execução em construções mais complexas, principalmente devido aos elementos de ligação. Desta forma, este estudo tem como objetivo desenvolver uma ligação em "T" com bambus da espécie *Phyllostachys aurea*, utilizando materiais acessíveis, analisando o comportamento desta ligação quando submetida ao esforço de compressão, considerando o bambu na condição verde e seco. Além de contribuir com o estudo sobre o bambu, incentivando o uso deste material em qualquer tipo de estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Análise estrutural. Construções em bambu. Ligações parafusadas.

ABSTRACT

Civil construction is one of the activities that most affect the environment because it generates a 51 a 70% solid waste, and for this reason, sustainable actions are essential. Bamboo is a renewable resource. A plant that presents fast growth and favorable to the tropical and temperate climate. It is a natural, polymeric, anisotropic, orthotropic and hygroscopic material, which has considerable mechanical resistance when subjected to compression, tension and bending. However, the construction industry rarely uses this grass, due to the lack of execution techniques in more complex constructions, mainly due to the connection elements. In this way, this study aims to develop a "T" joint with bamboo of the species *Phyllostachys aurea*, using accessible materials. It will be analyzed the joint compression behavior, considering the bamboo in green and dry condition. In addition to contributing to the study of bamboo, encouraging the use of this material in any type of structure.

KEYWORDS: Structural analysis. Bamboo constructions.Bolted joints.

Recebido: 19 ago. 2020.
Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores econômicos que mais gera resíduos sólidos, sendo responsável por 51 a 70% destes resíduos urbanos conforme Marques Neto (2005). E, na busca pela redução da poluição do meio ambiente, ações sustentáveis são imprescindíveis em todos os setores da economia, principalmente nesse que é um dos que mais impactam o meio ambiente (CABRAL e MOREIRA, 2011). Estudos realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) indicam que, no Brasil, o resíduo gerado pela construção é de 31 milhões de toneladas por ano, estimando por habitante em torno de 230 a 760 kg a cada ano. Desta forma, é desejável que as construções utilizem materiais que minimizem o impacto ao meio ambiente. E, neste sentido, o bambu é uma boa alternativa.

O bambu é uma planta da subfamília *Bambusoideae*, pertencente à família das gramíneas (FILGUEIRAS e VIANA, 2017). Esta gramínea possui uma rápida velocidade de crescimento e é favorável ao clima tropical e temperado (MAZZETTO e JÚNIOR, 2017). O bambu tem sua estrutura formada por uma série alternada de nós e entrenós, e pertence a esta estrutura um sistema subterrâneo de rizomas, colmos e galhos (CRUZ, 2002). O bambu permite a passagem da luz através de suas moléculas (material polimérico), possui propriedades mecânicas diferentes conforme a direção das fibras (material anisotrópico), propriedade térmica independente da direção das fibras (material ortotrópico) e dilata conforme aumenta a umidade do local (material higroscópico) (CRUZ, 2002).

Existem inúmeras espécies de bambu pelo mundo, mas na construção civil, com o intuito estrutural, as mais utilizadas são: *Dendrocalamus giganteus, Dendrocalamus strictus, Phyllostachys nigra*. Porém, nesta pesquisa serão utilizados os bambus da espécie *Phyllostachys aurea*, por ser encontrada facilmente no Sudoeste do Paraná, região de estudo, e ser uma das espécies analisadas no projeto que engloba o plano de trabalho relativo a este artigo.

Além de ser um recurso renovável, o bambu possui características importantes para a aplicação na construção civil. Suas fibras apresentam considerável resistência mecânica quando são solicitadas a esforços de compressão, tração e flexão (SILVA e BARBALHO, 2018). Além disso, Oliveira (2013) descreve em seu estudo que o uso do bambu na construção civil também é relevante devido à sua leveza, flexibilidade e alta produtividade. Para o uso apropriado na construção civil, o bambu deve ter uma idade de três a seis anos e sua umidade natural deve variar de 13 a 20%, conforme clima do local (CRUZ, 2002), para que apresente melhor desempenho mecânico e menor variação dimensional, evitando-se deformações indesejáveis.

