

Lajes mistas de bambu-concreto pré-fabricadas com zero aço: são viáveis tecnicamente?

Prefabricated bamboo-concrete slab with zero steel: they are technically feasible?

Gilberto Carbonari, doutor, UEL, carbonar@uel.br

Lucas Augusto Milani Lopes, mestre, UEL, lucasmilani@uel.br

Gabriel de Barros Rossi, UEL, gabrielbarrosrossi@gmail.com

Gabriel Heckler Piedade, UEL, gabriel_heckler@hotmail.com

Francisco Cláudio Morato Leite, mestre, UEL, morato@uel.br

Caio Acosta, mestre, IFSC, caio.acosta@ifsc.edu.br

Resumo

Visto que os elementos usuais da construção civil sofrem um processo de extração no qual o gasto energético e a degradação do meio ambiente são muito altos, a procura por novas alternativas visando a sustentabilidade vem crescendo. O bambu é um material que oferece muitas vantagens como leveza, resistência, versatilidade, rápido crescimento e excelentes propriedades mecânicas. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica de lajes compostas por vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto, fazendo o uso de conectores de cisalhamento de bambu e de aço, que se completa com o uso de EPS¹, malha de distribuição em bambu e uma capa superior de concreto, executada in loco. Para tanto foram efetuados ensaios experimentais variando a tipologia, tamanho e espaçamento entre os conectores, através de cinco diferentes lajes. A metodologia construtiva se mostrou consistente e viável. Em termos mecânicos, as lajes apresentaram comportamento satisfatório, tanto para ELU² e ELS³, atendendo as prerrogativas normativas, evidenciando o potencial técnico do sistema proposto de laje mista bambu-concreto.

Palavras-chave: Construção em bambu; Laje mista bambu-concreto; Zero aço; Viabilidade técnica.

Abstract

Since the elements used in the civil construction suffer a process of extraction in which the energetic spent and the environment degradation are quite high, the search for new alternatives looking for the sustainability has been the focus lately. The bamboo is a material that provides many advantages such as lightness, resistance, versatility, quick growth and excellent mechanical properties. This work aims to evaluate the technical viability slabs composed of prefabricated bamboo-concrete beams making use of bamboo and steel shear connectors, which is completed with the use of EPS, distribution mesh in bamboo and an upper layer of concrete, performed in loco. For this, experimental tests were performed varying the typology, size and spacing between the connectors, through 5 different slabs. The constructive methodology proved to be consistent and feasible. In mechanical terms, the slabs presented satisfactory behavior, both for ULS and SLS, attending normative prerogatives, claiming to be a system with great potential.

Keywords: Bamboo buildings; Bamboo-concrete slab; Zero steel; Technical viability.

¹ EPS – Sigla internacional de poliestireno expandido;

² ELU – Estado Limite Último;

³ ELS – Estado Limite de Serviço;



1. Introdução

Devido aos inúmeros problemas ambientais registrados nas últimas décadas e a constatação de que a construção civil gera um grande impacto no meio ambiente, a atual tendência é uma busca por alternativas sustentáveis. Dentro desse cenário, a construção civil interessa-se cada vez mais por materiais renováveis, como por exemplo o bambu. Este, por ser um material altamente renovável e com reduzido consumo de energia na sua cadeia produtiva, atrai olhares para a sua exploração na construção civil. Além disso, o rápido crescimento e a facilidade em se adaptar em diferentes tipos de solos e climas são fatores que o tornam um material de fácil acesso e baixo custo.

Neste contexto, fundir aspectos sustentáveis à durabilidade e eficiência se apresenta como um desafio. Por vezes, novas ideias se esbarram em algum destes fatores, não conseguindo se concretizar frente ao mercado da construção civil. Vislumbrando a difusão de novas tecnologias, o principal desafio deste artigo é apresentar um sistema construtivo sustentável e de alto potencial, definida como vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes.

