

UTILIZAÇÃO DO BAMBU DA ESPÉCIE *DENDROCALAMUS ASPER* EM VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO PARA ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO

Guilherme Henrique Bertacchini¹, Ronan Yuzo Takeda Violin², Karolyne Martins de Lima³,
Rafael Alves Pereira Varoto⁴

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. guilhermehb.eng@gmail.com

²Orientador, Mestre, Prof. Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. ronan.cesumar@gmail.com

³Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. Bolsista do PIBIC/CNPq- UniCesumar. karolengenharia@outlook.com

⁴Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. Bolsista do PIBIC/CNPq- UniCesumar. rafael_varoto@hotmail.com

RESUMO

Neste artigo, procura-se comparar o desempenho de vigotas pré-moldadas de concreto armado tradicionais e as que foram adicionadas "varetas" de bambu como armadura auxiliar, para identificar possíveis melhorias no tópico deformação. Partindo do pressuposto das já conhecidas propriedades do bambu, como a alta resistência e flexibilidade, pode-se explorar melhor estas características em benefício da construção civil, objetivando a sustentabilidade e economia. Se a planta apresentar bons resultados, pode ser implantada junto ao aço em peças de concreto armado diversas, isto reduziria o uso de aço, material que tem seu processo produtivo poluente e que não atinge com a mesma facilidade todas as regiões do mundo, como em áreas mais pobres. Para chegar neste objetivo, o bambu deve vencer algumas dificuldades executivas, como as irregularidades do colmo e a deterioração orgânica da planta por agentes externos. Também deve-se respeitar normas de segurança nacionais e internacionais sobre os materiais utilizados para aferir conforto e segurança na estrutura e para os usuários. As vantagens deste sistema sustentável, se bem implementado, vão desde diminuição da poluição no meio ambiente até redução de escoramento em estruturas. Com os devidos testes e dados, a comparação de resultados mostrará se alterações positivas podem ocorrer, proporcionando futuramente novas alternativas estruturais à engenharia. Desta forma, em vista de validar o bambu estruturalmente, analisa-se se é possível implantar a planta em pequenas construções comuns no cenário brasileiro, como rurais e habitacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Materiais; Construção.

1 INTRODUÇÃO

O bambu, material de muitas utilidades, que vão desde a culinária até arquitetura, vem recebendo mais atenção na construção civil. Ele já é explorado pela engenharia em diversos países, como cita Silva (2007, p.1): "[...] pode ser utilizado para os mais diversos fins e das formas mais variadas. No setor da construção civil, seu uso é bastante difundido na Ásia e em países da América Latina, como Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia, onde vários exemplos de edificações confirmam sua potencialidade".

A planta tem várias propriedades atrativas, como leveza, flexibilidade e resistência, além de se adaptar a quase qualquer clima e solo. Seu uso reduziria a necessidade de aço nas estruturas e consequentemente, sua demanda, o que traria benefícios ao meio ambiente.

A finalidade deste artigo é, auxiliar os estudos sobre bambu para viabilizá-lo como sistema estrutural sustentável, no caso, com aplicação em vigotas pré-moldadas de concreto armado, uma peça estrutural comum nas obras residenciais brasileiras, balanceando os pontos positivos e negativos encontrados. Também observando as

tendências de autoconstrução e eco design no mercado da construção, que tem o bambu como um dos materiais mais fortes. Como dito por Pereira & Beraldo (2016, p. 218), “[...] para obras secundárias, nas quais o bambucreto não seja submetido a grandes esforços (ou quando seja utilizado em pequenos vãos de até 3,5 m), torna-se viável a aplicação deste material”.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa foi baseada em revisão bibliográfica e em um ensaio técnico.

2.1 ENSAIO TÉCNICO

Seguindo o ensaio proposto pela NBR 15522 (ABNT, 2007), a análise de desempenho das vigotas pôde contar com aplicações práticas. O ensaio, denominado de Plano Normal – Momento Positivo, foi executado pelo LETEC – Laboratório de Ensaios Tecnológicos do SENAI de São Paulo, SP. Para realizá-lo foram necessários 4 passos: escolher a espécie, colher e preparar o bambu, concretar as vigotas e romper os corpos de prova.

2.1.1 Escolha da Espécie

Existem vários critérios a serem adotados para a escolha correta do bambu. Partindo do tópico da resistência, um dos fatores que influencia no fato de uma espécie ser mais resistente que a outra, é o teor de lignina. Este composto, que está em grande quantidade na composição do bambu junto à celulose segundo Liese (1985), e que está diretamente relacionado às fibras, é um dos fatores determinantes na resistência mecânica de uma espécie.

