



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

FLÁVIA MARIA SILVA BRITO

**EFEITO DA TERMORRETIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS
DO BAMBU**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

FEVEREIRO - 2013

FLÁVIA MARIA SILVA BRITO

**EFEITO DA TERMORRETIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS
DO BAMBU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais e Linha de Pesquisa Tecnologia de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes

Coorientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

FEVEREIRO – 2013

Brito, Flávia Maria Silva, 1986-

B862e Efeito da termorretificação nas propriedades tecnológicas do bambu /
Flávia Maria Silva Brito. – 2013.
99 f. : il.

Orientador: Juarez Benigno Paes.

Coorientadores: José Tarcísio da Silva Oliveira, Marina Donária Chaves Arantes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Bambu. 2. Madeira. 3. Controle de temperatura. 4. Tratamento térmico. 5. Indústria madeireira. I. Paes, Juarez Benigno. II. Oliveira, José Tarcísio da Silva. III. Arantes, Marina Donária Chaves. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

**EFEITO DA TERMORRETIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES
TECNOLÓGICAS DO BAMBU**

Flávia Maria Silva Brito

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.


Aprovada em 26 de Fevereiro de 2013.



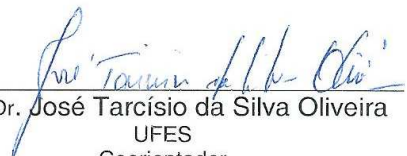
Prof. Dr. Humberto Fantuzzi Neto
UFES
Membro Externo



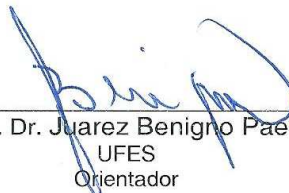
Prof.^a. Dr.^a. Graziela Baptista Vidaurre
UFES
Membro Interno



Prof.^a. Dr.^a. Marina Donaria Chaves
Arantes
UFES
Coorientadora



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
UFES
Coorientador



Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
UFES
Orientador

Ao Divino Pai Eterno, pela vida e oportunidade concedida,
Aos meus pais, minha eterna gratidão por tudo...
Afetuosamente Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, o grande arquiteto do Universo, pelo dom da vida e pela conclusão de mais uma etapa.

Aos meus pais, Fidelino Antônio Brito e Maria do Alívio Silva, que sempre foram luz no meu caminho, sem eles eu jamais teria conquistado esse título. Aos meus irmãos, Wagner Silva Brito e Wailson Silva Brito, pelo apoio e principalmente a minha irmã, Maria Adelina Silva Brito, pelo incentivo ao ingresso no mestrado e aconselhamentos.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pela oportunidade em realizar esta pesquisa. A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da bolsa de mestrado. A Empresa Hexion Química, pela doação do adesivo acetato de polivinila (PVA), utilizado nesse trabalho.

Ao Prof. Dr. Juarez Benigno Paes, pela paciência, orientação, incentivo, ensinamentos profissionais, sendo capaz de transmitir seus conhecimentos, os quais serão levados ao longo da minha caminhada e pela alegre convivência, desde o momento inicial desta jornada.

Aos coorientadores, Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e a Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes, pelas valorosas considerações realizadas no trabalho e pelos ensinamentos. À Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Viadurre, pelo apoio e confiança, desde o início do mestrado.

Ao Prof. Dr. Azarias Machado de Andrade do Laboratório de Energia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela liberação dos equipamentos do seu laboratório, para o desenvolvimento de parte da metodologia dessa pesquisa.

Aos Professores Dr. Humberto Fantuzzi Neto e Dr^a. Graziela Baptista Viadurre, pela participação na Banca Examinadora.

Ao mestrando Dercílio Verly Lopes Junior, pelo auxílio na coleta do bambu. Aos bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) Vinicius Avelino Medeiros e Larissa Dudecki, pela colaboração e

dedicação durante as etapas de realização deste trabalho. A Brunela Polastrelli Rodrigues, pelo auxílio na pesquisa de laboratório com anatomia. A Mayra Alves, pela dedicação e disposição, durante o período da termorreificação do bambu.

Ao marceneiro Eley Palácio Constantino pela confecção dos corpos de prova. Ao Sr. Ademar da Silva, pelo auxílio na extração e coleta dos bambus. Ao Prof. Dr. Nilton César Fiedler, pela liberação dos equipamentos para extração dos bambus. Aos técnicos do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM), José Geraldo Lima de Oliveira e Gilson Barbosa São Teago, pelo auxílio durante esta pesquisa.

Ao meu estimado amigo Theotônio Ângelo de Oliveira, verdadeiro anjo que sempre esteve ao meu lado, ao longo da minha caminhada e a todas as pessoas que me ajudaram mesmo, aqueles que não foram citados, meu muito obrigado.

“A simplicidade é o último degrau da sabedoria”

(Khalil Gibran)

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo geral.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. UTILIZAÇÕES DO BAMBU.....	4
2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DO BAMBU.....	5
2.3. ASPECTOS SILVICULTURAIS DO BAMBU.....	7
2.4. A ESPÉCIE <i>Dendrocalamus giganteus</i> MUNRO.....	8
2.5. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO BAMBU.....	9
2.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DO BAMBU.....	11
2.7. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E DURABILIDADE NATURAL DO BAMBU.....	12
2.8. ADESIVOS E MECANISMOS DE ADESÃO.....	13
2.9. BAMBU LAMINADO COLADO – BLC.....	14
2.10. PROCESSO DE TERMORRETIFICAÇÃO.....	16
2.11. DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA E DO BAMBU.....	18
2.12. AGENTES DETERIORADORES DA MADEIRA E DO BAMBU.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. PROCEDÊNCIA E COLETA DO BAMBU.....	22
3.2. TRATAMENTO POR IMERSÃO EM ÁGUA, SECAGEM E USINAGEM DAS TALISCAS.....	24
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS COLMOS DO BAMBU “IN NATURA”.....	25
3.4. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E QUÍMICA DOS COLMOS DE BAMBU.....	26
3.5. TERMORRETIFICAÇÃO DO BAMBU.....	28
3.6. ENSAIOS DE DURABILIDADE NATURAL COM BAMBU TERMORRETIFICADO.....	30
3.6.1. Ensaio com fungos xilófagos.....	30
3.6.2. Ensaio com térmitas xilófagos.....	32
3.7. FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS.....	33
3.7.1. Resorcinol formaldeído (“Cascofen RS-216-M”).....	33
3.7.2. Uréia formaldeído (“Cascamite PL-2030”).....	34
3.7.3. Acetato de polivinila (“Cascorez 2300”).....	36
3.8. APLICAÇÃO DO ADESIVO, PRENSAGEM, CONFECÇÃO E ACABAMENTO DAS AMOSTRAS.....	36
3.9. PROPRIEDADES FÍSICAS DO BLCTR.....	38
3.10. PROPRIEDADES MECÂNICAS DO BLCTR.....	39
3.11. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	40

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS COLMOS DE BAMBU.....	42
4.1.1. Umidade	42
4.1.2. Massa específica básica e anidra	42
4.1.3. Estabilidade dimensional	43
4.2. ANATOMIA DOS COLMOS DE BAMBU.....	45
4.3. ANÁLISES QUÍMICAS DO BAMBU TERMORRETIFICADO.....	47
4.4. AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA DAS TALISCAS TERMORRETIFICADAS.....	50
4.5. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA NATURAL DO BAMBU TERMORRETIFICADO A FUNGOS E TÉRMITAS XILÓFAGOS	51
4.5.1. Ensaio de resistência a fungos xilófagos	51
4.5.2. Ensaio de resistência a térmitas xilófagos	53
4.6. PROPRIEDADES FÍSICAS DO BLCTR.....	55
4.6.1 Massa específica básica	55
4.6.2. Estabilidade dimensional	56
4.7. ENSAIOS DE ADESÃO.....	60
4.7.1. Resistência ao cisalhamento na linha de cola	60
4.7.2. Resistência à compressão axial	64
4.7.3. Flexão estática	66
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICES	83
APÊNDICE A - Resumo das análises de variância para os ensaios de resistência natural	84
APÊNDICE B - Resumo das análises de variância para os ensaios de variação dimensional do BLCTR	85
APÊNDICE C - Resumo das análises de variância para os ensaios de adesão em função das propriedades mecânicas testadas	87

RESUMO

BRITO, Flávia Maria Silva. **Efeito da termorreificação nas propriedades tecnológicas do bambu**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro - ES, Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes. Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes.

Este trabalho teve como objetivos avaliar as características anatômicas e físicas do bambu “in natura”, analisar os efeitos da termorreificação nas propriedades tecnológicas do bambu laminado colado termorreificado (BLCTR) e na sua durabilidade natural. Foram coletados quatro colmos em idade adulta e cortados a cada 2,0 m, divididos em quatro secções no sentido longitudinal sendo imersas em água durante 10 dias e secas ao ar. As secções foram transformadas em taliscas com dimensões de 0,5 x 3,5 x 45 cm (espessura x largura x comprimento) e tratadas termicamente a 100, 140, 160, 180 e 200°C, durante uma hora para cada temperatura. Os adesivos utilizados foram o “Cascophen RS-216-M”, à base de resorcinol - formaldeído, “Cascamite PL-2030”, à base de uréia - formaldeído, ambos termofixos e um termoplástico à base de acetato de polivinila, “Cascorez 2500”. As taliscas termorreificadas foram dimensionadas conforme cada ensaio realizado. Observou-se que os colmos de bambu possuem uma frequência de vasos de 0 a 4 vasos.mm⁻² com média de 2 vasos.mm⁻², fibras longas e estreitas com comprimento médio de 2,72 mm. A massa específica básica de 0,66 g.cm⁻³ e a retratibilidade volumétrica de 15,41%. Os teores de extrativos e lignina total aumentaram, conforme o incremento da temperatura, e o teor de holocelulose foi reduzido. A partir da temperatura de 160 °C ocorreu um ganho na durabilidade natural do bambu e na estabilidade dimensional do BLCTR aderido com RF, porém houve uma queda nos valores da massa específica básica e na resistência mecânica do material.

Palavras-chave: Tratamento térmico, *Dendrocalamus giganteus*, Adesivos, Laminado colado, Ensaios biológicos.

ABSTRACT

BRITO, Flávia Maria Silva. **Effect of the thermal treatment in the technological properties of the bamboo**. 2013. Dissertation (Master's degree in Forestry Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro - ES. Adviser: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes. Co adviser: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Prof. Dra. Marina Donária Chaves Arantes.

This work aimed to evaluate the physical and anatomical characteristics of bamboo "in natura", analysing the effects of thermal treatment on the technological properties of glued laminated bamboo thermo-modified (GLBT) and in your natural durability. A total of four culms were collected in age adulthood and cut every to 2.0 m and divided into four lengthwise sections that were immersed in water for 10 days and air-dried. The sections were transformed into flights with dimensions of 0.5 x 3,5 x 45 cm (thickness x width x length) and thermal treated to 100, 140, 160, 180 and 200 °C for one hour for each temperature. The adhesives used were "Cascofen RS-216-M", based resorcinol – formaldehyde, "Cascamite PL-2030", based on urea - formaldehyde, both thermoset and thermoplastic based on one polyvinylacetate, "Cascorez 2500". The flights thermal treated were scaled according to each proposed test. It was observed that the bamboo culms have a frequency of 0 to 4 vessels.mm⁻², whit mean of vessels.mm⁻², with long and narrow fibres with length average of 2.72 mm. The basic specific gravity was of 0.66 g.cm⁻³ and volumetric shrinkage of 15.41%. The total extractives and lignin contents increased as the temperature increase, and holocellulose content has been reduced. Since the temperature of 160 °C was a gain in durability natural bamboo and the dimensional stability of GLBT adhered to RF, but there was a decrease in the values of specific gravity and mechanical properties of the material.

Keywords: Thermal treatment, *Dendrocalamus giganteus*, Adhesives, Glued Laminate, Biological assays.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos oriundos da madeira, construção de estradas, áreas destinadas a pastagens e a exploração ilegal de madeira são alguns fatores que vem ocorrendo num ritmo cada vez mais acentuado, resultando no desmatamento de espécies arbóreas nativas e na redução de suas áreas, que pode refletir nas mudanças climáticas globais. Diante destes fatos, torna-se necessário pesquisar materiais alternativos, de caráter renovável e que possam suprir tal demanda. O bambu se destaca como um material excelente por causa de suas características físico-mecânicas, baixo custo, facilidade de obtenção e versatilidade.

Há um grande interesse pelo bambu, como material alternativo para estruturas simples em propriedades rurais. Dentre os principais fatores responsáveis pela crescente utilização do bambu destaca-se o baixo custo (BERALDO et al., 2003). O bambu pode ser utilizado para pisos, painéis laminados de fibras e de partículas, material estrutural para construção civil, objetos e utensílios de forma geral (MOIZÉS, 2007), além de matéria prima para celulose.

Os componentes fundamentais do bambu são celulose, hemicelulose e lignina, em baixas proporções são encontradas resinas, ceras, taninos e sais (LIESE, 1998; COSTA, 2004). Conforme a idade do colmo ele pode ser utilizado para brotos comestíveis (um ano de idade) até utilizações estruturais (com três a cinco anos de idade) e por volta de 10 a 12 anos o colmo começa a deteriorar na touceira e perder resistência mecânica (PEREIRA; BERALDO 2008).

Segundo os mesmos autores, em função da constituição anatômica e da quantidade de nutrientes, os bambus possuem suscetibilidade ao ataque de fungos e insetos xilófagos. A vida útil dos colmos esta associada à forma de tratamento que é aplicado nos colmos e a destinação do seu uso.

Alguns métodos de tratamento químico vêm sendo empregados para aumentar a resistência natural do bambu contra organismos xilófagos, entretanto os compostos químicos utilizados podem ser prejudiciais ao homem e ao

ambiente. A termorreificação é um tipo de tratamento que utiliza a temperatura para aumentar a resistência natural e melhorar a estabilidade dimensional. É um procedimento simples, podendo ser reproduzido em larga escala. Segundo Rodrigues e Rousset (2009), durante o tratamento da termorreificação ocorrem alterações físicas, químicas e mecânicas, à medida que os níveis de temperatura são elevados, e agrega maior valor ao produto final.

Existem poucos estudos com termorreificação no Brasil, apesar dos benefícios que este tratamento proporciona e que já foram comprovados cientificamente com espécies de madeira na Europa (PINCELI et al., 2002). Os efeitos do tratamento térmico sobre a madeira incluem redução da higroscopicidade, maior estabilidade dimensional, melhora a resistência natural e a dureza superficial, melhor compatibilidade da superfície com componentes orgânicos, redução da flexibilidade da madeira, alteração da cor e aumento na resistência das madeiras a intempéries (MODES, 2010).

De acordo com Ferreira (2002), as propriedades de resistência do bambu, podem variar naturalmente entre as espécies e dentro do mesmo indivíduo em função da sua origem biológica. As dimensões do bambu são alteradas em função de uma rápida absorção e liberação de água, por isto em presença de umidade, o mesmo tende a variar suas dimensões, pelo afastamento de suas células (FERREIRA, 2007).

A variação dimensional pode ser prejudicial para algumas aplicações do bambu, como em lâminas utilizadas para confecção do bambu laminado colado (BLC). O BLC consiste na colagem de lâminas com emprego de adesivos, como forma de unir as faces entre si. Destaca-se que o adesivo é um material de alto custo, por isso o correto é definir o tipo e a quantidade a ser utilizada, para otimizar a relação custo-benefício (MENDES, 2010).

Assim, para o emprego correto do bambu como matéria prima economicamente viável, é aconselhável realizar estudos com avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos colmos que são influenciadas pela temperatura e tempo de termorreificação. O objetivo é produzir um material com melhores características físicas e resistentes aos fungos apodrecedores e com

menores perdas na resistência mecânica. O efeito da termorretificação sobre o BLC, ainda é alvo de pesquisas no Brasil, desta forma, poderão ser estabelecidos parâmetros de dimensionamento e da utilização de processos industriais que possam viabilizar economicamente a utilização do bambu em grande escala.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da termorretificação nas propriedades físicas, químicas, adesivas e de durabilidade natural do bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro).

1.1.2. Objetivos específicos

-
- Avaliar as propriedades anatômicas e físicas do bambu “in natura”;
- Analisar a composição química e a redução de massa das taliscas termorretificadas;
- Verificar os efeitos da termorretificação na qualidade do bambu laminado colado;
- Averiguar a massa específica básica e a retratibilidade do bambu laminado colado termorretificado; e
- Pesquisar o efeito da termorretificação na resistência do bambu aos fungos deterioradores *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum* e ao cupim *Nasutitermes* sp.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. UTILIZAÇÕES DO BAMBU

O bambu é utilizado desde os tempos mais remotos e pode ser aproveitado como alimento humano, forragem animal, biomassa energética, material de construção, matéria prima industrial em diversos setores, artesanato e movelarias. Desta forma, gera emprego e influencia na renda dos países que processam e utilizam o bambu.

Segundo Azzini et al. (1987) esta gramínea despertou o interesse do setor de celulose e papel, localizado na Região Nordeste do Brasil, principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Piauí, Maranhão e Bahia onde a área reflorestada atinge mais de 40 mil hectares. Destaca-se o Grupo João Santos, que é pioneiro no cultivo do bambu e produz celulose a partir do *Bambusa vulgaris*, cultivado em encostas. Possui um grande plantio no Estado de Pernambuco (TAVARES, 1999).

Segundo Cardoso Junior (2008), os plantios de bambu nos Estados de Pernambuco e Maranhão, produzem 72 mil toneladas anuais de matéria prima, que são utilizadas para confecção de uma grande quantidade de embalagens para cimento e papelão que são utilizados no Brasil. As Regiões Sul e Sudeste do Brasil possuem as maiores áreas com plantios de bambu e o objetivo principal é fornecer varas brutas ou tratadas, além de serem utilizados para outros fins, como movelaria, vara de pescar, brotos comestíveis e artesanato.

Em relação à biomassa energética, o poder calorífico do bambu é equivalente ou superior ao pinus e eucalipto e sua capacidade de renovação, caracteriza essa planta como fonte renovável de energia (BOLETIM FLORESTAL, 2007). A carbonização do bambu pode ser realizada em fornos simples, em pequenas comunidades (PRESZNHUK, 2004). Brito et al. (1987) realizaram uma pesquisa com *Bambusa vulgaris vittata*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia* e determinaram que o rendimento

gravimétrico médio do carvão das espécies estudadas foi de 30,7%; 43,6% de licor pirolenhoso e 35,7% de gás não condensável.

Segundo Pereira (2001), esta gramínea tem alto poder de fixação de carbono, inclusive pode fixar mais do que as árvores, auxiliando no combate ao efeito estufa e protegendo o solo contra erosão. Seu plantio pode ser operacionalizado em terrenos acidentados, sendo indicado para recuperação de áreas degradadas, uma vez que, seu plantio não necessita de solos férteis.

O bambu pode ser utilizado na área medicinal. Nos países do Oriente, do colmo e das folhas são extraídos anti-térmicos, loção para os olhos e ainda produtos como enzimas, hormônios, substâncias para cosméticos, tecidos, papel, cordas, óleos comestíveis e filtros de café (BRANDÃO, 2008).

Por razões culturais, existe um preconceito no Brasil, em relação à aceitação do bambu como material confiável e durável, em função disto sua utilização é limitada. No País, o bambu é utilizado como vara-de-pesca, artesanato, brotos comestíveis, móveis e indústrias que utilizam suas fibras para produção de celulose e papel. Além da falta de conhecimento do potencial do bambu por parte da população, sua pouca utilização se deve à falta de tecnologia apropriada para o seu processamento.

2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DO BAMBU

O bambu pertence à família das gramíneas (Poaceae ou Gramineae), sendo classificado como planta lenhosa, angiosperma (monocotiledônea), constituído por duas regiões, uma aérea e outra subterrânea. A estrutura do bambu inclui rizomas, colmos, galhos, folhas e podem possuir flores, frutos e sementes alternadamente ou simultaneamente. Os colmos, que formam a parte aérea do bambu são constituídos por nós e entrenós intercalados. À medida que a planta se desenvolve, cada novo nó e entrenó são envolvidos por uma folha caulinar protetora, denominada bainha (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

Souza (2005) citou que o rizoma é um caule subterrâneo com vários nós e entrenós, com folhas reduzidas a escamas e se desenvolve paralelamente em relação à superfície do solo e não deve ser confundido com a raiz que é uma região distinta da planta. Basicamente existem dois grupos distintos de bambus quanto ao tipo de rizoma: os que formam touceiras (simpodiais) e os alastrantes (monopodiais).

Para Silva et al. (2011), os bambus entouceirantes são típicos de regiões quentes e tropicais com rizomas curtos, desenvolvendo brotos e novos colmos próximos dos já existentes. A formação de novos rizomas e colmos ocorre anualmente de forma contínua. A forma de distribuição dos rizomas resulta em um agrupamento de colmos na forma de touceira, e os bambus do segundo grupo possuem boa resistência às baixas temperaturas, sendo encontrados normalmente em zonas temperadas. Os rizomas são longos e desenvolvem seus brotos e colmos afastados, por esta razão seu crescimento tem um aspecto menos compacto do que os entouceirantes.

