

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE
MADEIRA
CUIABÁ - JULHO DE 2004**

Armadura de Bambu em Vigas de Concreto

**Gisleiva C.S. Ferreira (gisleiva@agr.unicamp.br)
Armando L. M. Júnior (almoreno@fec.unicamp.br)**

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil

RESUMO

A utilização do bambu como armadura em vigas de concreto pode viabilizar construções rurais, uma vez que se trata de material de baixo custo e de fácil obtenção no meio rural. Neste sentido, este trabalho pretende apresentar soluções ao principal problema de utilização do bambu como armadura em elementos estruturais de concreto, a aderência entre o bambu e o concreto. Para tanto, foram construídas duas vigas de concreto armadas com taliscas de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu Gigante). Para verificar somente a aderência entre o concreto e as taliscas de bambu, as armaduras de bambu não foram ancoradas nas extremidades. As vigas tinham 180 cm de comprimento, 15 cm de largura e 20 cm de altura, e a armadura de bambu tinha apenas 100 cm de comprimento e uma seção transversal de 2 cm², posicionada na parte central da viga. Em uma das vigas confeccionadas foi aplicado um tratamento para incremento de aderência do bambu ao concreto que foi uma camada de verniz e anéis de arame farpado. As vigas foram ensaiadas a flexão para se obter a deformação última da armadura e o deslocamento vertical último no meio do vão. Os resultados obtidos da análise das vigas ensaiadas mostraram que o tratamento utilizado nas taliscas de bambu aumentou consideravelmente a aderência entre o concreto e as mesmas, viabilizando a utilização deste material como armadura em vigas de concreto.

Palavras chaves: vigas, concreto, bambu, aderência

ABSTRACT

The use of the bamboo as reinforcement in concrete beams can be a solution in some agricultural constructions, because it low cost and easy and availability in the agricultural areas. This work intends to present solutions concerning with the main problem of use of the bamboo as reinforcement in structural elements of concrete: the adhesion between the bamboo and the concrete. Two beams of concrete with strips of *Dendrocalamus* bamboo were constructed (Giant bamboo). In order to verify the adhesion between the concrete and the strips of bamboo, it was not anchored in the extremities. The beams had 180 cm of length, 15 cm of width and 20 cm of height, and the bamboo reinforcement had only 100 cm of length and 2 cm² of cross section area, located in the central part of the beam. In one of the beams, a varnish layer and rings of barbed wire were used as treatment for increasing the adhesion between bamboo and concrete. The beams were tested by flexion in order to get the last deformation of the reinforcement and the last vertical displacement in the span. The obtained results indicated that the treatment used in the bamboo's strips increase considerably the adhesion between the strips and concrete.

Keywords: beams, concrete, bamboo, adhesion

1. INTRODUÇÃO

Os colmos do bambu possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas que o qualificam em certos casos, para serem utilizados no lugar de metais. Suas características de leveza, dureza, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho são ideais para os diferentes propósitos tecnológicos e são determinadas pela sua estrutura anatômica.

Na literatura, é possível encontrar muitos valores diferentes em relação a resistência à tração e à compressão do bambu. Esta divergência se dá, principalmente, pela ausência de normas para a realização dos ensaios, ficando a cargo de cada pesquisador executar o ensaio de acordo com o que achar mais apropriado e pelo fato do bambu ser um material natural, ele é conseqüentemente, um material heterogêneo. Devido a sua alta resistência à tração, GHAVAMI (1995) recomendou o uso do bambu como um material alternativo, substituindo o aço, como reforço em peças de concreto. Para o autor, as melhores espécies para este fim são *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus*, respectivamente, com 170 MPa e 135 MPa de resistência à tração. Segundo TARGA e BALLARIN (1990), a determinação do Módulo de Elasticidade de um colmo maduro, seco ao ar livre, apresentou valores entre 12.500 e 19.500 MPa e valor médio de 16.000 MPa. Para algumas espécies secas em estufas, o valor pode atingir até 22.500 MPa. Já os colmos verdes geralmente atingem valores de até 10.000 MPa. O emprego de taliscas de bambu no concreto melhora a aderência, mas traz como desvantagem incompatibilidade química do amido (presente na parte interna do bambu) com o concreto, que no caso de colmos roliços somente aparecerá nas extremidades. Este amido neutraliza a reação química entre o cimento e a água, diminuindo a resistência do concreto. Pelos estudos realizados por AZZINI *et al* (1986), para se realizar uma boa escolha dos bambus destinados a servir como reforço no concreto deve-se seguir as seguintes recomendações:

- escolher colmos maduros, de coloração escura;
- cortar os colmos rente ao solo, deixando-os em pé no campo até secagem e início da queda das folhas;
- cortar os galhos laterais e deixar os colmos secar em local sombreado por mais trinta dias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O comprimento da armadura das Vigas 1 e 2 foi de 100 cm de comprimento posicionada na região central e inferior das vigas (figura 1). A diferença entre elas foi que somente a Viga 2 recebeu o tratamento de verniz e anéis de arame farpado.



Figura 1 – Detalhe da armadura da viga 1

Ambas foram instrumentadas com extensômetros elétricos para determinar as deformações ocorridas ao longo do carregamento das mesmas até a ruptura. Antes de serem colados os extensômetros, as superfícies das armaduras, onde os mesmos seriam posicionados, foram lixadas e limpas para não haver interferências nas leituras realizadas durante o ensaio. Depois de colados, estes extensômetros foram soldados a fios elétricos e isolados com fita isolante para não serem danificados durante o transporte e a concretagem das vigas (figura 2).



Figura 2 – Detalhe dos extensômetros colados nas taliscas de bambu

Depois de soldados os fios para serem conectados ao aquisitor de dados, estes foram isolados com papel alumínio para não haver contato com o concreto e serem danificados. As armaduras foram posicionadas no interior das fôrmas das vigas e posicionadas para concretagem, sendo observado o espaço pré-determinado para o cobrimento das armaduras. As deformações das armaduras (aço e bambu) foram coletadas através dos extensômetros durante todo o carregamento. Também foi colado um extensômetro na superfície superior da viga para obter o comportamento da área comprimida do concreto. Já os deslocamentos verticais foram medidos com o auxílio de um defletômetro mecânico KAEFER, com capacidade máxima de 50 mm e sensibilidade de 0,01 mm. Ele foi instalado na parte inferior e central da viga para se obter o deslocamento máximo no momento da ruptura da viga.

3. RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados alguns valores que retratam o comportamento das duas vigas ensaiadas até o momento do início do escoamento da armadura longitudinal de aço, de acordo com as hipóteses de cálculo estrutural adotadas.

Tabela 1 – Resultados obtidos para as vigas ensaiadas

VIGA	V5	V6
Taxa de armadura (%)	1,40	1,40
Carga última, teórica (kN) – [I]	50,60	50,60
Carga última (kN) – [II]		
Carga ruptura (kN) – [III]	26,40	30,40
Relação – [II] / [I]		
Relação – [III] / [I]	0,52	0,60
ϵ_C última (‰)	0,48	0,55
ϵ_S última (‰)	3,04	2,93
ϵ_B última (‰)	2,95	5,52
Desl. vertical último (mm)		
Desl. vertical máximo (mm)	7,00	8,50
Ruptura teórica	escoamento	escoamento
Ruptura experimental	fendilhamento	fendilhamento

A evolução das tensões na armadura longitudinal, tanto para o aço como para o bambu, estão representadas nos gráficos seguintes. Os extensômetros foram colados tanto na armadura de aço como na armadura de bambu. Estes foram posicionados no meio e quartos dos vãos das vigas, e distribuídos à esquerda e direita da seção transversal das mesmas. A Viga 1 foi realizada para determinar a aderência entre o bambu e o concreto não havendo o efeito da ancoragem da armadura de bambu. Por isso, a armadura de bambu foi posicionada na região central e inferior da viga com apenas 1 m de comprimento. A figura 3 demonstra que houve uma ruptura por “fendilhamento” nesta viga. Isto ocorreu devido à falta de ancoragem da armadura de bambu, abrindo uma fissura considerável em toda seção transversal da peça na região onde terminava a armadura de bambu.

