



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Amanda Monteiro Costa

**TRATAMENTO TÉRMICO DE *DENDROCALAMUS ASPER* PARA
CONFEÇÃO DE BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)**

Brasília-DF

2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**TRATAMENTO TÉRMICO DE *DENDROCALAMUS ASPER* PARA
CONFECÇÃO DE BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)**

Projeto de pesquisa a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientanda: Amanda Monteiro Costa

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa

Coorientador: Dr. Fernando Nunes Gouveia LPF/SFB



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**TRATAMENTO TÉRMICO DE *DENDROCALAMUS ASPER* PARA
CONFECÇÃO DE BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)**

Estudante: Amanda Monteiro Costa

Matrícula: 11/0023889

Menção: SS

Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
Departamento de Engenharia Florestal
Universidade de Brasília – UnB

Orientador

Dr. Fernando Nunes Gouveia
Laboratório de Produtos Florestais- LPF/SFB
Coorientador

Ph.D. Divino Eterno Teixeira
Laboratório de Produtos Florestais- LPF/SFB
Membro da Banca

Dezembro de 2015

Dedico

Aos meus pais que são minha base e meu espelho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sossega meu coração me fazendo sonhar e acreditar.

Ao meu pai Carlos Costa que fez tudo que podia por minha educação se tornando meu exemplo de amor e vida.

A minha linda mãe Claudia que lutou, rezou e fez o possível por suas filhas.

A minha irmã, que em meio ao caos sempre me trouxe alegria, além de me proporcionar os momentos mais felizes da minha infância.

Aos meus avôs, Nair que sempre me amou e me ensinou o gosto da simplicidade e dos almoços mineiros de domingo, José por sua fortaleza, Adélia (*in memoriam*) por sua luta de vida e Welton (*in memoriam*) por me proporcionar histórias que pude viver sem ao menos lhe conhecer.

Ao Gabriel que me deu apoio, carinho e atenção.

As minhas irmãs do coração Samara, Gabriela, Sasha, Giselle, Victória, Natália e Nathália.

Ao meu querido orientador Alexandre Florian, que com sabedoria me fez realizar esse sonho, além de ter tido calma, paciência e tranquilidade durante todo esse tempo.

Ao meu Co-orientador Fernando Nunes Gouveia com seu jeito engraçado de me explicar.

Ao amigo Divino Eterno Teixeira que com sua atenção incalculável me auxiliou imensamente.

Ao Eraldo Matricardi, professor querido.

Aos meus amados amigos Fátima, Camile, Isadora, Mandinha, Ana Beatriz, Jocemara, Yolanda, Letícia, Juliana, Charme, Victor, Renatinho, Maísa, Danilo e todos aqueles que participaram da minha trajetória.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO	9
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1.Características Biológicas e Morfológicas dos Bambus	9
3.2. A Espécie <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. e Schult.)	10
3.3. Bambu Laminado Colado	11
3.4. Tratamento térmico do Bambu	12
3.5. Propriedades Mecânicas.....	13
3.5.1. Ensaio destrutivos	13
3.5.2. Ensaio Não Destrutivos.....	14
3.5.2.1. Ondas de Tensão.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Obtenção e Preparo dos Corpos de Prova.....	15
4.2. Tratamento Térmico.....	16
4.3. Massa específica Básica	18
4.5. Confeção dos Bambus Laminados Colados (BLC's)	19
4.6. Ensaio de Flexão Estática.....	19
4.7. Ensaio Não Destrutivo	20
4.7.1. Ondas de tensão	20
4.8. Análise Estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1. Massa específica básica	21
5.2. Perda de Massa	22
5.3. Módulo de Elasticidade	22
5.3.1. Módulo de Elasticidade Dinâmico (MOEd)	24
5.4. Módulo de Ruptura	26
5.5. Temperatura x Tempo.....	28
6. CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o tratamento térmico nas taliscas e no Bambu Laminado Colado (BLC) da espécie de bambu *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult.). Foram utilizadas duas temperaturas (150 °C e 180 °C) e dois tempos (2h e 4 h), avaliando suas propriedades físico-mecânicas através dos valores do Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) obtidos através do ensaio de flexão estática, assim como o valor do Módulo de Elasticidade Dinâmico (MOEd) obtido através do ensaio de ondas de tensão. Os resultados concluíram que o tratamento mais eficaz para o BLC foi o de 150 °C durante 2 horas.