O bambu possui 50 gêneros e 1.250 espécies (NUNES, 2005), entretanto há controvérsias sobre esta informação, visto que, há dificuldade para identificá-los, pois florescem normalmente apenas uma vez ao longo da vida. Estão distribuídos entre as latitudes 46° Norte e 47° Sul, em altitudes que variam de 0 a 4.000 m. É possível encontrar espécies nativas em todos os continentes com exceção da Europa, sendo 62% das espécies nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania.

No Brasil é possível encontrar 89% de todos os gêneros conhecidos no mundo e 65% de todas as espécies conhecidas na América (GUIMARÃES et al., 2010). Espécies nativas de bambu no Brasil podem ser encontradas na Floresta Amazônica (Acre), Parque Nacional do Iguaçu e nas margens de alguns rios do Pantanal. As espécies lenhosas são encontradas nos Estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná (VASCONCELLOS, 2013).

Segundo Rivero (2003), esta gramínea pode se desenvolver em condições extremas de temperatura. Em condições de alta umidade relativa e temperaturas variando de 8,8 a 36 °C, o bambu cresce bem, mas algumas espécies tem o

mesmo desenvolvimento em temperaturas inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, no Japão. A média diária de crescimento longitudinal é de 25 cm.dia^{-1} , conforme a espécie.

No Brasil é comum encontrar espécies, como *Bambusa tuldoides* (bambu comum), *Bambusa vulgaris* (bambu verde), *Bambusa vulgaris* var. *vittata* (bambu imperial, amarelo), *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante, balde) e algumas espécies dos Gêneros *Phyllostachys* sp. e *Guadua* sp. (FERREIRA, 2007), além da taquara, taquaruçu, jativoca e taboca.

2.3. ASPECTOS SILVICULTURAIS DO BAMBU

Em relação ao potencial silvicultural do bambu, destacam-se algumas características como perenidade, produção de colmos de forma assexuada ano após ano, não havendo a necessidade de replantio (PEREIRA, 2001), além do grande rendimento anual por área e crescimento rápido. Tomando alguns cuidados, como época ideal para plantio e colheita, região exata do corte dos colmos e uso de ferramentas apropriadas é possível revigorar e revitalizar o bambuzal, após a extração dos colmos, por isto é classificado como espécie única que permite um usufruto continuado e totalmente renovável.

A escolha das técnicas utilizadas o plantio do bambu depende da quantidade de recursos, transporte e tecnologia. O método mais utilizado é a propagação vegetativa, que pode ser obtida por meio da separação de colmos, rizomas ou galhos. É fundamental observar se existem gemas intactas que normalmente são encontradas em bambus jovens de até um ano de idade (VASCONCELLOS, 2013).

Pereira e Beraldo (2008) destacaram alguns cuidados que devem ser tomados na fase do plantio, como as regas, que devem ser frequentes, e com o ataque de formigas saúvas, principalmente em mudas jovens e a remoção do mato que deve ser eliminado no início do plantio, para não competir com as mudas e interferir no seu crescimento. O espaçamento varia em função da espécie e da finalidade a que se destina um plantio.

Para Rivero et al. (2004), a espécie e a idade de corte são fatores essenciais no momento do abate das hastes de bambu, pois podem influenciar no produto final. Como exemplo, citam-se os elementos estruturais em que a resistência é fundamental e devem ser utilizados apenas os colmos maduros e completamente lignificados. Mercedes (2006) recomendou o corte do bambu, acima do primeiro nó do colmo, em relação ao nível do solo. Essa prática deve ser realizada anualmente após três a cinco anos, contados a partir do plantio do bambuzal (considerando a espécie e a utilidade para qual a espécie será cultivada).

Por causa do rápido desenvolvimento do bambu, Santos e Lopes (1998) recomendaram a colheita a partir do terceiro ano de idade e para o corte indicaram a utilização de um machado afiado ou de uma serra para evitar rachaduras. A estação seca é considerada a melhor época para o corte do bambu, em função da baixa quantidade de seiva na planta e da hibernação dos insetos. No Brasil a época mais indicada para o corte são os meses de maio, junho, julho e agosto.

No dia 09/09/2011, foi sancionada uma nova Lei, conhecida como a Lei do Bambu (Lei nº 12.484/2011), instituindo a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB). O objetivo foi incentivar o manejo sustentável aos agricultores para o cultivo de espécies nativas ou introduzidas de bambu (BORBA, 2011). Segundo Miranda (2011), os incentivos do governo são destinados aos agricultores familiares, que se dedicarem a cultivar e manejar de forma sustentável espécies nativas ou já introduzidas de bambu para determinadas utilizações como a produção de colmos, extração de brotos comestíveis, serviços ambientais, além de fomentar ações de pesquisa e desenvolvimento tecnológico com o bambuzal, desenvolvimento de iniciativas direcionadas a assistência técnica e certificação, parcerias e comércio.

2.4. A ESPÉCIE *Dendrocalamus giganteus* (MUNRO)

O *Dendrocalamus giganteus* é uma espécie de rápido crescimento e versátil (ALMEIDA NETO, 1992). Aspectos como espessura da parede, diâmetro e

linearidade longitudinal do colmo, comprimento das hastes, aliada a produtividade florestal, fazem desta, uma espécie apropriada para reflorestamentos e utilizações industriais (OSTAPIV, 2011), inclusive para confecção de laminado colado (BERALDO; RIVERO, 2003).

De acordo com Pereira e Beraldo (2008), o *D. giganteus*, conhecido como bambu gigante ou bambu balde, possui grande porte e pertence ao grupo dos entouceirantes. A altura dos colmos varia entre 24 a 40 cm, e o diâmetro de 10 a 20 cm. Possuem um bom desenvolvimento em regiões tropicais úmidas e regiões subtropicais, em solos férteis e suportam temperaturas mínimas até - 2°C.

Esta espécie é nativa de países como Srilanka, Bangladesh, Nepal, Tailândia e China e pode ser utilizado como elementos de construção, laminado colado, fabricação de polpa e papel, utensílios domésticos e alimento (PEREIRA; BERALDO, 2008). A forma cilíndrica e oca dos colmos do bambu influencia em suas utilizações, pois tornam o material leve e fácil de armazenar quando for utilizado em construções provisórias ou definitivas. O arranjo das fibras do bambu possibilita o corte em qualquer sentido, o qual dispensa a utilização de equipamentos sofisticados (SILVA; BITTENCOURT, 2002).

Silva e Bittencourt (2002) destacaram algumas desvantagens desta espécie como o alto índice de absorção de umidade e a baixa durabilidade natural. Estes fatores aumentam sua susceptibilidade ao apodrecimento e ao ataque de insetos, por isto é aconselhável tratar o bambu com preservantes químicos. Após o corte, o bambu deve ser tratado, curado e seco adequadamente. Segundo Salamon (2009), o bambu não possui o mesmo diâmetro e nem a mesma espessura ao longo das hastes, em função disso, suas qualidades físicas são variáveis de um extremo a outro e pode resultar em problemas para a construção civil.

2.5. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO BAMBU

Segundo Beraldo e Azzini (2004), os nós e os entrenós influenciam as propriedades do colmo do bambu. Grande parte destas estruturas são constituídas

por feixes fibrovasculares que se encontram envolvidos em um tecido parenquimatoso rico em substâncias de reserva, na forma de amido.

O tecido externo protetor dos colmos é conhecido como epiderme (cutina). Na parte interna é possível observar uma camada mais espessa e lignificada, formada por células esclerenquimáticas, o que dificulta a movimentação lateral de líquidos. A distribuição geral dos elementos anatômicos presentes nos colmos do bambu são, 50% de parênquima, 40% de fibra e 10% de tecidos condutores (GEORGE, 1985; PEREIRA; BERALDO, 2008).

Os feixes vasculares são formados por fibras e tecidos condutores. O xilema é responsável pelo transporte ascendente da seiva bruta e o floema realiza o movimento descendente da seiva elaborada, resultado da síntese do processo fotossintético (BERNDSEN, 2008). Para Ghavami e Marinho (2005), alguns fatores podem diferenciar os colmos do bambu como, espécie, comprimento, espessura da parede, diâmetro, espaçamento dos nós e resistência. O interior dos colmos pode ser oco, possuir entrenós sólidos ou pode ter presença de água.

De acordo com Pereira e Beraldo (2008), as fibras constituem o tecido esclerenquimático, estão bem concentradas nos internós e protegem os feixes vasculares, formando de 40 a 50% do tecido total do colmo e 60 a 70% de sua massa. O comprimento das fibras varia em função da posição no colmo, geralmente aumenta da periferia para o centro e reduz até a parte interna, enquanto as mais curtas são encontradas próximas dos nós, as mais longas concentram-se no meio dos internós. Na direção vertical, aumentam em quantidade no sentido longitudinal da haste de bambu e o tecido parenquimático é reduzido.

De acordo com Beraldo e Azzini (2004), o parênquima é constituído de células alongadas, distribuídas no sentido axial e intercaladas por células prismáticas menores. Encontra-se bem concentrado nas camadas da parede interna dos colmos e diminuem gradativamente nas camadas mais externas. Na direção longitudinal, o parênquima é reduzido no sentido base-topo dos colmos do bambu. Os vasos são alargados e pouco numerosos nas camadas mais internas dos colmos, enquanto na camada externa são menores e mais numerosos.

2.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DO BAMBU

Os colmos de bambu são utilizados no Sul da Ásia em construções, elementos estruturais, passarelas, estruturas de telhado e andaimes (NOGUEIRA, 2008). De acordo com Ferreira (2002), o bambu pode sofrer variação natural nas propriedades de resistência entre as espécies, dentro das mesmas e dentro do próprio indivíduo, em razão da sua origem biológica. A parte intermediária é considerada a melhor região do colmo, em função da uniformidade das dimensões do diâmetro e comprimento entre os nós. No bambu maduro a resistência é máxima, porém a maturidade das espécies ocorre em diferentes idades.

O fator principal responsável pela resistência é o teor de fibras (PEREIRA; BERALDO, 2008), além do ângulo microfibrilar e da espessura da parede. Conforme Souza (2004), as principais propriedades mecânicas do bambu são a resistência à tração, que pode atingir 370 MPa, resistência à compressão (20 a 100 MPa) e flexão (30 a 150 MPa); cisalhamento (transversal: 32 MPa e longitudinal: 8 MPa); alta resistência na parte externa do colmo, em função da grande quantidade de lignina; alto teor de amido na parte interna; influência do diafragma na resistência da haste, contra flexão e ruptura; maior resistência à tração do que à compressão.

Segundo Beraldo e Rivero (2003), o bambu possui boas características físicas. As dimensões dos colmos de bambu podem ser alteradas, em função da absorção e liberação de água, que afastam as células (FERREIRA, 2007). Conforme Hidalgo Lopez (2003), a umidade é constante em hastes jovens e em hastes maduras decresce no sentido longitudinal. Para Ferreira (2002), é inversamente proporcional ao desenvolvimento do colmo, sendo influenciado pela idade e estação do ano. No processo de secagem o bambu pode retrair.

O inchamento e a contração que ocorre no processo de secagem são influenciados pela presença ou ausência de nós no material processado. Após o processo de usinagem, a região dos nós pode sofrer inchamento ou retração menor que a região dos internós. Por isto, depois do processo de secagem, o bambu varia com maior amplitude na região onde não existem nós e com menor

amplitude na região dos nós. Este fenômeno pode desencadear uma tensão interna, promovida pela umidade ou pela temperatura, provocando a formação de fissuras no material (OSTAPIV, 2011).

Na direção transversal a variação ocorre em função dos arranjos anatômicos, principalmente com relação à concentração dos feixes fibrovasculares. Por outro lado, o aumento da massa específica básica na direção axial ocorre em função do aumento dos feixes fibrovasculares da base para extremidade dos colmos. Essas variações influenciam as propriedades físico-mecânicas dos colmos (BERALDO; AZZINI, 2004).

2.7. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E DURABILIDADE NATURAL DO BAMBU

O bambu possui na sua constituição celulose, hemiceluloses, lignina e pequenas quantidades de resinas, taninos, ceras e substâncias orgânicas e inorgânicas. De acordo com Pereira e Beraldo (2008), a proporção de lignina e de carboidratos varia durante o período de maturação do colmo, espécie, condições de crescimento das touceiras, idade e região do colmo. Por volta de um ano a composição química tende a se estabilizar (COSTA, 2004).

Os componentes acidentais são substâncias que não fazem parte da parede celular (KLOCK et al., 2005) e podem ser solúveis em água e em vários solventes orgânicos (CRUZ et al., 2006). Analisar os constituintes químicos que fazem parte da natureza dos colmos é de fundamental importância para obter dados das características de cada espécie. Com isto é possível gerar resultados científicos que possam ser utilizados em estudos relacionados à botânica, para identificar e classificar espécies, com o objetivo de esclarecer as relações entre as suas diversas propriedades (MARINHO et al., 2012). Os nós têm baixas quantidades de substâncias, como cinzas e lignina, porém, possuem maior teor de celulose que os internós (PEREIRA; BERALDO, 2008).

A maioria das espécies de bambu possui baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos, como fungos e insetos (ESPELHO; BERALDO, 2008). Isto limita a sua aplicação como elemento estrutural, em função da baixa durabilidade

dos colmos, que são atacados por xilófagos, principalmente pelo coleóptero *Dinoderus minutus*, por causa da grande quantidade de amido. Quando exposto em condições naturais em contato com o solo, sua durabilidade é de 2 a 2,5 anos (BERALDO; AZZINI, 2004), por isto recomenda-se o tratamento químico dos colmos, para utilização estrutural.

2.8. ADESIVOS E MECANISMOS DE ADESÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (2003), os adesivos são substâncias que promovem a união de materiais, em função de ligações de superfície. Aderentes ou substratos são termos utilizados para sólidos unidos por meio de adesivos, interligados pela da adesão, que é um fenômeno físico-químico.

Para avaliar a eficiência de um adesivo, alguns parâmetros relacionados aos mesmos devem ser avaliados; como a adesão, tempo de armazenamento, vida útil após a preparação, adesividade, tempo de cura ou velocidade de desenvolvimento de sua resistência e penetração. Para um resultado satisfatório e boa durabilidade deve haver uma boa compatibilidade entre adesivo e aderente. A união de duas superfícies depende do aderente, adesivo e interface, que influenciarão na resistência da ligação adesiva (MANTILLA CARRASCO et al., 1995).

Segundo Tienne et al. (2006) a qualidade da ligação depende de alguns fatores, que podem estar associados ao aderente e podem ser físicos, anatômicos ou químicos ou, relacionados ao ambiente, como variação da temperatura e umidade. Cabe ressaltar em relação ao adesivo que pode ocorrer evaporação do solvente, uma parte do adesivo permanece na camada superficial do substrato, denominada de teor de sólidos, que são os componentes ativos responsáveis pela colagem dos substratos (FALCO, 2007).

Segundo a Revista da Madeira - REMADE (2008) a adesão é um fenômeno muito importante, quando se trata da união entre superfícies sólidas. Ocorre uma interação, em função de um campo de forças de atração, que é

provocada pelos constituintes de cada superfície e se a adesão for adequada às superfícies não serão rompidas.

De acordo com Garcia (2011), a adesão tem início quando o adesivo é distribuído pela camada superficial do substrato, movimenta-se e solidifica-se, promovendo o ancoramento ou gancho entre as superfícies coladas, finalizando o processo. Segundo Albuquerque et al. (2005), os mecanismos que fazem parte da adesão, podem ser explicados por meio de três teorias básicas: teoria mecânica, que ocorre quando o adesivo na forma líquida, penetra na madeira e se solidifica, formando “ganchos” que se adere a ela; difusão de polímeros, que ocorre por meio de difusão de segmentos de cadeias de polímeros em nível molecular, pelas interfaces, que permite uma absorção de forma gradual; e adesão química, que ocorre por meio de ligações primárias, iônicas e forças intermoleculares secundárias.

Carneiro et al. (2007) recomendam definir antes do processo de colagem a quantidade de adesivo, que será utilizada na união das lâminas, evitando prejuízos financeiros. Sabe-se que para colagem de lâminas de bambu, a presença da cera protetora sobre a superfície do colmo melhora as características de escorregamento e dureza, porém dificulta a aplicação de adesivos e resinas nas taliscas. A aplicação pode ser melhorada, com a escovação da superfície, antes da distribuição do adesivo.

2.9. BAMBU LAMINADO COLADO - BLC

Com a pressão do setor madeireiro por matéria prima, as indústrias de painéis colados de bambu começaram a surgir e ganhar espaço, após a abertura da política econômica na China, em 1986. Esses produtos podem ser utilizados como divisórias, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento (RIVERO, 2003).

O bambu laminado colado é confeccionado com lâminas usinadas a partir do colmo impregnadas com adesivo e formam pequenas vigas, porém na literatura brasileira, existem poucos relatos que envolvem a utilização desse material. De

acordo com Silva e Bittencourt (2002), as lâminas confeccionadas com o bambu gigante possuem boa colagem e bom acabamento com lixa e verniz. A hipoderme do colmo de bambu é um composto natural polimérico, lignocelulósico, não homogêneo e anisotrópico, ou seja, possui diferentes propriedades mecânicas, físicas e tecnológicas nas três direções (longitudinal, espessura e largura). A resistência do material e dos produtos derivados como ripas e lâminas de bambu é maior na direção paralela à disposição dos feixes de fibras e menor no sentido transversal a estes feixes (OSTAPIV, 2011).

O BLC é um material que confere uma maior flexibilidade para produção de móveis. Em função da sua resistência e aspectos estéticos pode, se tornar competitivo para concorrer no mercado com móveis de madeira sólida (SILVA, 2005).

Pereira e Beraldo (2008) citam um trabalho de desenvolvido na Universidade do estado de São Paulo, em Bauru em que foram desenvolvidos e confeccionados protótipos de produtos ortopédicos de BLC, como muletas, bengala e andador, evidenciando a versatilidade deste material que pode ser utilizado para uma gama de produtos.

Aos três anos de idade os colmos atingem as melhores condições de resistência mecânica, após esta idade começa a ocorrer o envelhecimento do bambu e conseqüentemente, a resistência diminui, por isto é mais viável utilizar colmos com esta idade para aplicações que exigem resistência. Mesmo com um diâmetro reduzido, em relação às espécies madeireiras, algumas espécies de bambu podem alcançar padrões de chapas consideráveis para certas aplicações, como “Medium Density Fiberboard” (MDF), aglomerado, “Medium Density Particleboard” (MDP), compensado, “Oriented Strand Board” (OSB), Madeira Colada Lateralmente (MCL) e “Laminated Veneer Lumber” (LVL). São fabricadas em países como China, Tailândia, Índia, Malásia, Indonésia, Vietnam, Taiwan e Filipinas (CARDOSO JUNIOR, 2008).

Ostapiv (2011) destacou que as lâminas confeccionadas com bambu revestem bem os painéis lignocelulósicos. Isto ocorre em função de vários fatores, como o tom da matéria prima utilizada que pode ser modificada com a utilização

de tintas, vernizes e preservantes, proporcionando cores homogêneas. O arranjo anatômico dos feixes fibrovasculares do bambu confere textura nas lâminas, que as deixam com aspecto estético bem atrativo.

O acabamento na superfície das lâminas após o lixamento é considerado bom, assim como o que é produzido diretamente pelo processo de torneamento, facilita a trabalhabilidade com colas e adesivos, resultando numa ancoragem dos substratos durante a adesão. No processo final da confecção dos painéis a junção das lâminas coladas lateralmente não é visível (OSTAPIV, 2011).

Na Cidade de Petrópolis, Estado do Rio de Janeiro, há uma empresa denominada de Laminados Taquaruçu Indústria e Comércio, que dispõem de equipamentos próprios para processamento do bambu e já vem atuando no mercado com a comercialização de taliscas (MELO, 2007).

2.10. PROCESSO DE TERMORRETIFICAÇÃO

Sabe-se que existem vários processos industriais que utilizam calor para tratar a madeira. Sua ação pode ocorrer de várias formas, conforme as transformações estruturais necessárias. Conforme Salim et al. (2010), existem pelo menos cinco métodos diferentes, que foram desenvolvidos na Europa e que utilizam o calor para termorretificar a madeira. Estes métodos foram criados em resposta ao aumento da consciência ambiental, com o intuito de reduzir o uso de produtos químicos e gerar menos impacto no ambiente.

Segundo Rodrigues (2009), em função dos benefícios proporcionados as propriedades físicas e mecânicas da madeira, o tratamento, já ocorre em escala industrial em muitos países da Europa. Uma grande parte dos produtos termorretificados comercializados na Europa são direcionados para a indústria de pisos (BORGES; QUIRINO, 2004).

Esteves e Pereira (2009) destacam os processos térmicos: “Thermowood” (Finlândia), “Platowood” (Holanda), “Bois Perdure” e “Rectification” (França) e “Oil Heat Treatment” (Alemanha). As fases de todos os processos incluem: aquecimento, tratamento, arrefecimento e estabilização. As principais diferenças

estão relacionadas ao modo de realização do aquecimento e com as condições operatórias na fase de tratamento, que ocorre em temperaturas de 160 e 260 °C.

