

Recebido: 29-06-2019 Aceito: 04-07-2020 Publicado: 27-07-2020

Editorado por: Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori

Propriedades físicas dos bambus das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides* após tratamento térmico

Mayra Ferreira Alves de Oliveira Mbamu, Alexandre Miguel do Nascimento, Rosilei Aparecida Garcia, Daiana Souza de Jesus*, Aécio Dantas de Souza Junior

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO O bambu, apesar de versátil e abundante, apresenta baixa estabilidade dimensional e o tratamento por modificação térmica pode melhorar esta propriedade, diversificando e ampliando o seu uso. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento térmico nas propriedades físicas de duas espécies de bambu *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides*. O tratamento foi realizado em diferentes condições de temperatura (160, 180 e 200°C) e tempo (15, 30 e 45 minutos). A modificação térmica alterou as densidades básica e aparente das espécies *Phyllostachys aurea*. A temperatura de 200°C reduziu a densidade aparente e a contração volumétrica de *Bambusa tuldoides* e reduziu a taxa de absorção de água e o teor de umidade de equilíbrio de ambas as espécies.

Palavras-chave: densidade; estabilidade dimensional; teor de umidade de equilíbrio.

Physical properties of heat-treated bamboo of the *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldoides* species

ABSTRACT Bamboo despite versatile and abundant presents low dimensional stability and heat treatment can improve this property, diversifying and expanding its use. The objective of this study was to evaluate the effect of heat treatment on the physical properties of two bamboo species *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldoides*. The treatment was carried out under different conditions of temperature (160, 180 and 200°C) and time (15, 30 and 45 minutes). Temperature at 200°C reduced density and volumetric shrinkage of *Bambusa tuldoides*. The temperature and time of the treatment reduced water absorption rate and equilibrium moisture content of both species.

Keywords: density; dimensional stability; equilibrium moisture content.

Introdução

O bambu apresenta rápido crescimento, podendo alcançar a maturidade ideal para colheita com apenas 3 anos de idade. Possui importante valor comercial, sendo frequentemente utilizado na construção ou na fabricação de móveis, tapetes, instrumentos musicais e artesanato. Este recurso florestal tem sido considerado uma das alternativas mais promissoras para a substituição de madeira em algumas aplicações, pois apresenta propriedades físico-mecânicas

adequadas, se respeitadas suas melhores orientações estruturais, tendo alta durabilidade quando tratado com substâncias químicas preservativas ou a altas temperatura. (YANG et al. 2016).

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies de bambu, distribuídas em quase todo o território nacional. As espécies nativas concentram-se na Região Amazônica, notadamente no estado do Acre, com as espécies *Guadua sarcocarpa* e *Guadua weberbaueri* e em alguns fragmentos da

Mata Atlântica nos estados de Santa Catarina e sul da Bahia com a espécie *Guadua tagoara* (FERREIRA, 2014).

Alguns estudos tem demonstrado a eficiência do bambu ao ser utilizado para produzir compósitos, como painéis compensados, painéis laminados, painéis de partículas orientadas, painéis de partículas de bambu e compósitos plásticos de bambu (MAHDAVI et al., 2012; FEBRIANTO et al., 2010; QI, et al., 2014; ALMEIDA, et al., 2017; SONG, et al., 2018). No entanto, o bambu apresenta algumas desvantagens, já que é um material higroscópico que perde e ganha umidade de acordo com a umidade relativa do ambiente até atingir sua umidade de equilíbrio higroscópico, é suscetível ao ataque de fungos apodrecedores e insetos, além de ser de difícil tratamento com preservativos, devido a ausência de células de raios e da camada externa impermeável (KAMARUDIN; SUGIYANTO, 2012).

