

Propriedades físico-mecânicas e preservação, com boro e tanino, do *Bambusa tuldooides* (Munro)

Andréia Colli¹, Alexandre Miguel do Nascimento²,
Leonardo Menezes Xavier³ e Igor Brum Rubim¹

¹Alunos do Curso de Engenharia Florestal, UFRRJ - andreiacolli@hotmail.com, ²Departamento de Produtos Florestais, UFRRJ, ³Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ.

Recebido em 22 de Agosto de 2006

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar algumas das propriedades físico-mecânicas do *Bambusa tuldooides* e sua durabilidade a organismos xilófagos quando tratados com ácido bórico e tanino. Foram encontradas massas específicas básicas de 504 kg/m³ para nó e 534 kg/m³ para internódio. A contração volumétrica parcial foi de 20,8% no nó e 14% para internódio e a contração total de 27% e 22,4%, respectivamente. As resistências à compressão foram crescentes em direção ao ápice. A média do módulo de elasticidade foi 23.887 MPa. O tratamento preservante com ácido bórico 5% e tanino 1,2% foi o mais eficiente nos ensaios laboratoriais e borato de cobre cromatado no ensaio de campo.

Palavras-Chaves: *Bambusa tuldooides*, preservação de bambu, propriedades mecânicas e propriedades físicas.

Physical and mechanical properties and preservation, with boron and tannin, of the *Bambusa tuldooides* (Munro)

Abstract

The purpose of this study was determinate a few physical-mechanical properties of *Bambusa tuldooides* and its durability to organism xilophagos when treated with boric acid and tannin. There were found specific gravity of 504 kg/m³ for node and 534kg/m³ for internodes. The partial volumetric shrinkage was 20,8% for node and 14% for internodes and 27% and 22,4% for total, respectively. The strength to the compression presented growing values in direction to the apex. The average of module of elasticity was of 23,887 MPa. The treatment preservative with boric acid 5% and tannin 1,2% was the most efficient in the laboratorial tests attempts and the CCB (chromated copper Borate) in the field conditions.

Key Words: *Bambusa tuldooides*, bamboo preservation, mechanical properties and physical properties.

Introdução

Com a consciência de que alguns recursos naturais são esgotáveis, e que a sua exploração traz ao meio ambiente danos muitas vezes irreparáveis, vem surgindo o interesse para utilização de materiais alternativos que, em sua exploração, sejam renováveis, de baixo custo e de rápida reposição. Dentre estes, estão as espécies de bambu, que podem ser excelentes materiais usados na construção, como material estrutural ou decorativo.

O bambu, segundo Engler, pertence à divisão Angiospermae e à classe das Monocotyledoneae, família Poaceae, com aproximadamente 75 gêneros e mais de 1200 espécies, a sua identificação é bastante dificultada pela imprevisibilidade da floração, sendo que em alguns casos, a floração ocorre simultaneamente à morte da touceira (Liese, 1998).

Muitas espécies de bambu podem ser utilizadas na construção por possuírem excelentes propriedades físico-mecânicas, semelhantes e até superiores à algumas madeiras nativas brasileiras, especialmente no que se refere à propriedade de rigidez. Nascimento & Della Lucia (1994), determinaram massa específica básica média de $0,63 \text{ g/cm}^3$ para *Dendrocalamus giganteus*, sendo os valores crescentes em direção ao ápice.

A preservação com produtos à base do boro e tanino, respectivamente um sal hidrossolúvel e um polifenol vegetal, em substituição aos produtos organoclorados ou sais constituídos de arsênio, contribui para minimizar o impacto do processo de imunização do bambu, tanto sobre os usuários quanto ao ambiente. Estudos efetuados verificaram a eficiência conjunta de produtos à base de ácido bórico e tanino condensável, e novas pesquisas, segundo os autores, com a utilização de diferentes concentrações devem ser realizadas (Pizzi & Baecker, 1996 e Thevenon et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar algumas propriedades físicas e mecânicas do *Bambusa tuldooides*, e avaliar sua durabilidade em laboratório e no campo, quando preservado com ácido bórico e tanino condensável.