Porém, o bambu ainda é pouco utilizado nas edificações pela falta de técnicas que permitam a sua utilização em construções mais complexas com um baixo custo de investimento, principalmente devido aos seus elementos de ligação. Estas ligações podem ser de dois tipos: as que utilizam elementos comerciais (amarrações, parafusos ou barras rosqueadas) e aquelas com peças especialmente produzidas para os elementos de bambu (QUINTERO e SILVEIRA, 2016). Braga et

al. (2011) ressalta que as ligações parafusadas são as mais indicadas quando comparadas àquelas com pregações, pois ao parafusar o bambu não se permite o afastamento entre as fibras, evitando o cisalhamento das peças, já que o bambu tem baixa resistência ao cisalhamento (GHAVAMI e MARINHO, 2005). Além disso, a ligação parafusada permite ajustes conforme a trabalhabilidade da peça, quando ocorre variação da umidade.

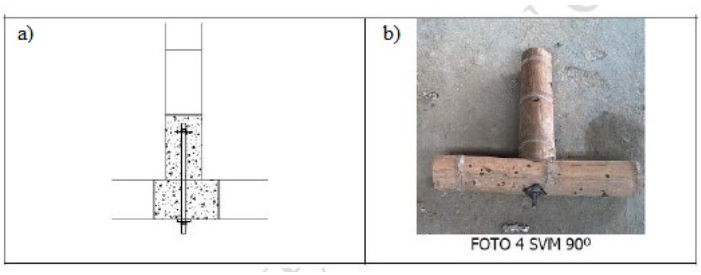
Desta forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ligação em "T" para construções com bambus da espécie *Phyllostachys aurea*, utilizando materiais acessíveis como o gancho metálico e a barra rosqueada, variando sua bitola, e analisar o comportamento da ligação quando submetida ao esforço de compressão. As variações analisadas são: bambu verde e seco e posição do nó (diafragma) do bambu.

METODOLOGIA

Os colmos do bambu da espécie *Phyllostachys aurea*, a serem utilizados na condição seco, foram selecionados e coletados em outubro de 2018 na cidade de Pato Branco, no estado do Paraná. Os mesmos foram armazenados no canteiro de obras da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB) em um local com sombra, protegido da chuva e livre de contato com o solo, conforme especifica a norma internacional ISO N314 22157:2019 – *Determinaton of physical and mechanical properties of bamboo* (ISO, 2019). Já os colmos desta mesma espécie a serem utilizados na condição verde coletados no mesmo local e imediatamente utilizados para não perder sua umidade.

Tendo em vista que não existem normas de ensaios de ligações em bambu, tomou-se como referência o estudo realizado por Marçal (2008), com algumas adaptações. O autor, estudou a espécie *Dendrocalamus Giganteus*, conhecida como bambu gigante, em que executou a montagem da ligação de Velez utilizando o concreto para preenchimento dos colmos (figura 1), realizando o ensaio de compressão axial na estrutura de ligação e encontrou o valor da tensão por compressão axial de 85,94 kg/cm².

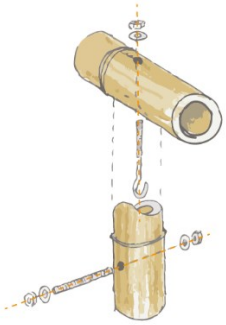
Figura 1 – Ligação Simon Velez 90°: a) Corte longitudinal detalhando o preenchimento com concreto; b) Exemplo da ligação realizada.



Fonte: Marçal (2008).

Para este estudo será utilizada uma espécie de bambu com espessura menor e uma adaptação da ligação de Velez, ou seja, uma ligação em "T" sem a ingestão de concreto no interior da peça, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Vista isométrica da ligação



Fonte: Aguilar (2020).

Serão selecionados bambus com diâmetro aproximadamente iguais e então identificada e cortada a parte basal do colmo, parte com maior diâmetro, em quantidade suficiente para 144 amostras de bambu para a montagem da ligação, sendo 72 verdes e 72 secos. Como bambu verde entende-se aquele do abate do colmo, com teor de umidade elevado, acima de 15%. E bambu seco é aquele em que o teor de umidade está entre 10 e 15%, conforme a condição ambiental.

Neste estudo, será realizada a montagem da ligação das peças de bambu com gancho metálico e barra rosqueada, ambos de aço galvanizado, seguindo as recomendações da NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (ABNT, 2008), que estabelece a distância máxima do centro de um orifício até a borda da peça, para parafusos e barras rosqueadas. Estas distâncias não podem exceder 12 vezes a espessura da parte ligada considerada e nem 150 mm, conforme descreve o item 6.3.13 da NBR 8800.Em cada variação de ensaio serão utilizados 12 corpos de prova, conforme estabelece a ISSO DIS – 22157 (2019), onde cada amostra será composta por duas varas de bambu com comprimento de aproximadamente duas vezes o seu diâmetro externo.