Nos últimos anos houve um crescente interesse por pesquisas sobre o processo de modificação térmica da madeira devido as vantagens proporcionadas ao produto e ao forte apelo ambiental já que o tratamento não utiliza produtos químicos. Este processo é caracterizado pela aplicação de calor no material que se objetiva tratar, provocando o início da degradação de seus componentes químicos fundamentais, sobretudo as hemiceluloses, que são os mais sensíveis à ação do calor, resultando na obtenção de um produto, com características diferenciadas, quando comparado ao material em condições normais (BRITO et al., 2006). Dessa forma, a modificação térmica surge como uma alternativa para melhorar a utilização de madeiras e materiais lignocelulósicos com características indesejáveis do ponto de vista tecnológico, diversificando seus usos e ampliando seu potencial econômico.

No entanto, as informações sobre tratamento térmico bambu ainda são limitadas. Estudos que mostram o efeito do tratamento térmico nas propriedades físicas do bambu

apontam que a perda de massa do material tratado aumenta com o aumento das temperaturas e durações do tratamento (NGUYEN et al., 2012; WAHAB et al., 2005). Apesar de haver decréscimos de densidade durante o processo de aquecimento, o material tratado termicamente pode apresentar melhor estabilidade dimensional, decorrente da menor absorção de umidade (SALIM et al., 2010).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do tratamento térmico nas propriedades físicas (densidades básica e aparente, coeficiente de contração volumétrica, taxa de absorção de água e teor de umidade de equilíbrio) de duas espécies de bambu: *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides*.

Materiais e Métodos

Material e tratamento térmico

Foram coletados 50 colmos, aparentemente maduros, de duas espécies de bambu *Phyllostachys aurea* Rivière & C. Rivière e *Bambusa tuldooides* Munro. As duas espécies foram coletadas dentro da área experimental da EMBRAPA Agrobiologia, localizada no município de Seropédica, RJ, a 22°44' S e 43°42' O e altitude em torno de 26 m. O clima, segundo Köopen, é do tipo Aw, com verões chuvosos e invernos secos.

Os colmos considerados maduros foram aqueles que estavam localizados mais internamente nas touceiras, sem presença da bainha protetora do nó, sem a presença da coloração residual esbranquiçada onde se localizava a bainha, e colmos que perderam o brilho natural com presença de manchas de cores diversas. Após a coleta, os colmos foram seccionados em seções de aproximadamente 50 cm de comprimento, oriundas da região mediana dos mesmos. De cada seção foi retirada o diafragma para facilitar a secagem

em câmara climática a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa (UR).

Depois de climatizadas, as amostras foram identificadas e pesadas. Suas dimensões foram tomadas nas duas extremidades com duas medições para diâmetro externo e diâmetro interno. Nas extremidades, a espessura foi medida em quatro pontos diametralmente opostos. Em seguida, foi calculado o volume e a densidade aparente da amostra.

O tratamento térmico dos bambus foi realizado em um forno mufla elétrico laboratorial, com dimensões internas de 600 x 600 x 700 mm e equipado com sistema de controle de temperatura e tempo. O tratamento foi realizado em quatro etapas: 1) aquecimento do material até 100°C durante 60 minutos; 2) aumento até a temperatura desejada (160, 180 ou 200°C) durante 60 minutos; 3) tempo de permanência na temperatura de tratamento (15, 30 e 45 minutos); e 4) resfriamento do material. Após o tratamento, as amostras foram recondicionadas em câmara climática até atingir o teor de umidade de equilíbrio e utilizadas para determinação das propriedades físicas.

Ensaio físicos

As propriedades físicas avaliadas neste estudo foram: densidades básica e aparente, coeficiente de contração volumétrica, taxa de absorção de água e teor de umidade de equilíbrio. Para tanto, algumas adaptações foram realizadas, em decorrência da forma cilíndrica do bambu. Assim, as seções com 50 cm de comprimento foram cortadas em amostras de 5 cm de comprimento, para espécie *Phyllostachys aurea* e 7 cm para a espécie *Bambusa tuldoides*, obedecendo uma razão de aproximadamente 1,5 entre o comprimento das amostras e o seu diâmetro médio externo. Depois de produzidos os corpos de prova, as amostras foram novamente recondicionadas em câmara climática a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ UR até atingirem massas constantes.