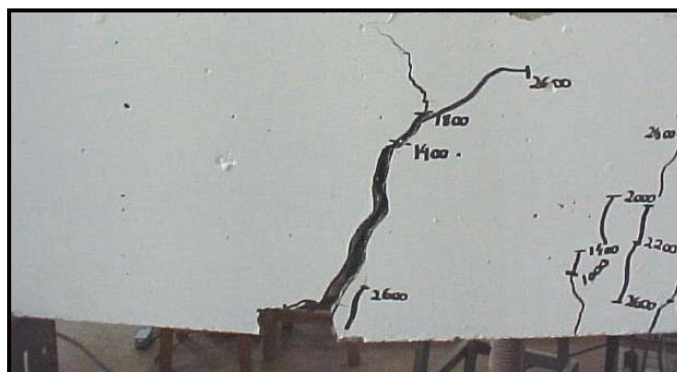


Figura 3 – Detalhe da ruptura da viga 1

As figuras de 4 a 7 apresentam as tensões e deformações da armadura da viga 1 no meio e quartos do vão.

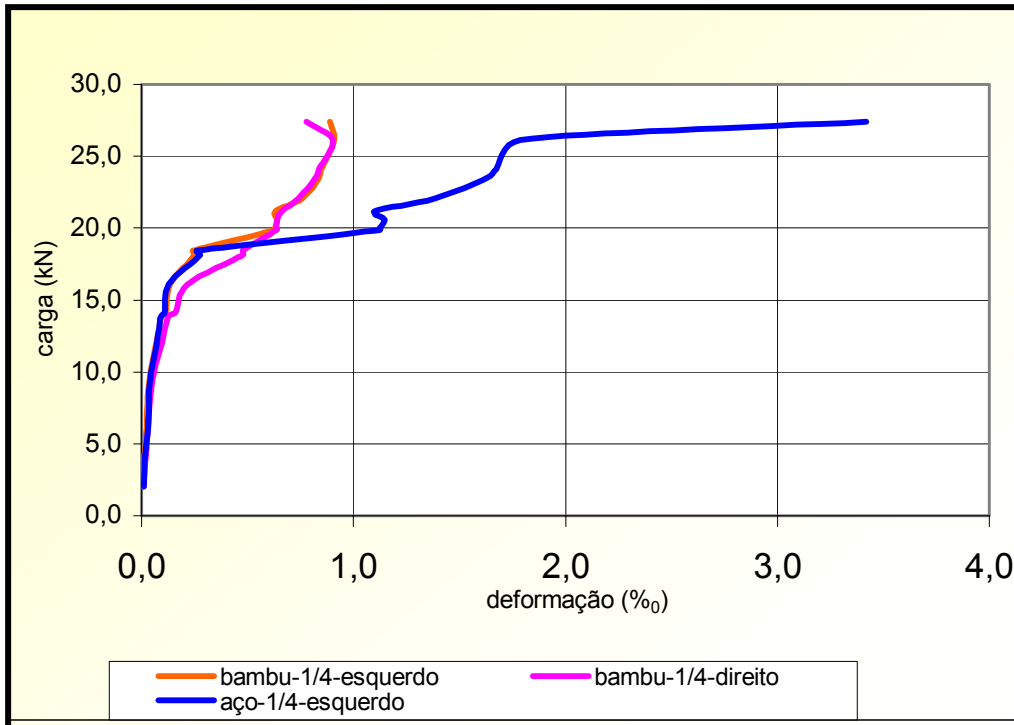


Figura 4 - Deformação da armadura da viga 1 no quarto do vão direito

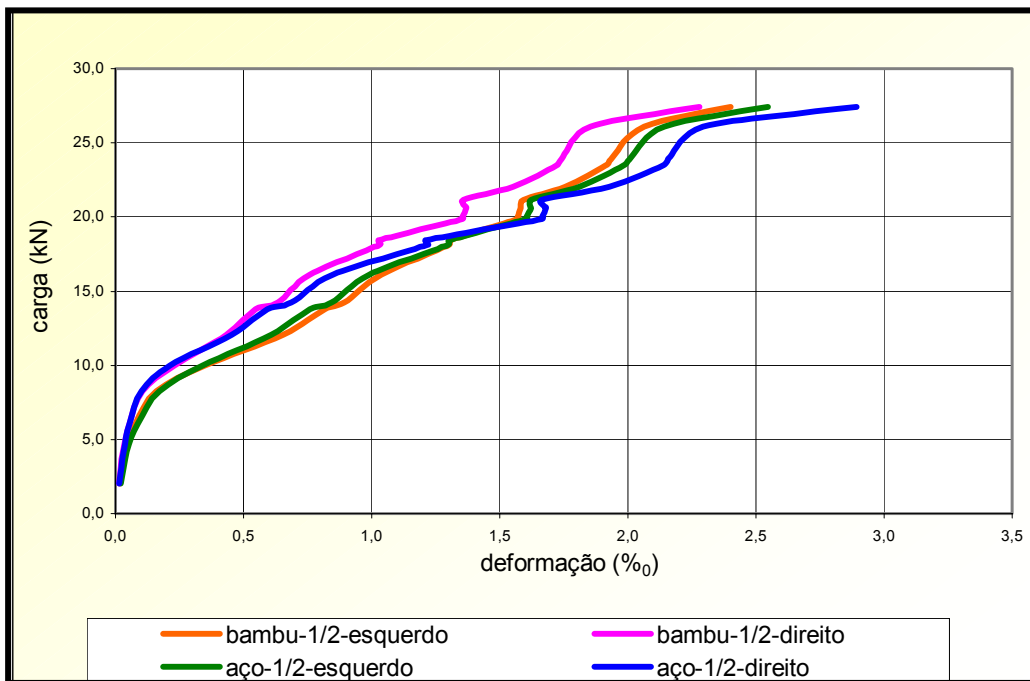