Material e Métodos

Colmos maduros de *Bambusa tuldooides* foram

coletados em área rural do município de Seropédica, RJ. O Dap (diâmetro à altura do peito=1,2 metros) e a altura foram os critérios de seleção dos colmos amostrados, ou seja, foram utilizados colmos mais velhos e bem lignificados. No caso do Dap foram escolhidos os colmos que estavam dentro do intervalo média \pm desvio padrão (Dap \pm S).

Para os ensaios físicos e mecânicos, foram coletadas amostras provenientes da base, meio e ápice dos colmos, de modo a se obter boa representatividade do material, uma vez que há grande variabilidade ao longo da altura dos colmos. Nestes pontos de amostragem, foi retirado material do nó e do internódio. O número de repetições seguiu a norma NBR 7190/97 da ABNT (1997).

Foram determinados o teor de umidade, massa específica básica, massa específica a 12 % de umidade e o coeficiente de contração volumétrica. Estes foram feitos segundo a norma NBR 7190/97 da ABNT (1997), com adaptações, pois a forma do bambu não permite retirar amostras retangulares. Na determinação de volume da amostra saturada e a 12% de umidade, utilizou-se o método hidrostático (Vital, 1984), usando a água e o mercúrio, respectivamente. Para alcançar o teor de umidade a 12% de equilíbrio, as amostras foram colocadas em sala climatizada com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $65 \pm 5\%$.

Nos ensaios mecânicos foram determinados o limite de resistência à compressão (f_c) e o módulo de elasticidade à compressão (MOE) segundo a norma brasileira NBR 7190/97 da ABNT (1997). Na determinação da resistência à compressão, quanto ao comprimento dos corpos de prova, seguiu-se as recomendações feitas por Culzoni (1986) e os corpos-de-prova para medição de MOE apresentaram 20 cm de comprimento, sem a presença de nós. O módulo foi determinado pela expressão:

$$MOE = \frac{\Delta s}{\Delta e} = \frac{\frac{N_2 - N_1}{A}}{\frac{d_2 - d_1}{l_0}} \quad e \quad A = \frac{P}{4} (D^2 - d^2)$$

Onde: N_2 é a carga equivalente a 50% no carga máxima ou de ruptura; N_1 é a carga a 10% da carga máxima ou de ruptura; A é a área da seção transversal; D e d são os diâmetros externo e interno, respectivamente, da amostra de bambu; δ_2 deformação na carga N_2 e δ_1 deformação na carga N_1 ; l_0 é a distância entre os pontos de fixação do relógio comparador

Os testes foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio, com célula de carga com capacidade de 100 kN.

No ensaio de preservação foi avaliado a degradação do bambu em contato com térmitas, dentro de laboratório e em contato com o solo em condições de campo. Para isto, o ensaio foi realizado com cinco repetições, sendo que os corpos-de-prova destinados ao campo tinham 30 cm de comprimento e os destinados ao ensaio de laboratório 7cm.

Os corpos-de-prova foram tratados com ácido bórico e tanino condensável extraído de acácia negra, em diferentes concentrações, e com Borato de Cobre Cromatado, que tem nome comercial de

tratados, foram submetidos ao ataque de térmitas da sub-família Nasutitermitinae, tendo como referência a norma ASTM D-3345 (1994) e a técnica proposta por Paes (1997) no que se refere à vedação dos frascos com poliéster preso por elástico, de forma a permitir a respiração dos insetos e evitar a presença de corpos estranhos. A espécie de cupim utilizada foi *Nasutitermes macrocephalus*. A avaliação foi feita por meio de verificação da longevidade dos cupins, em ambiente com monitoramento de temperatura e umidade do ar. O segundo método foi feito com um experimento em caixas, fora de contato com o solo, onde os corpos-de-prova de bambu foram expostos a duas espécies de cupins, *Coptotermes gestroil* (Wasmann, 1896) e *Nasutitermes* sp, em caixas separadas, com o substrato areia, durante um ano, em ambiente climatizado a 25°C e 65% de umidade. A avaliação foi realizada segundo as recomendações da norma da IUFRO (1970), que estabelece notas segundo o grau de sanidade dos corpos de prova, como mostra a Tabela 2.