As densidades básica e aparente, o coeficiente de contração volumétrica e o teor de umidade de equilíbrio foram determinados segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), enquanto a taxa de absorção de água foi determinada pela Equação 1.

$$Ta = (M_U - M_S) / M_S \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

em que: Ta : taxa de absorção de água da amostra (%); M_U : massa da amostra após imersão em água por 24 horas (g); M_S : massa da amostra seca em estufa à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (g).

Análises estatísticas

No delineamento experimental, as variáveis independentes estudadas foram a temperatura (160, 180 e 200°C) e o tempo (15, 30 e 45 minutos) de tratamento.

Quando as variáveis dependentes apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), num delineamento experimental fatorial desbalanceado com cinco repetições, resultando em 10 tratamentos. Quando os pressupostos do campo paramétrico não foram atendidos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Como a interação entre os fatores não foi significativa para nenhuma espécie, os testes de comparação entre as médias foram realizados considerando a média de todas as temperaturas dentro de cada tempo de tratamento e de todos os tempos dentro de cada temperatura. Quando pertinentes, foram feitas pelo teste de Tukey, no campo paramétrico e pelo de Dunn, no campo não paramétrico, a 5% de significância. Transformações de variável (\log_{10}) permitiram a normalização de algumas variáveis e deste modo à aplicação de ANOVA.

Resultados e Discussão

Densidades básica e aparente

Para as amostras controle, a densidade básica das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides* foram de $0,53 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

e 0,70 g.cm⁻³, respectivamente (Tabelas 1 e 2). Os valores de desvio padrão da densidade aparente de *Phyllostachys aurea* aumentaram à medida que a temperatura de tratamento aumentou, sendo que o valor do desvio é de 0,03 g.cm⁻³ para o controle e de 0,12 g.cm⁻³ para a temperatura de 200°C. Este fenômeno ocorre para a densidade básica, já para a espécie *Bambusa tuldoides*, o fenômeno de aumento de variabilidade não ocorreu com o aumento da temperatura.

A densidade básica da espécie *Phyllostachys aurea* não se alterou com o tempo do tratamento, mesmo quando comparado ao controle (Tabela 1). Para a densidade aparente, observa-se que os valores das amostras tratadas foram praticamente os mesmos das amostras sem tratamento e que o efeito do tempo de aquecimento não foi significativo. Todavia, o efeito da temperatura na densidade básica e aparente da espécie *Phyllostachys aurea* foi significativo, demonstrando que há perda de massa conforme o aumento da temperatura.

Tabela 1. Médias das densidades básica e aparente da espécie *Phyllostachys aurea* em função do tempo e da temperatura de modificação térmica.

Table 1. Mean values of the basic and air-dry densities of the *Phyllostachys aurea* species as a function of the time and temperature of the heat treatment.

Densidade (g.cm ⁻³)	Tempo de tratamento (minutos)			
	Controle	15	30	45
db ²	0,508 a [22,80]	0,507 a [23,40]	0,562 a [31,33]	0,522 a [22,67]
da ¹	0,600 a (0,03)	0,604 a (0,14)	0,654 a (0,09)	0,643 a (0,12)
Densidade (g.cm ⁻³)	Temperatura de tratamento (°C)			
	Controle	160	180	200
db ¹	0,508 ab (0,03)	0,577 a (0,07)	0,547 ab (0,09)	0,467 b (0,10)
da ¹	0,600 ab (0,03)	0,679 a (0,09)	0,660 ab (0,10)	0,564 b (0,12)

db: densidade básica. da: densidade aparente. Valores entre parênteses são os desvios padrões. Valores entre colchetes são médias dos postos ordenados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelos testes de Tukey e Dunn (p > 0,05). ¹Análise de variância. ²Análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis.

O tempo de tratamento não teve efeito significativo nas densidades básica e aparente de *Bambusa tuldoides* (Tabela 2), mostrando apenas uma tendência de redução da densidade aparente, à medida que se aumentou o tempo de tratamento.

Tabela 2. Médias das densidades básica e aparente da espécie *Bambusa tuldoides* em função do tempo e da temperatura de modificação térmica.