Partindo deste critério, o teor de lignina, que se observa na análise feita por Vellini (2018, p.11), verificando o teor do composto nas paredes celulares, livres de proteínas e lipídios de várias espécies diferentes, é mensurado da seguinte forma conforme a Figura 1. Os dados que se mostram estão em miligramas (mg) de lignina por grama (g) de AIR.

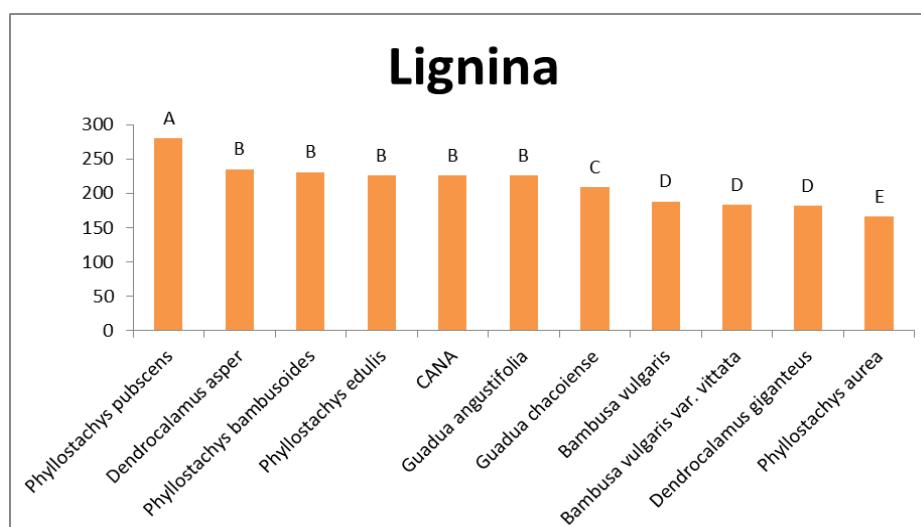


Figura 2: Teor de lignina das espécies de bambu. Valores médios +- EPM ($n = 4$) marcados com diferentes letras são significativamente diferentes ($p \leq 0.05$, Teste Scott Knott)

Fonte: Vellini (2018, p. 11).

Observando estes dados, a espécie escolhida foi a *Dendrocalamus Asper*, que apesar de ser uma planta exótica de origem estrangeira, mostrou ótimos valores de lignina. Além disto, conforme dizem (Pereira & Beraldo, 2016, p. 44), a espécie se adapta bem aos climas úmidos e semiáridos.

2.1.2 Colheita e Preparo da Planta

Na BIOTEC – Centro de Biotecnologia em Reprodução Animal da Unicesumar, na cidade de Maringá, PR, foram colhidas 2 plantas inteiras de *Dendrocalamus Asper* com 4 metros de altura cada aproximadamente, e sua idade de cerca de 4 anos.

Todos os cuidados específicos são necessários para não danificar e consequentemente “matar” a planta na hora de colher. Entre eles:

- Utilizar um serrote de poda curvo, cortando na parte baixa da planta e logo acima do nó, não permitindo ficar nenhuma cavidade exposta para não acumular água e permitir entrada de insetos.
- Os ramos no corpo do bambu devem ser removidos com um “facão” de lâmina afiada, sempre no sentido de crescimento da planta para não arrancar o verniz do colmo.
- Para preservar a estrutura e linearidade do bambu, armazená-lo horizontalmente sem nenhum peso sobre ele.

O corte e preparo do bambu foram feitos com uma serra circular (Figura 2), ele foi cortado com 1,20 m de comprimento da parte mais baixa do colmo. Depois no sentido axial, subdividido em 8 partes iguais. Estes cortes foram definidos prevendo o tamanho da vigota que é uma estrutura esbelta com capa de concreto de apenas 3 cm. Por fim, uma vareta de bambu (destas 8 partes iguais) resulta em uma seção de área de aproximadamente $0,81 \text{ cm}^2$ e com medidas finais conforme a Figura 3.