A presença do amido é comprovadamente o ponto fraco do bambu, por estar relacionado com a incidência do ataque do caruncho (*Dinoderus Minutus*). Porém, há diversos tipos de tratamentos, tanto naturais quanto químicos, com o objetivo de minimizar e ou inibir tais ataques. Um que merece destaque é o tratamento natural utilizando tanino acoplado ao sistema que utiliza o método Bouchiere Modificado, idealizado por um grupo de pesquisadores da UEL coordenado por Gilberto Carbonari (Carbonari, 2013), com isenção de ataque em mais de cinco anos de tratamento. De acordo com os experimentos realizados pelo mesmo, os bambus submetidos a este tratamento são qualificados para fins estruturais. A título de esclarecimento, o tanino é uma substância natural encontrada em plantas, e que atua como defensor contra o ataque de herbívoros.

Por outro lado, as propriedades mecânicas que o bambu apresenta são fundamentais, quando se pretende utilizar esse material como elemento estrutural (Ghavami e Marinho, 2001; Carbonari et al., 2016; e Carbonari, 2017). Além disso, trabalhos prévios comprovam que é possível utilizar o bambu em sistemas estruturais, especialmente as lajes mistas bambu-concreto (Ghavami, 1995; Ghavami, 2005; e Acosta e Carbonari, 2017).

Considerando a durabilidade conferida aos bambus por meio de tratamentos naturais, e as excelentes propriedades mecânicas que este material apresenta, torna-se possível o investimento em pesquisas cujos objetivos estejam relacionados com a sua aplicação em elementos estruturais das edificações.

No caso deste trabalho, trata-se de uma vigota pré-fabricada, composta por bambu e concreto, fazendo o uso de conectores de cisalhamento em bambu, produzida de acordo com preceitos da construção racionalizada (Figura 1a). A referida vigota, em seu uso pleno, fará parte do sistema de lajes de edificações, que se completa com o uso de EPS, uma malha de distribuição em bambu e uma capa superior de concreto executada in loco, na obra (Figura 1b). Difere dos sistemas convencionais de vigotas por ser um sistema leve, devido ao uso de concreto de baixa densidade (agregado de argila expandida) no preenchimento parcial da vigota e sustentável, visto que, este sistema dispensa a utilização do aço. Esta ideia foi concebida também pelo grupo de pesquisa Bambu-UEL (Carbonari e Lopes, 2018).

Acosta e Carbonari (2017) desenvolveram lajes mistas em bambu com concreto leve, posicionando o primeiro material na região tracionada em formato “meia-cana” justapostos e o segundo na região tracionada até a linha neutra. Realizaram ensaios de resistência à

flexão e concluíram que, apesar de deficiências na interface bambu-concreto, as lajes apresentaram comportamento mecânico praticamente linear entre a carga e o deslocamento, em seu trecho inicial, e dúctil na ruptura, impondo uma condição favorável para aplicações práticas. Essa mesma pesquisa serviu de base para a realização do presente trabalho.

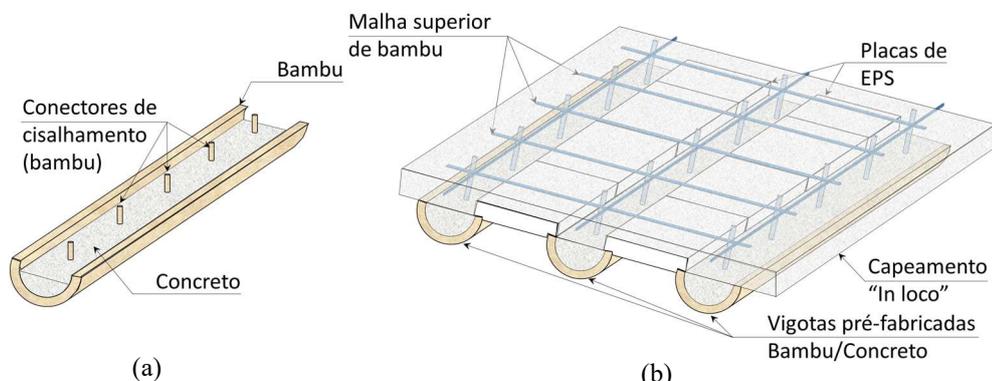


Figura 1a: Vigota pré-fabricada bambu-concreto; Figura 1b: Laje mista bambu-concreto.
 Fonte: elaborado pelos autores.