No ensaio de degradação de campo sub-

Tabela 1. Tratamentos químicos aplicados ao *Bambusa tuldooides*.

Table 1. Chemical treatments applied to the *Bambusa tuldooides*.

Tratamento	Produto
1	Nenhum (testemunha)
2	Ácido bórico e tanino (1,2% e 5 %)
3	Ácido bórico e tanino (5% e 1,2 %)
4	Osmose CCB 8 % (3,3% de boro)

Osmose - CCB, sendo mantidas amostras sem tratamento químico, para efeito de comparação dos resultados, como mostra a Tabela 1.

O tratamento químico dos corpos-de-prova se deu pelo método de pressão de célula cheia, ou seja, vácuo inicial e posterior pressão em autoclave, efetuando-se inicialmente um período de vácuo de 45 minutos, a 0,1 MPa (1 BAR), e posteriormente pressão durante 2 horas e 15 minutos, a 0,3 MPa (3 BAR).

Os ensaios de biodegradação laboratorial foram conduzidos de duas formas: o primeiro método foi feito em frascos de vidro, onde, os corpos-de-prova

meteu-se o bambu às intempéries e à ação de organismos xilófagos. Os corpos-de-prova foram fixados no campo, por um ano, a uma profundidade de 15cm, verticalmente. A avaliação foi realizada também segundo as recomendações da norma da IUFRO (1970).

Resultados e Discussão

Avaliação das propriedades físico-mecânicas

O teor de umidade médio do *Bambusa tuldooides* foi 96,4%, apresentando 124,1%, 93,6% e 80,5% na

Tabela 2. Critério de notas para avaliação do grau de deterioração dos bambus (IUFRO, 1970).
Table 2. Grade criterion for evaluation of the degree of bamboo deterioration (IUFRO, 1970).

Grau de sanidade da amostra	Nota
Estacas sadias	10
Estacas levemente atacadas	9
Estacas moderadamente atacadas	7
Estacas intensamente atacadas	4
Estacas destruídas ou rompidas	0

base, meio e ápice, respectivamente. Liese (1998) afirma que o teor de umidade tende a diminuir ao longo do colmo.

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos para as propriedades físicas e para o limite de resistência à compressão do *Bambusa tuldoides*.

Os valores de massa específica básica e a 12% de umidade, decrescem da base para o ápice quando se trata do nó, havendo comportamento inverso para o internódio. As contrações volumétricas, parcial e total, nos internódios, são crescentes da base para

o ápice do colmo. Na região do nó, as contrações tem os seus menores valores no meio do colmo e os valores de contrações são sempre maiores que os valores de contrações nos internódios.

A Figura 1 compara os valores de limite de resistência à compressão dos nós com os internódios do *Bambusa tuldoides*. Observa-se uma maior resistência mecânica no internódio, apresentando valores crescentes em direção ao ápice. A diferença entre a resistência da região do nó e do internódio se deve ao fato da melhor orientação axial das fibras

Tabela 3. Valores médios das propriedades físicas de *Bambusa tuldoides*, em função da posição e local de retirada das amostras.

Table 3. Average values of the physical properties of the *Bambusa tuldoides*, in function of the position and place of collected samples.

Posição	Região	Meb kg/m ³	Me12% kg/m ³	CVP %	CVT %
Base	nó	532	763	19,9	28,6
meio	nó	506	715	18,9	26,5
ápice	nó	473	713	23,7	28,7
Média		504	730	20,8	27,9
Base	internódio	458	617	16,1	21,1
meio	internódio	537	730	16,9	22,5
ápice	internódio	608	733	19,1	23,6
Média		534	693	17,4	22,4

Onde: Meb: massa específica básica; Me12%: massa específica a 12% de umidade; CVP: contração volumétrica parcial; CVT: contração volumétrica total.

no internódio. Além disso, a quantidade de células parenquimatosas na região dos nós é bem maior, e estas células não são células estruturais e sim com a finalidade de reserva.