Figura 2: Corte axial com serra circular

Dimensões Bambu (1/8)

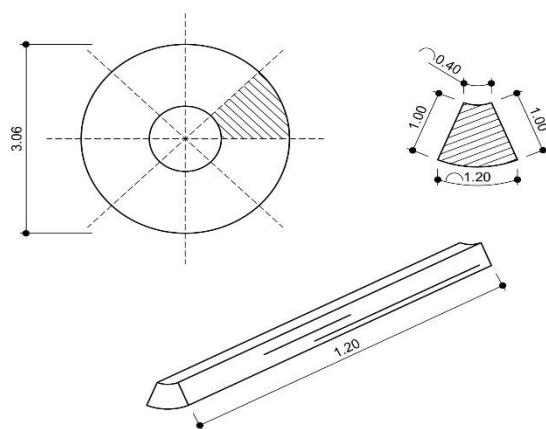


Figura 3: Dimensões de corte de uma “vareta” de bambu (seção e comprimento)

2.1.3 Concretagem e Desforma das Vigotas

Para um melhor comparativo, foram feitas 6 vigotas, três destas como corpos de prova de controle em que não foi adicionado o bambu e as outras três receberam 2 “varetas” de bambu cada, posicionadas no meio da capa de concreto e da treliça metálica. As características do concreto de traço 1:3:3 e do aço da treliça utilizados estão respectivamente nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Especificações do Concreto

Concreto Traço 1:3:3 – Resistência: 25 mPa		
Material	Tipo	Quantidade
Cimento	CP V-ARI-RS	1 saco (50 kg)
Areia	Média	3
Brita	5/8	3
Água	-	26 litros
Fator água / cimento = 0,52		

Tabela 2: Especificações do Aço (Peso linear = 0,735 kg/m)

Aço CA60 - TG 8L – TR8644	
Fio	Φ Diâmetro (mm)
Banzo Superior	6,0
Banzos Inferiores	4,2
Diagonais	4,2

Reforçando, o concreto usado respeita o mínimo exigido pela NBR 14859-1 (ABNT, 2016) que é o C20, de resistência 20 Mpa, e o cimento usado (CP V-ARI-RS) é o aconselhado em estruturas pré-moldadas, resistente à sulfatos e de alta resistência inicial.

Para a concretagem, spray de óleo diesel é borrifado nas fôrmas para desformar corretamente depois, logo após, o concreto é colocado com o auxílio de uma colher de pedreiro. Sobre uma mesa vibratória durante cerca de 8 segundos o concreto é adensado e os excessos retirados. Com a cura suficiente após 3 dias, as vigotas foram desformadas, como mostra a Figura 4.

As dimensões finais das peças que pesam cerca de 12kg cada, utilizando 2,5 cm de cobrimento em relação ao bambu (CAA II – Urbano) estão na Figura 5.



Figura 4: Vigotas desformadas e identificadas (SB – sem bambu e CB – com bambu)

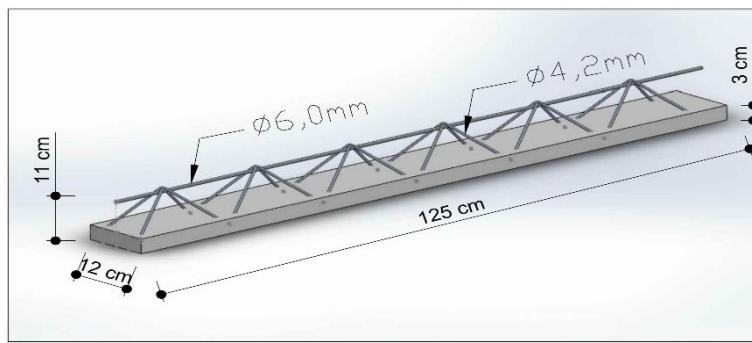


Figura 5: Dimensões médias finais das vigotas (cm) e diâmetro dos fios de aço (mm)

2.1.4 Ensaio Técnico

O procedimento a ser seguido para o teste se encontra nos tópicos a seguir:

- Com um paquímetro e trena, tirar as medidas exatas da vigota, do concreto e da treliça de aço.
- A vigota é apoiada nos dois extremos (biapoiada) sobre a prensa, com um vão livre definido de 105 cm (Figura 6).
- O relógio comparador, para aferir a deformação da peça em mm, é posicionado abaixo da vigota.
- A prensa EMIC DL 3000, recebe uma adaptação própria para descarregar uma carga pontual no centro da vigota que desvia do banzo superior, em formato de "U".
- Duas etapas de carga acontecem (F1 e F2) à uma velocidade de 20 N/s.
- Mede-se a flecha após cada etapa de carga.
- O teste encerra-se após o aparecimento de fissuras.

O ensaio de “Plano Normal – Momento Positivo” foi feito em 3 dias diferentes, sendo estes o 14º, 21º e 28º dias depois da concretagem, sendo CP1, CP2 e CP3 respectivamente, onde em cada dia foram rompidas duas vigotas, uma com adição do bambu e a outra sem adição do bambu, para obter os parâmetros de comparação.