O objetivo principal deste trabalho é o de analisar o comportamento estrutural e avaliar a viabilidade técnica deste novo sistema construtivo frente as situações de uso, lembrando que as lajes têm como finalidade conduzir as cargas atuantes para as vigas da edificação, aliada a garantia de segurança e conforto ao usuário. Para tanto, foram ensaiadas em laboratório cinco lajes, onde se avalia a influência dos conectores: tipo (bambu e aço), tamanho (4 cm e 12 cm), e espaçamento (5 cm e 10 cm). Com isso, foi possível comparar e verificar a influência de cada conector de acordo com os resultados obtidos. No estudo, foi utilizado o bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* (Pinheiro e Nunes, 2007; Carbonari, 2017).

2. Materiais e métodos

Os objetos estudados nesse trabalho são lajes mistas com vigotas pré-fabricadas unidirecionais utilizando bambu, concreto e placas de EPS com diferentes conectores entre si. Foram ensaiadas 5 lajes, todas com 160 centímetros de comprimento, 75 centímetros de largura e altura de aproximadamente 15 centímetros. A definição da largura está relacionada às limitações dos equipamentos do laboratório, sendo este o valor máximo possível para a realização dos ensaios. A Figura 2 ilustra as dimensões supracitadas:

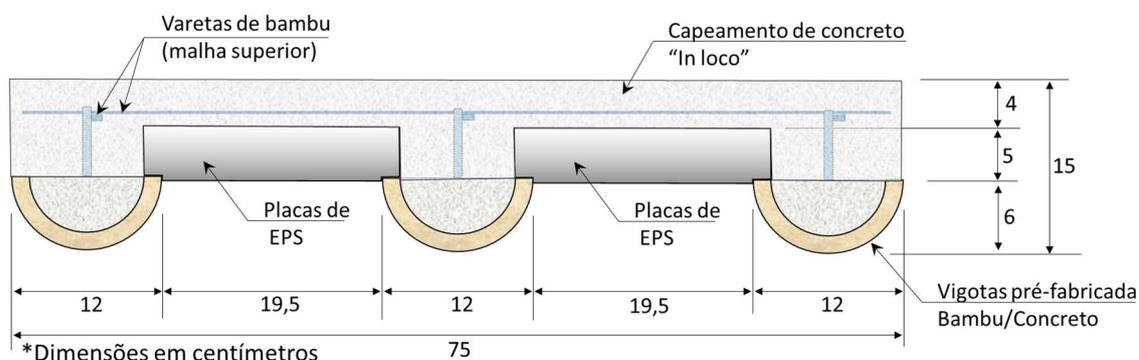


Figura 2: Layout genérico das lajes ensaiadas. Fonte: elaborado pelos autores.

Na tabela 1 são detalhados os principais parâmetros avaliados:

Laje	Tipo de conector	Comprimento dos conectores (cm)	Espaçamento entre conectores (cm)
LCB12e10	Bambu	12	10
LCB12e5	Bambu	12	5
LCB4e5	Bambu	4	5
LCA12e10	Aço	12	10
LCA12e5	Aço	12	5

Tabela 1: Parâmetros avaliados experimentalmente. Fonte: elaborado pelos autores.

O procedimento detalhado de toda a produção e ensaios das lajes será mostrado nos próximos tópicos.

2.1 Extração do bambu

Os bambus utilizados nos ensaios foram retirados do Jardim Botânico da cidade de Londrina – PR (Figura 3a). Utilizando a experiência de mais de 10 anos com pesquisas em bambu, por meio da coloração, da presença de musgos e líquens, etc., foram escolhidos os colmos com 4 e 8 anos de idade. Após o corte, os colmos de bambu foram mantidos no local da colheita apoiadas em calços de madeira por 15 dias, com o objetivo de cura e secagem parcial das mesmas (Figura 3b).



Figura 3a: Bambuzal no Jardim Botânico em Londrina – PR; Figura 3b: Utilização de calços de madeira durante o corte. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Preparação das vigotas

Após o extração e secagem parcial, as varas foram transportadas para o Laboratório de Estruturas da UEL, onde foi realizado o corte longitudinal, resultando em duas “meias-canas” de bambu por vara. É importante ressaltar que o local de armazenamento das mesmas era plano, seco e coberto, como pode ser visto na Figura 4. Na sequência, efetuou-se a aplicação de inseticida/cupinicida para evitar o ataque de organismos xilófagos.