Figura 5 - Deformação da armadura da viga 1 no meio do vão

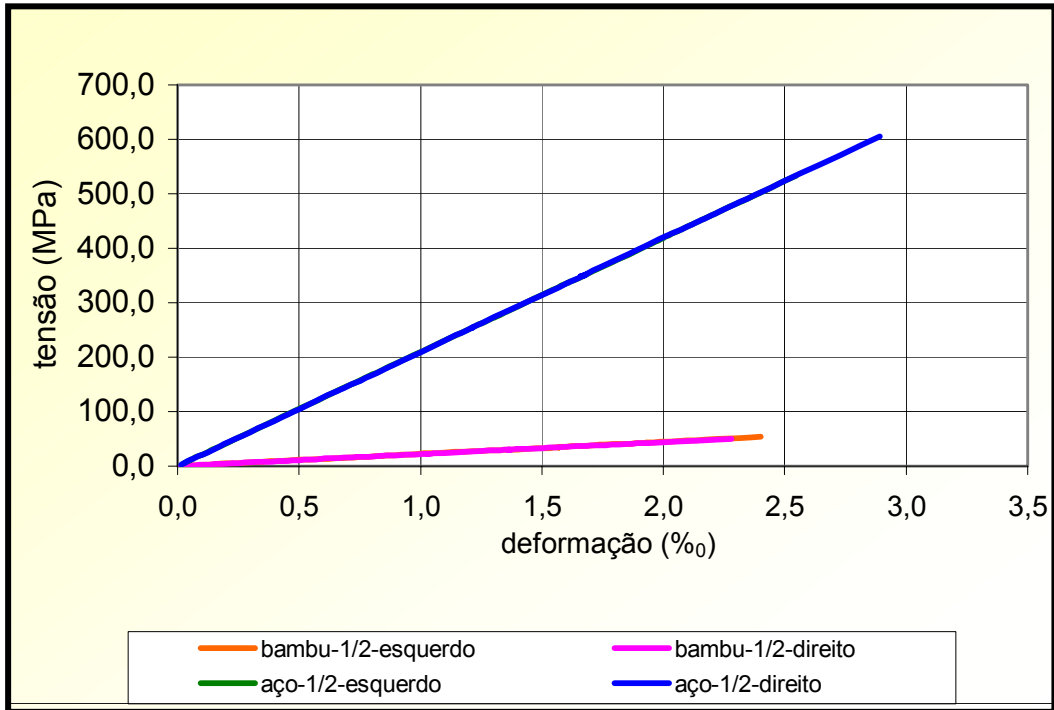


Figura 6 – Tensão x deformação da armadura da viga 1 no meio do vão

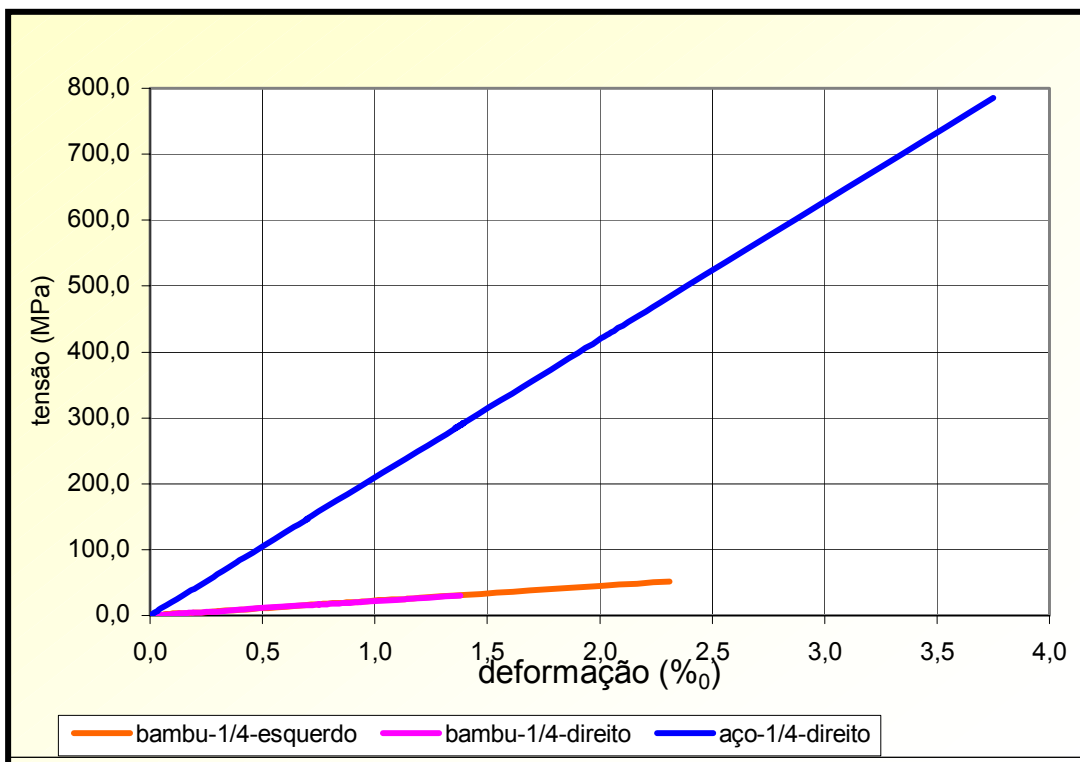


Figura 7 – Tensão x deformação da armadura da viga 1 no quarto do vão direito

A armadura da Viga 2 foi igual a da Viga 1, tendo como diferença apenas o acréscimo do tratamento de impermeabilização e aderência. A ruptura da Viga 2 também foi por

fendilhamento, mesmo com o incremento de aderência utilizado na armadura, aumentando apenas a tensão de ruptura final. As figuras de 8 a 11 apresentam os resultados do ensaio de flexão da Viga 2.