Table 2. Mean values of the basic and air-dry densities of the *Bambusa tuldoides* species as a function of the time and temperature of the heat treatment.

Densidade (g.cm ⁻³)	Tempo de tratamento (minutos)			
	Controle	15	30	45
db	0,660 a (0,04)	0,703 a (0,05)	0,700 a (0,03)	0,689 a (0,03)
da	0,875 a (0,04)	0,886 a (0,06)	0,885 a (0,05)	0,869 a (0,03)
Densidade (g.cm ⁻³)	Temperatura de tratamento (°C)			
	Controle	160	180	200
db	0,660 a (0,04)	0,700 a (0,04)	0,695 a (0,04)	0,698 a (0,05)
da	0,875 a (0,03)	0,893 a (0,05)	0,879 ab (0,06)	0,868 b (0,07)

db: densidade básica. da: densidade aparente. Valores entre parênteses são desvios padrões. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Quanto ao efeito da temperatura, esta foi observada apenas para a densidade aparente, quando comparado à densidade das amostras controle com aquelas das amostras tratadas a 200°C. Nenhum efeito foi observado para a densidade básica.

Estudos com espécies de madeira e bambu indicam que a densidade diminui com a aplicação do tratamento térmico (WAHAB et al., 2010; COLLA et al., 2011; GARCIA et al., 2012). Segundo os autores este fato está relacionado à degradação dos polímeros da parede celular, especialmente das hemiceluloses que acarretam uma perda de massa no material. Entretanto, Brito et al. (2006) verificaram um aumento não significativo da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* modificada termicamente em relação à madeira controle, quando tratada a 140°C. Os autores

explicaram que este resultado foi causado uma vez que o aumento da temperatura não foi suficiente para provocar uma perda de massa na mesma proporção da redução do volume de madeira.

Coeficiente de contração volumétrica

Ao analisar o efeito do tempo de tratamento térmico nos valores de contração volumétrica (Tabela 3), nota-se que não houve diferenças significativas entre o tempo de exposição (15, 30 e 45 minutos), para ambas as espécies. Contudo, para a espécie *Phyllostachys aurea* houve diferenças significativas entre o controle e os tratamentos.

Tabela 3. Médias do coeficiente de contração volumétrica das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* em função do tempo e da temperatura de modificação térmica.

Table 3. Mean values of the volumetric shrinkage of the *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldooides* species as a function of the time and temperature of the heat treatment.

Contração Volumétrica (%)	Tempo de tratamento (minutos)			
	Controle	15	30	45
• <i>V_{P.aurea}</i>	18,2 a (4,71)	13,9 b (3,79)	11,45 b (4,78)	16,12 b (3,19)
• <i>V_{B.tuldooides}</i>	17,0 a (0,92)	17,5 a (2,71)	16,6 a (2,81)	18,3 a (2,71)
Contração Volumétrica (%)	Temperatura de tratamento (°C)			
	Controle	160	180	200
• <i>V_{P.aurea}</i>	18,2 a (4,71)	14,9 ab (2,94)	13,2 bc (4,62)	10,6 c (3,29)
• <i>V_{B.tuldooides}</i>	17,0 a (0,76)	20,6 a (2,42)	20,0 a (2,46)	11,8 b (3,95)

•v: contração volumétrica. Valores entre parênteses são desvios padrões. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelos testes de Tukey ($p > 0,05$).

O efeito da temperatura de tratamento na contração volumétrica foi semelhantes entre as espécies de bambu, tendo sido observado redução no coeficiente de contração volumétrica com o aumento da temperatura, evidenciando uma maior estabilidade dimensional para o bambu tratado, o que corrobora com os resultados de outros autores (MANALO; ACDA, 2009; COLLA, 2011; YANG et al., 2016).

Entretanto, para o *Bambusa tuldooides*, esta redução foi significativa somente para o bambu tratado a 200°C. Colla et al., (2011) observaram alterações dimensionais consideráveis nas células de parênquima de *Dendrocalamus giganteus* quando tratados a temperatura acima de 180°C, com forte contração destas células, ou melhor, forte formação de colapso.