Figura 6: Posicionamento da vigota no interior da prensa

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do ensaio técnico se encontram nas Tabelas 3 e 4 a seguir:

- CP = Corpo de prova.
- F1 = Primeira etapa de carga sobre a vigota (572 Newtons).
- F2 = Segunda etapa de carga sobre a vigota (1749 Newtons).
- Flecha em F1/F2 = Deformação alcançada em cada etapa de carga

Tabela 3: Resultados do ensaio em vigotas sem adição de bambu

Vigotas Sem Bambu			
Plano Normal - Momento Positivo			
Corpos de Prova	14º Dia	21º Dia	28º Dia
	CP1	CP2	CP3
Flecha Inicial (mm)	0,00	0,00	0,00
F1 Calculado (N)	572,00	572,00	572,00
Flecha em F1 (mm)	0,87	0,85	0,94
F2 Calculado (N)	1749,00	1749,00	1749,00
Flecha em F2 (mm)	4,71	3,91	4,38
Fissuras (mm)	0,05	0,05	0,05
Força Máxima Atingida (N)	1853,00	1883,00	1864,00
Deformação Visível na Armadura Metálica	Sim	Sim	Sim

Tabela 4: Resultados do ensaio em vigotas com adição de bambu

Vigotas Com Bambu			
Plano Normal - Momento Positivo			
Corpos de Prova	14º Dia	21º Dia	28º Dia
	CP1	CP2	CP3
Flecha Inicial (mm)	0,00	0,00	0,00
F1 Calculado (N)	572,00	572,00	572,00
Flecha em F1 (mm)	1,25	0,93	0,95
F2 Calculado (N)	1749,00	1749,00	1749,00
Flecha em F2 (mm)	5,60	4,00	5,09
Fissuras (mm)	0,05	0,10	0,20
Força Máxima Atingida (N)	1917,00	1912,00	1915,00
Deformação Visível na Armadura Metálica	Sim	Sim	Sim

O comparativo final, das vigotas resistentes à deformação, se encontra nos gráficos das Figuras 7 e 8.