Recentemente no Brasil, Batista (2012) pesquisou a influência da modificação térmica nas propriedades tecnológicas do *Eucalyptus grandis*, em função do processo “VAP HolzSysteme”. O mesmo consiste em aplicar calor a elevadas temperaturas utilizando vapor saturado, aliado a um sistema de eliminação de oxigênio, porém, a patente desse processo ainda está em aquisição pela empresa brasileira “TWBrazil”.

Segundo Brito et al. (2006), a termorreificação é um processo que consiste na aplicação de calor na madeira em baixas temperaturas, com o intuito de promover o início da degradação de seus componentes químicos e fundamentais. Os mais afetados são as hemiceluloses que apresentam baixa resistência à ação do calor, resultando em um produto sólido com características distintas, quando comparadas à madeira “in natura”. Algumas destas características podem se adequar melhor a determinadas aplicações, como revestimentos para pisos, forros e marcos para portas.

Rodrigues e Rouset (2009) destacaram que algumas propriedades tecnológicas da madeira são afetadas, conforme o aumento da temperatura, ao passo que a termorreificação varia entre o estágio de secagem e a gaseificação. No gradiente entre estes dois extremos, são eliminadas substâncias, em função de reações simples e complexas que são formadas durante o processo.

Caso o bambu seja tratado termicamente em condições ideais de temperatura e tempo de aquecimento, o produto final pode ser melhor do que aqueles tratados de forma convencional em usinas de tratamento de madeira, como arseniato de cobre cromatado (CCA) ou cromo, cobre e boro (CCB). Uma vantagem seria a não utilização de produtos químicos que são nocivos ao homem e ao ambiente (COLLA, 2010).

2.11. DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA E DO BAMBU

As espécies de madeira possuem maior ou menor grau de durabilidade natural. De acordo com Jesus e Abreu (2002), esta propriedade é de grande importância, pois fornece dados da resistência ou da susceptibilidade da madeira em relação ao ataque de organismos xilófagos e a avaliação desta propriedade é realizada por meio de ensaios em condições de laboratório e de campo. As espécies de madeira que possuem maior resistência natural são mais direcionadas para construção civil (MORAIS; COSTA, 2007).

A baixa durabilidade da madeira limita sua utilização em uma série de aplicações. Na construção civil a vida útil do material é um parâmetro de extrema importância, por isto existe uma necessidade de prolongar a vida útil e controlar os custos de manutenção totais dos produtos empregados na construção (OLIVEIRA; MACEDO, 2004).

As madeiras que possuem elevada massa específica com estrutura mais fechada e frequentemente elevado teor de substâncias especiais impregnando as paredes de suas células, geralmente são mais resistentes à ação dos agentes degradadores da madeira (BURGER; RICHTER, 2008). Segundo Aprile et al. (1999), a madeira de alta durabilidade possui substâncias recalcitrantes como a lignina e outros compostos originados do metabolismo secundário.

Oliveira et al. (2005) afirmaram que esta propriedade é decorrente de componentes secundários, que podem existir em quantidades variáveis na madeira, durante a transformação das células do alburno em cerne. Estes compostos de caráter fenólico e polifenólico, que se acumulam nos lúmens e paredes celulares, influenciam na coloração escura do cerne.

Estas substâncias promovem a durabilidade da madeira por causa do efeito tóxico que frequentemente tem sobre os xilófagos e formam barreiras químicas de proteção contra a atuação destes organismos (BURGER; RICHTER, 1991; CARMO, 2008). Além dos compostos químicos podem existir barreiras físicas, que são inerente à própria estrutura anatômica do material. Assim, quando o inseto perfura a madeira ou bambu para ovipostura e os vasos estão

associados às células parenquimáticas, as larvas encontram a sua disposição material nutritivo e se desenvolvem sem dificuldades. No entanto, se a ovoposição ocorrer em vasos não associados às células parenquimáticas, tendo as larvas a necessidade de perfurar fibras, isto poderá dificultar o desenvolvimento do inseto.

Para avaliar a resistência natural da madeira são utilizados alguns métodos de ensaio de campo e de laboratório com o objetivo de gerar dados sobre a durabilidade da madeira, além de informações a respeito da sua utilização em diferentes tipos de ambiente (JESUS; ABREU, 2002).

2.12. AGENTES DETERIORADORES DA MADEIRA E DO BAMBU

Silva (2008) conceituou os agentes deterioradores da madeira como toda a causa que direta ou indiretamente intervêm na deterioração ou alteração da madeira. Os agentes podem ser abióticos ou bióticos. Os agentes classificados como abióticos incluem a ação das chuvas, dos ventos e da radiação solar. Os grupos dos degradadores bióticos são mais significativos e abrangem insetos, fungos, bactérias, algas e xilófagos marinhos, responsáveis pelos maiores danos provocados à madeira (TREVISAN et al., 2008).

Segundo Paes et al. (1998) dentre os organismos bióticos responsáveis pelos maiores danos provocados à madeira, encontram-se fungos e térmitas (cupins). De acordo com Paes et al. (2001), os fungos xilófagos que alteram a composição química da madeira são classificados em fungos de podridão branca, podridão parda e podridão mole. Para Rayner e Boddy (1995), os fungos responsáveis pela podridão parda e pela podridão branca, possuem características enzimáticas próprias, quanto à decomposição dos constituintes primários da madeira. Os primeiros decompõem os polissacarídeos da parede celular, e a madeira atacada adquire uma coloração residual pardacenta. Os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina. Nesse caso, a madeira atacada adquire um aspecto mais claro.

Os fungos de podridão mole colonizam a superfície da madeira, dificilmente penetrando além de 20 mm de profundidade. Quando úmida é convertida em uma massa amorfa e amolecida e quando seca, a superfície da madeira adquire coloração escura com várias fissuras transversais, lembrando o ataque por fungo de podridão parda (MESQUITA et al., 2006).

Conforme Trevisan et al. (2008), as ordens Isóptera, Coleóptera e em menor escala a Hymenoptera, atacam seriamente a madeira. Richardson (1996) afirmou que existem aproximadamente 1.900 espécies identificadas da ordem Isóptera e mais de 150 são conhecidas por danos provocados em madeiras de edifícios e outras estruturas. Os isópteros (térmitas ou cupins) são insetos sociais e geralmente estão distribuídos em países tropicais e subtropicais.

As brocas pertencentes à ordem Coleóptera causam os maiores danos à madeira no período larval, apesar de serem conhecidos por sua forma adulta. Quando sofrem metamorfose, escavam um orifício na madeira para sua emergência e são capazes de infestar a mesma peça de madeira várias vezes (TELES, 2002).

Em função da origem biológica do bambu, ele é propenso aos ataques de fungos e insetos e podem apresentar uma vida útil entre um a três anos, caso não esteja tratado e entre 10 a 15 anos ou mais, quando convenientemente tratado (PEREIRA; BERALDO, 2008). Normalmente a durabilidade do bambu está relacionada à presença de um inseto, conhecido popularmente como broca do bambu (*Dinoderus minutus*), em função dos seus ataques constantes aos colmos secos.

Silva (2011) ressaltou que esse inseto influencia muito na decomposição natural da matéria orgânica das florestas. Sua presença em depósitos de madeira torna-se uma preocupação, em função das perdas nos estoques de indústrias de laminados, compensados e móveis de madeira. Dispersa-se com facilidade, em função das suas características biológicas e com atividades econômicas desenvolvidas pelo ser humano, como o comércio ultramarino entre países.

O bambu também pode ser atacado por fungos. Mohanan (1997) citou que colmos armazenados em algumas situações são propícios ao desenvolvimento de

fungos com coloração escura e tons que variam de marrom a preto e podem possuir manchas causadas por Ascomycetos. O ataque quando é superficial pode ser removido por meio da raspagem ou escovação e por outro lado, quando é mais intenso os fungos podem aprofundar suas hifas no colmo e reduzir o seu valor comercial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. PROCEDÊNCIA E COLETA DO BAMBU

Os colmos utilizados foram coletados nas proximidades do Município de Alegre, Região Sul do Estado do Espírito Santo. O mesmo está localizado nas coordenadas de 20° 44' 49" de latitude S, 41° 27' 58" de longitude W e altitude de 127 m. Na classificação internacional de Köppen, o clima da região é caracterizado como tropical quente úmido, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1°C e precipitação total anual média de 1.341 mm (LIMA et al., 2008).

Foram utilizados bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro em idade adulta. A espécie foi escolhida em função das suas características físico-mecânicas, como comprimento das hastes, diâmetro e espessura da parede do colmo. Os bambus foram coletados em uma touceira, sendo os critérios de seleção utilizados os sinais de manchas e ramificações, que são parâmetros fundamentais para considerar a idade adulta do bambu (Figura 1). Para o abate das hastes utilizaram-se motosserra e ferramentas manuais (facão e machado). Foram coletadas quatro hastes de bambu, com idade superior a três anos, para confecção das taliscas e corpos de prova.

Os bambus coletados possuíam altura das hastes em torno de 25 m, circunferência do colmo variando de 13 a 15 cm, comprimento dos internós entre 30 e 40 cm, espessura da parede do colmo variando de 0,7 a 2,5 cm. A circunferência média geral dos colmos coletados foi de 14 cm.

Após a extração, os bambus foram seccionados ao longo das hastes a cada 2,1 metros, das quais foram retirados na base de cada secção, um disco de 5 cm, perfazendo no total 26 discos de bambu. Os discos foram acondicionados em sacos plásticos para evitar a perda da umidade e transportados para o Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Jerônimo Monteiro, ES.



Figura 1. Touceira de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*).

Dos discos retirados nas extremidades de cada secção dos colmos, foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 1,0 x 2,0 x 2,0 cm (espessura x comprimento x largura) que foram direcionados às análises físicas e anatômicas (Figura 2).

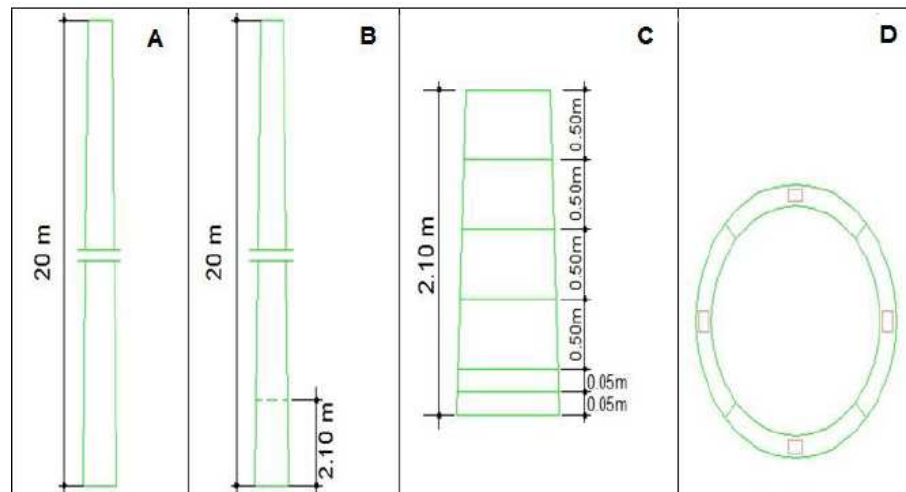


Figura 2. Esquema de amostragem para confecção das taliscas e corpos de prova. A) altura média das hastes de bambu; B) seccionamento das hastes; C) retirada das ripas e dos discos de cada secção; D) retirada dos corpos de prova, em posições diametralmente opostas, para caracterização anatômica e física do bambu “in natura”.

As secções dos colmos de 2,10 m foram divididas em partes de 50 cm no sentido do comprimento, com uma serra de fita. De cada secção foram obtidas quatro ripas, para o processamento das taliscas (Figura 3). A largura de todas as ripas foi padronizada em 3,5 cm. A camada interna foi removida na desempenadeira e a camada externa na desengrossadeira.

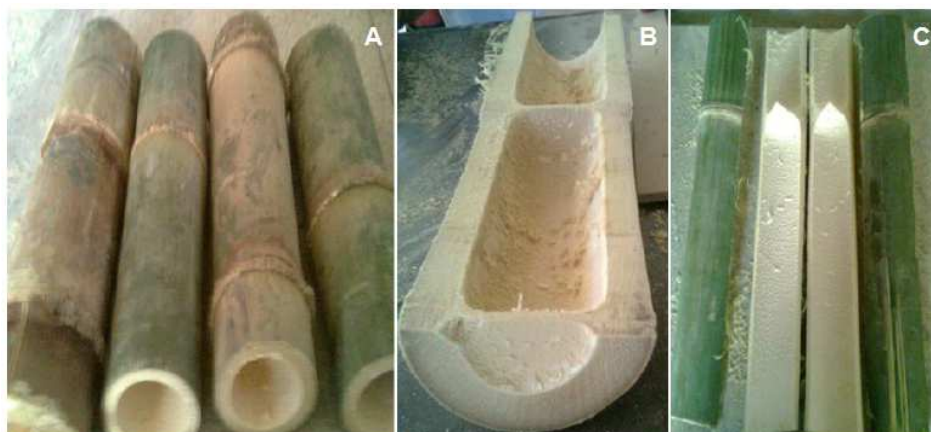


Figura 3. A) secção dos colmos em porções de 50 cm de comprimento; B) colmos divididos no sentido longitudinal ; C) ripas para confecção das taliscas.

3.2. TRATAMENTO POR IMERSÃO EM ÁGUA, SECAGEM E USINAGEM DAS TALISCAS

As ripas foram acondicionadas em tambores plásticos, com capacidade para 270 litros de água, onde permaneceram imersas durante oito dias. A água foi renovada diariamente, com o objetivo de evitar o ataque de bactérias e a fermentação do material. O tratamento por imersão em água foi realizado, com o objetivo de retirar amido das ripas tornando-as menos susceptíveis ao ataque de brocas. Posteriormente foram retiradas da água e expostas ao ar livre durante sete dias para secagem.

O desdobro foi realizado em serra circular em que a camada externa das ripas foi retirada e as mesmas foram passadas na plaina desengrossadeira. As dimensões das taliscas, ao final do processo de usinagem foram de 5,0 x 3,5 x 45,0 cm (espessura, largura e comprimento). Essas dimensões foram

ajustadas, conforme cada ensaio mecânico realizado após o processo de colagem das taliscas.

As taliscas totalizaram 480 unidades, que foram identificadas e separadas em lotes, conforme cada tratamento térmico. As mesmas foram dispostas na estufa, onde permaneceram a temperatura inicial de 60 °C, com aumento progressivo de 20 °C a cada 24 h, durante três dias. Depois da secagem inicial, foram acondicionadas em sacos plásticos com naftalina, com o objetivo de tornar este material menos disposto ao ataque de brocas. Separaram-se 96 taliscas, que foram utilizadas como amostras controle, pois receberam apenas a secagem inicial de 100°C na estufa e as outras unidades foram divididas entre os quatro tratamentos térmicos que foram utilizados (140, 160, 180 e 200°C).

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS COLMOS DO BAMBU “IN NATURA”

Para a realização da caracterização física, os corpos de prova obtidos dos colmos do bambu “in natura”, tiveram dimensões de 1,0 x 2,0 x 2,0 cm (espessura x largura x comprimento). As amostras foram extraídas apenas da região intermediária, desprezando as camadas externa e interna dos colmos para quantificação da umidade, densidade e retratibilidade. A importância de determinar a umidade está relacionada com a variabilidade das propriedades físicas ao longo da haste de bambu, pois influencia de forma direta algumas propriedades, como a resistência mecânica. As características físicas foram realizadas no DCFM/LCM/CCA/UFES, em Jerônimo Monteiro, ES.

A umidade foi determinada de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997). Foi calculada com base na razão entre a massa de água contida no bambu em relação a sua massa seca. Para o cálculo da determinação da massa específica básica do bambu, os corpos de prova foram submersos em água durante quatro dias, para obtenção do volume saturado. Posteriormente, foram transferidos para estufa durante 4 dias, com temperatura inicial de 40°C, e a cada intervalo de 24 h, a temperatura foi acrescida em 20 °C, até atingir 100 °C para

obtenção da massa seca das amostras. Assim, a massa específica foi calculada pela razão entre a massa seca das amostras e o seu volume saturado.

Para determinar a massa específica anidra, utilizou-se uma balança de precisão de 0,01 g para obter a massa seca das amostras. Foi medida a temperatura e obtido o volume seco total das amostras pelo método de deslocamento em mercúrio (Vital, 1984) e calculou-se a massa específica anidra pela razão entre a massa seca e volume seco das mesmas.

Em função da falta de normatização para trabalhos com bambu, adotou-se o mesmo procedimento utilizado para madeira, para o cálculo da retratibilidade, conforme as recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997). Calculou-se a contração e o inchamento das amostras para as direções correspondentes a espessura, largura e comprimento dos corpos de prova. Para tanto, os mesmos foram submersos em água, durante 24, 48, 72 e 96 horas. No intervalo de 24 em 24 horas, foram realizadas pesagens e medições. Após a saturação, as amostras foram levadas à estufa, pelo mesmo período de tempo e seguiu-se o mesmo procedimento, para pesagens e medições a cada 24 horas.

Foi utilizado paquímetro digital para mensurar o comprimento e micrômetro para medir a espessura e a largura dos corpos de prova, que foram devidamente identificados nas três direções. Foram encontrados os resultados das porcentagens de contração e inchamento pela razão entre a diferença da dimensão da amostra saturada e anidra.

3.4. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E QUÍMICA DOS COLMOS DE BAMBU

Para a caracterização anatômica os corpos de prova foram retirados apenas da base das hastes do bambu, por conter uma maior representatividade dos elementos anatômicos. As amostras da parede do colmo foram dimensionadas com 1,0 x 2,0 x 2,0 cm (espessura x largura x comprimento). Seguiram-se as recomendações da IAWA Committiee (2007) e “Comisión Panamericana de Normas Técnicas” - COPANT (1974), uma vez que, não existem tais procedimentos para bambu.

As amostras dos colmos do bambu foram fervidas em água durante nove horas e posteriormente fixadas em micrótomo de deslize, para obtenção dos cortes histológicos. Em seguida foram realizadas as fotomicrografias para mensurar a frequência vascular ($n.mm^2$), diâmetro dos poros (μm) e tecido parenquimático (%).

Para obtenção das fotomicrografias, para vasos e fibras utilizou-se uma câmera acoplada a um microscópio óptico de ocular micrométrica, sendo o software para a análise de imagem o "Image Pro Express 6.0". Para quantificar o parênquima foi utilizado o "Paint.NET", Versão 3.5.10 e o valor dado em porcentagem.

Para os vasos foram utilizadas 15 lâminas histológicas e de cada lâmina, foram realizadas 20 medições do diâmetro e frequência dos vasos, totalizando 300 medições. As fotomicrografias foram divididas em duas áreas (mm^2) para quantificar o número e o diâmetro dos vasos. Para obter os diâmetros médios, foram retiradas medidas ortogonais de todos os vasos.

Para dissociação dos elementos anatômicos, as amostras foram transformadas em palitos e tratadas com solução macerante de acordo com o método de Nicholls, descrito por Ramalho (1987). O material submetido à maceração foi transferido para um frasco de 25 mL contendo solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1. Posteriormente os mesmos foram lacrados e transferidos para estufa a temperatura de 60 ± 2 °C, até ocorrer à individualização dos elementos anatômicos. O material foi lavado em água destilada e corado com safranina. Foram preparadas lâminas histológicas, utilizando água destilada e glicerina na proporção de 1:1, posteriormente foram obtidas as fotomicrografias para mensuração das fibras.

Para quantificar as fibras foram confeccionadas 12 lâminas histológicas e realizadas 20 medições do comprimento, largura e diâmetro do lume, totalizando 240 medições, e posteriormente, com base na largura e diâmetro do lume, foi calculada a espessura da parede celular.

Para caracterização química foram empregadas amostras provenientes das taliscas "in natura" e das taliscas termorretificadas (Item 3.5). As taliscas foram

transformadas em cavacos, homogeneizadas, secas ao ar, trituradas em moinho tipo Willey, selecionadas por peneiras e utilizada a porção com granulometria que passou pela peneira de 40 “mesh” (abertura de 0,42 mm) e ficou retida na de 60 “mesh” (abertura de 0,25 mm).

Para a quantificação dos extrativos seguiram-se os procedimentos da “Technical Association of the Pulp and Paper Industry” - TAPPI 264 om 88 (1992), com emprego de uma solução de álcool:tolueno (1:2) por 5 horas, mais álcool por 4 horas, ambas em extrator Soxhlet e e em água quente por 1 hora. Os teores de extrativos em álcool:tolueno e totais foram determinados por diferença de massa.

Após a remoção dos extrativos tomou-se $0,3 \pm 0,0001$ g da amostra, que foi submetida à hidrólise em ácido sulfúrico pelo período de 1 hora ($30,0 \pm 0,2$ °C), autoclavada por 60 minutos e filtrada. Foi considerado o sólido retido, a lignina insolúvel, determinada por diferença de massa (GOMIDE; DEMUNER, 1986). O líquido remanescente da filtração da lignina insolúvel continha lignina solúvel e foi analisado em espectrofotômetro ultravioleta (UV), cuja absorbância foi medida a 215 e 280 nm (GOLDSHIMILD, 1971).