Os critérios utilizados para selecionar as “meias-canas” para a montagem das lajes foram o diâmetro externo, espessura de parede e na retilineidade das varas. Aquelas que possuíam diâmetro externo médio menor que 12 centímetros foram descartadas dos ensaios, assim como aquelas que estavam visualmente tortas. E em relação à espessura da parede, foram selecionadas aquelas que possuíam um valor médio de 1,5 centímetros.



Figura 4: Local de armazenamento das varas de bambu. Fonte: elaborado pelos autores.

As peças selecionadas, as varas passaram por um processo de limpeza por jateamento de ar e, em seguida, foi realizada a marcação e a perfuração dos pontos onde seriam fixados os conectores. Há variação dos tamanhos, tipos de materiais (bambu ou aço) e espaçamentos entre os conectores, porém o diâmetro de furação é sempre o mesmo: 5 milímetros. Os pré-furos foram efetuados com o auxílio de furadeira de mesa. Após a pré-furação, os conectores foram cravados a peça, sob impacto mecânico. É válido ressaltar que os conectores cravados na parede interna da meia-cana em torno de 5 milímetros (menos que a metade da espessura). O procedimento não gerou nenhum dano a parede do bambu, tais como fissuras ou rachaduras. A Figura 5a elucida o processo.

De maneira análoga ao concreto armado, o bambu foi idealizado resistindo à tração, suprimindo a inexistência de armaduras e, portanto, posicionado na face inferior da laje. O concreto de preenchimento das “meias-canas” possui pouca ou nenhuma função estrutural tendo basicamente finalidade de preenchimento e visando maior leveza, foi utilizado argila expandida previamente saturada por 24 horas. O traço unitário em massa foi de 1:1,80:2,25 (cimento Portland do tipo CP II-Z 32, areia quartzosa natural fina e a mistura entre brita nº 1 de basalto e argila expandida, respectivamente) e relação água/cimento de 0,50. A proporção do agregado graúdo foi dividida em 60% de brita nº 1 e 40% de argila expandida. O adensamento foi feito com o auxílio de uma colher de pedreiro. Este concreto foi preparado para adquirir um alto índice de rugosidade, pois ele terá contato direto com o concreto da capa da laje, melhorando assim a aderência entre eles. A Figura 5b mostra algumas meias-canas recém concretadas.

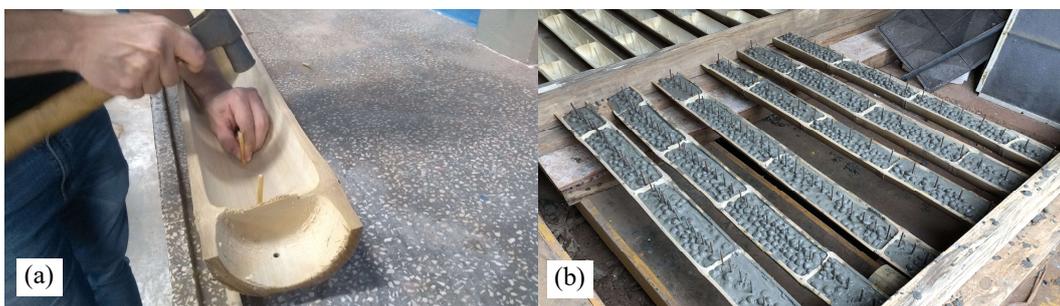


Figura 5a: Fixação dos conectores; **Figura 5b:** Meias-canas de bambu preenchidas com concreto leve (acréscimo de argila expandida). Fonte: elaborado pelos autores.

2.3 Montagem das lajes

As vigotas foram posicionadas dentro da forma de modo que duas delas ficassem nas extremidades e uma terceira no centro. O bom alinhamento e nivelamento é essencial nesta etapa, por isso foram usados calços de madeira para tal função, quando necessário. Em seguida foram posicionadas as placas de EPS nos vãos das vigotas. Cada placa de EPS possui

as dimensões de 80x20x5 centímetros (comprimento, largura e altura, respectivamente), totalizando quatro placas por laje. Além disso, elas sofreram um pequeno corte nas extremidades laterais da parte inferior para facilitar no encaixe com as vigotas.