Nascimento; Della Lucia (1994) ao estudarem a espécie de bambu *Dendrocalamus giganteus* observou que o coeficiente de contração volumétrica foi inversamente proporcional à densidade básica. Os autores afirmaram que a baixa estabilidade dimensional atribuída ao bambu está relacionada à porcentagem de células de parênquima (de paredes celulares delgadas) que colapsam durante a perda de água livre, mascarando dessa forma, os resultados de contração.

A espécie *Phyllostachys aurea* possui densidade menor que *Bambusa tuldooides*, indicando maior quantidade de células parenquimáticas e maior percentual de feixes fibrovasculares (SANTHOSHKUMAR; BHAT, 2014). A correlação entre densidade e contração para bambu é inversa quando comparada à madeira, pois os tecidos parenquimatosos, que possuem paredes celulares mais delgadas, são conseqüentemente mais sujeitos os colapsos intensos (LIESE, 1986; NASCIMENTO; DELLA LUCIA, 1994). Portanto, é de se esperar que estas alterações dimensionais fossem mais intensas para *Phyllostachys aurea*, para uma temperatura mais elevada, pois é composta por material menos denso.

Colla et al. (2011) estudaram o efeito do tratamento térmico nas propriedades físicas e mecânicas de *Dendrocalamus giganteus* e observaram por imagem microscópicas digitalizadas, a formação de intensos colapsos em células de parênquima, a partir da temperatura de 180°C.

Liese (1986) observou que, quanto maior a densidade básica, menor a expansão do bambu e que o colapso é o

defeito de secagem mais sério do bambu, sendo o grau de severidade do colapso variável de espécie para espécie.

Taxa de absorção de água

Para a espécie *Phyllostachys aurea*, o comportamento da taxa de absorção de água em função do tempo e da temperatura de tratamento foi semelhante (Tabela 4), pois as médias foram significativamente menores quando comparadas ao controle, chegando a uma redução de aproximadamente 50% na absorção de água.

Tabela 4. Médias da taxa de absorção de água das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides* em função do tempo e da temperatura de modificação térmica.

Table 4. Mean values of the water absorption rate of the *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldoides* species as a function of the time and temperature of the heat treatment.

Absorção de Água (%)	Tempo de tratamento (minutos)			
	Controle	15	30	45
$Ta_{P.aurea}$	85,15 a (5,90)	42,50 b (11,16)	45,45 b (14,92)	39,59 b (11,39)
$Ta_{B.tuldoides}$	66,75 a [4,20]	30,72 b [3,41]	29,07 b [3,33]	26,99 b [3,26]
Absorção de Água (%)	Temperatura de tratamento (°C)			
	Controle	160	180	200
$Ta_{P.aurea}$	85,15 a [4,44]	46,78 b [3,83]	47,54 b [3,81]	33,21 c [3,48]
$Ta_{B.tuldoides}$	66,75 a [4,20]	35,10 a [3,56]	29,94 a [3,39]	21,74 a [3,06]

Ta: taxa de absorção de água. Valores entre parênteses são desvios padrões. Valores entre colchetes são médias dos dados transformados (log10). Médias com a mesma letra não diferem entre si pelos testes de Tukey ($p>0,05$).

Para a espécie *Bambusa tuldoides*, considerando o tempo, observa-se que houve diferenças significativas entre o material tratado e o não tratado. Para a temperatura, as amostras controle não se diferenciaram das tratadas a 160, 180 e 200°C. As amostras tratadas a 200°C apresentaram as menores taxas de absorção quando comparadas ao controle, com uma redução de aproximadamente 60%.

Yang et al. (2016), ao avaliarem o efeito da modificação térmica nas propriedades de Bambu Mosa observaram que tratamento térmico reduziu a higroscopicidade do bambu e o

teor de equilíbrio higroscópico, mesmo a 150°C. Entretanto, a redução destas propriedades é constatada com aumento da temperatura de tratamento, particularmente quando foi aumentada para 210°C.