O teor de lignina total consistiu na soma das frações solúvel e insolúvel e a holocelulose foi determinada, por meio de diferença entre a quantidade de lignina e extrativos presentes nas amostras. Todas as amostras de cada análise foram realizadas em duplicatas.

3.5. TERMORRETIFICAÇÃO DO BAMBU

As taliscas passaram por um processo de secagem inicial a 100 °C, antes da termorretificação. Do total de 480 taliscas, 96 foram consideradas como controle e 384 encaminhadas para o Laboratório de Energia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sediado em Seropédica, RJ, para a termorretificação. Foi utilizado um forno do tipo mufla com dimensões internas de 60 x 60 x 70 cm equipado com um sistema que permite o controle da temperatura.

As taliscas foram termorretificadas entre quatro níveis de temperaturas (140,160, 180 e 200 °C), totalizando 96 unidades, com duração de uma hora para

cada ensaio (Figura 4). Esse período de tempo foi estabelecido com base na metodologia utilizada por Colla (2010), que trabalhou com bambu termorreificado. A média da umidade inicial das amostras, antes do tratamento térmico foi de 8,85%.



Figura 4. Taliscas de bambu no interior da mufla antes do tratamento térmico.

Para a termorreificação utilizaram-se separadores de madeira entre as taliscas, com objetivo de facilitar a circulação de ar entre as mesmas. A temperatura inicial foi estabelecida em 100 °C. Ao final de cada tratamento as amostras permaneceram na mufla o tempo necessário para atingir a temperatura de equilíbrio com o ambiente (Figura 5).



Figura 5. Taliscas de bambu no interior da mufla após o tratamento térmico.

Dez taliscas de cada tratamento foram separadas para determinar a redução de massa, com o emprego de uma balança de 0,01 g de precisão. A redução de massa em porcentagem foi calculada, com base na massa inicial e final das taliscas. Após o processo de termorreificação, as taliscas foram destinadas as análises químicas (Item 3.4), ensaios de durabilidade natural e de colagem para a obtenção do bambu laminado colado termorreificado (BLCTR).

3.6. ENSAIO DE RESISTÊNCIA NATURAL DO BAMBU TERMORREIFICADO

Foram realizados ensaios com fungos e térmitas (cupins) xilófagos. Para tanto, as taliscas foram transformadas em corpos de prova de 0,5 x 2,0 x 2,0 cm (espessura x largura x comprimento).

3.6.1. Ensaios com fungos xilófagos

Para este ensaio, foram seguidas as recomendações da “American Society for Testing and Materials” - ASTM D-1413 (2005), sendo empregados dois fungos de podridão parda, *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*. Foram analisados cinco tratamentos com 30 repetições, sendo 150 avaliações para cada fungo, totalizando 300 amostras. Para o ensaio com os fungos apodrecedores foram utilizados frascos de vidro de 600 mL de capacidade, lavados com água destilada e secos ao ar.

O solo utilizado como substrato foi coletado nos arredores do DCFM em Jerônimo Monteiro, ES, numa profundidade de 60 cm. O solo foi passado em uma peneira de malha de 0,4 x 0,4 mm e foi submetido à secagem ao ar. Foi medido o pH do solo, para verificar se o mesmo encontrava-se dentro da faixa exigida pela ASTM D - 1413 (2005). O valor encontrado foi de 5,7 classificado como ácido e apto a ser utilizado para o ensaio, segundo as recomendações da norma técnica empregada. A quantidade de água a ser adicionada nos frascos e a capacidade de retenção de água do solo foram determinadas com base no estabelecido pela norma utilizada.

Utilizaram-se para cada frasco 300 g de solo. A capacidade de retenção foi de 33,89% e a quantidade de água destilada para umedecer o solo foi de 72 mL. Em cada frasco foram adicionadas duas placas de alimentação confeccionadas com *Pinus* sp. Após esse processo os frascos de vidro, foram autoclavados a 121 ± 2 °C por 30 minutos e armazenados em sala de ensaio do laboratório à temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 60 ± 5 % para resfriarem.

A repicagem dos fungos nos frascos ocorreu em capela de fluxo laminar, sendo inoculados nas placas alimentadoras. Os frascos permaneceram na sala de ensaio, por 15 dias, tempo necessário para o micélio do fungo cobrir homogeneamente a superfície das placas e iniciar a colonização do solo.

Os corpos de prova termorretificados foram esterilizados em autoclave a uma temperatura de 120 ± 2 °C durante 30 minutos e dispostos sobre as placas alimentadoras colonizadas. Todas estas operações foram realizadas de forma asséptica.

Os frascos permaneceram na sala de ensaio por 12 semanas. Após este período, as amostras foram retiradas dos frascos (Figura 6) e cuidadosamente escovadas para remoção dos micélios de fungo acumulados em sua superfície e secos em estufa a 103 ± 2 °C por 72 horas, sendo pesados, para obtenção da massa final e cálculo da perda de massa.



Figura 6. Corpos de prova submetidos ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

3.6.2. Ensaio com térmitas xilófagos

Para a realização deste ensaio, foram seguidas as recomendações da ASTM D - 3345 (2005), com alguns ajustes recomendados por Paes (1998). Foram utilizados cinco tratamentos, com 14 repetições cada, totalizando 70 corpos de prova. Foi utilizado o cupim *Nasutitermes* sp., em função da facilidade de localizar colônias, vasta distribuição e ataque em madeiras e estruturas diversas (Figura 7).



Figura 7. Ensaio com térmitas xilófagos.

Os frascos utilizados tinham capacidade para 600 mL. Foram lavados com água destilada e álcool e secos ao ar. A areia utilizada foi esterelizada em estufa a 103 ± 2 °C, durante 72 horas e em cada frasco foi adicionado uma quantidade correspondente a 200 g. A umidade da areia foi corrigida para 75% de sua capacidade de retenção, pela adição de 37 mL de água destilada. Em cada frasco adicionaram-se um corpo de prova e $1 \pm 0,05$ g de cupins *Nasutitermes* sp., composto de operários (88%) e soldados (12%) equivalentes a ± 326 indivíduos.

Os frascos foram levemente tampados para evitar a falta de circulação de ar e fuga dos cupins. Os mesmos permaneceram em sala climatizada a 25 ± 2 °C e $60 \pm 5\%$ de umidade relativa, durante 28 dias. Para o monitoramento da umidade da areia utilizaram-se cinco frascos como controle, ou seja, sem cupins,

que foram pesados a cada três dias, sendo a diferença de umidade corrigida, quando necessário.

Diariamente os frascos foram observados e anotados aqueles em que houve mortalidade total dos cupins e o tempo necessário para que isto ocorresse. Para avaliar a resistência do bambu termorretificado, foram considerados os dados para perda de massa, mortalidade e tempo de sobrevivência dos cupins nos frascos. A perda de massa foi calculada com base na massa seca das amostras (103 ± 2 °C por 72 horas) anotadas antes e após o ensaio.

3.7. FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS

As taliscas foram unidas com os adesivos para confecção do BLCTR, sendo empregados os adesivos, resorcinol-formaldeído (“Cascofen RS-216-M”), uréia-formaldeído (“Cascamite PL-2030”) e acetato de polivinila – PVA (“Cascorez 2500”).

O teor de sólidos foi calculado para cada adesivo, com base na NBR 8877 (ABNT, 2007). Para tanto, foram utilizadas folhas de alumínio para confeccionar pequenas formas, moldadas no fundo de um béquer de 50 mL. Foram confeccionadas 10 unidades para cada adesivo, totalizando 30 repetições. As formas foram pesadas para obtenção da massa das mesmas. As formas foram preenchidas com aproximadamente de 1,0 g de adesivo. Os recipientes permaneceram em estufa durante 3 horas à temperatura de 103 ± 2 °C, e resfriadas e novamente pesadas. O teor de sólidos foi calculado, com base na massa inicial e final das amostras.

3.7.1. Resorcinol formaldeído (“Cascofen RS-216-M”)

De acordo com o fabricante o “Cascofen RS-216-M” é uma resina sintética à base de resorcinol-formaldeído (RF), especialmente recomendada para colagens resistentes à água, solventes orgânicos, bolores, mofo, calor seco e úmido. É indicada para trabalhos navais e hidráulicos e para colagem de todos os

tipos de madeira, proporcionando uma união entre substratos de grande durabilidade. Possui viscosidade de 500 a 1000 centi Poise (cP), teor de sólidos de 50 a 60% e pH entre 6,8 a 7,7.

Para o preparo do adesivo foi utilizada a proporção de 100 partes da resina, para 20 partes de catalizador (preparado endurecedor FM-60-M) para colagem a frio (Figura 8).



Figura 8. Etapas do preparo do adesivo à base de RF; A) béquer contendo RF; B) adição do catalizador; C) homogeneização; D) mistura final.

3.7.2. Uréia fomaldeído (“Cascamite PL-2030”)

É uma resina sintética, líquida aquosa, à base de uréia-formaldeído (UF), indicada para colagem de madeiras em geral, que são prensadas a frio. O

catalizador dessa resina é o preparado endurecedor HLE-30, que possui um aspecto líquido, branco e leitoso. De acordo com o fabricante possui viscosidade de 600 a 1000 cP, teor de sólidos de 64 a 66%, pH entre 7,4 a 8,0 e máximo de 1% de formol livre.

Para a formulação desse adesivo foram utilizados resina, farinha de trigo, água, preparado endurecedor HLE-30 (catalizador), obedecendo à proporção de 100: 20: 20: 07 partes, respectivamente e anilina verde (Figura 9).

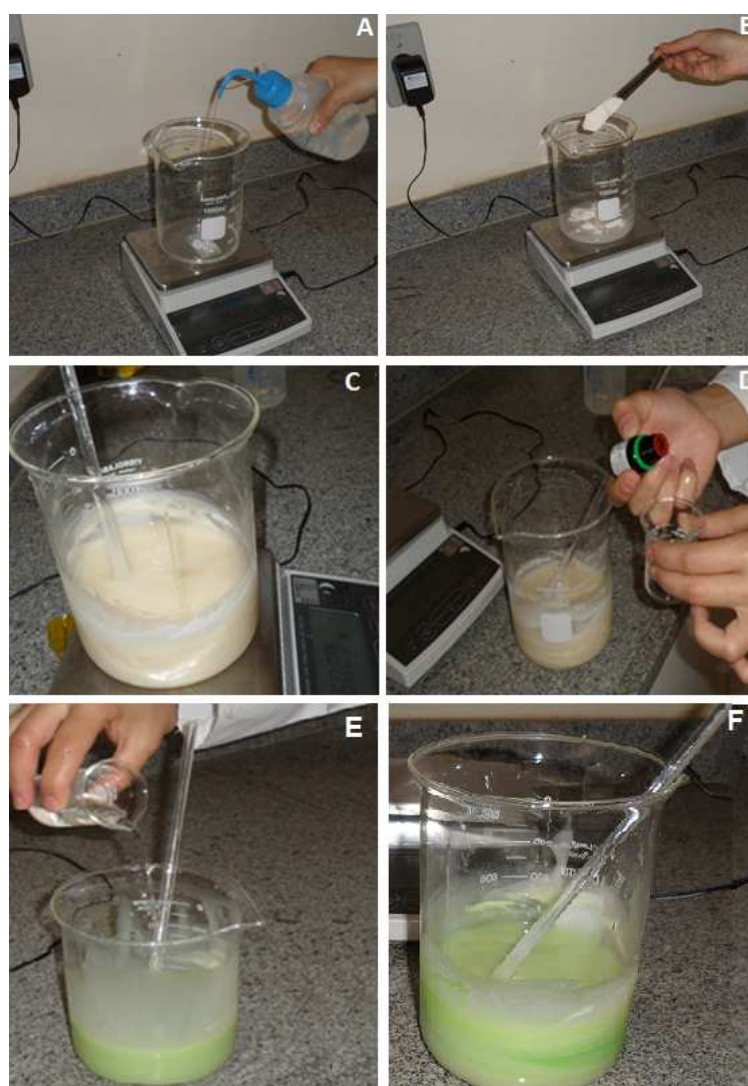


Figura 9. Preparo do adesivo à base de UF; A) adição de água; e B) farinha de trigo; C) homogeneização e adição da resina; D) adição da anilina; e E) do catalisador; F) homogeneização da mistura final.

3.7.3. Acetato de polivinila (“Cascorez 2300”)

O Cascorez 2300 é uma emulsão aquosa à base de acetato de polivinila (PVA), com ausência de formaldeído, indicada para colagens de artefatos de madeira e outros objetos nos quais é requerida alta resistência térmica e resistência à umidade, pelos processos de prensagem a frio e a quente. Possui viscosidade entre 2.500 a 4.000 cP, teor de sólidos de 49 a 51%, pH entre 1,8 e 3,4.

Para o preparo desse adesivo, acrescentou-se apenas anilina vermelha, não sendo necessário adicionar extensor nem catalizador (Figura 10). A exemplo do ocorrido com o “Cascamite PL-2030”, a anilina foi empregada para melhorar a visualização da falha na linha de cola, após o cisalhamento.



Figura 10. Coloração do adesivo a base de PVA por meio da adição da anilina.

3.8. APLICAÇÃO DO ADESIVO, PRENSAGEM, CONFECÇÃO E ACABAMENTO DO BLCTR

Quando duas taliscas de mesma face (interna-interna) são justapostas, ocorre um rompimento fácil, em função da grande quantidade de células

parenquimáticas. Caso essas taliscas fossem aderidas pelas faces externas, haveria uma maior concentração de fibras, podendo influenciar no processo de adesão. Em função desses fatores, o BLCTR foi confeccionado com a sobreposição da face externa com a face interna das taliscas de bambu, para evitar o risco de ruptura em locais de menor resistência.

Antes da aplicação do adesivo, as superfícies das taliscas, foram levemente lixadas, apenas para evitar contaminação superficial por meio de impurezas que podem influenciar na colagem, após a aplicação do adesivo. Para colagens estruturais, o lixamento ou qualquer processo abrasivo deve ser evitado para não danificar as fibras superficiais da madeira.

Para cada adesivo foi utilizada uma gramatura de 300 g.m^{-2} , aplicada em linha dupla e distribuída de forma homogênea, com o auxílio de uma espátula por toda a superfície das peças com dimensões de $0,5 \times 3,5 \times 45,0 \text{ cm}$ (espessura x largura x comprimento). A colagem das taliscas de bambu foi realizada em temperatura ambiente de $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Neste experimento, foram adotados os procedimentos efetuados por Paes et al. (2009). Para cada amostra de BLCTR, foram utilizadas quatro lâminas, tendo sido confeccionados oito conjuntos de lâminas, para cada nível de temperatura e adesivo, totalizando 120 unidades, que foram sobrepostas, com as fibras na mesma direção.

A umidade das lâminas coladas foi determinada antes do processo de prensagem, sendo obtido para as amostras controle (7,3 %), 140°C (6,3%), 160°C (5,4 %), 180°C (4,7 %) e 200°C (4,2 %). Os BLCTRs foram prensados sob uma carga de 6,0 toneladas, em prensa hidráulica, com pressão de 1,3 MPa durante 6 horas, conforme realizado em trabalhos já desenvolvidos (MANTILLA CARRASCO et al. (1995); PAES et al. (2009). Depois de prensados, os BLCTRs permaneceram vinte dias em condições laboratoriais para estabilização da temperatura ($25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) e umidade ($65 \pm 5\%$). As dimensões dos corpos de prova foram ajustadas, conforme as particularidades do BLCTR (como ausência de equipamentos apropriados para realizar o processamento dos colmos e normas específicas para o bambu) e dos ensaios físico-mecânicos que foram avaliados.

A preparação das taliscas para montagem e confecção dos corpos de prova é ilustrada na Figura 11.



Figura 11. Etapas para o preparo dos corpos de prova: A) Aplicação do adesivo na superfície das taliscas; B) Distribuição do adesivo na superfície da talisca com uma espátula; C) união das taliscas; D) confecção do BLCTR; E) Prensagem dos conjuntos de BLCTR; e F) Corpos de prova.

3.9. PROPRIEDADES FÍSICAS DO BLCTR

Para determinação das propriedades físicas do BLCTR, foram seguidas as recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997) que preconiza ensaios com madeiras, porém foram realizadas algumas modificações, em relação às dimensões das amostras. Para determinar a retratibilidade e a massa específica básica, foram utilizados 80 corpos de prova, sendo oito repetições para cada situação,

confeccionados com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm (espessura x largura x comprimento).

As propriedades físicas foram avaliadas para os adesivos RF e UF. O adesivo PVA possui baixa resistência em relação à umidade, pois a maioria das amostras descolou quando foram submetidas à saturação em água, não permitindo a avaliação da retratibilidade e massa específica básica do BLCTR com este adesivo.

3.10. PROPRIEDADES MECÂNICAS DO BLCTR

Para o ensaio de cisalhamento na linha de cola, as dimensões nominais foram de 3,0 x 2,0 x 5,0 cm (espessura x largura x comprimento) com área nominal dupla de cisalhamento de 2 x 4 cm, conforme indicado por Mantilla Carrasco et al. (1995). Foram ensaiados 210 corpos de prova, sendo 14 repetições por situação. Para o ensaio foram seguidas as recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para o cisalhamento na linha de cola do bambu, foi realizada a análise de todos os corpos de prova, com base na ASTM D - 5266 (2005), que descreve como quantificar as áreas de falha na madeira (neste caso, no bambu). As medições foram realizadas com emprego de uma malha plástica, transparente e quadriculada para atribuir valores à porcentagem de falhas na linha de cola.

A malha foi disposta sobre a superfície dos corpos de prova avaliados durante o ensaio. Para tanto a mesma foi dividida em 40 partes, de forma que cada quadrícula representasse 2,5 % da área avaliada. Observou-se o arrancamento das fibras de forma total ou parcial e posteriormente os dados foram quantificados e analisados estatisticamente.

Para o ensaio de compressão axial as fibras, foram ensaiados 120 corpos de prova, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 5,0 cm (espessura x largura x comprimento). Seguiram-se os procedimentos da NBR 7190 (ABNT, 1997). Foram utilizadas oito repetições para cada situação.

Para o ensaio de flexão estática, foram ensaiados 120 corpos de prova, sendo oito repetições por situação. Os procedimentos utilizados foram condizentes com a NBR 6230 (ABNT, 1985). Para determinar os módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE), foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm (espessura x largura x comprimento).

3.11. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os parâmetros avaliados para mensuração dos elementos anatômicos, características físicas do bambu “in natura”, redução de massa, análise química e massa específica básica do BLCTR foram analisados de forma descritiva.

Para avaliar o efeito da termorreificação na resistência natural do bambu, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial em que foram avaliados os seguintes fatores: temperaturas de termorreificação com cinco níveis: 100, 140, 160, 180 e 200°C e dois fungos apodrecedores: *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*. Foram utilizadas 30 repetições, totalizando 300 observações. Para o ensaio com os térmitas, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, sem arranjo fatorial. Foram empregados cinco níveis de temperatura e um tipo de cupim subterrâneo (*Nasutitermes* sp.), totalizando cinco tratamentos com 15 repetições cada, perfazendo 75 observações. Foi realizada a análise de variância, e quando se constatou significância pelo teste de F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Para avaliar o efeito da termorreificação na retratibilidade do BLCTR, empregou-se o mesmo delineamento e arranjo fatorial utilizado para o ensaio com fungos. Foram utilizadas oito repetições para essa propriedade avaliada.

Para avaliar o efeito da termorreificação nos ensaios adesivos do BLCTR, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial, em que foram avaliados os seguintes fatores: temperaturas de termorreificação, com cinco níveis: 100, 140, 160, 180 e 200°C e três níveis de adesivos: 1 (RF), 2 (UF) e 3 (PVA).

A análise de variância foi realizada, em função das temperaturas avaliadas, adesivos utilizados e análise da interação entre os efeitos. Quando o teste de F foi significativo, realizou-se a comparação das médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância e foi verificada a variação dos resultados para cada tratamento.

Para todos os valores em porcentagem, foi realizada a transformação dos dados em $\arcsen[\sqrt{\text{propriedade avaliada}/100}]$ para normalizar a distribuição dos dados e homogeneizar as variâncias, conforme sugerido por Stell e Torrie (1980). Para as médias que tiveram diferenças estatísticas significativas, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS COLMOS

4.1.1. Umidade dos colmos

A média geral da umidade dos colmos provenientes do campo foi de $60 \pm 27 \%$. A posição de retirada das amostras influenciou os resultados da umidade das amostras. Observou-se que este parâmetro foi decrescente no sentido base-topo das hastes. Segundo Liese (1988), este parâmetro tem tendência à redução no sentido base-topo e de acordo com Hidalgo Lopez (2003) e Berdsen et al. (2009) pode ser influenciada pela idade, época de corte, condições edafoclimáticas e precipitação pluviométrica, evidenciando assim, variações conforme o local da colheita

Berdsen et al. (2009) realizaram um estudo com o bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*) com amostras retiradas de diferentes idades e posições no colmo e observaram que os valores encontrados para massa específica básica média tiveram acréscimo em relação a sua localização no colmo. Este fato poderia explicar a redução da umidade no sentido longitudinal com a redução dos lumes e aumento da espessura das paredes dos feixes fibrovasculares.

