

# CARACTERIZAÇÃO DO BAMBU PARA OBRAS RURAIS

José Dafico Alves<sup>1</sup>, Flávio Alves Damasceno<sup>2</sup>, Kleber Junio<sup>2</sup>, Lasley Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor Notório Saber do Departamento de Engenharia Agrícola da UEG

<sup>2</sup>Alunos do Departamento de Engenharia Agrícola e Bolsistas do PIBIC UEG

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades do bambu, visando sua aplicação em obras rurais. Foram avaliadas as umidades do vegetal verde e após a secagem ao ar, seguido das avaliações das resistências a compressão e tração, seguindo procedimento do Anexo B da NBR 7190/97. Após as avaliações preliminares, passou-se a estudar as propriedades do concreto armado com tiras de bambu, onde foram verificados desempenhos na compressão e compressão.

Palavras Chaves: armadura, bambu, caracterização, concreto, propriedades mecânicas.

## SUMMARY

This work has as objective evaluates the properties of the bamboo and your applications in rural works. They were appraised the moisture of the green vegetable and after the dried to the air, followed by the evaluations the compression strength and stress capacities, following procedure of the Annex B of NBR 7190/97. After the preliminary evaluations, started to study the properties of the armed concrete with bamboo ribbons, where were verified yours performance in the compression and compression.

Key words: reinforcement, bamboo, characterization, concrete, mechanical properties.

## 1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta conhecida e usada pelo homem desde tempos pré-históricos, seja como alimento, vestimenta, instrumentos musicais, armas, na construção civil, no transporte de materiais, e na fabricação de papel, de móveis e de objetos de uso doméstico, dentre outros. Trata-se de uma planta constituída de fibras longas e dispostas paralelamente ao longo da direção longitudinal ao colmo, o qual é extremamente resistente à tração, e, por isto mesmo, utilizado até como reforço ao concreto, em substituição ao aço tradicionalmente empregado na armação de peças dessa natureza. A

resistência mecânica e o grau de dureza do colmo, por outro lado, dependem de sua idade e do seu grau de amadurecimento.

Os bambus variam em altura e diâmetro, havendo aqueles que crescem até mais de 30 m de altura e outros que não passam de arbustos, com diâmetros variando de 0,5 até 30 cm. Seu colmo cilíndrico, oco é dividido em intervalos por nós salientes, torna-o um material leve e flexível, com massa específica aparente variável de 500 a 790 kg/m<sup>3</sup> (média de 650 kg/m<sup>3</sup>). A elevada relação resistência/peso, associada ao baixo custo do material, tem levado os pesquisadores a utilizá-lo na construção civil, em substituição à madeira e ao próprio aço de construção.

Como componente de construção, o bambu pode ser utilizado na forma inteira (roliça) e, neste caso, empregado na construção de tesouras, pilares, vigas, etc.; na forma partida (talisca), como reforço ao concreto; e, na forma de placas de régua de bambu trançado, empregado na construção de muros, paredes, forros, assoalhos, etc. Permite ainda, o bambu, associação com outros materiais de construção, tais como, solo-cimento, argamassa armada, concreto e gesso.

Dentro do perímetro urbano, a construção usando bambu está impedida por um dispositivo legal que proíbe o uso de materiais de fácil combustão. No meio rural, todavia, o uso do bambu é ilimitado, satisfazendo a quase todas as exigências e necessidades. Pode-se dizer que o bambu é um material viável, de fácil aplicação e pronta disponibilidade, adequado para o uso em construções rurais. Suas outras inúmeras utilidades, aliadas ao fato de ser um material abundante nos trópicos, fazem dele a solução para um sem número de problemas encontrados por pequenos e médios agricultores.

A espécie escolhida para este trabalho foi o *Bambusa tuldoides munro* que é mais facilmente encontrada em nossa região. Se apresenta com colmo verde, diâmetro de 3 a 8 cm, folha de 12 a 20 cm de comprimento e altura do tronco de 8 a 12 metros.