PALAVRAS-CHAVES: Tratamento térmico, taliscas, BLC, Módulo de elasticidade e Módulo de Ruptura

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the thermic treatment on bamboo splits and Glued Laminated Bamboo (GLB) of the species *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult.) on two temperatures (150°C and 180°C) and two times (2h and 4h), evaluating their physic-mechanics proprieties through the values of the Modulus of Elasticity and the Modulus of Rupture obtained over an bending test, as well as the value of the Dynamic Modulus of Elasticity, generated through a tension waves test. The results conclude that the most effective treatment for the GLB is the thermic treatment of 150°C for two hours.

KEY WORDS: Thermic treatment, bamboo splits, GLB, Modulus of Elasticity and the Modulus of Rupture.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta com alto potencial para os diversos usos e possui um dos crescimentos mais acelerados (BERALDO & RIVERO 2003). Vários estudos afirmam que o bambu pode ser utilizado com segurança na construção civil. Acredita-se que o bambu seja uma alternativa de baixo impacto ambiental para os produtos florestais, pois possui alta produtividade e fácil cultivo, além de necessitar de tecnologia e maquinário simplificados para sua produção (FERREIRA 2014).

Para viabilizar essa utilização criou-se o Bambu Laminado Colado (BLC) usado em estruturas quando se necessita de um material retilíneo e uniforme. Um dos maiores desafios para esse uso é a preservação de seus colmos, já que o mesmo possui baixa resistência a organismos degradadores.

Youngquist *et al.* (1993) descreve diferentes opções de materiais lignocelulósicos com características e propriedades capazes de atender o mercado madeireiro, dentre os quais se insere o bambu. No Brasil, essa espécie, ao contrário da madeira, ainda não é utilizada em escala comercial, talvez pelas incertezas relacionadas à sua durabilidade natural ou pela falta de conhecimento sobre seu uso.

Vários países, como a China, Nepal e Filipinas utilizam o bambu como uma espécie alternativa para aumentar a produtividade agrícola, estimular a indústria e gerar empregos. Por isso nesses países existe uma quantidade significativa de estudos voltados para essa espécie (CALEGARI *et al.*, 2006).

As espécies de bambu são muito importantes no cenário mundial pela variedade de produtos possíveis de serem obtidos a partir da sua estrutura. Entre essas, o gênero *Dendrocalamus* é um dos mais relevantes devido ao seu uso na construção civil, na indústria farmacêutica, na produção de móveis, indústria de papel, artesanato, dentre outros (MONTIEL & SANCHEZ, 2006).

De acordo com Ghavami & Marinho (2002) para que o bambu seja utilizado em grande escala como material de engenharia economicamente viável e industrializado, faz-se necessário um estudo científico sistemático, através dos processos de plantação, colheita, cura, tratamento e pós-tratamento, além de uma completa análise estatística das propriedades físicas e mecânicas dos seus colmos.

2. OBJETIVO

Avaliar as propriedades físico-mecânicas da espécie *Dendrocalamus asper* (Schult. e Schult.) tratada termicamente na forma de taliscas e Bambu Laminado Colado (BLC).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características Biológicas e Morfológicas dos Bambus

O Bambu pertence à família das *Poaceae*, subfamília *Bambusoideae* e abrange aproximadamente 75 gêneros e mais de 1.250 espécies (LONDOÑO, 2002). São plantas monocotiledôneas, perenes, capazes de produzir novos brotos sem a necessidade de replantio, encontradas em larga escala em regiões tropicais e subtropicais, sendo um material de baixo custo, renovável, usado cada vez mais na produção de materiais artesanais, na construção civil e até na alimentação.

Nas Américas o bambu está distribuído desde os Estados Unidos até o Chile, incluído a região do Caribe, ficando limitado entre os paralelos 40°N 47° S. Em termos de altitude, ocorrem desde o nível do mar até regiões de 4000 metros de altitude, nos Andes (EMBRAPA, 2003).