Quanto ao crescimento da resistência em função da altura do colmo, isto pode estar associado a maior concentração de feixes fibro-vasculares, por unidade de área, a medida que se aproxima do ápice.

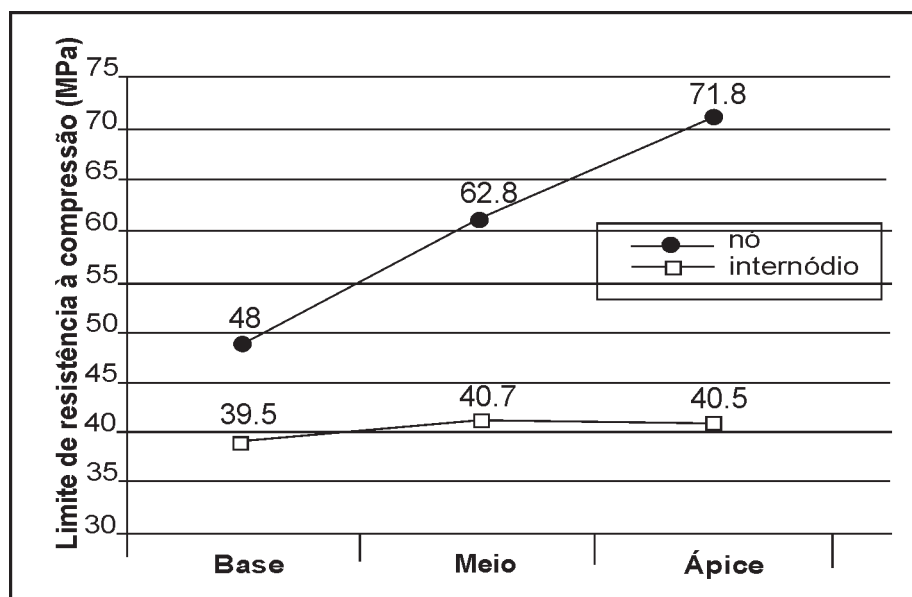


Figura 1. Valores médios do limite de resistência à compressão de base, meio e ápice dos colmos, provenientes dos nós e internódios do *B. tuldooides*.

Figure 1. Average values of strength the compression of base, middle and apex culms, proceeding them nodes and internodes it *B. tuldooides*.

Na Tabela 4 estão valores do módulo de elasticidade e sua relação com a massa específica à 12% de umidade. O MOE médio é de 23.887, valor bem superior às de madeiras de folhosas e coníferas dis-

poníveis no mercado. A relação entre os módulos de elasticidade e a massa específica para as madeiras comerciais mais utilizadas no Brasil está entre 14 e 18 ((MPa)/(kg/m³)) (MOLITERNO, 1986), no caso

Tabela 4. Valores médios de módulo de elasticidade na compressão (MOE) e da relação MOE/Me12% do *B. tuldooides*

Table 4. Average values of module of elasticity in the compression (MOE) and of relation MOE/Me12 of *B. tuldooides*

Colmo	MOE (MPa)	MOE/Me12%
1	26.047	33,63
2	23.807	30,14
3	25.499	30,00
4	26.359	35,15
5	21.778	32,50
6	19.832	27,54
Média	23.887	31,49

Onde: MOE é o módulo de elasticidade à compreenssão de amostras sem a presença de nós; Mel 12% é a massa específica a 12% de umidade.

do bambu o valor foi de 31,49, demonstrando que o bambu foi um material leve e extremamente rígido.

Ensaio de Preservação

A Tabela 5 apresenta os dados de longevidade dos térmitas *Nasutitermes macrocephalus* em função da casta e do tipo de tratamento aplicado as amostras de bambu, conduzidos em ensaios laboratoriais em vidro.

Os resultados referentes à longevidade não apre-

sentaram distribuição normal e variância homogênea, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Bartlett, respectivamente. Para correção do problema, os dados foram logaritmizados. A avaliação por longevidade foi efetuada em função da insignificante perda de massa dos corpos-de-prova. O resultado da análise de variância está apresentado na Tabela 6, onde se observa o efeito significativo dos tratamentos preservativos, no entanto, para a variável casta e a interação não foram observadas significâncias.