Por fim, preparou-se as malhas de distribuição, que foram filetes de bambu de seção quadrada de 1 centímetro, formando uma malha de 15x15 centímetros. A união dela foi feita com cola branca para madeira. As Figura 6a e b, ilustram o *layout* das lajes antes da concretagem final. Vale ressaltar que antes de realizar a concretagem, foi feita a vedação de todo e qualquer vazio na lateral das formas, impedindo a saída de nata de cimento.

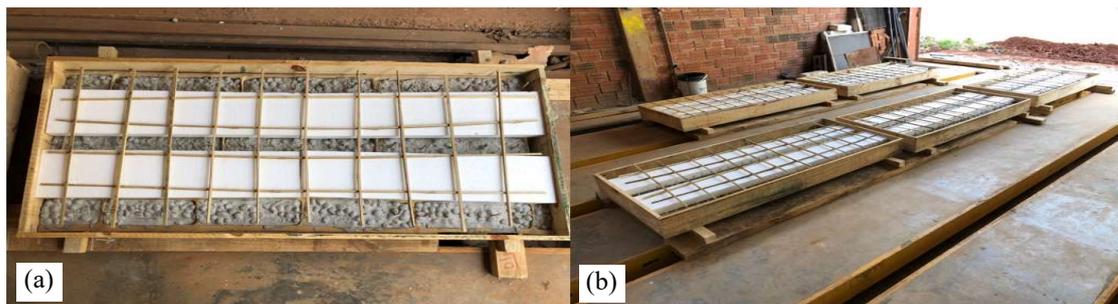


Figura 6a: Laje preparada para concretagem; Figura 6b: Lajes preparadas para concretagem. Fonte: elaborado pelos autores.

2.4 Concretagem das lajes

O concreto utilizado foi produzido *in loco*, em betoneira estacionária, com traço unitário em massa de 1:1,75:2,25 (cimento Portland do tipo CP II-Z 32, areia quartzosa natural fina e brita nº 1 de basalto, respectivamente) e relação água/cimento de 0,45. No ensaio de abatimento do cone (*slump test*), foi encontrado um valor de aproximadamente 150 milímetros, podendo ser considerado um concreto de alta trabalhabilidade. A concretagem das lajes foi efetuada em duas etapas e para cada uma foram moldados três corpos de prova para a determinação da resistência à compressão.

As etapas de concretagem foram realizadas em dois dias subsequentes: duas lajes em um dia (Figura 7a) e as outras três no dia seguinte. A Figura 7b mostra detalhes do nivelamento do concreto. Durante a concretagem foi observado que a estanqueidade da laje era satisfatória, não havendo perda de pasta de cimento na lateral das formas. É importante destacar que as lajes foram devidamente molhadas durante os primeiros dias após a concretagem, com o objetivo de obter uma cura ideal do concreto. Após 15 dias, foram feitas as desformas das lajes (Figura 8).



Figura 7a: Lajes recém concretadas (1ª etapa); Figura 7b: Detalhe do nivelamento do concreto.



Figura 8: Aspecto final da laje após desforma. Fonte: elaborado pelos autores.

2.5 Ensaios de resistência

Os corpos de prova das respectivas concretagens foram curados imersos em tanque de água fria e rompidos com 15 dias de idade. O valor médio de resistência à compressão foi de 26,0 MPa, com desvio padrão de 1,68 MPa.

Na sequência, iniciou-se o procedimento para a realização do ensaio da resistência à flexão simples das lajes. Os ensaios foram realizados em dois dias, de acordo com a data da concretagem, fazendo com que o período de cura fossem exatos 15 dias. Ou seja, duas lajes em um dia e as outras três no dia seguinte. O ensaio de flexão foi realizado no Laboratório de Estruturas da UEL. Foi utilizado um pórtico de reação para de até 70 kN, acoplado de um macaco hidráulico e uma célula de carga com capacidade de 100 kN. As lajes foram preparadas de modo que ficassem bi-apoiadas com um vão livre de 150 centímetros.