Beraldo & Azzini (2004) explicam que o bambu apresenta um rápido crescimento, completando seu ciclo em poucos meses e atingindo resistência máxima em poucos anos, portanto esse rápido desenvolvimento proporciona colheitas com ciclos curtos, de 2 a 4 anos com elevados níveis de produção.

O bambu tem um crescimento diferente das árvores, não apresentando um crescimento simultâneo no sentido radial e axial. Já surge do solo geralmente com seu diâmetro máximo. À medida que vai crescendo, as fibras vão se tornando cada vez mais duras e resistentes até chegar a um valor entre o terceiro e quinto ano, idade apropriada para seu emprego na construção. Depois que o bambu passa de 6 anos, seu colmo começa a adquirir uma coloração branca, começando a secar (GHAVAMI, 1992).

A estrutura externa do bambu é constituída pelos colmos, galhos, folhas e sistema subterrâneo de rizomas. Muitas vezes o vegetal possui flores e frutos. Seus colmos são subdivididos em nós e entrenós, conforme o bambu vai crescendo, cada nó é envolvido por uma bainha (folha caulinar protetora). São em sua grande maioria ocos, em algumas

espécies seus entrenós são sólidos e em outros casos se encontra água interiormente (MARINHO & GHAVAMI, 2005).

Segundo estudos de Pereira (2001) a massa específica dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m³, e depende principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares.

3.2. A Espécie *Dendrocalamus asper* (Schult. e Schult.)

Conhecido vulgarmente como Bambu gigante ou bambu balde, o *Dendrocalamus asper* (**Figura 1**) é uma espécie originária do Sudeste da Ásia e acredita-se que foi introduzida no Brasil através da colonização Portuguesa. Têm como características principais touceiras com indivíduos de grande porte, chegando até 30 metros de altura, e diâmetro da base dos colmos com até 30 cm. Os novos colmos são cobertos por uma substância marrom denominada de tricoma. A espécie suporta temperaturas de até -5°C e se desenvolve melhor a pleno sol (PINTO & TOMBOLATO, 2012).



Figura 1. A espécie *Dendrocalamus asper*. Fonte: Pinto & Tombolato (2012)

Segundo Arya *et al.* (1998) e Montiel e Sanchez (2006) o *Dendrocalamus asper* é muito valorizado pelos seus brotos comestíveis e se destaca pela excelente qualidade e

durabilidade de sua “madeira”. A indústria de alimentos com base nessa classe é bem desenvolvida e está expandindo rapidamente, no entanto os métodos disponíveis para sua propagação além de difíceis são lentos.

Normalmente a espécie é utilizada para a construção civil, movelaria, confecção de BLC (Bambu laminado colado), fabricação de papel e celulose, alimentação e utensílios domésticos (BARELLI, 2009).

3.3. Bambu Laminado Colado

O Bambu Laminado Colado (BLC) consiste na retirada de lâminas dos colmos de bambu que em seguida são coladas em camadas, utilizando-as quando se necessita de um material uniforme e de dimensões que os colmos ou as taliscas sozinhos não conseguem alcançar.

Segundo Ferreira (2014) para a produção do BLC, ripas do bambu são usinadas, transformadas em taliscas e coladas seguindo um padrão, esse material se destaca por combinar resistência mecânica das fibras, que permanecem quase que intactas, com a homogeneização de suas dimensões. Um dos problemas que vem sendo sanados através da tecnologia é a baixa resistência ao cisalhamento do bambu, fazendo com que se tenha uma utilização mais ampla e confiável.

Os formatos irregular e cilíndrico dos bambus dificultam a composição de estruturas na construção civil ou no design de móveis. Seus colmos dificultam a montagem de peças mais precisas ou inviabilizam aquelas que necessitam de certo padrão e uniformidade (FERREIRA, 2014). Além de ser utilizado em componentes construtivos e de habitação, o BLC pode ser usado em cabos para ferramenta, pisos, revestimento e utensílios variados (CARDOSO JÚNIOR, 2008).

Barelli (2009) em seu estudo mostrou que o laminado de BLC está sendo empregado como componentes de computadores, em 2008 a ASUS colocou no mercado o *Bamboo Series*, um notebook caracterizado pela versatilidade de utilização de materiais alternativos.