Tabela 5. Longevidade, em dias, de operárias e soldados do cupim *Nasutitermes macrocephalus*.
Table 5. Longevity, in days, of laborers and soldiers of termite *Nasutitermes macrocephalus*.

Repetição	Testemunha (T1)		Boro 1,2% Tanino5% (T2)		Boro 5% Tanino1,2% (T3)		CCB (T4)	
	Casta		Casta		Casta		Casta	
	Operária	Soldado	Operária	Soldado	Operária	Soldado	Operária	Soldado
1	17	19	12	15	9	8	7	8
2	18	18	12	11	7	7	11	9
3	21	22	11	11	9	7	10	10
4	30	32	13	12	7	7	9	9
5	21	23	15	15	9	7	11	11
Média	21,4	22,8	12,6	12,8	8,2	7,2	9,6	9,4

Tabela 6. Análise de variância para a longevidade dos térmitas (operárias e soldados).
Table 6. Analysis of variance for the longevity of the termites (laborers and soldiers).

FV	GL	QM	F	Nível
Tratamento (1)	3	2,036	77,27 *	0,00000
Casta (2)	1	0,002	0,096	0,758584
Interação (1x2)	3	0,015	0,589	0,626773
Resíduo	32	0,026		
Total	39			

* Significativo (p < 0,05)

A comparação entre as médias dos tratamentos foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, onde se verificou a efetiva diferença estatística entre a solução preservante com boro a 5% + tanino a 1,2%, (T3) e os demais tratamentos, inclusive com eficiência superior ao CCB (T4), Tabela 7, apresentando uma concentração de 3,3% de boro. O tratamento 2 teve uma melhor eficiência que a testemunha. Isto indica que a presença do boro foi a razão da diferença observada entre os três tratamentos, em maior ou menor porcentagem e que as diferenças entre todas as médias tem estrita correlação com o teor de boro em cada tratamento.

Na Tabela 8, encontram-se os resultados da avaliação do grau de sanidade das amostras, em média, para o ensaio da caixa, para as espécies de térmitas do gênero *Nasutitermes* e *Coptotermes*.

Observa-se uma maior eficiência do tratamento 3, não havendo qualquer ataque nas amostras, onde, a proporção de boro é maior. Os corpos-de-prova tratados com CCB e com boro a 1,2% + tanino 5%, apresentaram grau de ataque similares, com grau de sanidade das estacas sadias a moderadamente atacadas.

Em relação aos térmitas, verificou-se maior resistência do *B. tuldooides* ao *Coptotermes*, onde,

Tabela 7. Comparação entre as médias de longevidade (dias) de térmita *Nasutitermes macrocephalus* em função dos tratamentos, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Table 7. Comparison of the averages of longevity (days) of *Nasutitermes macrocephalus* termite in function of the treatments, for the test of Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamentos	Médias	
(T1)Testemunha	22,1 (3,074)	d
(T2)Boro 1,2% e tanino 5%	12,7 (2,533)	c
(T3)Boro 5% e tanino 1,2%	7,7 (2,035)	a
(T4)CCB – 3,3 % de boro	9,5 (2,241)	b

Os valores entre parênteses correspondem às médias logaritmizadas.

Tabela 8. Grau de sanidade das amostras de *Bambusa tuldooides* tratadas, em contato com *Nasutitermes sp* e *Coptotermes sp*.

Table 8. Degree of health of the *Bambusa tuldooides* samples treated, in contact with *Nasutitermes sp* and *Coptotermes sp*.

Tratamentos	Térmitas		Média
	<i>Nasutitermes</i>	<i>Coptotermes</i>	
(T1) Testemunha	4,33	9,67	7,00
(T2) Boro 1,2% e tanino 5%	9,67	9,00	9,34
(T3) Boro 5% e tanino 1,2%	10,00	10,00	10,00
(T4) CCB	9,67	9,67	9,67
Média	8,42	9,59	9,00

Nota 10: estacas sadias; nota 9: estacas levemente atacadas; nota 7: estacas moderadamente atacadas; nota 4: estacas intensamente atacadas; e nota 0: estacas destruídas ou rompidas.

mesmo nas testemunhas os ataques foram insignificantes.