A bitola da barra rosqueada será, inicialmente de 6 mm. O corte do orifício deve ser de no máximo 8 cm de distância de um nó e perpendicular às fibras do bambu para evitar que o colmo venha a rachar, conforme as recomendações do manual colombiano de Aguilar (2020). Para este estudo padronizou-se 5 cm desta distância. Será avaliado o comportamento à compressão axial da ligação variando-se a bitola da barra rosqueada, sendo 4 mm e 2 mm, comparando-se os resultados. E também, para as mesmas bitolas, porém mudando-se a distância entre o orifício e o nó do bambu, deixando um valor acima de 8 cm, neste caso, padronizou-se 11 cm. Os ensaios de compressão axial com diferentes bitolas e distância entre o orifício e o nó do bambu serão realizados para os bambus verdes e secos, após obter-se a constância de massa das amostras, no equipamento INSTRON/EMIC modelo 23300, disponibilizado pelo Laboratório de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). Esse ensaio será similar ao apresentado na figura 3, com as adaptações necessárias para este equipamento.

Figura 3 – Esquema do ensaio de compressão axial.

Fonte: Marçal (2008).

A tensão máxima de compressão (σ_c) da ligação de bambu, é calculada pela Eq. (2):

$$\sigma_c = \frac{F_{ult}}{A} \quad (2)$$

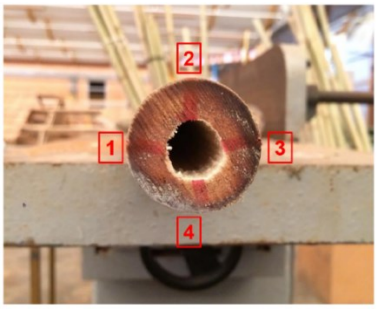
em que, F_{ult} é a carga aplicada no momento de ruptura do corpo de prova e A é a área da seção transversal.

Para se calcular a área da seção transversal (*A*), utilizando-se a Eq. (3), deve-se levar em consideração o diâmetro externo do colmo do bambu (*D*) e a espessura do mesmo (*t*).

$$A = \frac{\pi}{4} \times [D^2 - (D - 2t)^2] \quad (3)$$

O diâmetro externo e a espessura do colmo são determinados utilizando-se o equipamento de precisão paquímetro. O diâmetro externo é obtido pela média aritmética entre duas dimensões medidas diametralmente opostas, pontos 1 e 3 e 2 e 4 da Figura 3. Já a espessura, também é obtida através da média aritmética, porém de quatro leituras, estas medidas nos mesmos pontos de obtenção do diâmetro, 1, 2, 3 e 4 da Figura 4.

Figura 4 – Pontos de medição do diâmetro externo e da espessura das amostras.



Fonte: Vasata (2020).

Para a definição do teor de umidade das amostras ensaiadas, inicialmente determina-se a massa das peças metálicas e após realizar a montagem da ligação determina-se a massa do conjunto (bambu + peças metálicas). Colocam-se as amostras na estufa a temperatura de 100 a 105°C. Após 24h, retiram-se estas

amostras da estufa colocando-as no dessecador para impedir que o bambu ganhe umidade até que as mesmas cheguem à temperatura ambiente. Imediatamente ao atingir a temperatura ambiente determina-se a massa de cada amostra. Repete-se este procedimento a cada 2h até que se obtenha a constância de massa.

O teor de umidade (*h*) é calculado pela Eq. (1):

$$h = \left(\frac{m - m_0}{m_0}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

em que, *m* é a massa úmida da amostra e m_0 é a massa seca da amostra.

A ligação de bambu verde, quando submetida a uma variação de temperatura, pode apresentar retração das fibras, ocasionando um afrouxamento das peças metálicas. Essa retração pode ser determinada medindo-se com o equipamento de precisão paquímetro a folga entre a parede externa do bambu e a arruela, a cada duas horas, até que se obtenha sempre o mesmo valor de medida.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RADASKIEVICZ (2006) realizou o estudo de uma treliça onde contém uma barra com a ligação de Simon velez 90° para a espécie de bambu *Phyllostachys Pubescens*, conhecido popularmente como bambu musô e encontrou uma resistência à compressão axial de 41 Mpa para esta barra. Outro estudo, realizado por Marçal (2008) para o mesmo tipo de ligação, porém com a espécie de bambu *Dendrocalamus Giganteus*, esta conhecida como bambu gigante, encontrou a tensão por compressão axial de 85,94 Kg/cm².