O BLC pode ser produzido tanto em pequena escala quanto em escala industrial, devido ao maquinário e equipamento utilizado no processamento serem adaptados para indústrias de pequeno, médio e grande porte. Além disso, por ser um material

padronizado e ter bons aspectos estéticos, o BLC pode concorrer no mercado dos móveis de madeira sólida. Porém, no Brasil não há uma intensificação dessa produção. (CARDOSO JUNIOR, 2008).

No trabalho de Beraldo & Rivero (2003) observou-se que a massa específica do BLC situou-se na faixa entre 0,58 g/cm³ a 0,79 g/cm³, afirmando que o mesmo é um material leve, comparado a outros materiais construtivos; o melhor adesivo para o BLC nessa mesma pesquisa foi o resorcinol-formaldeído mostrando-se mais estável que a uréia-formaldeído; o número de linha de colas influenciou e a partir do cisalhamento o BLC mostrou estar apto para a fabricação de cavilhas.

3.4. Tratamento térmico do Bambu

De acordo com Ferreira (2014) e Brito (2013) o tratamento térmico é feito através do aquecimento do material a temperaturas menores que aquelas capazes de alterar seus constituintes químicos fundamentais, podendo ser feito em grande escala. Na madeira esse aumento de temperatura pode trazer efeitos positivos e negativos, e existem várias maneiras de aplicar o tratamento térmico nos materiais, podendo ser através de fluídos como o ar, vapor, vapor supersaturado, fumaça, nitrogênio e meios oleosos, utilizando diferentes materiais para a aplicação como a estufa, autoclave, prensa à quente e estufa de aquecimento.

Ferreira (2014) ainda descreve que os componentes da madeira se modificam proporcionalmente com o tratamento térmico, na maioria da vezes a proporção de lignina aumenta e os carboidratos reduzem por serem mais sensíveis a degradação térmica, esse fato é o maior responsável pela perda de massa nos materiais.

Existem na Europa métodos de tratamentos térmicos para madeira feitos especialmente para atender as necessidades do mercado florestal como o holandês Plato-Process, o finlandês Thermo Wood process, os franceses Retification process e o Bois Perdure por exemplo, esses processos utilizam temperatura na faixa de 160°C a 260°C e foram criados para melhorar algumas propriedades da madeira como: a estabilidade dimensional, cor e resistência a agentes biológicos (GOUVEIA, 2008).

Segundo Colla (2010) o tratamento térmico afeta a madeira diferentemente do bambu, supondo que o bambu pode ter uma melhor resposta ao tratamento térmico

comparado ao químico. A estrutura anatômica do bambu possui menor quantidade de feixes vasculares que a madeira, dificultando o tratamento tradicional. A vantagem do tratamento térmico é que garante a homogeneidade na peça de bambu como um todo.

Nos estudos de Ferreira (2014) com tratamento térmico de bambu feito em estufa, a temperatura teve maior influência que o tempo, quando se analisou as propriedades mecânicas. Concluindo que o tratamento térmico mais indicado foi de 180 °C durante 2 horas.

3.5. Propriedades Mecânicas

3.5.1. Ensaio destrutivo

Ensaio destrutivo são aqueles que para a sua execução utilizam meios que destroem ou deixam marcas nos corpos de prova, não podendo, muitas vezes, reaproveitar a peça para outra atividade.

Em geral, as avaliações destrutivas são os métodos mais utilizados para o conhecimento das propriedades mecânicas e físicas da madeira, no entanto esses ensaios são mais trabalhosos e requerem cuidados na confecção dos corpos de prova, além de serem mais caros que os ensaios não destrutivos (STANGERLIN *et al.*, 2008).

São exemplos de ensaios destrutivos: flexão estática, cisalhamento, tração, compressão, flambagem, dureza, extração de pregos. Cada um desses ensaios requerem uma norma técnica com a função de seguir determinados padrões (tamanho do corpo de prova, tempo de ensaio, etc.) para que o experimento seja concluído e aceito com êxito.