A umidade da madeira diminui em até 50% durante o tratamento térmico a 220°C, devido à degradação das hemiceluloses. As celuloses de madeira geralmente se degradam a temperaturas de tratamento entre 200 e 240°C, com a porção não cristalina da madeira se degradando primeiro, aumentando assim o grau de cristalinidade da celulose, ocasionando a diminuição da higroscopicidade do material (TOMAK et al., 2014; LEE et al., 2018).

Teor de umidade de equilíbrio

A análise do efeito do tempo de tratamento no teor de umidade de equilíbrio foi semelhante para as espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides*, evidenciando que as amostras controle apresentaram maior valor médio (15,66 e 15,63%, consecutivamente), diferindo significativamente dos tratamentos (15, 30 e 45 minutos), os quais, não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Médias do teor de umidade de equilíbrio das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides* em função do tempo e da temperatura de modificação térmica.

Table 5. Mean values of the equilibrium moisture content of the *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldoides* species as a function of the time and temperature of the heat treatment.

Teor de Umidade (%)	Tempo de tratamento (minutos)			
	Controle	15	30	45
$TUE_{P.aurea}$	15,66 a (0,93)	9,07 b (1,56)	8,36 b (1,76)	8,65 b (1,82)
$TUE_{B.tuldoides}$	15,63 a (1,03)	9,80 b (2,30)	9,16 b (2,22)	8,32 b (2,14)
Teor de Umidade (%)	Temperatura de tratamento (°C)			
	Controle	160	180	200
$TUE_{P.aurea}$	15,66 a (0,93)	10,14 b (1,09)	8,84 c (1,37)	7,11 d (1,06)
$TUE_{B.tuldoides}$	15,62 a (1,03)	11,39 b (1,05)	9,44 c (0,59)	6,45 d (1,11)

TUE: teor de umidade de equilíbrio. Valores entre parênteses são desvios padrões. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelos testes de Tukey ($p>0,05$).

Para as duas espécies estudadas o efeito da temperatura de tratamento no teor de umidade de equilíbrio foi significativo, mostrando diminuição significativa com o aumento da temperatura de tratamento, sendo que valores mais baixos foram notados na temperatura de 200°C.

A aplicação do tratamento térmico em bambu proporcionou uma redução substancial no teor de umidade de equilíbrio nas amostras, conforme o aumento da temperatura. Estes resultados corroboram com os observados por Fang et al. (2013), onde o bambu tratado absorveu menos água do que a amostra não tratada, resultando principalmente de uma diminuição dos grupos hidroxila dos polissacarídeos.

Conclusões

A modificação térmica alterou as densidades básica e aparente das espécies *Phyllostachys aurea*. Para a espécie *Bambusa tuldoidea* a diminuição da densidade aparente foi observada apenas no tratamento de maior temperatura.

A modificação térmica reduziu a taxa de absorção de água e o teor de umidade de equilíbrio de ambas as espécies de bambu.

A espécie *Bambusa tuldoidea* apresentou uma menor contração volumétrica quando tratado a 200 °C.

Referências

ALMEIDA, A. C.; ARAUJO, V. A.; MORALES, E. A. M.; GAVA, M.; MUNIS, R. A.; GARCIA, J. N.; BARBOSA, J. C. Wood-bamboo particleboard: mechanical properties, **BioResources**, v. 12, p. 7784–7792, 2017.

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

AZZINI, A.; SANTOS, R. L.; PETTINELLI JR, A. Bambu: material alternativo para construções rurais. **Boletim Técnico**, 171:1-18, 1997.

BRITO J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO, G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, abr./jun. 2006.

COLLA W. A.; BERALDO A. L.; BRITO J. O. Effect of thermal treatment on the physicochemical characteristics of giant bamboo. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 361-367, jul./set. 2011.

FANG, H.; FANG, H.; WU, Q.; HU, Y.; WANG, Y.; YAN, X. Effects of thermal treatment on durability of short bamboo-fibers and its reinforced composites. **Fibers and Polymers**, v. 14, n. 3, p.436-440, mar. 2013.