O ensaio foi realizado aplicando-se uma carga pontual no centro do vão da laje, distribuída transversalmente através de um perfil metálico. Devido às irregularidades da superfície da laje, inicialmente o perfil metálico não tinha contato pleno com a laje em toda a seção, apenas em alguns pontos. A fim de minimizar tal efeito, foi utilizado uma borracha do tipo *Neoprene* entre o perfil metálico e a laje, de aproximadamente 7 milímetros de espessura.

Três transdutores de deslocamento (LVDT) foram posicionados no centro do vão, sendo um em cada extremidade da laje e um ao centro, próximo ao macaco hidráulico, como é mostrado na Figura 9a. Foram utilizados dois relógios comparadores (Figura 9b), um em cada apoio, como é ilustrado na Figura 10.



Figura 9a: Preparação dos ensaios e posicionamento dos LVDTs; Figura 9b: Relógio comparador posicionado na região do apoio. Fonte: elaborado pelos autores.

O ensaio de flexão foi realizado em velocidade constante até a ruptura da laje, sendo transferidos os dados de carga e deslocamento para o sistema de aquisição de dados, com exceção do transdutor do apoio, no qual era preciso coletar os resultados manualmente através do relógio comparador.



Figura 10: Posicionamento do relógio comparador na região do apoio. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e discussões

Todas as lajes tiveram rupturas semelhantes, obedecendo mesmos mecanismos, ou seja, falha nos conectores que fazem as ligações dos colmos de bambu com o concreto, conforme estão evidenciados nas fotos da Figura 11.



Figura 1: Mecanismos de rupturas das lajes (falha na aderência entre os colmos de bambu e o concreto). Fonte: elaborado pelos autores.

Houve descolamento da parede do bambu do concreto na maioria das vigotas, juntamente com a aparição de rachaduras longitudinais na região inferior das vigotas, além de ruptura por flexão da capa de concreto. O bambu não sofreu ruptura por tração, o que permitiu um comportamento dúctil da laje. Isso comprova as elevadas propriedades mecânicas bambu, sobretudo a resistente à tração.

Os diagramas carga versus deslocamento, que estão indicados na Figura 12, correspondem aos valores médios dos três sistemas de medição (LVDTs) situados no centro das lajes. Esses valores já estão corrigidos pelos deslocamentos medidos nos apoios, por meio dos relógios comparadores.

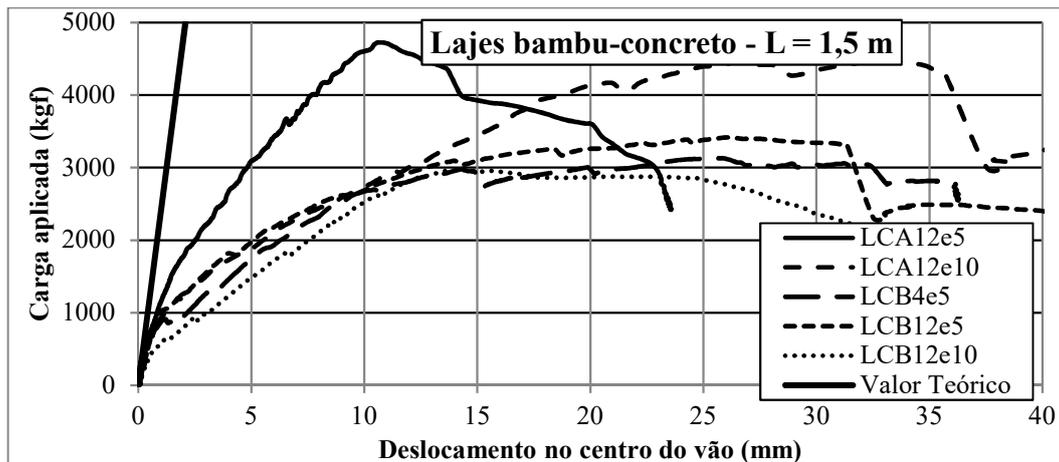


Figura 12: Curvas Carga versus deslocamentos das lajes ensaiadas. Fonte: elaborado pelos autores.