O ensaio de flexão estática é um ensaio mecânico, destrutivo, que serve para avaliar a qualidade do material, observando seu comportamento a partir de uma carga aplicada em sua face tangencial para provocar o flexionamento (MORESCHI, 2010). O ensaio consiste em apoiar o material em dois pontos fixos e aplicar uma força contrária no ponto central. Desta forma é medida a força em função do tempo, através de um gráfico gerado pela curva de tensão-deformação através da qual obtém-se o Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR).

Também conhecido como Módulo de Young, o Módulo de Elasticidade (MOE) é obtido por meio da razão entre a tensão sofrida pelo material e sua deformação elástica. Ele representa uma propriedade mecânica intrínseca que indica a rigidez do

material sólido, variando de acordo com a composição química, sua microestrutura e defeitos, sendo que quanto maior o seu valor, mais rígido será considerado o material estudado (FERREIRA, 2014).

Segundo Ferreira (2014) o módulo de Ruptura é uma medida de resistência e representa a tensão máxima que um material consegue suportar até seu rompimento. De forma prática esse valor expressa a máxima capacidade de carga que o material suportará. Existem valores tabelados para várias espécies de madeira, no entanto utilizam-se para fins de projeto valores menores do que os estabelecidos, para que haja uma maior confiabilidade. Para as espécies de bambu, infelizmente, ainda não há valores estipulados.

3.5.2. Ensaio Não Destrutivo

Martins (2010) relata que pesquisas sobre ensaios não-destrutivos em madeira e derivados foi impulsionada pelo International Symposium on Non destructive Testing and Evaluation of wood, nos Estados Unidos, iniciado pela Washington Capte University e pela United States Department of Agriculture, da Forest Products Laboratory (FPL).

Ensaio não destrutivo são aqueles que não causam danos no elemento ensaiado, ou deixam pequenos danos para que sejam reparados ao final do ensaio. Eles não provocam a perda da resistência do material (EVANGELISTA, 2002).

A avaliação não destrutiva em madeira para determinar suas características tecnológicas é um método muito importante para o conhecimento da variabilidade entre indivíduos e a caracterização de suas propriedades. As técnicas não destrutivas têm sido cada vez mais utilizadas por vários setores florestais e industriais (GOUVÊA *et al.*, 2011).

Segundo Shimoyama (2005) os métodos não destrutivos têm vantagens sobre os métodos tradicionais, pois destacam a utilização futura da peça testada, sendo um ensaio mais rápido, com valores confiáveis e possibilitam uma redução nas perdas de materiais. A autora ainda afirmou que a hipótese fundamental para a avaliação não destrutiva de madeiras se deu através de JAYNE em 1959, que avaliou as propriedades de armazenamento e dissipação de energia na madeira, de forma não destrutiva,

controladas por mecanismos que determinaram as propriedades mecânicas do material, através de uma série de técnicas estatísticas e dinâmicas.

Os métodos mais utilizados em ensaios não destrutivos em madeira são: avaliação química, técnica de vibração transversal, técnica das ondas de tensão e a técnica da propagação de ondas ultrassônicas (TELES, 2014).

3.5.2.1. Ondas de Tensão

Segundo Ballarin & Palma (2004) vários métodos que utilizam a propagação de ondas de tensão, são empregados para testes não destrutivos. Os principais parâmetros analisados para os testes são: a velocidade de propagação da onda de tensão induzida e sua atenuação no material.

A técnica de ondas de tensão tem como base a teoria da propagação de ondas unidirecionais em uma barra homogênea e elástica. O procedimento consiste na aplicação de um impacto em uma das extremidades da peça, onde inicia-se uma onda que vai percorrer toda extensão do material até a outra extremidade. Essa onda percorre o material em uma velocidade constante, porém as partículas do material experimentam, apenas, um leve movimento longitudinal através do resultado da passagem de onda pelas partículas. A onda percorre todo o comprimento da peça e é refletida pela extremidade livre da barra retornando ao seu ponto de origem (TELES, 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção e Preparo dos Corpos de Prova

O Estudo foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) pertencente ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB), e no Centro de Pesquisa Aplicada de Bambu e Fibras Naturais (CPAB), pertencente à Universidade de Brasília.

Os colmos de bambu da espécie *Dendrocalamus asper* com 3 anos de idade, aproximadamente, foram coletados no estoque do CPAB. Os colmos foram fatiados e posteriormente lixados sendo transformados em taliscas.