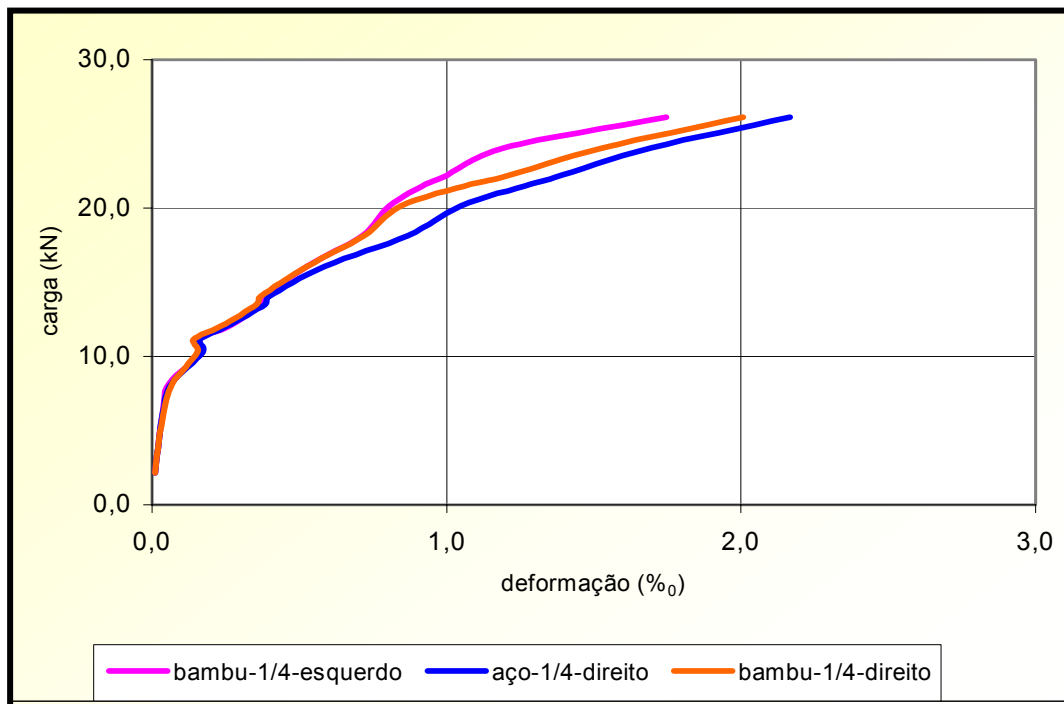


Figura 8 – Deformação da armadura da viga 2 no quarto do vão direito

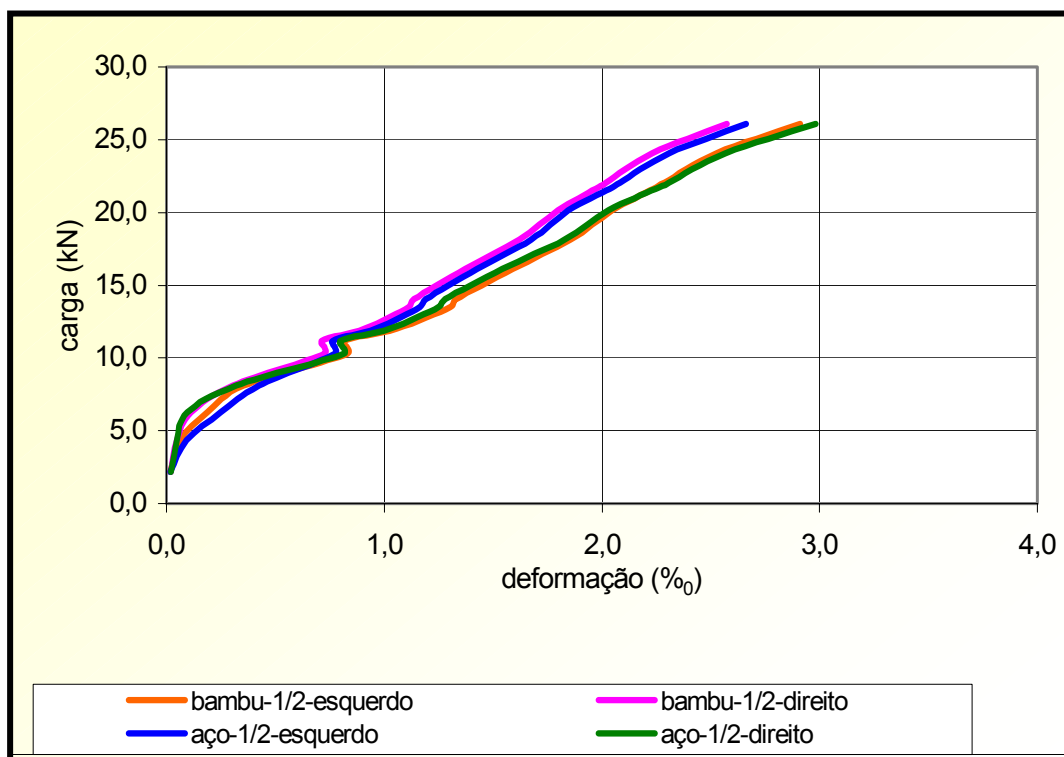


Figura 9 – Deformação da armadura da viga 2 no meio do vão

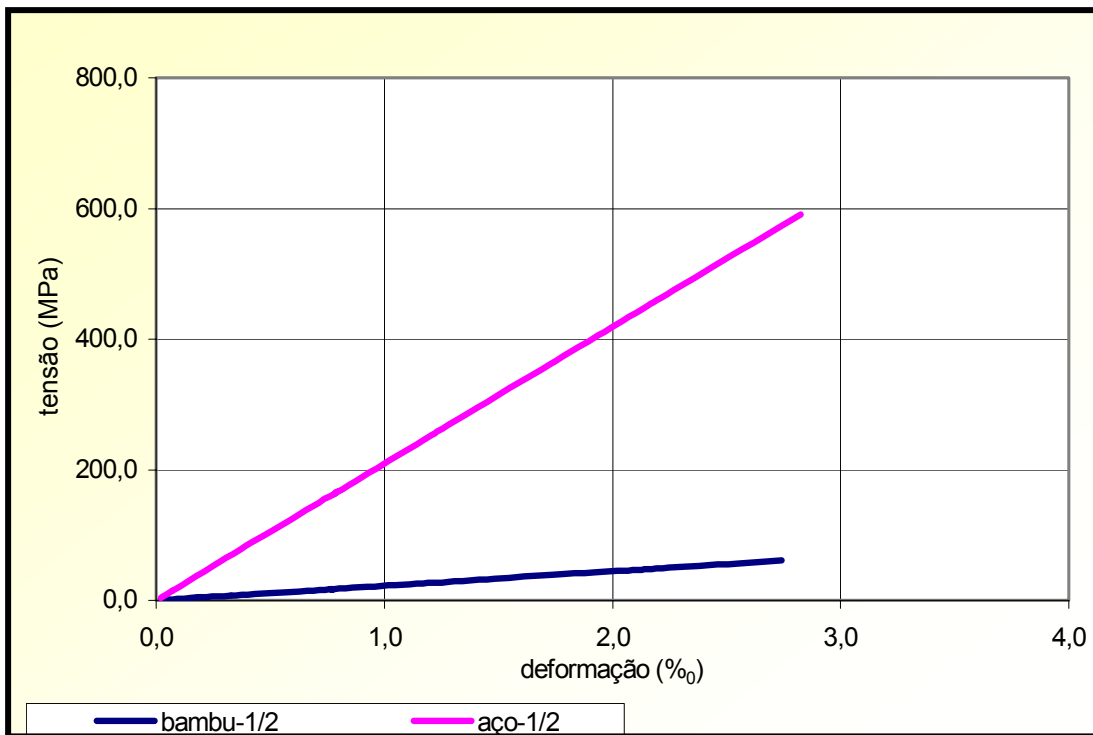


Figura 10 – Tensão x deformação da armadura da viga 2 no meio do vão

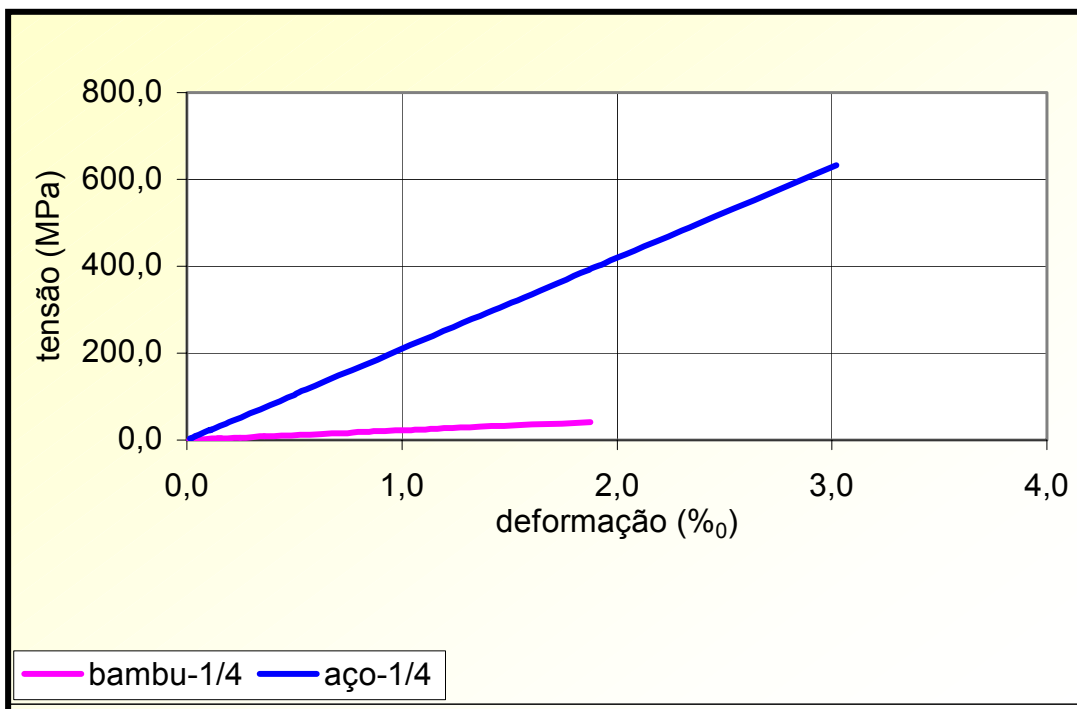


Figura 11 – Tensão x deformação da armadura da viga 2 no quarto do vão

4. CONCLUSÕES

Nos resultados obtidos para as vigas 1 e 2 foi observado que a armadura de bambu causou uma ruptura por “fendilhamento” no concreto, antes mesmo do escoamento das armaduras de aço e de bambu. Assim, pode-se concluir que o aumento da resistência