Na Tabela 9 encontram-se os resultados do grau de sanidade das estacas tratadas, em contato com o solo e expostas aos organismos xilófagos, onde verificou-se que as estacas não tratadas (T1), sofreram ataque intenso. Em relação aos tratamentos aplicados ao bambu, observou-se que no tratamento 4 (CCB), não houve ataque devido ao fato do CCB apresentar em sua composição o cobre, agente fungicida, já que em campo, onde as amostras ficaram em contato com a umidade do solo, houve maior grau de ataque por fungos do que insetos.

Analisando os tratamentos 2 e 3, comprova-se a maior eficácia quando o boro é utilizado em maior concentração do que o tanino, ou seja, T3 (boro 5% e tanino 1,2%) tiveram suas estacas levemente atacadas, enquanto T2 (boro 1,2% e tanino 5%), moderadamente atacadas.

Tabela 9. Grau de sanidade das amostras tratadas, em contato com o solo.

Table 9. Degree of health of the treated samples, in contact with the ground

Tratamentos	Grau de sanidade das estacas
(T1) Testemunha	5,17
(T2) Boro 1,2% e tanino 5%	7,33
(T3) Boro 5% e tanino 1,2%	9,00
(T4) CCB	10,00

Nota 10: estacas sadias; nota 9: estacas levemente atacadas; nota 7: estacas moderadamente atacadas; nota 4: estacas intensamente atacadas; e nota 0: estacas destruídas ou rompidas.

tado) não foram atacadas, e quanto aos tratamentos com boro e tanino, aquele que tinha maior concentração de boro apresentou melhor resultado.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPERJ pelo auxílio a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D-3345. Standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic

Conclusões

- A espécie *Bambusa tuldooides* apresentou massas específica básica nos nós menores do que nos internódios, enquanto que a 12% de umidade, os valores foram próximos. As contrações volumétricas, tanto parciais quanto totais, foram maiores nos nós do que nos internódios;
- O limite de resistência à compressão foi maior nos internódios que nos nós, sendo crescentes em direção ao ápice, e o módulo de elasticidade à compressão, pode ser considerado bastante elevado, caracterizando o bambu como um material bastante leve e rígido;
- Dos tratamentos aplicados ao *Bambusa tuldooides*, o que apresentava maior concentração de boro, apresentou efeito inseticida mais pronunciado, quando em ensaios laboratoriais. Em ensaios de campo, as amostras tratadas com CCB (borato de cobre croma-

materials for resistance to termite. **Annual Book of ASTM Standard**, Philadelphia, 1994. p. 439-441.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

CULZONI, R.A.M. **Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. 1986. 134p Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil), PUC-RJ, Rio de Janeiro.

IUFRO. Método padrão sugerido pela IUFRO para

ensaios de campo com estacas de madeira. Trad. Le-page. E.S. **Preservação de Madeira**, V. 1, n. 4, p. 205-216, 1970.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Beijing, Technical Report, International Network for Bamboo and Rattan, 1998. 203 p.

MOLITERNO, A. **Projetos de Telhados em Estrutura de Madeira**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1986, 423p.

NASCIMENTO, A . M., DELLA LUCIA, R.M. **Propriedades físicas da madeira do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro)**. Boletim SIF. Viçosa, n. 6 . 7p 1994.

PAES, J.B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. 1997. 143 p. (Tese de Doutorado), UFV. MG

PIZZI, A., BAECKER, A. A new boron fixation mechanism for environment friendly wood preservatives. **Holzforschung** . Berlim. V. 50, n.6, p. 507-510, 1996.

THEVENON, M.F., PIZZI, A., HALUK, J.P. Non-toxic albumin and soja protein borates as ground-contact wood preservatives. New York, **Holz Als Roh-Und Werkstoff**. New York. V. 55, n. 5, p. 293-296,1997.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG, SIF- Sociedade de Investigações Florestais, Boletim Técnico SIF. Viçosa, n. 1, 21p. 1984.