Foram confeccionadas 350 corpos de prova, sem defeitos, na forma de taliscas (**Figuras 2 e 3**) com dimensões de 2,0 cm de largura x 0,8 cm de espessura x 49 cm de comprimento.



Figura 2 : Processo de preparo dos corpos de prova. Fonte: Autora



Figura 3: Talisca utilizada para a confecção do BLC. Fonte: Autora

4.2. Tratamento Térmico

As taliscas foram divididas em 5 blocos, com 70 taliscas cada um, nomeados de A a D, as quais foram submetidas aos tratamentos térmicos com temperaturas de 150°C e 180°C e o bloco Tdenominado testemunha, sem tratamento, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1: Tratamentos térmicos realizados nas taliscas e BLCs das espécie *Dendrocalamus asper*.

Tratamentos	Temperatura (°C)	Tempo (h)
A	150	2
B	150	4
C	180	2
D	180	4
T	Testemunha	-

Os tratamentos térmicos (**Figuras 4 e 5**) foram realizados no LPF, em estufa com ventilação forçada de ar da marca Fabbe Primar, utilizando um conjunto de termopares do tipo K ligados a um multímetro digital portátil da marca Bratec, modelo MD-380. Após o tratamento térmico as amostras permaneceram dentro da estufa até o resfriamento (24 horas), posteriormente, as taliscas foram pesadas e levadas para a sala de climatização, nas condições de $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ de temperatura e $(65 \pm 5)\%$ de teor de umidade, onde permaneceram até atingirem massa constante.



Figura 4: A= Estufa utilizada no tratamento térmico; B= Taliscas no interior da estufa.



Figura 5: Taliscas após o tratamento térmico, onde: A: 150 °C/ 2 horas; B: 150 °C/ 4 horas; C: 180 °C/ 2 horas e D: 180 °C/ 4 horas.

4.3. Massa específica Básica

De acordo com Van Wylen (2003) a massa específica é uma propriedade física intimamente ligada à matéria, independente do tamanho da amostra, sendo definida como a razão entre a massa e o volume do material.

Para a determinação da massa específica básica, uma quantidade representativa de taliscas foi submersa em água em um *becker* com tampa durante 15 dias. Posteriormente, utilizando-se um paquímetro digital da marca Mitutoyo, foram determinadas a largura, espessura e comprimento para a determinação do volume verde e em seguida foram levadas para uma estufa da marca Fanem a 100°C onde permaneceram até atingirem massa constante, para a determinação da massa seca. A massa específica básica foi determinada através da **Equação 1**.

$$\rho = \frac{m_s}{V_v} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

ρ = massa específica básica (g/cm³)

m_s = massa seca (g)

V_v = volume verde (cm³)

4.4. Perda de Massa

Segundo Ferreira (2014), quando se refere a tratamento térmico, a perda de massa está relacionada diretamente com a densidade final, representando na estrutura mudanças internas como a degradação das hemiceluloses e a perda de massa devido ao calor.

Para o cálculo da perda de massa, foram aferidas as massas das taliscas antes e depois dos tratamentos térmicos e depois fez-se uma regra de três simples. Em seguida foram estimadas as médias por tratamento e comparadas entre si, observando o percentual de perda de massa.

4.5. Confeccção dos Bambus Laminados Colados (BLC's)

Os BLC's foram confeccionados no CPAB utilizando-se 40 taliscas de cada tratamento conforme apresentado na **Tabela 1**. O modelo de BLC estudado foi composto por 4 camadas, sendo as extremidades compostas por taliscas de 49 cm de comprimento, alternadas por 2 camadas de taliscas, sendo uma de 34 cm e outra de 15 cm de comprimento. Foi determinado que a colagem fosse feita utilizando-se 150 g/m² do adesivo a base de poliuretano da marca TekBond.

Após a colagem, os BLC's foram prensados utilizando-se uma prensa artesanal manual, sem controle visual de pressão, onde permaneceram por um período de 24h, tendo sido produzidos 10 amostras (BLC's) por tratamento e por dia.