Analisando as curvas da Figura 12, observa-se que as lajes com conectores de aço (LCA12e5 e LCA12e10) apresentaram cargas de ruptura maiores que as lajes compostas por conectores de bambu. Além disso, entre as duas lajes com conectores de aço, a que teve espaçamentos a cada 5 cm apresentou maior carga de ruptura e maior rigidez que a que teve espaçamentos a cada 10 cm.

Entretanto, as lajes com conectores de bambu também apresentaram um excelente comportamento mecânico, com cargas de ruptura muito maiores que as cargas utilizadas nos projetos estruturais, conforme será explicado a seguir.

Considerando o ELU (Estado Limite Último) das lajes, conforme se observa nas curvas da Figura 12, todas as lajes apresentaram um comportamento muito dúctil, adequado para a aplicação estrutural.

Já no ELS (Estado Limite de Serviço), é possível analisar o comportamento mecânico das lajes tanto para as cargas de norma, como também, dos limites de deslocamentos.

Considerando uma carga total de 350 kgf/m² na laje de 1,5 m de comprimento, e 0,75 m de largura, isso equivale a uma carga resultante de ~ 400 kgf (=350 kgf/m² x 0,75m x 1,5 m), muito abaixo da menor carga de ruptura medida das lajes, que foi de ~ 3000 kgf (ver Figura 13).

Por outro lado, segundo os limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), os deslocamentos máximos não podem exceder a relação entre L/250, sendo L o vão entre apoio das lajes, que no caso deste trabalho, é de 1,5 m. Portanto, o valor máximo deveria ser de 1500/250 = 6 mm. Conforme se observa nas curvas da Figura 14, para a carga de serviço de 400 kgf, se teria um deslocamento de ~ 0,35 mm, muitas vezes menor 6 mm. Atendendo com sobra os limites da norma.

Também é possível obter a rigidez média aproximada (EI) das lajes, utilizando os resultados experimentais das lajes ensaiadas. Como foi aplicada uma carga concentrada no centro do vão das lajes, o deslocamento neste ponto pode ser calculado por $y=PL^3/(48EI)$. Como são conhecidos P=400 kgf, y=0,35 mm, L=1500 mm, a rigidez média é de $EI=400 \times 1500^3 / (48 \times 0,35) = 8 \times 10^{10}$ kgf.mm².

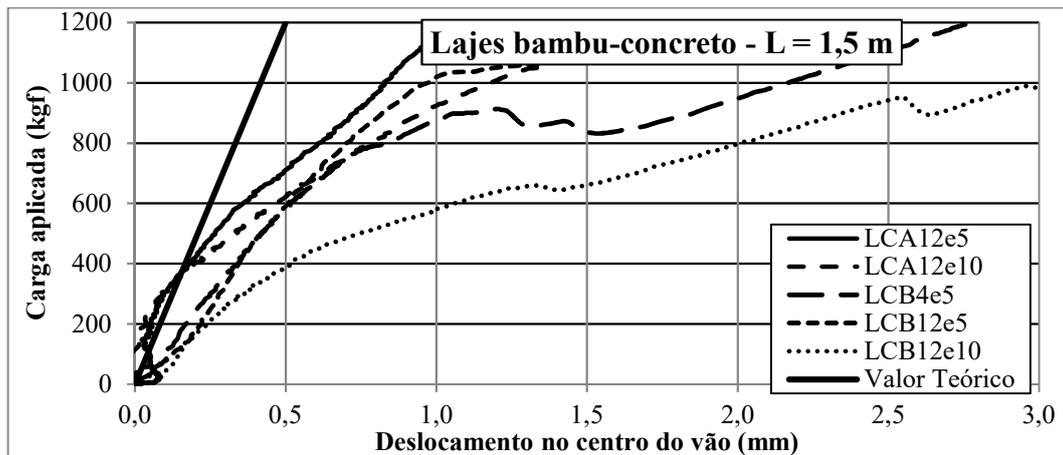


Figura 13: Curvas Carga versus deslocamentos das lajes ensaiadas – carga até 1200 kgf.
 Fonte: elaborado pelos autores.