## 2. RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DO BAMBU

Resistência a compressão:

Seco ao ar

$f_{ck} = 26,76 \text{ MPa}$

Verde:

$f_{ck} = 57,01 \text{ MPa}$

Resistência a tração:

Seco ao ar:

$f_{tk} = 131,82 \text{ MPa}$

Verde:

$f_{tk} = 127,34 \text{ MPa}$

Massa específica aparente:

Verde:

$d_u = 1,10 \text{ g/cm}^3$

Seco ao ar:

$d_s = 0,073 \text{ g/cm}^3$

Teor de umidade

Verde:

$H\% = 89,11$

Seco ao ar:

$H\% = 9,54$

### 3. TRATAMENTO DO BAMBU SÊCO AO AR

Foram utilizados 3 tiras para tratamento com cloreto de cromo a 3%;

Foram utilizados 3 tiras para tratamento com sulfato de cobre a 3%;

Foram utilizados 3 tiras para tratamento misto com sulfato a 1,5% e cloreto a 1,5%;

Foram utilizados 3 tiras sem tratamento químico.

Procedimento: preparou-se a solução com água, mergulhou-se as tiras por 12 horas e após retirar e aguardar a secagem foram colocados na câmara úmida com acompanhamento do tratamento (1 ano).

Obs: Legenda (os C.P foram marcados para melhor identificação);

I – Cloreto de cromo

II – Sulfato de cobre

III – Misto

0 – Natural

No tratamento com solução mista, observou-se uma reação exotérmica, com aumento visível de temperatura.

### 4. MOLDAGEM DAS VIGAS

Foram moldadas 3 vigas de concreto 15x15x75cm:  
2 vigas armadas com bambu, sendo duas tiras em baixo e duas tiras na face superior.

Procedimento: idem anterior.

#### Preparo da tiras

As tiras foram cortadas e deixadas secas naturalmente, em seguida foram tratadas em sulfato a 3% e secadas naturalmente.

Foi preparada a armadura constituída por bambu e estribos e submetida a uma calda fraca de cimento, na relação cimento/água 1:5 com posterior secagem deixando-a em condição de ser usada no concreto.

Traço de concreto para vigas armadas com bambu

Materiais:

- Areia natural  
Massa específica =  $2,63\text{g/cm}^3$   
Massa unitária =  $1.51\text{kg/dm}^3$   
Módulo de finura = 2,29
- Brita 0 (granulito de caturai)  
Massa específica =  $2,67\text{g/cm}^3$   
Massa unitária =  $1.44\text{kg/dm}^3$   
Módulo de finura = 5,69  
Ømáx. = 12,5mm
- Pigmento (Comp. Químico  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).  
Densidade aparente =  $1,2\text{kg/dm}^3$   
Massa específica real =  $4,4\text{kg/dm}^3$   
Dosagem no concreto = 4% da massa de cimento
- Traço com óxido de ferro (vermelho)  
Volume de argamassa = 653 l  
Volume de agregado graúdo = 347 l  
Água =  $210\text{kg/m}^3$   
Cimento =  $210 / 0,5 = 420\text{kg}$   
Volume da pasta =  $420 / 3,15 + 210 + 30 = 373,33\text{ l}$   
Volume de areia =  $653 - 373,33 = 279,7\text{ l}$   
Massa da areia =  $279,7 \times 2,63 = 735,6\text{kg}$   
Massa da brita 0 =  $347 \times 2,67 = 926,5\text{kg}$   
Água = 210kg  
Xadrez vermelho (4%) = 16,8kg

#### Traço unitário

1:1,751:2,205:0,50:0,04

Para moldar 6 C.P (10x20) para simples verificação de esforços mecânicos, temos:

Cimento = 6.00kg  
Areia natural = 10,50kg  
Brita 0 = 13,23kg  
Água = 3,00kg  
Xadrez = 240g

## 5. ENSAIO A COMPRESSÃO

C.P (10x20) moldados com 7 e 28 dias.

Foram realizados testes de compressão longitudinal em dois C.P e compressão diametral em um C.P como segue:

CP	Carga de ruptura (N)	Força tração (MPa)
1	153800	489,56
2	156300	497,52
3	93200	296,66

Obs.: Os C.P 1 e 2 foram submetidos a compressão longitudinal, já o C.P 3 foi submetido a compressão diametral.