4.6. Ensaio de Flexão Estática

Segundo Stangerlin (2008) vários fatores influenciam as propriedades mecânicas como a massa específica, o teor de umidade, temperatura, dimensões da peça, composição química e deterioração do material.

Antes de iniciar o ensaio de flexão estática as taliscas e os BLC's, receberam marcações na sua porção central, com o auxílio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo. Em seguida foram determinadas as dimensões (comprimento, espessura e largura) das taliscas e BLC's necessárias para o cálculo do MOE e MOR, de acordo com as **Equações 2 e 3**.

O ensaio de flexão estática foi realizado em uma máquina da marca Instron (**Figura 6**) seguindo as determinações da norma COPANT 555/73, sendo que o vão livre para as taliscas foi de 12 cm, e para o BLC de 45,5 cm.

$$MOE = \frac{P \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot d} \quad \text{Equação 2}$$

$$MOR = \frac{3 \cdot P_{\text{máx}} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

P = Carga no limite proporcional (kgf)

P máx= Carga máxima (kgf)

L= Vão livre (cm)

b= Largura do corpo de prova (cm)

h= altura (cm)

d= deformação (cm)



Figura 6: Máquina utilizada para o ensaio de flexão estática

4.7. Ensaio Não Destrutivo

4.7.1. Ondas de tensão

Para a determinação das ondas de tensão foi utilizado o aparelho Stress Wave Timer, modelo 239 A da empresa Metriguard. Esse aparelho possui dois transdutores com acelerômetros, sendo um o emissor em forma de pêndulo e o outro um receptor de

face plana. Em cada amostra foram feitas 3 medições para determinar o tempo que a onda levou para percorrer a amostra no sentido longitudinal. Após todas as leituras, foi calculada a média aritmética para cada tratamento e em seguida estimado o Módulo de Elasticidade Dinâmico

O Módulo de Elasticidade Dinâmico (MOEd) é uma previsão do comportamento elástico do material a partir das características de densidade e da velocidade de uma onda sonora por um corpo de prova. Ele é determinado a partir da frequência de vibração natural (ressonância) do corpo de prova com amplitudes de vibração (deformação) mínimas (FERREIRA 2014).

4.8. Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através do software SPSS n. 13. Foi feita uma análise de variância para verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos, teste de Tukey simples, e o teste de Dunnett para avaliar se houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha, usados para a comparação das médias dos parâmetros de módulo de elasticidade e módulo de ruptura ao nível de significância de 5%. Também foi feita uma regressão entre o módulo de elasticidade dinâmico obtido no *Stress Wave timer* e os módulos de elasticidade e ruptura estáticos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Massa específica básica

A massa específica básica das taliscas de bambu da espécie *Dendrocalamus asper*, com 3 anos de idade, apresentou uma média de 0,51 g/cm³, classificando o bambu como um material leve, quando comparado a outros materiais utilizados na construção civil. Os valores obtidos mostraram-se próximos à aqueles apresentados no trabalho de Ferreira (2014) situados na faixa entre 0,50 g/cm³ a 0,55 g/cm³. Porém quando comparado aos relatos de Beraldo e Rivero (2003) observou-se que os resultados foram inferiores pois a faixa de densidade foi de 0,58 g/cm³ a 0,79 g/cm³. Essa mudança na densidade do bambu pode ser decorrente de vários fatores como a

idade do colmo, espécie, teor de umidade e posição de amostragem ao longo da altura do colmo.

5.2. Perda de Massa

Foi observado através do teste de Tukey a 5% de significância que houve perda de massa significativa entre os tratamentos, como se observa na **Tabela 2**.

Tabela 2: Valores médios de perda de massa das taliscas após os tratamentos térmicos .

Tratamentos Térmicos	Massa antes do tratamento (g)	Massa após o tratamento (g)	Perda de massa das Taliscas(%)
A (150 °C / 2h)	73,99	65,49	11,47 b
B (150 °C / 4h)	72,53	63,94	11,85 b
C (180 °C / 2h)	70,35	60,52	13,98 ab
D (180 °C / 4h)	73,57	62,63	14,86 c

As médias seguidas das mesmas letras não diferem estaticamente entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de significancia.