das vigas armadas com bambu não foi apenas devido à ancoragem da armadura, mas também devido ao mecanismo de incremento de aderência utilizado (figura 12).

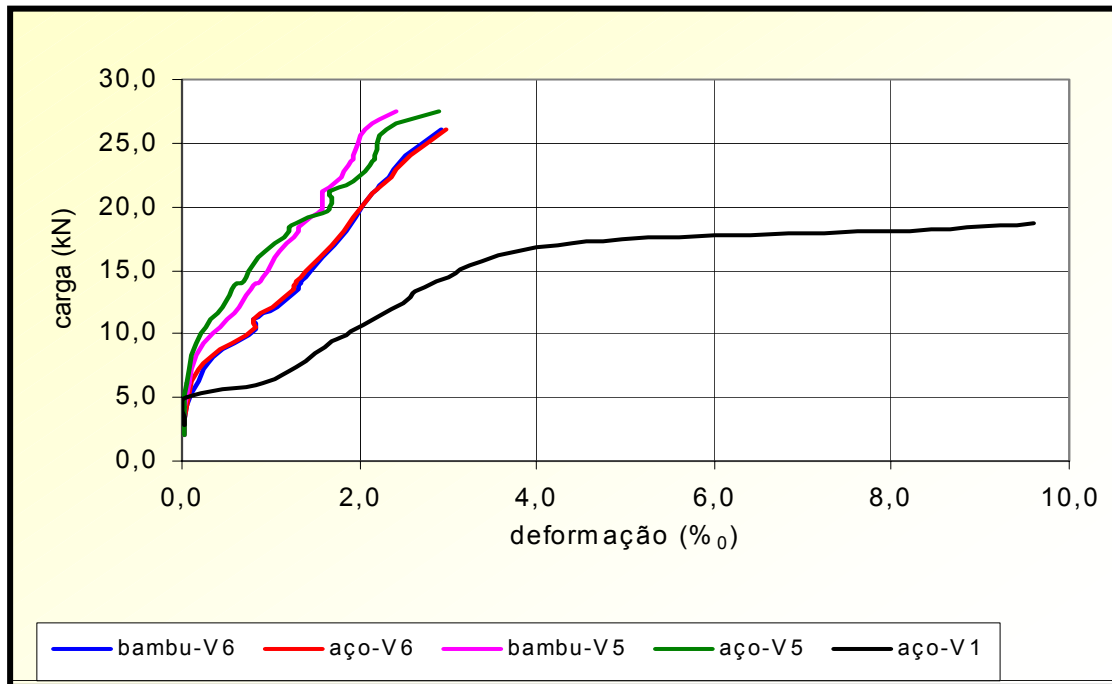


Figura 12 – Carga x deformação das vigas 1 e 2

Podemos afirmar que a armadura de bambu terá um bom desempenho apenas se for garantida a aderência entre o bambu e o concreto, utilizando um tipo de tratamento, como o que foi utilizado neste trabalho (verniz com anéis de arame farpado).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; ZULLO JR, J. **Características físicas, químicas e anatômicas de três espécies de bambus gigantes**. In: VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Florianópolis, SC, 1998. Anais, vol. 4, p. 297-306.
- GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Engenharia (492): 23-27, 1992.
- FERRÃO, A. M. de A. **Taliscas de bambu em matrizes de concreto: características físico-mecânicas**. Tese de Mestrado. UNICAMP - Campinas, 1992.
- TARGA, L. A. e BALLARIN, A. W. **Características e potencialidade de uso do bambu como material de construção no meio rural**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XIX, Piracicaba, SP, 1990. Anais, vol. 1, p. 54-59.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. e SALGADO, A. L. B. **Informações técnicas – Bambu como reforço estrutural em moirões de cerca**. O Agrônomo, Campinas, SP, 38 (2), 1986.