Obtivemos o valor da força de tração aplicando a seguinte formula:

$$f_t = (2 / p) \times (P / D \times L)$$

Onde:

P = carga de ruptura

D = diâmetro C.P (10cm)

L = comprimento C.P (20cm)

C.P com 28 dias:

CP	Carga de ruptura (N)	Força tração (MPa)
1	191300	608,93
2	18800	598,74
3		

Obs: O procedimento é o mesmo do caso anterior, ocorrendo apenas compressão longitudinal para este caso.

Traço do concreto colorido para bambu com armadura.

Cimento: 440kg

Areia natural: 697,79kg

Brita 0: 921,15kg

Água: 220kg

Pigmento: 17,6kg

Traço unitário:

C	a	brita 0	A / C	Pigmento
1	1,751	2,206	0,5	0,04

Para moldar duas vigas de 15x15x50, aproximadamente 11,25 litros.

Cimento = 11kg

Areia natural = 17,430kg

Brita 0 = 23,02kg

Água = 8kg

Xadrez = 440g

Para moldar duas vigas de 15x15x75, aproximadamente 36 litros.  
Cimento = 16kg  
Areia natural = 25,36kg  
Brita 0 = 33,48kg  
Água = 8kg  
Xadrez = 640g

## 6. ENSAIO A DOS PRISMAS DE CONCRETO DE 15x15x50 cm.

Ensaio a compressão sem bambu:

Ensaio realizado com 7 dias:

Carga de ruptura = 43600kg x 10 = 436000N  
Área de forma = 150mm x 150mm = 22500mm<sup>2</sup>  
 $f_c = F / A = 436000 / 22500 = 19,38\text{MPa}$

Ensaio realizado com 28 dias:

Carga de ruptura = 70040kgf x 10 = 700400N  
Área da forma = 150mm x 150mm = 22500mm<sup>2</sup>  
 $f_c = F / A = 700400 / 22500 = 31,13\text{MPa}$

Ensaio à compressão com bambu:

Ensaio realizado com 7 dias:

Carga de ruptura = 49120kg x 10 = 491200N  
Área de forma = 150mm x 150mm = 22500mm<sup>2</sup>  
 $f_c = F / A = 491200 / 22500 = 21,83\text{MPa}$

Ensaio realizado com 28 dias:

Carga de ruptura = 59000kgf x 10 = 590000N  
Área da forma = 150mm x 150mm = 22500mm<sup>2</sup>  
 $f_c = F / A = 590000 / 22500 = 26,22\text{MPa}$

## 10. Ensaio à flexão com C.P sem bambu em prismas de 15x15x50 cm.

10.1. Ensaio realizado com 7 dias:

Carga de ruptura a flexão (P) = 27200N / 2 = 13600N  
 $f_f = (M \times h/2) / b \times h^3/12 = (M \times 6) / (b \times h^2)$  onde:  
 $M_f = P \times 15\text{cm}$   
 $M_f = 13600 \times 150$   
 $M_f = 20400000$   
Logo:  $f_f = (20400000 \times 6) / (150 \times 150^2) = 3,63\text{MPa}$

10.1.2. Ensaio realizado com 28 dias:

Carga de ruptura a flexão (P) = 25870N / 2 = 12935N  
 $f_f = (M \times h/2) / b \times h^3/12 = (M \times 6) / (b \times h^2)$  onde:  
 $M_f = P \times 15\text{cm}$   
 $M_f = 12935 \times 150$   
 $M_f = 1940250$   
Logo:  $f_f = (1940250 \times 6) / (150 \times 150^2) = 3,45\text{MPa}$

## 10.2. Ensaio à flexão com bambu:

Ensaio realizado com 7 dias:

Caarga de ruptura (P) = 46500N / 2 = 23250N

$f_f = (M \times h/2) / b \times h^3/12 = (M \times 6) / (b \times h^2)$  onde:

$M_f = P \times 10\text{cm}$

$M_f = 23250 \times 100\text{mm}$

$M_f = 23250000$

Logo:  $f_f = (23250000 \times 6) / (150 \times 150^2) = 4,13\text{MPa}$

10.2.2. Ensaio realizado com 28 dias:

Carga de ruptura (P) = 32040N / 2 = 16020N

$f_f = (M \times h/2) / b \times h^3/12 = (M \times 6) / (b \times h^2)$  onde:

$M_f = P \times 23,3\text{cm}$

$M_f = 16020 \times 233\text{mm}$

$M_f = 3732660$

Logo:  $f_f = (3732660 \times 6) / (150 \times 150^2) = 6,64\text{MPa}$

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho foram compatíveis com outros trabalhos nacionais, em se tratando do bambu da família *Bambusa tuldooides munro* que foi a espécie utilizada nas avaliações. Uma inovação que adotamos nos concretos armados com bambu foi o uso de pigmentos para dar um aspecto mais agradável, saindo da rotina do concreto cinzento. De acordo com os resultados das resistências, a contribuição do bambu foi significativa nas peças a flexão que aumentou mais de quatro vezes a resistência aos sete e aos vinte e oito dias, caracterizando o bambu como armadura eficiente para concretos de pequenas obras rurais.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZINI, A - Aspectos agronômicos da produção do bambu industrial. O Papel, São Paulo, 1980.

-----, & NAGAL, V. - Densidade básica e dimensões das fibras em bambus do gênero *Guadua Bragantia*, Campinas. 1977.

ALVES, J. Dafico - Concreto alternativo para obras rurais. 44º Congresso Brasileiro do Concreto. 12 pp. Belo Horizonte, MG, 2002.

Colombianos, 1981. (Construcción rural).

BARBOSA, N. P. & Chagas Filho, M. B. – Resultados Comparativos do Ensaio Experimental de Vigas de Concreto Laterítico Armado. Revista Estrutura, vol. 115. Rio de Janeiro, 1986.

-----, & Romildo D. T. Filho – Vigas de Concreto Laterítico Reforçadas com Bambu. IBRACON/Santos, S. P./1991.

CULZONI, R. A. M. – Características dos Bambus e sua utilização como Material Alternativo no Concreto. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. PUC-Rio, 1986. 134pp

DEDECA, D.M. - A identificação dos bambus. O Agrônomo, Campinas, 1958.  
----- Manual de construcción com bambu. Bogotá, Estúdios Técnicos

SALGADO, A. L. B. et als – Instruções Técnicas sobre o Bambu. Instituto Agrônomo. B. Téc.. Campinas/SP/1994

## ANEXO A

### FOTOS DO BAMBU E DE ALGUNS ENSAIOS



Foto 1 – Mudanças de bambu



Foto 2 – Local de coleta de material



Foto 3 - Árvores de bambu



Foto 4 – Preparação dos Corpos De Provas



Foto 5 – Amostras prontas



Foto 6 – Medidas internas e externas



Foto 7 – Pesagem das amostras secas



Foto 8 – Medida do volume



Foto 9 – Ensaio de compressão



Foto 10 – Corpo de prova comprimido



Foto 11 – Corpo de prova para tração



Foto 12 – Ensaio de tração



Foto 13 – Corpo rompido



Foto 14 – Tração e compressão



Foto 15 – Sem tratamento



Foto 16 – Tratamento com Cloreto de Cromo



Foto 17 – Tratamento com Sulfato de Cobre



Foto 18 – Tratamento misto

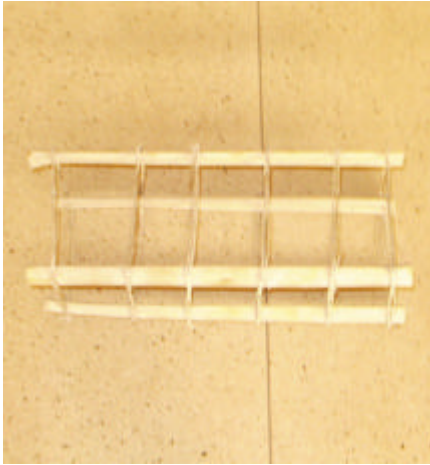


Foto 19 – Molde das vigas de bambu



Foto 20 – Preparo do concreto



Foto 21 – Enchimento com concreto



Foto 22 – Colocação do concreto na forma



Foto 22 – Ensaio de Flexão



Foto 23 – Viga rompida

## ANEXO B

### RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES DO BAMBU

Preparo dos corpos de prova de bambu:

2.1. Resistência a compressão:

2.1.2.C.P. Verde

2.1.3.C.P. Seco Natural

2.2.Ensaio à compressão (madeira verde):

CP	?1(mm)	?2(mm)	Área útil(mm)	Volume(cm <sup>3</sup> )	Carga de Ruptura(N)	Resistência a Compressão (MPa)
1	48,50	30,10	1135,84	102,23	40100	35,30
2	44,00	34,50	585,69	52,71	21500	36,71
3	48,70	32,10	1053,41	94,81	34700	32,94
4	45,05	34,30	669,93	59,96	21800	32,54
5	48,80	31,90	1071,12	96,40	40500	37,81
6	44,95	34,70	641,19	57,39	17600	27,45
7	45,40	33,40	742,65	66,84	20300	27,33
8	43,95	33,30	646,14	58,15	25200	39,00
9	44,50	33,40	679,11	61,12	25200	37,11
10	48,90	31,10	1118,37	100,66	34200	30,58
11	48,10	28,70	1170,15	105,32	36700	31,36
12	45,40	31,30	849,36	76,44	17700	20,84

Obs:  $A_u = \frac{[(?_1)^2 - (?_2)^2]}{4}$  xp

4

Volume =  $A_u \times l$  (l = Comprimento = 9,0 cm)

Ordem crescente dos valores de resistência a ruptura(MPa):

1°	20,84	Obs: Adotando-se os valores em ordem crescente de carga da ruptura, observa-se que o primeiro valor sendo menor, possui uma diferença considerável em relação ao outros. Para determinar a resistência característica, adotamos então os valores de (2° a 7°) e efetuamos a seguinte equação:
2°	27,33	
3°	27,45	
4°	30,57	
5°	31,36	
6°	32,54	
7°	32,94	
8°	35,30	$f_{ck} = 2 (f_1+f_2+...f_{n-1}) / n-1 - f_n$
9°	36,71	$f_{ck} = 2 (27,33+27,45+30,58+31,36+32,54) / 5 - 32,94$
10°	37,11	$f_{ck} = 26,76\text{MPa}$
11°	37,81	
12°	39,00	

Ensaio a compressão do bambu seco ao ar:

1°	49,74	$f_{ck} = 2 (f_1+f_2+...f_{n-1}) / n-1 - f_n$
2°	56,68	$f_{ck} = 2 (61,07+61,96+62,36+63,86+65,06) / 5 - 68,71$

3°	61,07	$f_{ck} = 57,01\text{MPa}$
4°	61,96	
5°	62,36	
6°	63,86	
7°	65,06	
8°	68,71	
9°	68,92	
10°	69,07	
11°	69,27	
12°	71,11	

Resistência à tração:

Preparo dos corpos de prova de bambu:

C.P. Verde

Seco natural

Ensaio à tração (bambu verde):

CP	Largura(mm)	Espessura(mm)	Área útil(mm)	Carga de Ruptura(N)	Resistência a Compressão(MPa)
1	18,05	6,30	113,72	15700,00	138,06
2	14,30	5,15	73,65	7100,00	96,40
3	17,75	5,15	91,41	18100,00	198,01
4	19,00	6,65	126,35	24300,00	192,32
5	16,15	7,25	117,09	19200,00	151,95
6	21,00	5,30	111,30	18700,00	168,01
7	16,70	5,90	98,53	15700,00	159,34
8	15,60	5,60	87,36	7200,00	82,41
9	17,70	8,85	103,55	13400,00	129,40
10	15,10	6,45	97,40	14000,00	143,73
11	17,30	10,25	177,33	16200,00	91,35
12	13,40	5,75	77,05	11200,00	145,36

Obs: Devido imprecisão na leitura onde o CP escorregou na máquina de ensaio à tração, excluímos esse valor.