4.1.2. Massa específica básica e anidra

Foi encontrado para massa específica básica, um valor médio de $0,66 \pm 0,14 \text{ g.cm}^{-3}$, sendo observado um acréscimo no sentido base-topo. Este fato pode ser explicado pela grande concentração dos feixes fibrovasculares no topo das hastes e redução das células parenquimáticas nesta região.

Segundo Liese (1988), a massa específica básica é uma propriedade importante dos colmos de bambu e pode variar de 0,50 a $0,90 \text{ g.cm}^{-3}$, inclusive dentro de uma mesma espécie. Para madeira, esse valor é classificado como

intermediário e pode indicar boas propriedades mecânicas. Brito et al. (1987) realizaram um trabalho com a espécie *Bambusa vulgaris* e observaram o mesmo modelo de variação da massa específica (crescente da base para o topo).

A massa específica básica, determinada neste estudo, foi inferior ao valor obtido por Brito et al. (1987) que trabalharam com a mesma espécie e idade, e foi obtido o valor de $0,74 \text{ g.cm}^{-3}$. Ciaramello e Azzini (1971) pesquisaram quatro espécies diferentes do gênero *Dendrocalamus* e encontraram valores variáveis. Para *D. asper* ($0,60 \text{ g.cm}^{-3}$), *D. latiflorus* ($0,68 \text{ g.cm}^{-3}$), *D. strictus* ($0,67 \text{ g.cm}^{-3}$) e *D. giganteus* ($0,55 \text{ g.cm}^{-3}$). Para a massa específica anidra foi obtido um valor de $0,83 \pm 0,08 \text{ g.cm}^{-3}$ e observou-se a mesma tendência de variação da massa específica básica, ou seja, crescente no sentido longitudinal.

A importância dos valores da massa específica básica está relacionada com a sua influência em outras propriedades do bambu e que podem conferir uma maior resistência ao material.

4.1.3. Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional do bambu foi determinada por meio das propriedades de retração e inchamento, com o objetivo de determinar a utilização industrial do bambu “in natura” e as relações existentes entre retratibilidade e expansão volumétrica que são essenciais para um aproveitamento mais eficiente do material. Na Tabela 1, estão os valores médios encontrados para o inchamento e a contração do bambu *Dendrocalamus giganteus*.

Observou-se que o bambu possui variação mínima no eixo longitudinal, por isso os valores não foram expostos neste trabalho. Na espessura (radial) ocorrem maiores variações em relação ao sentido da largura (tangencial) do bambu. Segundo Pereira e Beraldo (2008), os valores médios das variações nas duas direções (radial e tangencial) geralmente, são menores que os valores encontrados para madeira da ordem de 6% para direção radial e 10% para direção tangencial. Para este estudo na direção radial a média encontrada foi maior e na direção tangencial foi menor que a média encontrada para madeira.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros de inchamento e contração do bambu (*D. giganteus*) em função do tempo de saturação e de secagem em estufa das amostras

Direção	Inchamento (%)			
	Tempo de saturação das amostras em água (h)			
	24	48	72	96
Espessura (Radial)	4,1 ± 2,1 ¹	7,5 ± 4,1	10,1 ± 4,9	14,5 ± 7,2
Largura (Tangencial)	3,4 ± 2,0	6,4 ± 2,7	8,9 ± 3,2	13,5 ± 5,0
Relação T/R	0,9 ± 0,6	0,9 ± 0,6	0,9 ± 0,5	0,9 ± 0,7
Direção	Contração (%)			
	Tempo de secagem em estufa das amostras (h)			
	24	48	72	96
Espessura (Radial)	3,9 ± 2,0	6,9 ± 3,5	9,0 ± 3,9	12,4 ± 5,2
Largura (Tangencial)	3,3 ± 2,0	6,0 ± 2,4	8,1 ± 2,8	11,7 ± 4,0
Relação T/R	0,8 ± 0,6	0,9 ± 0,5	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,6

¹ Desvio-padrão

Para contração foi observado que no sentido axial, também houve variação desprezível entre os valores. No sentido radial, ocorreu uma variação gradativa, chegando ao estado completamente seco, com 12,4%. No sentido tangencial o valor mínimo encontrado foi de 3,3%. Para o inchamento e contração as variações dimensionais na direção radial foram maiores.

Pereira e Beraldo (2008) explicaram este fenômeno, em função da ausência de raios, por isso os colmos podem apresentar maior variação nessa direção anatômica. Os valores médios em porcentagem obtidos no sentido axial podem ser explicados pelo fato das células do bambu estarem dispostas no sentido longitudinal, pois o bambu é desprovido de raios .

Os valores encontrados para a relação T/R foram menores que 1,0. Esse resultado é confirmado por Morita et al. (2010) que destacaram que essa espécie possui coeficiente de anisotropia próximo de 1,0, ou seja, a largura e espessura incham ou contraem na mesma proporção, atribuindo maior estabilidade dimensional ao bambu quando é comparado com a madeira, tornando esta

espécie atrativa para movelaria e pisos. A retratibilidade volumétrica foi de 15,41%, sendo classificada como valor médio, quando comparada com a madeira.

4.2. ANATOMIA DOS COLMOS DO BAMBU

Neste estudo foram executadas mensurações dos elementos anatômicos, como vasos, fibras e parênquima. Para cada elemento têm-se o valor médio, mínimo, máximo e desvio-padrão.

Foram observados elementos vasculares, envolvidos por feixes de fibras que possuem valores extremos de diâmetros pequenos (63,00 μm) e grandes (245,67 μm), com predominância de vasos médios (149,81 μm).

A frequência dos elementos vasculares variou de 0 a 4 vasos. mm^{-2} e a média ficou em torno de 2 vasos. mm^{-2} , evidenciando a quantidade escassa destes elementos anatômicos na espécie *Dendrocalamus giganteus*. A porcentagem ocupada pelos vasos, analisados na seção transversal do colmo, esteve em torno de 10% (Figura 12). A mesma porcentagem foi encontrada por Pereira e Beraldo (2008). Beraldo e Zoulalian (1995) ao trabalharem com a mesma espécie encontraram uma porcentagem de 11% de vasos na camada interna do colmo.

Os vasos de bambu, visíveis sob lente de cinco aumentos, encontraram-se agrupados em cachos, sendo mais numerosos próximos a região externa do colmo do bambu e com menores diâmetros. Na região interna encontram-se em pequenas quantidades, porém possuem diâmetros maiores, por isto, a parte interna da parede dos colmos normalmente possui baixa massa específica. O diâmetro e a quantidade dos vasos influenciam na difusão de substâncias preservativas, pois a quantidade de preservante que circula pelos vasos do colmo é pequena.

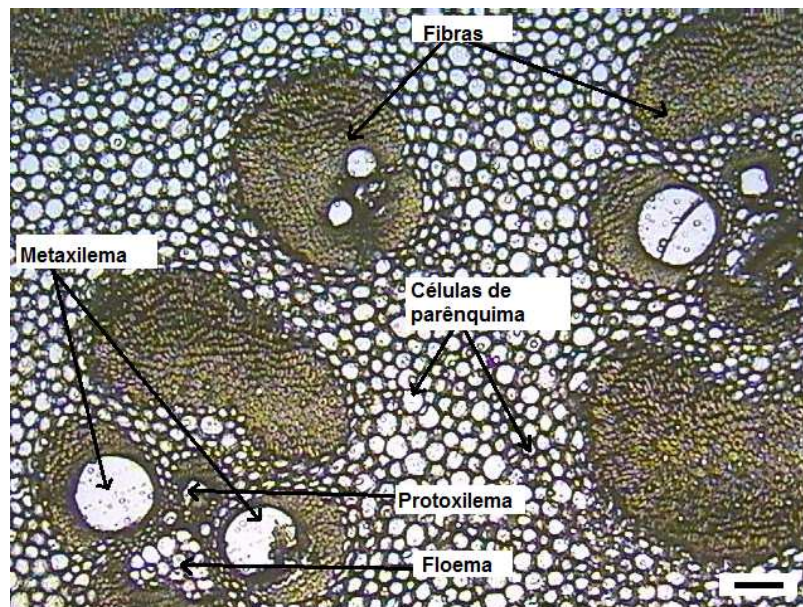


Figura 12. Estrutura anatômica do bambu *Dendrocalamus giganteus*.
Escala = 100 μ m.

Em relação à porcentagem de parênquima, observou-se que este tecido compõe 50,72% do colmo e envolve os feixes fibrovasculares do bambu (Figura 12). É constituído de células alongadas, no sentido longitudinal e intercaladas por células prismáticas curtas, este tecido foi mais abundante, nas camadas internas do colmo, diminuindo no sentido da camada mais externa e tem por objetivo armazenar água e amido, razão pela qual o bambu é facilmente atacado por bactérias, fungos e insetos, principalmente pelo *Dinoderus minutus*.

O *Dendrocalamus giganteus* possui fibras longas e estreitas com comprimento médio de $2,72 \pm 0,95$ mm, entretanto houve variação no seu comprimento de 1,13 a 5,41 mm. O valor do comprimento médio está de acordo com o encontrado por Miskalo (2009) para a espécie, que possui comprimento médio de fibras de 3,2 mm. Azzini e Beraldo (2000) observaram na base e no meio dos colmos um comprimento de 2,86 mm para este mesmo elemento anatômico. Estes valores foram semelhantes aos obtidos neste estudo. Segundo Miskalo (2009), a variação entre os comprimentos de fibras ocorre na parede do colmo, sendo mais curta na parte externa e mais longa no centro.

Para a COPANT (1974), o comprimento médio encontrado para as fibras pode ser classificado como intermediário, pois ocupa uma posição entre fibras de pinus (3,5 mm) e eucalipto (1,0 mm). O comprimento de fibra explica a grande resistência mecânica que oferece a alguns produtos, como piso de bambu laminado colado, caixas e papel para embalagens.

Em relação à largura das fibras o valor médio foi de 23,87 μm , com valor mínimo de 10,45 μm e máximo de 34,89 μm . O diâmetro médio do lume foi de 3,50 μm , com valor máximo de 8,76 μm e mínimo de 0,17 μm . A espessura média da parede foi de 10,09 μm , enquanto a mínima foi de 5,14 μm e a máxima foi de 15,12 μm (Figura 13).

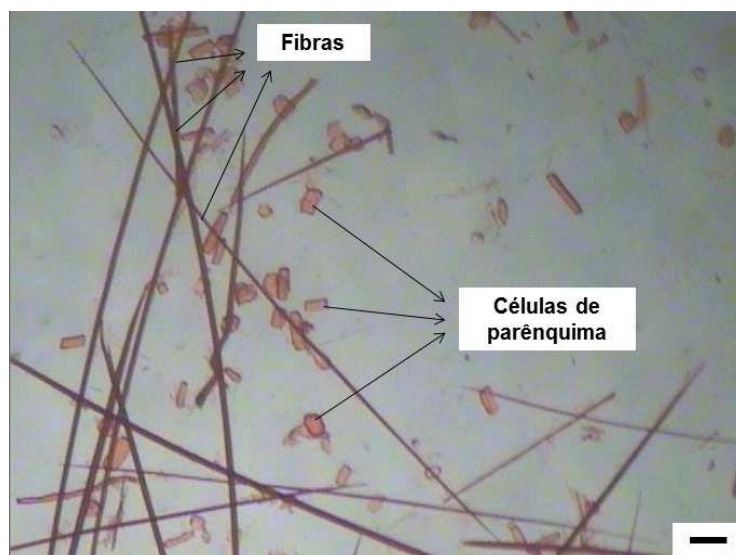


Figura 13. Fibras e células parenquimáticas do bambu *Dendrocalamus giganteus*.
Escala = 100 μm

4.3. ANÁLISES QUÍMICAS DO BAMBU TERMORRETIFICADO

Foi realizada a avaliação da composição química do *D. giganteus*. Os teores médios dos extrativos em álcool:tolueno, extrativos totais, lignina total e holocelulose para cada situação encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos teores dos extrativos em álcool:tolueno, totais, lignina total e holocelulose do bambu (*D. giganteus*) termorretificado

Temperaturas (°C)	Teores de Extrativos		Lignina Total (%)	Holocelulose (%)
	Álcool:Tolueno (%)	Totais (%)		
100	3,94	6,30	25,59	68,11
140	4,18	7,16	28,01	68,83
160	4,64	7,84	27,91	64,25
180	4,28	8,32	31,45	60,23
200	4,93	8,83	28,59	62,88

Os maiores teores de extrativos em álcool:tolueno e extrativos totais foram obtidos nas amostras submetidas a maiores temperaturas de termorretificação. Os menores teores de extrativos foram obtidos para as amostras controle (termorretificadas a 100 °C). Ao comparar estas amostras com as taliscas termorretificadas a 200°C, observou-se um ganho aparente em relação ao percentual no teor de extrativos em álcool:tolueno de 1% e extrativos totais de 2,52%.

As variações dos extrativos podem ser explicadas pelas modificações químicas que tendem a ocorrer na estrutura do bambu. O aquecimento gera uma redução na massa inicial do material, em função da perda de água, extrativos voláteis, enquanto os extrativos menos voláteis tendem a migrar para superfície da madeira (HILL, 2006). Com a quebra das hemicelulososes e as alterações que ocorrem durante a termorretificação, são gerados vários produtos, como fênois, furfural e aldeídos, que passam a ser contabilizados como extrativos.

As amostras controle (100°C) obtiveram valores inferiores em relação aos teores de extrativos, encontrados na literatura. Marinho et al. (2012) realizaram um estudo com a mesma espécie e idade do bambu “in natura” e encontraram valores médios de extrativos em álcool:tolueno de 7,30% e extrativos totais de 9,21%. Bonfatti Junior (2010) encontrou para a espécie de *Bambusa vulgaris* uma média de 11,25% de extrativos totais.

O teor de lignina foi influenciado pelos tratamentos térmicos. O menor valor foi obtido para as amostras controle (100 °C) e o maior resultado foi obtido

para o bambu termorretificado a 180 °C. Entre estes dois tratamentos, observou-se um ganho aparente de 5,86% de lignina.

Para as temperaturas de 180 e 200 °C observou-se uma mudança de cor visualmente mais acentuada nas taliscas. Para Parysek e Zakrzewski (2006) o nível de temperatura utilizada para termorretificação pode desencadear reações como desidratação, despolimerização, degradação e termo-oxidação, influenciando nas modificações químicas dos principais constituintes do material.

Segundo alguns autores, dentre eles, Esteves e Pereira (2009), após a termorretificação, a lignina possui impurezas na sua constituição em função de reações de policondensação dos componentes da parede celular que resulta no processo de reticulação, contribuindo para um aumento aparente no teor de lignina. Para as taliscas termorretificadas, provavelmente houve dissociação no teor dos açúcares da holocelulose (principalmente hemicelulose), que recombinau com outros compostos, gerando novos produtos que passaram a ser contabilizados como constituintes da lignina.

Para o teor de holocelulose foi observado uma tendência de redução, quando se compara os três últimos valores médios, com os valores encontrados para amostras controle (100 °C) e termorretificadas a 140 °C. O menor valor encontrado foi para temperatura de 180 °C e o maior foi para temperatura de 140 °C. Nessa reação ocorreu o desprendimento de água e degradação das hemiceluloses, que provavelmente influenciam na densidade do material.

Os resultados encontrados para as amostras controle (100 °C) foram comparados com valores da literatura. Brito et al. (1987) realizaram um estudo com quatro espécies, dentre estas o *D. giganteus* e foi constatada uma média de 23,4 % de lignina e 63,7% de holocelulose. Bonfatti Junior (2010) realizou um trabalho com a espécie *Bambusa vulgaris* e encontrou valores médios, para lignina de 22,17% e para holocelulose de 66,28%. A variação entre os valores pode ser explicada em função da espécie, condições de crescimento, idade e posição de retirada das amostras no colmo (base, meio e ápice), uma vez que, esses fatores alteram a composição química do bambu (PEREIRA; BERALDO, 2008).

4.4. AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA DAS TALISCAS TERMORRETIFICADAS

A avaliação da redução de massa é uma das características mais importantes da termorretificação, sendo parâmetro de referência para indicação de qualidade (ESTEVES; PEREIRA, 2009), pois a mesma está relacionada com a densidade e pode influenciar outras propriedades, como a resistência mecânica e limitar a utilização de um determinado material.

Segundo Hill (2006), na medida em que se aumentam os níveis das temperaturas, ocorrem alterações químicas nos componentes macromoleculares da parede celular, resultando na perda de massa e alteração da cor. Foi observada uma redução de massa para os quatro tratamentos térmicos avaliados (140, 160, 180 e 200 °C), em relação às amostras controle (100 °C). Para a temperatura de 140°C houve uma redução média de 2,30%, para 160 °C houve uma redução média de 3,60%. Para 180°C notou-se uma redução de 5,33% e para 200°C a redução foi de 6,65%, conforme a Figura 14.

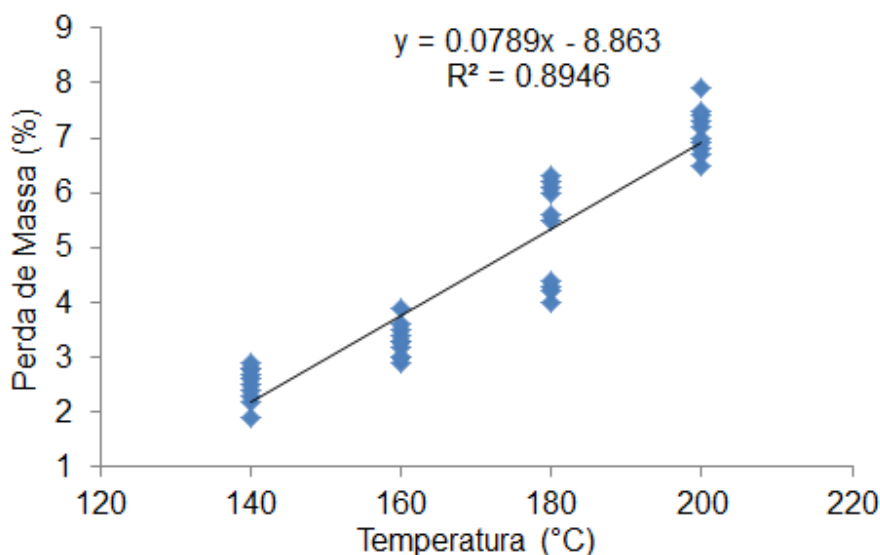


Figura 14. Redução de massa das taliscas termorretificadas, conforme o tratamento térmico aplicado.

Observou-se que os valores médios encontrados para os tratamentos citados, encontram-se acima dos valores indicados pela patente do processo

“Thermowood” da Finlândia, para madeira. Esteves et al. (2008) citaram uma redução de massa mínima de 3% para aumentar a estabilidade dimensional e de 5% para melhorar a durabilidade natural da madeira. As reduções encontradas para as temperaturas de 160, 180 e 200 °C estariam aptas a melhorar a estabilidade e a resistência natural, conforme citado por Esteves et al. (2008).

4.5. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA NATURAL DO BAMBU TERMORRETIFICADO A FUNGOS E TÉRMITAS XILÓFAGOS

4.5.1. Ensaio de resistência a fungos xilófagos

A análise de variância de resistência a fungos xilófagos do bambu termorretificado - BTR evidenciou que houve diferença significativa entre os parâmetros (fungos e temperaturas) e interações analisados (Apêndice A - Tabela 1A). A interação foi desdobrada e comparada pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da temperatura e dos adesivos na perda de massa do BTR exposto aos fungos xilófagos

Temperatura (°C)	Fungos Xilófagos/Perda de Massa (%)	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Postia placenta</i>
100	13,36 ± 1,6 ¹ Ba*	22,47 ± 1,4 Aa
140	11,83 ± 1,9 Bb	21,02 ± 1,3 Ab
160	9,36 ± 1,9 Ac	9,36 ± 1,8 Ae
180	8,10 ± 0,9 Bd	14,83 ± 1,3 Ac
200	7,20 ± 0,9 Be	12,40 ± 1,1 Ad

*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal ou minúscula, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ¹ Desvio padrão.

A temperatura que proporcionou a menor perda de massa nas amostras de bambu submetidas ao fungo *G. trabeum*, foi a de 200 °C, tendo um ganho de resistência de 53,89% em relação ao controle (100 °C), porém todas as temperaturas de termorretificação empregadas evidenciaram ganho de resistência em relação as amostras termorretificadas a 100°C. As demais temperaturas de termorretificação (160, 180 e 200°C) proporcionaram uma perda de massa inferior

a 10%, que classifica o bambu como altamente resistente ao fungo *G. trabeum*, conforme a ASTM D - 2017 (2005).

Para o *P. placenta* a menor perda de massa foi observada para temperatura de 160°C, com um ganho de 41,61% em relação às amostras controle (100°C). Esperava-se que nas temperaturas de 180 e 200°C, proporcionassem uma menor redução de massa para o fungo *P. placenta*, entretanto o valor encontrado pode ser explicado pela heterogeneidade do bambu, em que algumas amostras utilizadas podem ter sido provenientes de regiões menos resistentes ao apodrecimento e gerado dados pouco confiáveis. Outro fator que merece destaque é uma possível diferença entre pontos de temperatura na mufla durante o processo de termorretificação. Os dois fatores citados podem ter influenciado no resultado das amostras submetidas ao ataque do fungo.