Devido a pandemia do COVID-19 que estamos enfrentando no momento, as atividades na universidade foram suspensas por tempo indeterminado e por este motivo não foi possível realizar os ensaios laboratoriais para dar continuidade no desenvolvimento do trabalho de iniciação científica.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada neste estudo permite analisar o comportamento da ligação em “T” quando submetida à força axial de compressão, utilizando-se neste caso bambus da espécie *Phyllostachys aurea,* considerando bambus verdes, ou seja, utilizados logo após sua coleta, e secos, que antes do uso, são armazenados em um local seco, sem luminosidade, protegidos do sol e da chuva, sem contato com o solo, até atingirem um teor de umidade próximo a 12%. Além de proporcionar o conhecimento da retração das fibras do bambu quando estão sujeitas à variação de sua umidade.

Em muitos estudos já realizados, alguns citados no decorrer deste trabalho, mostrou-se que o bambu tem um grande potencial para ser utilizado como elemento estrutural em edificações, sendo uma alternativa viável e segura. Pois trata-se de um material renovável, de rápido crescimento, baixo custo de produção, baixo peso e com alta resistência mecânica, podendo ser tais relações comparáveis a madeira, aço e concreto. Desta forma, a partir dos dados a serem encontrados espera-se que este trabalho possa contribuir positivamente com futuras pesquisas sobre o bambu já que a bibliografia nacional é muito escassa sobre como ensaiar, analisar e dimensionar estruturas utilizando esta gramínea.

Além de incentivar o uso deste material renovável que é benéfico ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

AGUILAR, L. **Manual para la construcción com bambú. Colombia**, 2020. Disponível em:<https://assets.adsttc.com/content_files/Manual+de+Construccion+con+Bambu.pdf> Acesso em: 25 jun. 2020.

BARBALHO, G. H. de N**. Análise das características mecânicas do bamboo como possível alternative na construção civil: fonte limpa e renovável**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Santa Cecília. Santos, 2019.

BRAGA, D. C.; ARRANZ, F. A.; CAMINHOLA, P. F. **Construções de bambu: Análise de um edifício de bambu**. 2011. Monografia (Trabalho de conclusão de curso na área de Engenharia Civil) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2011.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. V. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil**. Fortaleza, 2011.

CRUZ, M. L. S. **Caracterização física e mecânica de colmos inteiros do bamboo da espécie *Phyllostachys aurea*: Comportamento à flambagem**. 2002. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Pontifica Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

FILGUEIRAS, T.S.; VIANA, P.L. Bambus brasileiros: morfologia taxonomia, distribuição e conservação. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**, 1 ed, p.10-27, Rio de Janeiro: ICH, 2017.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifólia. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.107-114, 2005. Disponível em:< http://www.agriambi.com.br/> Acesso em: 25 jun. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA**. Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília: Ipea, 2012.

ISO N314 22157 **Determination of physical and mechanical properties of bamboo**. Geveva, Switzerland, 2019.

MARÇAL, V. H. S. **Uso do Bambu na construção civil**. 2008. Monografia de projeto final em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

MARQUES NETO, J.C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 162p. 2005.

MAZZETTO, S. E.; JÚNIOR, A. E. Fibras de bamboo como carga de reforço em materiais compósitos: fonts alternative, econômica e sustentável. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**, 1 ed, p.526-539, Rio de Janeiro: ICH, 2017.

OLIVEIRA, L. F. A. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. Monografia (Especialização em construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2013.

QUINTERO, C. A. S.; SILVEIRA, W. J. C. **Desenvolvimento de uma ligação estrutural para construção com bambu *guadua***. Florianópolis, 2016.

RADASKIEVICZ, T**. Influência do tipo de ligação no desemprenho estrutural de treliças de bambu musô**, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

SILVA, J. R.; BARBALHO, G. H. N. Bambu, um material alternative para trilhar caminhos conscientes e sustentáveis. **Revista de iniciação científica, tecnológica e artística**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 47-56, dez. 2018. Disponível em:<http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2018/12/03.pdf> Acesso em: 11 abr. 2020.

Standard, ISSO DIS – 22157: Determination of physical and mechanical properties of bamboo. Geneva, CH:[s.n.], 2019.

VASATA, A. C. D. P. **Análise das propriedades estatísticas e dinâmicas das espécies de bambu *Bambusa tuldoides* e *Phyllostachys aurea***. Monografia (Mestrado em Análise de Estruturas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2020