Como os deslocamentos medidos para carga de serviço ficaram muito abaixo dos limites normativos, é possível verificar a possibilidade de se utilizar essa mesma seção transversal da laje para um vão de 3 m. Nesse caso, utilizando a mesma carga total de 350 kgf/m^2 , se obtém uma carga distribuída no comprimento de $350 \times 0,75 \text{ m} = 262,5 \text{ kgf/m}$. Com isso, o deslocamento máximo seria de $5 \times 262,5 \times 10^{-03} \times 3000^4 / (384 \times 8 \times 10^{10}) = 3,5 \text{ mm}$, que ainda é menor que o limite estabelecido pela ABNT NBR 6118 de $3000/250 = 12 \text{ mm}$. Ou seja, essa mesma seção transversal, utilizada nos ensaios, também seria possível utilizar para vãos de até 3m, atendendo as condições de serviço das lajes.

4. Conclusões

Respondendo a pergunta do título deste artigo, em função dos resultados e análises realizadas, é possível concluir que é viável tecnicamente o uso de lajes mistas bambu-concreto com zero consumo de aço. Mas, ainda faltam outros ensaios mecânicos, instantâneos e de longa duração, para comprovar a sua aplicação como elemento estrutural de edificações. Embora os conectores de aço apresentaram um comportamento mecânico melhor que os de bambu, todos atenderam as condições de ELU e ELS.

Comprovou-se que a mesma seção transversal utilizadas nos estudos deste trabalho, onde as lajes possuem 1,5 m comprimento, também pode ser utilizada para lajes com vão de 3 m, e que já estão previstos nos próximos ensaios do grupo de pesquisa Bambu-UFLA, cadastrado no CNPQ, a serem realizados no primeiro semestre de 2019.

Da metodologia experimental utilizada neste estudo, também se observou da necessidade de utilizar uma mesma altura das meias canas de bambu, independente dos diâmetros que pode ter os colmos. Isso garante um apoio completo de todas as vigotas no momento do carregamento.

Agradecimentos

Aos técnicos do Laboratório de Estruturas da UFLA, Luís Gustavo, Carlos e Reginaldo, pela colaboração na execução da metodologia, ao Curso de Especialização em Engenharia de Estruturas-CTU-UFLA, e ao Jardim Botânico de Londrina, por fornecer os colmos de bambu.

Referências

ACOSTA, Caio C. V.; CARBONARI, Gilberto. Laje mista de bambu-concreto leve: Estudo teórico e experimental. *Mix Sustentável*, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 48-56, maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CARBONARI, Gilberto. Tratamento do Bambu com Tanino. 2013. (Brasil). Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020130207888, título: "Tratamento do Bambu com Tanino", Instituição de registro: INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

CARBONARI, Gilberto; LOPES, Lucas Augusto Milani. Vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes. 2018. (Brasil). Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020180157116, título: "Vigotas pré-fabricadas de bambu-concreto (zero aço) para lajes", Instituição de registro: INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

CARBONARI, G.; DA SILVA JR, Nelson Matias; PEDROSA, Nicolas Henrique; ABE, Camila H.; SCHOLTZ, Marcos F.; ACOSTA, Caio. C. V.; CARBONARI, Luana T. Propriedades Mecânicas de Várias Espécies de Bambu. In: XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016, Curitiba. Anais do EBRAMEM-Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016.

CARBONARI, G.; DA SILVA JR, Nelson Matias; PEDROSA, Nicolas Henrique; ABE, Camila H.; SCHOLTZ, Marcos F.; ACOSTA, Caio. C. V.; CARBONARI, Luana T. Bambu: O aço vegetal. *Mix Sustentável*, Londrina, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

GHAVAMI, Khosrow. **Ultimate load behavior of bamboo-reinforced lightweight concrete beams**: Cement and Concrete Composites, London, v. 17, n. 4, p. 259-351, 1995.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, A. B. Determinação das propriedades dos bambus das espécies: mosó, matake, guadua angustifolia, guadua tagoara e dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

GHAVAMI, Khosrow. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement and Concrete Composites*, London, v. 27, p. 637-649, 2005.

PINHEIRO, Roberta Russo F. K.; NUNES, Paula Maurício. Análise morfológica do bambu dendrocalamus giganteus. In: XV Seminário de Iniciação Científica PUC-Rio, Anais. R.J., p.1-7, 2007.