Conforme a ASTM D - 2017 (2005) e para as condições, nas quais foi realizado o ensaio, com o *P. placenta*, pode-se afirmar que o bambu termorretificado a 100, 140, 180 e 200 °C foi classificado como resistente e para temperatura de 160 °C como altamente resistente.

Para as amostras termorretificadas a 100, 140, 180 e 200 °C, o *P. placenta* proporcionou uma maior perda de massa em relação ao *G. trabeum*. As médias para os dois fungos diferiram estaticamente entre si, exceto para a temperatura de 160 °C, em que os resultados analisados para os dois fungos foram semelhantes.

Tiburtino (2011) verificou a resistência de duas espécies de bambu (*Bambusa vulgaris* e o *Dendrocalamus giganteus*) tratado com CCB, submetidas ao ataque do fungo *P. placenta*. No trabalho, não foi removida a camada interna e externa dos colmos, tornando as amostras impermeáveis. Para o *B. vulgaris*, as perdas variaram entre 2,44 a 14,26% e para o *D. giganteus*, variaram entre 2,60 a 12,35%.

Weiland e Guyonnet (2003) destacaram algumas razões que levam a melhora da durabilidade biológica. Algumas moléculas resultantes do tratamento térmico, tais como furfural podem reagir com os compostos da parede celular e o sistema enzimático dos fungos não reconhecer o substrato como alimento. Abordaram uma possível esterificação de celulose em função do ácido acético

formado pela degradação das hemiceluloses. Em segundo lugar, destacam o ponto de saturação das fibras, em função da diminuição da umidade de equilíbrio, o que, por si só, leva a uma melhor resistência contra a degradação biológica. É difícil a comparação dos valores encontrados para os ataques de fungos em bambu termorreificado, uma vez que, a literatura disponível é escassa em relação a informações pertinentes a este trabalho.

4.5.2. Ensaio de resistência a térmitas xilófagos

Para o ensaio com térmitas, não houve diferença significativa entre os parâmetros analisados (Apêndice A - Tabela 2A). Entretanto foi observado variação entre as médias para as temperaturas analisadas. Tendo as amostras termorreificadas a 200 °C uma perda de massa de 6,52% menor que as amostras controle (Figura 15).

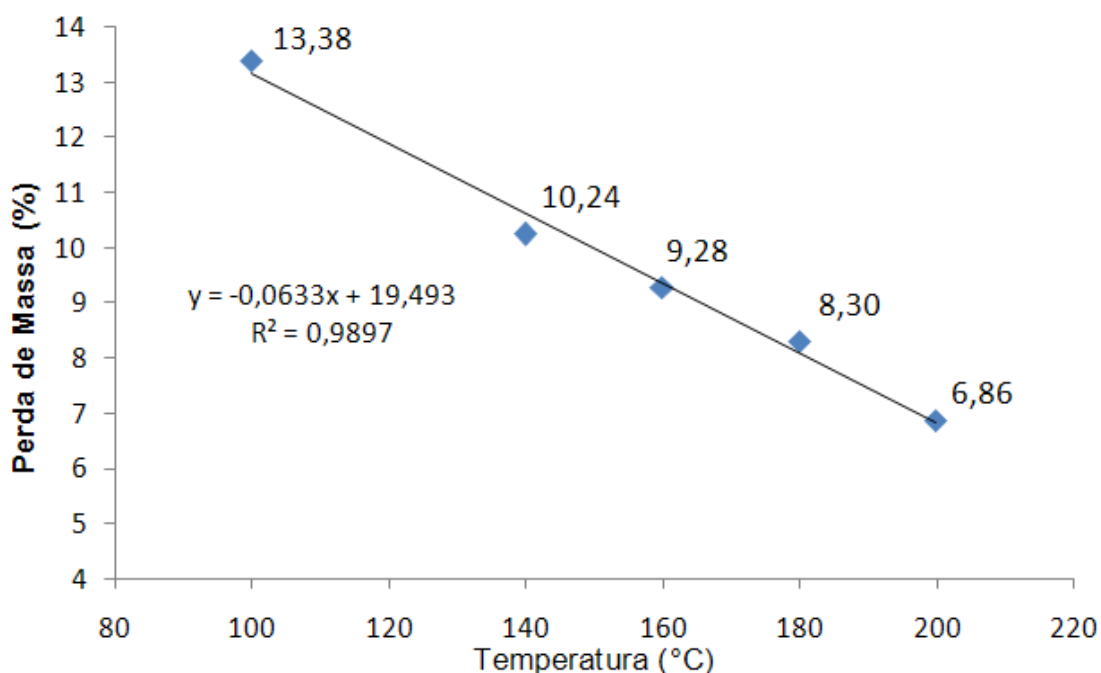


Figura 15. Valores médios da perda de massa do bambu termorreificado no ensaio com térmitas.

Observou-se no gráfico que a termorretificação proporcionou melhorias na resistência do bambu ao térmita xilófago testado. Em determinados frascos, alguns cupins sobreviveram até o final do ensaio, nas amostras que foram submetidas aos maiores níveis de temperatura (160, 180 e 200 °C) (Tabela 4) e, no entanto, causaram uma menor perda de massa, confirmando uma tendência de melhoria na durabilidade biológica do bambu termorretificado (Figura 15).

Provavelmente isto tenha ocorrido em função das fissuras formadas nas amostras submetidas aos maiores níveis de temperatura que facilitaram o acesso dos cupins ao bambu, tendo permanecido vivos por mais tempo e removido material de baixa densidade, responsável por uma menor perda de massa. Desta forma, observou-se uma tendência de aumento na resistência do bambu tratado a 140 (23,47%), 160 (30,64%), 180 (37,97%) e 200 °C (48,72%) em relação às amostras controle (100 °C).

Tabela 4. Valores médios da mortalidade (%) e do número de dias de sobrevivência dos térmitas

Temperatura (°C)	Mortalidade (%)	Número de Dias
100	100	18
140	100	20
160	98	22
180	84	25
200	77	24

Como foi abordado para os fungos apodrecedores, isto pode ser explicado também, em função de alterações químicas na estrutura do bambu, tornando menos disponíveis os nutrientes utilizados pelos térmitas xilófagos. Para as amostras controle (100 °C) e termorretificadas a 140 °C, a taxa de mortalidade foi de 100% antes do período estipulado pela ASTM D - 3345 (2005), para a desmontagem do ensaio, que foi de quatro semanas.

Os ensaios de durabilidade natural realizados neste trabalho geraram dados científicos em relação ao ataque de organismos xilófagos. Estes ensaios foram realizados com o objetivo de testar a utilização do bambu termorretificado, em situações de contato direto com o solo ou ambientes úmidos como estufas, cercas, porteiros, decks, esquadrias, batentes e marco para portas.

4.6. PROPRIEDADES FÍSICAS DO BLCTR

4.6.1. Massa específica básica

Na Tabela 5 estão os valores médios encontrados para massa específica básica do BLCTR em função dos adesivos UF e RF e o desvio padrão para cada ensaio.

Tabela 5. Efeito da temperatura e dos adesivos na massa específica básica do BLCTR

Temperatura (°C)	Adesivos/Massa Específica (g.cm ⁻³)	
	Resorcinol Formaldeído	Uréia Formaldeído
100	0,70 ± 0,07 ¹	0,65 ± 0,05
140	0,66 ± 0,04	0,64 ± 0,05
160	0,66 ± 0,05	0,61 ± 0,05
180	0,65 ± 0,03	0,61 ± 0,08
200	0,65 ± 0,03	0,61 ± 0,03

¹ Desvio-padrão.

O maior valor para massa específica básica do BLCTR, foi para a amostra aderida com RF e confeccionada com amostras controle (100 °C). De forma geral, notou-se que para todas as temperaturas analisadas, houve uma diminuição da massa específica básica, com tendência de redução, quando comparada com o valor obtido para as amostras controle (100 °C). Essa variação foi observada a partir do incremento da temperatura de 140 para 200 °C, em função da perda de massa do BLCTR durante a termorretificação.

Os valores encontrados para as amostras controle (100 °C), do BLCTR confeccionado com os dois adesivos foram superiores aos resultados obtidos por Paes et al. (2009), que analisaram a massa específica básica do BLC tratado por imersão em água e aderido com PVA obtendo uma média de 0,56 g.cm⁻³ e para o aderido com RF um valor médio de 0,55 g.cm⁻³. Para o BLC tratado com CCB e aderido com PVA a média foi de 0,53 g.cm⁻³ e com RF o valor foi de 0,52 g.cm⁻³. Neste estudo, observou-se que o processo de termorretificação ocasionou a perda da massa inicial do laminado colado, como foi observado na análise de redução

de massa das taliscas termorretificadas (Item 4.4) e conseqüentemente refletiu diretamente na densidade das amostras.

4.6.2. Estabilidade dimensional

Para os parâmetros de contração volumétrica e inchamento volumétrico, as análises de variância revelaram a existência de interação entre temperatura e adesivo pelo teste de F (Apêndice B - Tabelas 1B, 2B), que foram analisados pelo teste de Tukey. Os valores médios da contração e do inchamento volumétrico podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios para contração e inchamento volumétrico do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Temperatura (°C)	Adesivos/Contração Volumétrica (%)	
	Resorcinol Formaldeído	Uréia Formaldeído
100	14,28 ± 2,2 ¹ Aab*	9,50 ± 2,3 Ba
140	18,44 ± 3,4 Aa	12,76 ± 6,4 Ba
160	11,04 ± 2,2 Ab	13,96 ± 2,7 Aa
180	11,80 ± 3,4 Ab	12,83 ± 1,5 Aa
200	12,45 ± 2,2 Aab	12,92 ± 2,0 Aa
Temperatura (°C)	Adesivos/Inchamento Volumétrico (%)	
	Resorcinol Formaldeído	Uréia Formaldeído
100	16,82 ± 3,8 ¹ Aab*	10,53 ± 7,0 Ba
140	24,16 ± 4,2 Aa	14,80 ± 7,0 Ba
160	12,45 ± 2,5 Ab	16,28 ± 2,5 Aa
180	13,39 ± 3,8 Ab	14,83 ± 1,9 Aa
200	14,27 ± 2,7 Aab	14,89 ± 2,5 Aa

*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal ou minúscula, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ¹ Desvio padrão.

Para os adesivos testados com o BLCTR confeccionado com amostras controle (100 °C) e termorretificadas a 140 °C observou-se que houve diferença estatística entre as médias. Notou-se que os menores valores de contração foram observados para o BLCTR aderido com UF e para o adesivo RF foram observados os maiores valores, para a mesma propriedade avaliada. Para os demais tratamentos térmicos o comportamento dos adesivos foi semelhante não havendo variação entre médias. Em relação aos tratamentos térmicos, as amostras

confeccionadas com RF, obtiveram a maior média para o tratamento de 140 °C e para as temperaturas de 160 e 180 °C foram encontradas as menores médias. Para o adesivo UF, não houve diferença entre as temperaturas avaliadas.

Numericamente para os BLCTRs confeccionados com RF foi observada uma tendência de decréscimo em relação às temperaturas iniciais de 100 e 140 °C, ou seja, as contrações volumétricas diminuíram com o incremento da temperatura, tendo uma maior estabilidade do BLCTR. Cabe destacar que ocorreu redução dos pontos higroscópicos, em função do aumento da temperatura e o material perdeu a capacidade de absorção de água do ambiente (BRITO et al., 2006).

Para as juntas coladas com a UF, observou-se uma tendência de aumento das médias da contração volumétrica, com o incremento da temperatura de termorretificação. Isto pode ser explicado pela instabilidade do adesivo UF, em relação à umidade, possuindo baixa resistência, quando imerso em água, o que limita sua utilização para aplicações externas, nas quais as juntas coladas e em uso, poderiam ser rompidas; além das fissuras formadas nas taliscas quando submetidas a maiores temperaturas de termorretificação que facilitam o acesso da água no BLCTR.

Em relação ao inchamento volumétrico do BLCTR, observou-se diferença estatística para os adesivos utilizados para as temperaturas de 100 e 140 °C. Para as demais temperaturas, as médias dos adesivos não diferiram entre si, tendo comportamento semelhante.

Para as temperaturas, observou-se que as amostras confeccionadas com RF obtiveram a maior média para 140 °C. Para o adesivo UF, não houve diferença entre as temperaturas avaliadas. Numericamente, para o BLCTR aderido com RF, foi observada uma redução nos valores do inchamento volumétrico a partir da temperatura de 140°C, e uma menor estabilidade para as amostras aderidas com UF, pois as médias aumentaram, apesar de não diferirem estatisticamente. Isto pode ser explicado pelos mesmos fatores citados para contração volumétrica.

As análises de variância para contração e inchamento da espessura (radial) e contração e inchamento da largura (tangencial) para o BLCTR,

revelaram a existência de diferenças significativas entre as interações (Apêndice B- Tabelas 3B e 4B). Para contração da largura (tangencial) observou-se significância pelo teste de F apenas para o parâmetro temperatura e o comportamento do inchamento da largura (tangencial) não foi significativo pelo teste de F para nenhum dos parâmetros avaliados (Apêndice B – Tabelas 5B e 6B). As médias obtidas para esses parâmetros constam da Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios para contração e inchamento da espessura (radial) e contração e inchamento da largura (tangencial) do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Temperatura (°C)	Adesivos/Contração da Espessura (%)		
	Resorcinol Formaldeído	Uréia Formaldeído	
100	8,06 ± 4,6 ¹ Aa*	3,61 ± 2,1 Bb	
140	6,40 ± 3,7 Aab	5,54 ± 3,1 Aab	
160	4,20 ± 1,6 Bb	8,17 ± 2,3 Aa	
180	5,02 ± 1,3 Aab	6,37 ± 2,4 Aab	
200	5,93 ± 2,8 Aab	6,70 ± 2,1 Aab	
Temperatura (°C)	Adesivos/Inchamento da Espessura (%)		
	Resorcinol Formaldeído	Uréia Formaldeído	
100	8,93 ± 4,0 ¹ Aa*	5,07 ± 1,9 Ba	
140	6,95 ± 3,3 Aab	6,06 ± 2,6 Aa	
160	4,40 ± 1,1 Bb	9,14 ± 2,0 Aa	
180	5,24 ± 1,1 Aab	7,68 ± 2,0 Aa	
200	5,83 ± 2,5 Aab	7,22 ± 1,9 Aa	
Temperatura (°C)	Adesivos/Contração da Largura (%)		
	1 – RF*	2 – UF*	Média Geral**
100	5,77 ± 1,06 ¹	4,47 ± 1,49	5,12 ± 1,28b
140	6,41 ± 4,50	7,43 ± 2,03	6,92 ± 3,27a
160	6,13 ± 1,07	5,73 ± 0,84	5,93 ± 0,96ab
180	6,55 ± 1,19	6,04 ± 1,05	6,29 ± 1,12ab
200	5,52 ± 0,73	5,53 ± 0,68	5,23 ± 0,71ab
Temperatura (°C)	Adesivos/Inchamento da Largura (%)		
	Uréia Formaldeído*	Resorcinol Formaldeído*	
100	6,13 ± 0,94 ¹	4,69 ± 1,36	
140	7,00 ± 3,69	7,43 ± 2,48	
160	6,54 ± 0,93	6,08 ± 0,74	
180	7,02 ± 1,04	6,44 ± 0,93	
200	5,85 ± 0,65	5,86 ± 0,61	

* Não-significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). ** As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ¹Desvio-padrão.

As médias para os adesivos testados diferiram estatisticamente entre si, para as amostras controle (100 °C) e termorretrificadas a 160 °C. Para o adesivo RF, a média mais baixa foi observada para temperatura de 160 °C, sendo o melhor resultado obtido para este parâmetro, tendo diferido estatisticamente da temperatura de 100 °C. As outras médias não diferiram estatisticamente entre si e numericamente, a pior média foi observada para amostras controle (100 °C).

Estatisticamente, para o adesivo uréia formaldeído a temperatura de 100 °C obteve a menor média e o melhor desempenho, no entanto, não diferiu das médias obtidas para as temperaturas de 140, 180 e 200 °C, entretanto numericamente a temperatura de 160 °C evidenciou uma média mais alta e o menor desempenho.

Numericamente, para o BLCTR confeccionado com RF, observou-se uma tendência de redução da contração da espessura para as temperaturas mais elevadas, em relação ao controle (100 °C). Para o BLCTR confeccionado com UF, numericamente a contração aumentou apesar das médias praticamente não diferirem entre si. É possível comparar os valores encontrados para o BLCTR confeccionado com amostras controle (100°C), com valores da literatura. Rivero (2003) obteve para contração da espessura do BLC um valor médio em torno de 4,2 % e Paes et al. (2009) encontraram valores médios de 8,22 e 15,25%. Lapo e Beraldo (2008) trabalharam com BLC confeccionado com taliscas de *D. giganteus* e resina poliuretana e encontraram um valor médio de 0,73%. Observou-se que houve variação das médias obtidas neste trabalho com os valores da literatura.

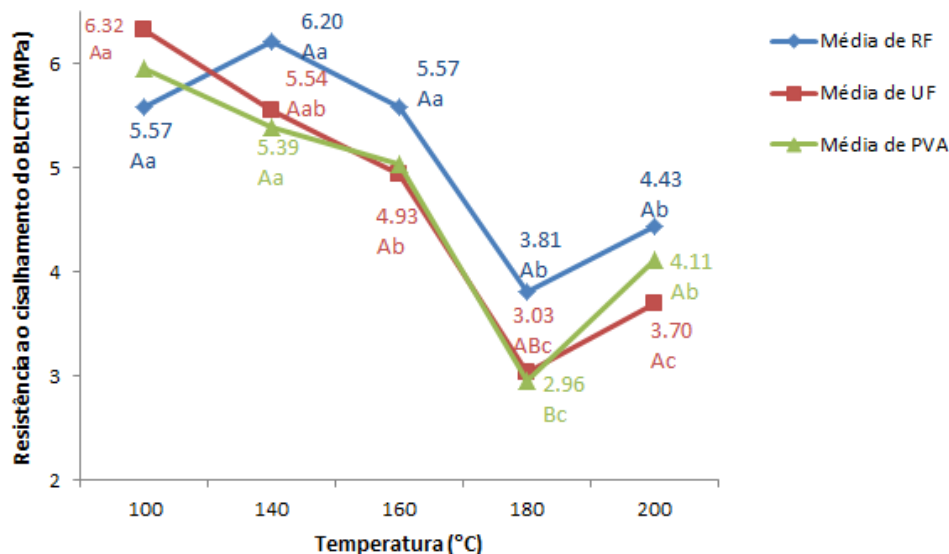
Em relação ao inchamento da espessura, o comportamento dos adesivos foi semelhante ao observado para a contração. Para o resorcinol formaldeído, também foi observado comportamento semelhante ao obtido para a contração. No entanto, para o adesivo uréia formaldeído não se observou diferenças estatísticas entre as temperaturas testadas. Para este caso, numericamente, o inchamento obteve a menor média para o BLCTR confeccionado com amostras controle (100 °C) e maior para 160 °C. Ressalta-se o fato citado anteriormente (instabilidade do adesivo UF em relação à umidade).

Os valores médios encontrados para o BLCTR confeccionado com amostras controle (100°C) para contração da largura (tangencial) (Tabela 7) podem ser comparados, com os valores encontrados na literatura. Rivero (2003) obteve para contração da largura um valor médio de 2,07%, Paes et al. (2009) valores que variaram entre 3,71 a 6,09% e Lapo e Beraldo (2008) encontraram um valor médio de 1,35% na direção tangencial.

4.7. ENSAIOS DE ADESÃO

4.7.1. Resistência ao cisalhamento na linha de cola

Houve significância pelo teste de F, para os adesivos, temperaturas e para a interação (adesivo x temperatura) (Apêndice C - Tabela 1C). O efeito da interação entre adesivos e temperatura foi desdobrado e analisado pelo teste de Tukey (Figura 16).



As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na vertical ou minúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Figura 16. Resistência ao cisalhamento na linha de cola do BLCTR, em função das temperaturas e dos adesivos testados.

Para os adesivos testados, notou-se que as médias do BLCTR confeccionado com amostras controle (100 °C), 140, 160 e 200 °C não difeririam entre si. Para a temperatura de 180 °C foi observado que o BLCTR aderido com RF obteve a maior média e confeccionado com PVA, evidenciou a menor média e para o adesivo UF, evidenciou um comportamento intermediário.

Para os corpos de prova confeccionados com RF, houve diferença significativa, entre as temperaturas. As médias obtidas para as amostras controle (100 °C) e termorretificadas a 140 e 160 °C foram maiores quando comparadas com as duas últimas temperaturas (180 e 200 °C), que evidenciaram as menores médias. Para o adesivo UF, a maior média foi obtida para a temperatura de termorretificação das amostras controle (100°C) e as menores, para as temperaturas de 180 e 200 °C. Para o adesivo PVA, as maiores médias foram obtidas para amostras controle (100 °C) e termorretificadas a 140 °C e a menor para temperatura de 180 °C.