FEBRIANTO, F.; HIDAYAT, W.; BAKAR, E. S.; KWON, G. J.; KWON, J. H.; HONG, S. I.; KIM, N. H. Properties of oriented strand board made from Betung bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes.f) Backer ex Heyne). **Wood Science Technol**, v. 46, p. 53–62, nov. 2010.

FERREIRA, E. J. A. O bambu é um desafio para a conservação e o manejo de florestas no sudoeste da Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 46-51, set. 2014.

FINNISH THERMOWOOD® Association. **ThermoWood® Handbook**. Helsinki; 2003.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook - Wood as an engineering material**. General Technical Report FPL–GTR–190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 508 p., 2010.

GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F.; MATOS, J. L. M.; SANTOS, W. A.; SILVA, R. F. M. Nondestructive evaluation of heat-treated *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood using stress wave method. **Wood Science and Technology**, v. 46, n. 1-3, p.41-52, out. 2010.

KAMARUDIN, N.; SUGIYANTO, K. The effect of heat treatment on the durability of bamboo *Gigantochloa scortechinii*. **Journal of Forestry Research**, v. 9, n. 1, p. 25-29, 2012.

LEE, C.; YANG, T. H.; CHENG, Y. W.; LEE, C. J. Effects of thermal modification on the surface and chemical properties of moso bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 178, p. 59-71, 2018.

- LIESE, W. Characterization and utilization of bamboo. In: Higuchi T, editor. **Bamboo production utilization**. Kyoto: Society of Bamboo Development and Protection; 1986.
- MAHDAVI, M.; CLOUSTON, P. L.; ARWADE, S. R. A low-technology approach toward fabrication of laminated bamboo lumber, **Construction and Building Materials**. v. 29, p. 257-262, 2012.
- MANALO, R. D.; ACDA, M. N. Effects of hot oil treatment on physical and mechanical properties of three species of Philippine bamboo. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n. 1, p. 19-24. 2009.
- NASCIMENTO, A. M.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades físicas da madeira do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro). **Revista Árvore**, v. 6, p. 1-7, 1994.
- NGUYEN, C.T.; WAGENFÜHR, A.; DAI, V. H.; BREMER, M.; FISCHER, S. The effects of thermal modification on the properties of two Vietnamese bamboo species, Part I: effects on physical properties. **BioResources**, v. 7, n. 4, p.5355-5366, 2012.
- QI, J. Q.; XIE, J. L.; HUANG, X. Y.; YU, W. J.; CHEN, S. M. Influence of characteristic inhomogeneity of bamboo culm on mechanical properties of bamboo plywood: effect of culm height. **Journal Wood Science**, v. 60, p. 396-402, dez. 2014.
- SALIM, R.; ASHAARI, Z.; SAMSI, H. W.; WAHAB, R.; ALAMJURI, R. H.; KINABALU, K. Effect of oil heat treatment on physical properties of Semantan bamboo, **Modern Applied Science**, v. 4, n. 2, p.107-113, jan. 2010.
- SANTHOSHKUMAR, R.; BHAT, K. V. Variation in density and its relation to anatomical properties in bamboo culms, *Bambusa bambos* (L.) Voss. **Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 3, p. 108-112, 2014.
- SONG, W.; ZHU, M.; ZHANG, S. Comparison of the properties of fiberboard composites with bamboo green, wood, or their combination as the fibrous raw material. **BioResource**, v. 13, n. 2, p. 3315-3334, mar. 2018.
- TOMAK, E. D.; USTAOMER, D.; YILDIZ, S.; PESMAN, E. Changes in surface and mechanical properties of heat treated wood during natural weathering. **Measurement**, v. 53, p. 30-39, jul. 2014.
- WAHAB, R; MOHAMAD, A.; SAMSI, H. W.; SULAIMAN, O. Effect of heat treatment using palm oil on properties and durability of Semantan bamboo. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 4, n. 3, p. 211-220, jul. 2005.
- YANG, T.; LEE, C. H.; LEE, C. J.; CHENG, Y. W. Effects of different thermal modification media on physical and mechanical properties of moso bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 119, p. 251-259, ago. 2016.