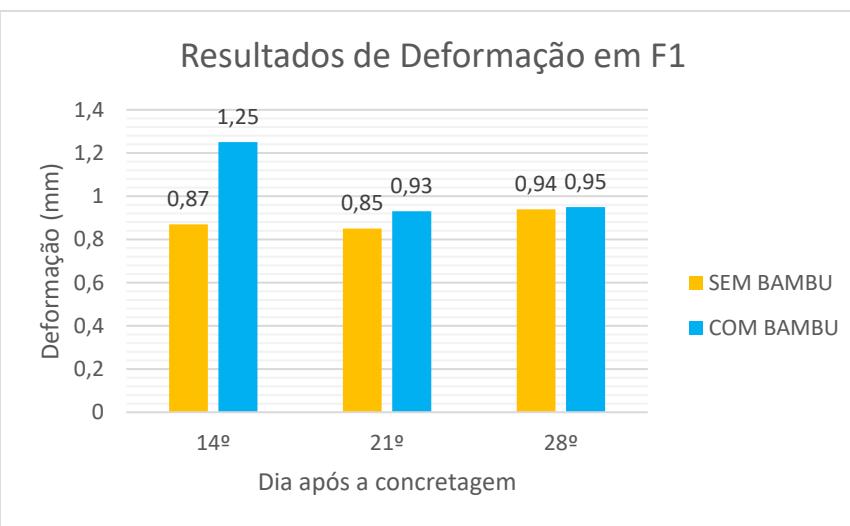


Figura 7: Comparação dos resultados de deformação em F1

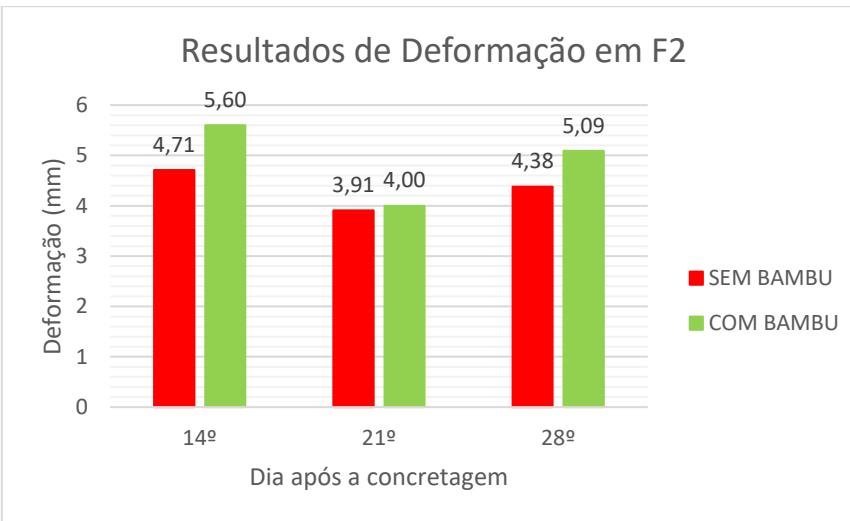


Figura 8: Comparação dos resultados de deformação em F2

Nota-se um aumento constante das flechas nas vigotas que receberam o bambu, sugerindo mudanças positivas. No melhor caso de F2 (CP1) o aumento chegou a 0,89 mm, isso significa que as peças flerem mais antes de romper, ou seja, o bambu diminui sua rigidez.

4 CONCLUSÃO

Após os resultados obtidos, é possível concluir que o bambu tem um forte potencial estrutural para a construção civil, pois aumenta a deformação mantendo a peça íntegra sem fissuras. Este ponto positivo é interessante para a resistência de estruturas sob ações adversas, como abalos sísmicos (Janssen, 2000).

Apesar dos bons resultados à deformação, é necessário ter cautela na implementação do bambu em estruturas, e por isso, mais testes e estudos são necessários, colocando à prova a integridade da estrutura com bambu em diversas situações e esforços solicitantes, como à compressão e à tração, além de analisar o prolongamento da vida útil do material orgânico no interior do concreto. Também porque dificuldades na realização do teste foram encontradas, como a falta de linearidade e uniformidade do bambu, que não é um material com controle de produção como o aço industrializado, e consequentemente isto afeta dados referentes à sua resistência, assim como já observado por Pereira & Beraldo (2016, p. 209), “Devido às suas características peculiares, por tratar-se de um tubo com baixa resistência ao fendilhamento, com espessura de parede variável e não perfeitamente cilíndrico, o bambu apresenta grande dificuldade no tocante à eficiência das ligações entre os colmos”.

Conclui-se assim, que o uso de bambu na construção civil é um caminho a ser explorado, e que abre outras possibilidades, como o uso de fibras ou taliscas de bambu, de espécies, idades e tamanhos diferentes, com a finalidade de oferecer segurança aos usuários e sanar a necessidade de preservar o meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-1: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-2: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 2: Elementos inertes para enchimento e fôrma — Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-3: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas — Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2017.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 15522: “Laje pré-fabricada - Avaliação do desempenho de vigotas e pré-lajes sob carga de trabalho”.
Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 6118: “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”. Rio de Janeiro. 2014.

BERALDO, A.L. BAMBUCRETO - O uso do bambu como reforço do concreto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 16, 1987, Jundiaí. Anais... Jundiaí: SBEA, v.2, 1987, p.521-530.

CULZONI, R.A.M. Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto. Rio de Janeiro: PUCRio, 1986. 134 p. Dissertação de Mestrado.

FERREIRA, Gisleiva C. dos S. Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. A Checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil. Bamboo Science and Culture; The Journal of the American Bamboo Society. 18(1): 7-18, (2004).

GHAVAMI, K.; SOUZA, M.V. de. Propriedades mecânicas do bambu. Rio de Janeiro: Relatório Interno apresentado ao PIBIC, PUC Rio. Ago., 2000.

JANSSEN, J. J. Designing and building with bamboo. INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN – INBAR. Beijing, China. Technical report n. 20, 207p. 2000

LIESE, W. Bamboos – Biology, silvics, properties, utilization. GTZ, Germany, 132p., 1985.

OLIVEIRA, Luiz F. A. de. Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil. 2013. 90f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de Corpo e Alma. 2. Ed. Bauru, SP: Editora Canal 6, 2016.

SILVA, O. F. DA. **Estudo sobre a substituição do aço liso pelo bambusa vulgaris, como reforço em vigas de concreto, para o uso em construções rurais.** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2007. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, A. M.. **Os Diversos Usos do Bambu na Construção Civil.** 2014. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

VELLINI, V. DA R. **Avaliação comportamental de crescimento, quantificação do teor de lignina, compostos fenólicos e digestibilidade da parede celular de espécies de bambu.** Maringá: Unicesumar, 2018. Artigo de Bacharel.