Acima de 160°C foi observado uma tendência no decréscimo dos valores da resistência ao cisalhamento. Segundo Calonego (2009) e outros autores o tratamento térmico em temperaturas mais elevadas pode promover a formação de rachaduras no material reduzindo a qualidade da resistência das juntas coladas. Alguns fatores como secagem em estufas e aquecimento podem desfavorecer o substrato, pois influenciam nas suas propriedades físicas e químicas em função do processo de migração dos extrativos para as superfícies, da reorientação das moléculas da superfície e do fechamento dos microporos das paredes celulares que ocorre de maneira irreversível.

Conforme foi observado na análise química do bambu, quando submetido às maiores temperaturas de termorretificação, houve um acréscimo em relação ao teor de extrativos que podem migrar para camada superficial das taliscas, e interferir no processo de colagem. Cabe ressaltar ainda as modificações na composição química do bambu, que alteram sua estrutura, reduzindo as propriedades mecânicas em função da perda de massa e conseqüentemente adquirindo uma menor resistência a uma força aplicada, o que provavelmente

contribuiu para as médias mais baixas obtidas nas duas últimas temperaturas testadas.

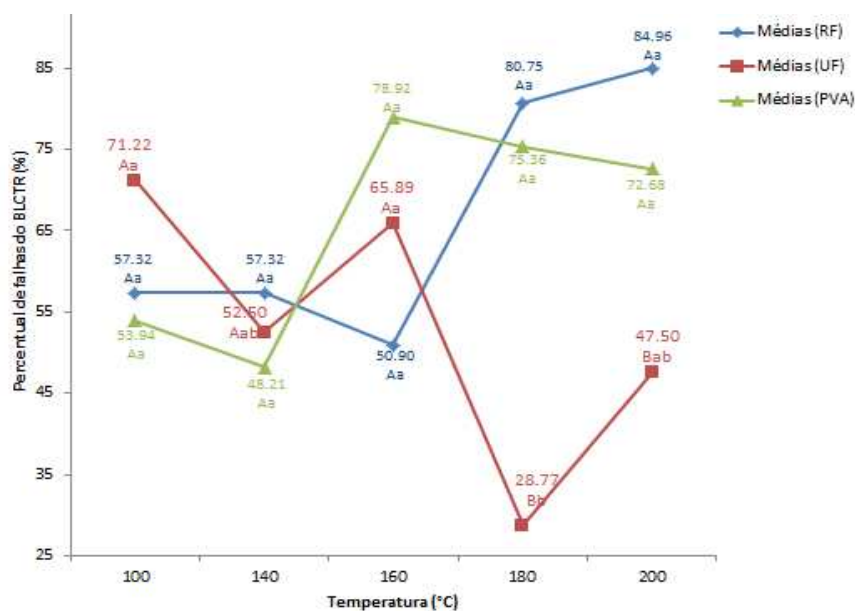
Os resultados obtidos para as amostras controle (100°C) foram comparados com os valores médios de resistência ao cisalhamento do bambu, encontrados na literatura. Rivero (2003) utilizou a mesma espécie e confeccionou BLC, com três lâminas tratadas por imersão em água e coladas com RF e encontrou valores de 4,60 MPa. Paes et al. (2009) trabalharam com a mesma espécie de bambu, tendo o BLC sido confeccionado com cinco lâminas tratadas com CCB e aderido com RF e obtiveram um valor médio de 4,52 MPa e para lâminas tratadas por imersão em água, foi obtido um valor médio de 3,14 MPa. A diferença entre os valores encontrados pode ser explicada pelo tempo de prensagem que foi adotado em cada experimento e a pressão utilizada. Quanto maior o período de tempo e mais elevada a pressão aplicada numa área, o material tende a se tornar mais denso, conferindo uma maior resistência ao material em relação à solicitação de uma tensão (RIVERO, 2003).

Realizou-se a análise dos dados estatísticos para avaliação da falha de ruptura do BLCTR. Foi realizada a análise de variância e observado que houve significância para a interação das temperaturas e adesivos, pelo teste de F (Apêndice C - Tabela 2C). Foi observado que o BLCTR confeccionado com RF e PVA, não diferiram estatisticamente entre si e obtiveram as melhores médias, para as temperaturas de 180 e 200 °C, quando comparadas com a UF (Figura 17).

Foi calculado o teor de sólidos, para todos os adesivos testados. Para o adesivo RF foi obtido um valor de 32%. O fabricante informa que o teor de sólidos dessa resina está na faixa de 50 a 60%. Para o adesivo UF, este teor foi de 63%, sendo o recomendado pelos fabricantes de 64 a 66% e para o adesivo PVA o teor de sólidos encontrado foi de 52% e o fabricante informa um teor médio de 54 a 56%.

Para o BLCTR aderido com RF, observou-se uma média geral para ruptura no bambu de 66%. Quando aderido com UF a média foi de 57% e para o PVA de 65,82%. As amostras termorretificadas a 180 e 200 °C, aderidas com UF, obtiveram as menores médias, ou seja, romperam mais na linha de cola que no

bambu. Assim a resistência na linha de cola do BLCTR, confeccionado com os adesivos RF e PVA (Figura 17), foi superior aos valores encontrados para UF, demonstrando que este adesivo possuiu baixa qualidade de resistência na linha de cola.



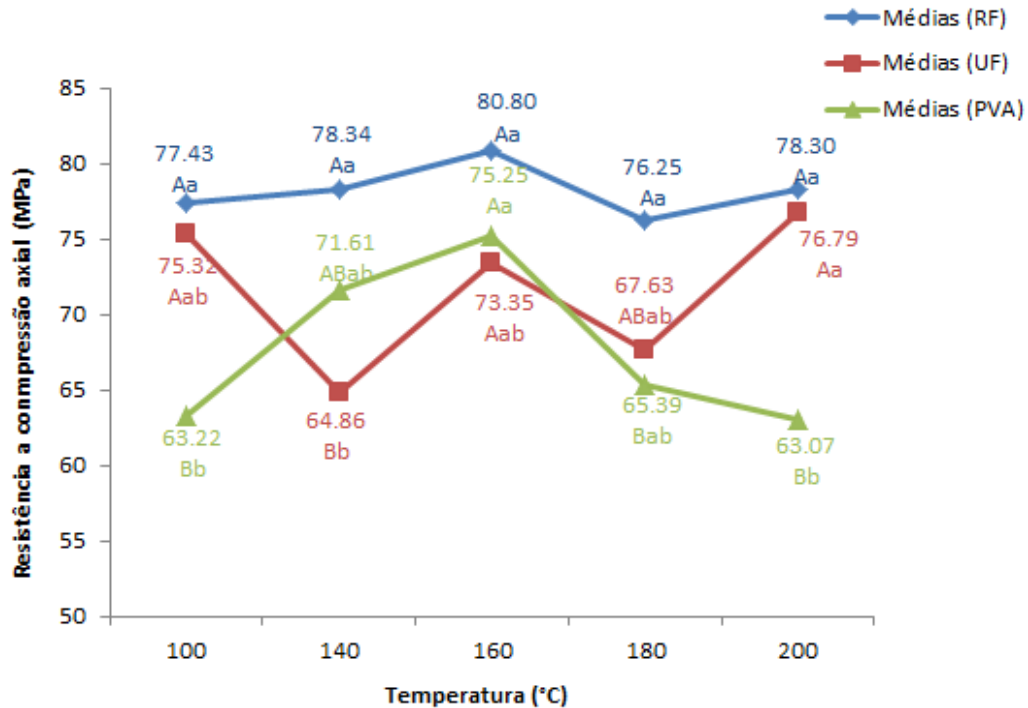
As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na vertical ou minúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Figura 17. Percentual de falhas na linha de cola do BLCTR, em função das temperaturas e dos adesivos testados.

As normas ASTM D 2559 (2005) e ASTM D 5751(2005) estipulam os valores que devem ser atendidos para elementos de uso estrutural e não estrutural para madeira laminada colada. As peças expostas a solicitações de carga devem possuir no mínimo 75% de falha na madeira (uso estrutural) e 60% (uso não estrutural). Com base nessas normas e nas médias gerais obtidas para os adesivos, recomenda-se fabricar BLCTR com RF e PVA, para elementos não estruturais, como paredes divisórias, móveis e cabo para ferramentas.

4.7.2. Resistência à compressão axial

Houve significância pelo teste de F, para os adesivos e interação entre os fatores (temperaturas e adesivos) (Apêndice C - Tabela 3C). Os valores foram desdobrados e analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância (Figura 18).



As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na vertical ou minúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Figura 18. Resistência à compressão axial do BLCTR, em função das temperaturas e dos adesivos testados.

Os adesivos diferiram entre si para todas as temperaturas testadas, exceto para temperatura de 160 °C. Para as amostras controle (100 °C), as médias dos adesivos RF e UF, não diferiram entre si, no entanto diferiram do adesivo PVA, que obteve a menor média. Para a temperatura de 140 °C, o adesivo RF, obteve a maior média e o adesivo UF a menor, para 160°C, não houve diferença estatística entre as médias, para 180 °C o adesivos RF obteve a maior média e o adesivo PVA a menor, e para 200 °C as melhores médias foram observadas para os adesivos RF e UF, que difeririam do PVA, que proporcionou a menor média.

Em relação aos tratamentos térmicos, para o BLCTR confeccionado com RF, as temperaturas não diferiram entre si e quando aderido com UF, observou-se que a maior média foi para o tratamento térmico de 200 °C e a menor para 140 °C. O adesivo PVA possui as menores médias para 100 e 200 °C e a maior para 160 °C.

As médias que foram encontradas nesse trabalho, para as amostras controle (100 °C) foram superiores aos valores médios encontrados na literatura. No mesmo experimento citado anteriormente, realizado por Paes et al. (2009), no ensaio de compressão axial para amostras confeccionadas com PVA e tratadas com CCB, foi obtido um valor médio de 20,91 MPa. As amostras tratadas por imersão em água obtiveram valores de 27,75 MPa. As menores médias para as amostras confeccionadas com adesivo RF, tratadas por imersão em água obtiveram valor médio de 17,26 MPa e as amostras tratadas com CCB, obtiveram uma média de 19,27 MPa.

Rivero (2003) trabalhou com BLC confeccionado com quatro taliscas de *B. vulgaris*, tratados em água, aderidos com “Cascofen” e encontraram uma média de 46,25 MPa e para as amostras aderidas com “Cascamite” foi obtida uma média de 47,25 MPa. Gonçalves et al. (2000) trabalharam com a mesma espécie e a mesma idade, na confecção do BLC, utilizando os adesivos RF e PVA e encontraram um valor de 55,00 MPa. Porém os autores não relataram dados de importantes do trabalho, como quantidade de taliscas, tempo de prensagem e tratamentos adotados.

Os adesivos influenciaram na resistência a compressão dos BLCTRs, pois quando aderidos com RF, tiveram os maiores valores de resistência em relação a tensão necessária para deformar as amostras utilizadas neste teste. Em função dos valores encontrados neste ensaio entre $63,07 \pm 4,35$ MPa e $80,80 \pm 5,93$ MPa, o BLCTR poderia ser incluso na categoria de madeiras que possuem média a elevada resistência à compressão.

4.7.3. Flexão estática

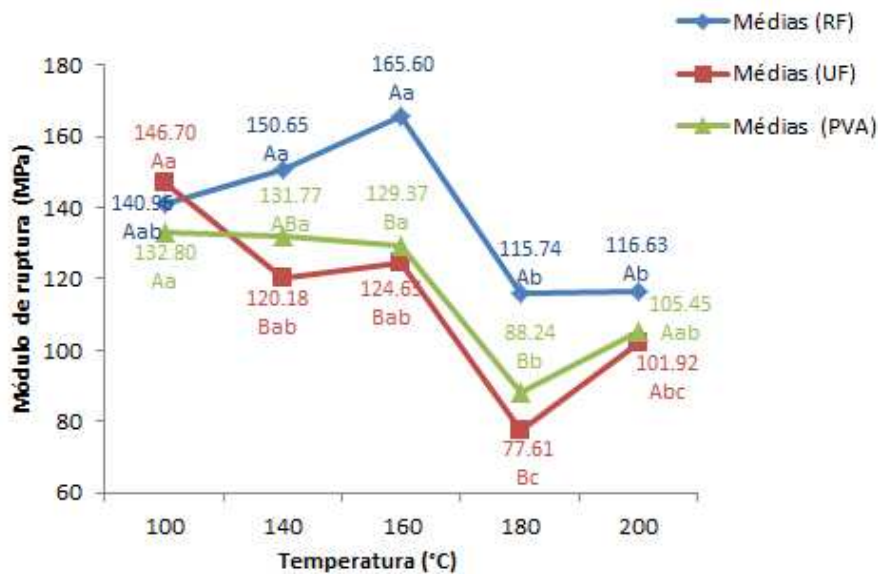
Foi observado neste ensaio que para determinadas cargas de forças aplicadas, ocorreram algum tipo de deformação em alguns corpos de prova, para todas as situações testadas, ocasionando o descolamento das lâminas de forma parcial (Figura 19) ou total. Isto também foi observado por Rivero (2003) e Paes et al. (2009).



Figura 19. Rompimento parcial do corpo de prova na linha de cola.

Segundo Rivero (2003), este descolamento ocorre em função do acúmulo de adesivo em uma lâmina com pequena curvatura e pela diferença de comportamento do bambu e do adesivo, quando submetidos a um determinado esforço, em que se exige uma maior resistência, para suportar o impacto, ocasionando um rompimento na linha de cola, antes da ruptura do corpo de prova. Para o módulo de ruptura, foi realizada a análise de variância para constatar se houve significância entre os parâmetros observados ou ainda se houve interação entre os mesmos.

Foi observado que houve significância para os adesivos e temperaturas testadas, porém a interação não foi significativa (Apêndice C – Tabela 4C). A análise variância foi desdobrada e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (Figura 20).



As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na vertical ou minúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Figura 20. Resistência à compressão axial do BLCTR, em função das temperaturas e dos adesivos testados.

Em relação ao comportamento dos adesivos, observou-se que, para o BLCTR confeccionado com amostras controle (100 °C) e aquelas tratadas termicamente a 200 °C, as médias não diferiram entr e si. Estatisticamente, para as temperaturas de 140, 160 e 180 °C foram observadas as melhores médias para o adesivo RF que diferiu da UF e do PVA, que obtiveram médias inferiores.

Numericamente para os tratamentos térmicos, observou-se que o BLCTR, confeccionado com o adesivo RF, obteve as maiores médias para as temperaturas de 140 e 160 °C. Para o adesivo UF, a maior média foi observada para temperatura de 100 °C e para o adesivo PVA, as maiores foram para as temperaturas de 100, 140 e 160 °C. De forma geral, observou-se que as últimas temperaturas evidenciaram menores médias, em relação às iniciais, em função dos mesmos fatores já citados para o ensaio de cisalhamento.

Numericamente, foram observadas as melhores médias para as amostras controle (100°C) e para as termorretificadas a 140 e 160 °C, provavelmente em função da menor redução de massa, que contribuiu para o aumento da resistência. Seguindo a mesma análise, as menores médias para os três adesivos

testados foram observadas para temperatura de 180 e 200 °C. Ressalta-se que estas médias podem estar relacionadas com a diferença de pontos distintos de temperatura no interior da mufla. Provavelmente ocorreu migração de extrativos que formam cristais na superfície e influenciam a molhabilidade dos adesivos.

É possível comparar os valores médios obtidos para as amostras controle (100 °C), com dados da literatura. O valor médio encontrado para o módulo de ruptura no trabalho de Paes et al. (2009) foi de 89,30 MPa. Beraldo e Rivero (2003) encontraram um valor médio de 72,57 MPa. A diferença entre os valores pode ser explicada pela pressão e pelo período de tempo utilizado durante a prensagem dos BLCs. Paes et al. (2009) utilizaram 2,18 MPa, durante 3 horas, enquanto Beraldo e Rivero (2003) adotaram uma pressão de 5,5 MPa, durante 10 minutos.

Lapo e Beraldo (2008) destacaram outros fatores que podem ser considerados para explicar a diferença de valores, como a quantidade e espessura das taliscas utilizadas, seção do colmo empregada na confecção dos blocos, tipo de adesivo, método de aplicação do adesivo e sistema de prensagem, cabendo destacar ainda a presença de nós, tratamento adotado e idade do colmo.

O módulo de elasticidade (MOE) não foi influenciado pelos adesivos e temperaturas testadas, nem houve interação entre os mesmos (Apêndice C - Tabela 5C), porém os valores médios foram dispostos na Tabela 8 acompanhados dos respectivos desvio-padrão, para cada situação analisada.

Os valores obtidos no trabalho classificam o MOE do BLCTR como de baixa resistência. Numericamente houve variação entre os resultados do módulo de elasticidade. Para o BLCTR confeccionado com o adesivo RF, a maior média foi para o tratamento de 140 °C e a menor para 180 °C. Para as amostras aderidas com UF, a menor média foi observada para o tratamento de 180 °C e a maior para 100 °C e para o adesivo PVA a menor média foi para temperatura de 160 °C e a maior para 100 °C.

Paes et al. (2009) encontraram valores de 4.300 a 9.600 MPa, enquanto Lapo e Beraldo encontraram valores de 18.400 MPa. Mantilla Carrasco et al. (1995) obtiveram valores 17.949 MPa e Rivero obteve 5.713 MPa.

Tabela 8. Módulo de elasticidade do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Temperatura (°C)	Adesivos/Módulo de Elasticidade (MPa)*		
	RF ¹	UF	PVA
100	11.656,56 ± 1.495,35 ²	13.060,41 ± 1.501,91	11.936,43 ± 1.700,93
140	12.113,95 ± 1.585,67	10.632,96 ± 803,83	11.809,99 ± 1.762,98
160	12.013,06 ± 1.671,01	11.088,41 ± 1.368,78	11.064,82 ± 1.637,43
180	11.519,74 ± 1.006,20	10.623,24 ± 1.401,20	11.319,64 ± 1.370,65
200	11.832,26 ± 1.010,00	12.080,92 ± 1.455,77	11.156,30 ± 1.261,17

*Não-significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). ¹RF: resorcinol formaldeído; UF: uréia formaldeído; PVA: acetato de polivinila. ²Desvio-padrão.

5. CONCLUSÕES

A posição de retirada das amostras no sentido longitudinal do bambu “in natura”, influenciou a massa específica básica e a umidade. A retratibilidade demonstrou comportamento inverso às gimnospermas e angiospermas dicotiledôneas, tendo menor estabilidade dimensional no sentido da espessura (radial) que na largura (tangencial).

A composição anatômica do colmo do bambu gigante é composta por 50% de parênquima, 10% de vasos e 40% de fibras, sendo estas de comprimento médio.

A termodegradação dos polímeros do bambu resultou em teores mais elevados de lignina e extrativos e menores de holocelulose.

De forma geral, o bambu termorretificado possui um bom comportamento quando exposto aos fungos *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*, sendo classificado como resistente ou altamente resistente.

Para o cupins *Nasutitermes* sp. bambu termorretificado teve uma tendência de melhora na resistência biológica com o aumento das temperaturas de termorretificação.

A massa específica básica do BLCTR confeccionado com taliscas tratadas à temperatura de 100 °C foi superior aos valores das queilas dos tratamentos térmicos mais elevados, em função da perda de massa.

Para o BLCTR confeccionado com resorcinol formaldeído, é evidenciada uma tendência de melhora na estabilidade dimensional a partir da temperatura de 160 °C.

O adesivo a base de resorcinol formaldeído foi mais resistente nos ensaios de adesão e o menos resistente foi o adesivo a base de uréia formaldeído, que demonstrou intolerância a umidade.

Os resultados evidenciaram que fabricar bambu laminado colado termorretificado (BLCTR), confeccionados com resorcinol e PVA com a mesma gramatura e tempo de prensagem conferem boa resistência para elementos não estruturais.

A partir da temperatura de 160 °C ocorreu um ganho na durabilidade natural do bambu e na estabilidade dimensional do BLCTR confeccionado com RF, porém houve uma queda nos valores da resistência mecânica do material. Evidenciando que esta seria a temperatura indicada para se obter os maiores benefícios para as propriedades tecnológicas do BLCTR.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C.E.C.; IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S. Adesão e adesivos. In: IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. p. 1-30.

ALMEIDA NETO, J. A.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 1413**: standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 7p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 143**: standard test methods for small clear specimens of timber. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 7p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 2017**: standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 3345**: standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 2005, 3p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 905**: standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading. Annual Book of ASTM Standards. 2008, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 5266**: standard practice for estimating the percentage of wood failure in adhesive bonded joints. Annual Book of ASTM Standards. 2005, 4p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 2559**: standard specification for adhesives for bonded structural wood products for use under exterior exposure conditions. Annual Book of ASTM Standards. 1994, 15p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 5751**: standard specification for adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products. Annual Book of ASTM Standards. 2012, 11p.

APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C; BIANCHINI. Proposta de modelo cinético da degradação de laminados de madeiras em ambientes aquático e terrestre. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.59, n.3, p.485-492, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Fórum Nacional das atividades de base florestal. **Adesivos**, n 7, p. 1- 6, 2007. Disponível em: < [http:// www.abimci.com.br/index.php? option=com](http://www.abimci.com.br/index.php?option=com)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8877**: adesivos: determinação do teor de sólidos. Rio de Janeiro, 2007, 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR - 6230**: métodos de ensaio para madeiras. Rio de Janeiro, 1985, 89 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Anexo B - Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro, 1997, 107p.

AZZINI, A.; BERALDO, A. L. Determinação de fibras celulósicas e amido em cavacos laminados de três espécies de bambu gigante. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 45-51, 2000.

AZZINI, A.; ARRUDA, M. C. Q.; TOMAZZELO FILHO, M.; SALGADO, A. L. B.; CIARAMELLO, D. Variações dos teores de fibras celulósicas e amido no colmo de bambu. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n.1, p. 141-145, 1987.

BATISTA, D. C. **Modificação térmica da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP HolzSysteme**. 2012. 338 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu**: características e aplicações. Guaíba: Agropecuária, 2004, 128 p.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu laminado colado. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 2, p. 36 - 46, 2003.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; CASCARADO, C. R.; RIBEIRO, C. A. Desempenho de um dispositivo para efetuar tratamento químico de colmos de bambu: avaliação por ultra-som. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: PRODUÇÃO E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO SUSTENTÁVEL, 3, São Paulo, 2003. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2003, p. 55.

BERALDO, A. L.; ZOULALIAN, A. Bambu: material alternativo para construções rurais. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5, Belo Horizonte, 1995. **Anais...** Belo Horizonte: EEUFMG, 1995, 1995. p. 425-439.

BERNSEN, R. S. **Caracterização anatômica, física e mecânica de lâminas de bambu (*Phyllostachys pubescens*)**. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BERNSEN, R. S.; KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C.; NASCIMENTO, E. M.; OSTAPIV, F. Propriedades físicas do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie) em diferentes idades e posições do colmo. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 183-192, 2009.

BOLETIM FLORESTAL. **Informativo florestal do Norte pioneiro**. Forest brazil. Viveiro florestal. 6. ed., ano 1, p. 1-6, dez, 2007. Disponível em: < <http://www.forestbrazil.com.br>>. Acesso em: 17 dez 2011.

BONFATTI JUNIOR, E. A. **Caracterização das propriedades anatômicas, química e densidade da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J. C. Wendl., para a produção de celulose kraft com diferentes cargas de álcali**. 2010. 67f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BORGES, M. B.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BORBA, M. **CI FLORESTAS**. Governo federal aprova política nacional do bambu para erradicar pobreza. 2011. Disponível em: < <http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=6035>>. Acesso em: 01 jan. 2013.

BRANDÃO, C. M. R. **O uso do bambu como componente construtivo em arquitetura sustentável**. 2008. 92f. Monografia (Especialização em Conforto e Edificações Sustentáveis) – Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2008.

BRITO, J. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A. L. B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **IPEF**, n.36, p.13-17, 1987.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JUNIOR, 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**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BURGER, L.M; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991,154p.

CALONEGO, F. W. **Efeito da termorreificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2009. 163 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009.

CARDOSO JUNIOR, M. L. **Recomendações para projeto de piso de bambu laminado colado - BLC**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.5, p.715-724, 2004.

CARMO, A. G. O. **Avaliação do potencial preservativo dos extratos do cerne no alburno de madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. 2008. 24 f. Monografia - (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel. V - Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Dendrocalamus*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 24, p. 1 -16, 1971.

COMISIÓN PANAMERICANCA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Buenos Aires: COPANT, v. 30, p. 1-19, 1974.

COLLA, W. A. **Efeito do tratamento térmico nas características físicas e mecânicas do bambu *Denrocalamus giganteus* (Munro)**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

COSTA, T. M. S. **Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* Schard. como carvão vegetal**. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear- Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2004.

CRUZ, M. P.; BARBOSA, L. C. A.; MALTHA, C. R. A.; GOMIDE, J. L.; MILANEZ, A. F. Caracterização química do "pitch" em indústria de celulose e papel de *Eucalyptus*. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2006.

ESTEVES, B. M.; DOMINGOS, I. L.; PEREIRA, H. M. Pine wood modification by heat treatment in air. **BioResources**, Raleigh, v. 3, n. 1, p. 142-154, 2008.

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, Raleigh, v. 4, n. 1, p. 307- 404, 2009.

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n.6, p.645-652, 2008.

FALCO, A. P. S. **Avaliação de adesivos utilizados em solados de calçados de uso da marinha do Brasil**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus***. 2007. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região Sudeste do Estado de São Paulo**. 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

GARCIA, R. A. **Processo de adesão na madeira termorretrificada**. Seropédica: UFRRJ, 2011. Formato PPT. (Notas de Aulas do Curso de Tratamento Térmico da Madeira).

GEORGE, J. Preservative treatment of bamboo, rubber wood and coconut palm. In: FINDLAY, W.P.K. **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, 1985, p. 233 - 247.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 107 - 114, 2005.

GOMIDE, J.L.; DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v.47, n.8, p. 36-38, 1986.

GONÇALVES, M. T. T.; PEREIRA, M. A. R.; GONÇALVES, C. D. Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, Fortaleza, 2000. **Anais...** Campinas: FEAGRI /UNICAMP, 2000. CD ROM.

GOLDSCHMILD, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUSWIG, C. H. (Eds) **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971, p.241-246.

GUIMARÃES JUNIOR, M.; NOVACK, K. M.; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**. Bilbao, v.11, n. 7, p. 442- 456, 2010.

HIDALGO LOPEZ, O. **Bamboo**: the gift of the Gods. Colômbia, Bogotá: D´vinni Ltda. 2003. p. 553.

HILL, C. A. S. **Wood modification**: chemical, thermal and other processes. Bangor. John Wiley & Sons; 2006, 249p.

IAWA COMMITTEE, List of microscopic features for hardwood identification with an appendix on non-anatomical information. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n. 3, p. 219-332, 2007.

JESUS M. A.; ABREU, R. L. S. Durabilidade natural da madeira de pupunha (*Bactris gasipaes* KUNTH). I. Fungos. **Ata Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 663-675, 2002.

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Curitiba. UFPR, 2005, 81p.

LAPO, L. E. R.; BERARDO, A. L. Bambu laminado colado (BLC). **Revista de Agronegócios e Meio Ambiente**. Maringá, v. 1, n. 2, p. 165 – 177, 2008.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista de Ciências Agronômicas**. Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327 – 332, 2008.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. 18. ed. Beijing: International Network for Bamboo and Rattan - INBAR, 1998. 204 p.

LIESE, W. **Bamboos**: biology, silvics, properties, utilization. Eschborn: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – GTZ, 1985, 132 p.

MANTILLA CARRASCO, E.V.M.; MOREIRA, L. E.; XAVIER, P.V. Bambu laminado colado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5, Belo Horizonte, 1995. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1995, p. 411–423.

MARINHO, N. P.; NISGOSKI, S.; KLOCK, U.; ANDRADE, A.S.; MUÑIZ, G. I. B. Análise química do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Wall. ex Munro) em diferentes idades. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 417-422, 2012.

MELO, C. Manual laminado artesanal de bambu. **Instituto do Bambu**. Baixo Elétrico do Bambu. Maceió. 2007, 16.p. Disponível em: < <https://www.bamboo.ning.com/group/laminados/forum/attachment/download>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

MESQUITA, J. B.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Microbiota associada à madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden durante a secagem ao ar livre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 45-50, 2006.

MERCEDES, J. R. **Guia técnica del cultivo del bambu**. Santo Domingo: CEDAF, 2006. 38p.

MENDES, R.F. **Efeito do tratamento térmico sobre as propriedades de painéis OSB**. 2010, 116f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Universidades de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

MISKALO, E. P. **Avaliação do potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas**. 2009, 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MIRANDA, E. **EMBRAPA**. Lei do Bambu vai potencializar pesquisas com a planta. 2011. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2011/setembro/5a-semana/lei-do-bambu-vai-potencializar-pesquisas-com-a-planta>>. Acesso em: 01 jan. 2013.

MORAIS, F. M; COSTA, A. F. C. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 44-50, 2007.

MODES, K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. 2010, 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MOHANAN, C. **Diseases of bamboos in Asia**: an illustrated manual, New Delhi: International Network for Bamaboo and Rattan, 1997, 219 p.

MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações**: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial: Planejamento de Produto) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

MORITA, B. S.; BARBOSA, J. C.; FONSECA, K. A. V.; CARASCHI, J. C.; AKIRA, M. I. Estabilidade dimensional e coeficiente anisotripico do bambu *Dendrocalamus giganteus* para aplicação na indústria moveleira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. 12, Lavras, 2010. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. CD ROM.

NOGUEIRA, C. L. **Painel de bambu laminado colado estrutural**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

NUNES, A. R. S. **Construindo com a natureza bambu**: uma alternativa de ecodesenvolvimento. 2005. 142 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JUNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p. 819-826, 2005.

OLIVEIRA, R. N.; MACEDO, A. N. Análise da durabilidade para construções em madeira. IN: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...Cuiabá**: UFMT, 2004. CD ROM.

OSTAPIV, F. **Resistência mecânica do material compósito**: madeira de eucalipto-lâmina de bambu. 2011. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

PAES, J. B.; VITAL, B. R.; ARAÚJO, G. T. Mecanismos de decomposição da madeira por fungos. **Revista Tecbahia**, Camaçari, v. 16, n. 2, p. 128-136, 2001.

PAES, J. B.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; DELLA LUCIA, T. M. C. Eficiência da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal contra fungos xilofagos em testes de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 263-269, 1998.

PAES, J. B.; OLIVEIRA, A. K. F.; OLIVEIRA, E.; LIMA, C. R. Caracterização físico-mecânica do laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 41-51, 2009.

PARYSEK, M.; ZAKRZEWSKI, R. Investigations on the chemical composition of pine wood subjected to hydrothermal modification. **Folia Forestalia Polonica**, Zeszyt, n. 37, p. 23-31, 2006.

PEREIRA, M. A. P.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6, 2008, 240 p.

PEREIRA, M. A. R. **Bambu**: espécies, características e aplicações. Bauru: Universidade do Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Mecânica, 2001, 56 p.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; BRITO, J. O.; CORRENTE, J. E. Avaliação da termorreificação sobre a colagem na madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 122-132, 2002.

PRESZNHUK, R. A. O. **Estudo da viabilidade do filtro de carvão de bambu como pós-tratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes**: tecnologia ambiental e socialmente adequada. 2004. 110 f. Dissertação

(Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

RAYER, A. D. M.; BODDY, L. **Fungal decomposition of wood: its biology and ecology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995, 587 p.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV, 1987. 4p.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE. **Processo de fixação da madeira exige cuidados**. n. 115, jul. 2008. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=115>. Acesso em: 20 dez. 2012.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. 2. ed. London: E & FN SPON, 1993. 226p.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RIVERO, L. A.; BERALDO, A. L.; MENTA, A. C.; AZZINI, A. BLC- bambu laminado colado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9, Cuiabá, 2004. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2004. CD ROM.

RODRIGUES, T., O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

RODRIGUES, T. O.; ROUSETT, P. L. A. Effects of torrefaction on energy properties of *Eucalyptus grandis* wood. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 446-452, 2009.

SALAMON, C. **Ensaio para viabilizar a laminação do bambu *Dendrocalamus giganteus* em operações de torneamento sem centros**. 2009, 115f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

SALIM, R.; ASHAARI, Z.; SAMSI, H. W.; WAHAB, R.; ALAMJURI, R. H. Effect of Oil Heat Treatment on physical properties of semantan bamboo (*Gigantochloa scortechinii* Gamble). **Modern Applied Science**, Toronto, v. 4, n.2, p. 107-113, 2010.

SANTOS, R. L.; LOPES, J. D. S. **Construções com bambu: opção de baixo custo**. Viçosa: Centro de Produções Técnica, 1998. 40 p. (Série Construções Rurais, 160).

SILVA, J. P. A. G. **Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira**. 2008. 148f. Dissertação (Mestrado integrado em

Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

SILVA, J. C. B. V.; LIMA, N.; OLIVEIRA, V. M. **Estufa ecológica**: uso do bambu em bioconstruções. Curitiba: CPRA, 2011. 33 p.

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. Estudo do desgaste a abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante utilizados como elementos de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. 8, Uberlândia, 2002. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. CD ROM.

SILVA, R. G. **Tratamento de bambo com ácido pirolenhoso contra a deterioração por brocas**. 2011. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SOUZA, A. P. C. C. Bambu na habitação de interesse social no Brasil. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 11, n. 12, p. 217-245, 2004.

SOUZA, R. M. C. **O bambu no Brasil e no mundo**. 2005, 45 p. Disponível em: < <http://goo.gl/uucQt> >. Acesso em: 8 nov. 2012.

STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic**: a biometrical approach. 2. ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 633 p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI. **TAPPI test methods T 264 om-88**: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1,1992.

TAVARES, F. **Jornal do Comércio**, Recife, 27 jun. 1999. JC Online. Usina Santa Teresa substitui plantio de cana-de-açúcar por bambuzal. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/JC/_1999/2706/ec2706h.htm>. Acesso em: 07 nov. 2012.

TELES, C. D. M. **Estruturas de madeira**: proposta de metodologia de inspeção e correlação da velocidade ultra-sônica com o dano por cupins. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TIBURTINO, R. F. **Qualidade e eficiência do tratamento preservativo de duas espécies de bambu**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

TIENNE, D. L. C.; NASCIMENTO, A. M.; GARCIA, R. A.; SILVA, D. B. Qualidade de adesão de juntas de madeira de *Pinus* coladas em condições simuladas de serviço interno e externo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, p. 16-29, 2011.

TREVISAN, H., MARQUES, F. M. T., CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**. Curitiba, v. 38, n. 1, p.33-41, 2008.

VASCONCELLOS, R. M. **Info bambu**: plantio e morfologia. 2013. Disponível em: < <http://www.bambubrasileiro.com/>>. Acesso em: 16 jan. 2013.

VASCONCELLOS, R. M. **Bambúes en Brasil**: una visión histórica y perspectivas futuras. 2013. Disponível em: < [www.bambubrasileiro.com/.../Bambues%20en%](http://www.bambubrasileiro.com/.../Bambues%20en%20)>. Acesso em: 02 jan. 2013.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).

WEYLAND, J. J.; GUYONNET, R. Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy. **Originalarbeiten, Originals**, Saint Etienne, v. 61, p. 216-220, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumos das análises de variância para os ensaios de resistência natural. Todos os valores foram transformados em arcsen[raiz quadrada (propriedade avaliada/100)].

Tabela 1A. Análise de variância para o ensaio com os fungos apodrecedores em função das temperaturas testadas

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,78 \times 10^{-6}$	$0,19 \times 10^{-6}$	410,97**
Fungo	1	$0,60 \times 10^{-6}$	$0,59 \times 10^{-6}$	1242,54**
Temp*Fungo	4	$0,16 \times 10^{-6}$	$0,40 \times 10^{-1}$	83,52**
Resíduo	290	$0,14 \times 10^{-6}$	$0,47 \times 10^{-3}$	

**significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 2A. Análise de variância para os valores do ensaio com térmitas xilófagos em função das temperaturas testadas

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,83 \times 10^{-1}$	$0,21 \times 10^{-1}$	2,89 ^{NS}
Resíduo	65	$0,65 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-2}$	

^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B - Resumos das análises de variância para os ensaios de variação dimensional do BLC. Todos os valores foram transformados em $\arcsen[\text{raiz quadrada}(\text{propriedade avaliada}/100)]$.

Tabela 1B. Análise de variância para os valores da contração volumétrica do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,19 \times 10^{-1}$	$0,47 \times 10^{-2}$	1,84 ^{NS}
Ades	1	$0,42 \times 10^{-2}$	$0,42 \times 10^{-2}$	1,63 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,34 \times 10^{-1}$	$0,85 \times 10^{-2}$	3,34*
Resíduo	50	$0,13 \times 10^{-7}$	$0,25 \times 10^{-2}$	

* significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2B. Análise de variância para os valores do inchamento volumétrico do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,38 \times 10^{-1}$	$0,96 \times 10^{-2}$	1,76 ^{NS}
Ades	1	$0,86 \times 10^{-2}$	$0,86 \times 10^{-2}$	1,59 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,63 \times 10^{-1}$	$0,16 \times 10^{-1}$	2,90*
Resíduo	50	$0,27 \times 10^{-7}$	$0,54 \times 10^{-2}$	

* significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3B. Análise de variância para os valores da contração da espessura do BLCTR em função das temperaturas e adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,17 \times 10^{-2}$	$0,42 \times 10^{-3}$	0,15 ^{NS}
Ades	1	$0,36 \times 10^{-3}$	$0,36 \times 10^{-3}$	0,14 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,49 \times 10^{-1}$	$0,12 \times 10^{-1}$	4,45**
Resíduo	50	$0,14 \times 10^{-6}$	$0,28 \times 10^{-2}$	

** significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4B. Análise de variância para os valores do inchamento da espessura do BLCTR em função das temperaturas e adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,18 \times 10^{-3}$	$0,44 \times 10^{-4}$	0,02 ^{NS}
Ades	1	$0,54 \times 10^{-2}$	$0,54 \times 10^{-2}$	1,86 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,49 \times 10^{-1}$	$0,12 \times 10^{-1}$	4,20**
Resíduo	50	$0,15 \times 10^{-6}$	$0,30 \times 10^{-2}$	

** significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5B. Análise de variância para os valores da contração da largura do BLCTR em função das temperaturas e adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,94 \times 10^{-2}$	$0,24 \times 10^{-2}$	2,57*
Ades	1	$0,20 \times 10^{-3}$	$0,20 \times 10^{-3}$	0,22 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,50 \times 10^{-2}$	$0,13 \times 10^{-2}$	1,37 ^{NS}
Resíduo	50	$0,46 \times 10^{-2}$	$0,91 \times 10^{-3}$	

* significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6B. Análise de variância para os valores do inchamento da largura do BLCTR em função das temperaturas e adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Temp	4	$0,91 \times 10^{-2}$	$0,23 \times 10^{-2}$	2,00 ^{NS}
Ades	1	$0,11 \times 10^{-2}$	$0,11 \times 10^{-2}$	0,99 ^{NS}
Temp*Ades	4	$0,40 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-3}$	0,88 ^{NS}
Resíduo	50	$0,57 \times 10^{-1}$	$0,11 \times 10^{-2}$	

^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE C – Resumos das análises de variância dos ensaios de adesão em função das propriedades mecânicas testadas.

Tabela 1C. Análise de variância para os valores de resistência na linha de cola do bambu laminado colado termorretificado (BLCTR) em função das temperaturas e dos adesivos testados

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Ades	2	$0,83 \times 10^5$	$0,42 \times 10^5$	4,93 **
Temp	4	$0,22 \times 10^7$	$0,54 \times 10^6$	63,74 **
AdesxTemp	8	$0,14 \times 10^6$	$0,18 \times 10^5$	2,07*
Resíduo	195	$0,16 \times 10^7$	$0,85 \times 10^4$	

**significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2C. Análise de variância para os valores médios do percentual de falhas do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados. Dados transformados em $\arcsen[\text{raiz quadrada}(\text{falhas}/100)]$

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Ades	2	$0,15 \times 10^1$	0,73	2,95 ^{NS}
Temp	4	$0,16 \times 10^1$	0,29	1,16 ^{NS}
Ades x Temp	8	$0,68 \times 10^1$	0,85	3,40**
Resíduo	195	$0,49 \times 10^2$	0,25	

**significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3C. Análise de variância para os valores de resistência compressão do bambu laminado colado termorretificado (BLCTR)

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Ades	2	$0,22 \times 10^4$	$0,11 \times 10^4$	16,94 **
Temp	4	$0,58 \times 10^3$	$0,15 \times 10^3$	2,25 ^{NS}
Ades x Temp	8	$0,13 \times 10^4$	$0,16 \times 10^3$	2,50 *
Resíduo	105	$0,68 \times 10^4$	$0,65 \times 10^2$	

* significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4C. Análise de variância para os valores do módulo de ruptura do bambu laminado colado termorretificado (BLCTR) em função dos adesivos testados

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Ades	2	$0,13 \times 10^5$	$0,63 \times 10^4$	14,24**
Temp	4	$0,41 \times 10^5$	$0,10 \times 10^5$	23,05**
Ades*Temp	8	$0,63 \times 10^4$	$0,79 \times 10^3$	1,77 ^{NS}
Resíduo	105	$0,47 \times 10^5$	$0,45 \times 10^3$	

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5C. Análise de variância para o módulo de elasticidade do BLCTR em função das temperaturas e dos adesivos testados

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Ades	2	$0,36 \times 10^{-7}$	$0,18 \times 10^{-7}$	0,91 ^{NS}
Temp	4	$0,13 \times 10^{-8}$	$0,35 \times 10^{-7}$	1,76 ^{NS}
Ades*Temp	8	$0,30 \times 10^{-8}$	$0,37 \times 10^{-7}$	1,88 ^{NS}
Resíduo	105	$0,21 \times 10^{-9}$	$0,20 \times 10^{-7}$	

^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.