Ordem crescente dos valores de resistência à tração (MPa):

1°	82,41	$f_{tk} = 2 (f_1+f_2+\dots+f_{n-1}) / n-1 - f_n$ $f_{tk} = 2 (138,06+143,73+145,36+151,95+159,34) / 5 - 168,01$ $f_{tk} = 127,37\text{MPa}$
2°	91,35	
3°	96,40	
4°	129,40	
5°	138,06	

6°	143,73
7°	145,36
8°	151,95
9°	159,34
10°	168,01
11°	192,32
12°	198,01

Ensaio à tração do bambu seco ao ar:

CP	Largura(mm)	Espessura(mm)	Área útil(mm)	Carga de Ruptura(N)	Resistência a Compressão(MPa)
1	15,80	4,90	77,42	18120,00	234,05
2	17,40	5,10	88,74	15880,00	178,95
3	15,40	5,00	77,00	10830,00	140,65
4	18,00	5,08	91,44	12610,00	137,90
5	16,60	5,96	98,94	15150,00	153,12
6	16,74	6,08	101,78	16020,00	157,40
7	15,20	5,78	87,86	13100,00	149,10
8	15,20	6,56	99,71	13700,00	138,10
9	16,48	5,70	93,94	15750,00	167,66
10	11,68	5,74	67,04	10440,00	155,73
11	17,05	6,88	117,30	18510,00	157,80
12	15,66	12,20	191,05	20990,00	109,87

Ordem crescente dos valores de resistência a tração(MPa):

1°	167,66	$f_{tk} = 2(f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1}) + f_n$ $f_{tk} = 2(137,9+138,1+140,65+149,1+153,12) / 5 -$ 155,73 $f_{tk} = 131,82\text{MPa}$
2°	138,10	
3°	149,10	
4°	157,40	
5°	153,12	
6°	137,90	
7°	140,65	
8°	178,95	
9°	109,87	
10°	157,80	
11°	155,73	
12°	234,05	

DENSIDADE

Densidade(madeira verde):

Foram utilizados para realizar ensaios de densidade 6 C.P sem nó.

Dados:

Massa seca = 497,40g

Massa líquida = volume = 454,10g

Fórmula – Densidade úmida

$d_u = \text{massa seca} / \text{massa líquida} = 497,10 / 454,10 = 1,10\text{g/cm}^3$

Procedimento:

Para o cálculo de densidade, pesamos a massa dos C.P, em seguida utilizamos o volumenômetro para coletar a massa líquida ou seja, o volume líquido escoado ao mergulharmos os C.P. dentro do mesmo.

Densidade do bambu seco ao ar:

Foram utilizados para realizar ensaios de densidade 4 C.P. com medidas anteriormente mencionadas no quadro de ensaio de compressão (madeira seca natural), como segue:

CP	Massa(g)	Volume(cm3)	Densidade(g/cm3)
3	40,8	623,03	0,065
5	64,03	924,04	0,069
8	65,81	885,99	0,074
10	64,4	765,21	0,084

Procedimento: Com valores de massa e volume de cada C.P, aplicamos a fórmula  $d = m / v$  e obtivemos o valor de cada densidade volumétrica bambu seco ao ar, cujo valor médio foi de 0,073 g/cm<sup>3</sup>.

## TEOR DE UMIDADE

Teor de umidade do bambu verde:

Procedimento: pesou-se a massa úmida, levando-a em seguida à estufa e lá permanecendo por um período de 24 horas. Após este período retiramos e pesamos a amostra e através de uma fórmula empírica obtemos o teor de umidade.

Massa úmida = 169,25g

Massa seca = 89,50g

Teor de umidade = (massa úmida – massa seca) x 100 / massa seca

Teor de umidade = (169,25 – 89,50) x 100 / 89,50

Teor de umidade = 89,11%

Teor de umidade do bambu seco ao ar:

Procedimento: Foi usado o mesmo procedimento no qual se obteve o teor de umidade da madeira verde.

Massa úmida = 109,66g

Massa seca = 100,11g

Teor de umidade = (109,66 – 100,11) x 100 / 100,11 = 9,54%