Através dos resultados pode-se observar que o fator tempo e temperatura afetaram a perda de massa das taliscas, sendo 180°C o tratamento que apresentou a maior perda de massa, conferindo com o trabalho de Ferreira (2014).

Brito (2013) em sua pesquisa observou apesar de não ter alterado o tempo do tratamento, apenas a temperatura, comprovou que quanto maior a temperatura, maior a perda de massa da talisca.

5.3. Módulo de Elasticidade

O tratamento térmico das taliscas mostrou que pelo menos um dos tratamentos foi significativo, constatando que o efeito da temperatura e do tempo fez com que o tratamento “D” (180 °C por 4 horas) piorasse suas propriedades mecânicas. Os tratamentos “A”, “B” e “C” não diferenciaram estatisticamente da testemunha (**Tabela 3**).

Tabela 3: Módulo de elasticidade das taliscas para os diferentes tratamentos térmicos.

Tratamento	MOE (MPa)	Desvio Padrão
A (150 °C / 2h)	14.890 a	3.745,496
B (150 °C / 4h)	16.525 a	2.892,647
C (180 °C / 2h)	13.082 a	3.069,823
D (180 °C / 4h)	12.669 b	2.890,069
T (Testemunha)	15.683 a	2.366,981

As médias seguidas das mesmas letras não diferem estaticamente entre si. O (*) representa diferença significativa entre o tratamento e a testemunha. Foi aplicado o teste de Dunnet e teste de Tukey ao nível de 5% de significancia.

Para o BLC, observou-se que os tratamentos diferenciaram-se estatisticamente (**Tabela 4**). Os tratamentos “A” (150 °C / 2 horas) e “D” (180 °C / 4 horas) foram diferentes em relação a testemunha, onde o primeiro melhorou as qualidades mecânicas do BLC e o segundo piorou as mesmas propriedades. Quando comparado com os valores encontrados na literatura, o MOE do BLC se mostrou inferior. Pereira e Beraldo (2007) realizaram um estudo com o BLC produzido com a mesma espécie, onde o material apresentou módulo de elasticidade próximo ao encontrado no presente estudo, (13.600 MPa). No estudo de Ferreira em 2014 notou-se que apenas o tratamento com maior escala de tempo e temperatura se diferenciaram estatisticamente da testemunha, não sendo viável o uso de tratamento térmico para uma possível melhora nas propriedades mecânicas do BLC.

Tabela 4: Módulo de elasticidade do BLC para os diferentes tratamentos térmicos..

Tratamento	MOE (MPa)	Desvio Padrão
A (150 °C / 2h)	*11.794 a	1.661
B (150 °C / 4h)	10.706 b	2.033
C (180 °C / 2h)	8.323 b	2.445
D (180 °C / 4h)	8.996 c	2.524
T (Testemunha)	9.387 b	906

As médias seguidas das mesmas letras não diferem estaticamente entre si. O (*) representa diferença significativa entre o tratamento e a testemunha. Foi aplicado o teste de Dunnet e teste de Tukey ao nível de 5% de significancia.

No trabalho de Beraldo & Rivero (2013) o valor médio encontrado para o MOE no BLC foi de 18.400 MPa, porém no trabalho de Oliveira (2012), feito com temperaturas de 160 °C, 180 °C e 200 °C, utilizando a espécie *Bambusa tuldoides* os resultados do MOE para os tempos de 30 e 45 minutos foram iguais entre si estatisticamente e diferente do tempoda testemunha, dando destaque para o tempo de

30 minutos que apresentou o maior MOE à flexão. Para o fator tempo o destaque se deu para a temperatura de 180°C que se mostrou maior que as demais.

5.3.1. Módulo de Elasticidade Dinâmico (MOEd)

O MOEd foi comparado com os resultados do MOE na flexão estática (**Figuras 7 e 8**). Para as taliscas e para o BLC os resultados se mostraram bastantes diferentes quando comparados, porém nota-se um comportamento similar entre as curvas. Para as taliscas, chegou-se ao mesmo resultado quando se analisou o MOEd separadamente: o tratamento “D” (180 °C por 4 horas) piorou as propriedades mecânicas enquanto que os outros tratamentos não diferenciaram estatisticamente da testemunha. Já para o BLC não houve diferenças estatísticas na estimativa do MOEd.

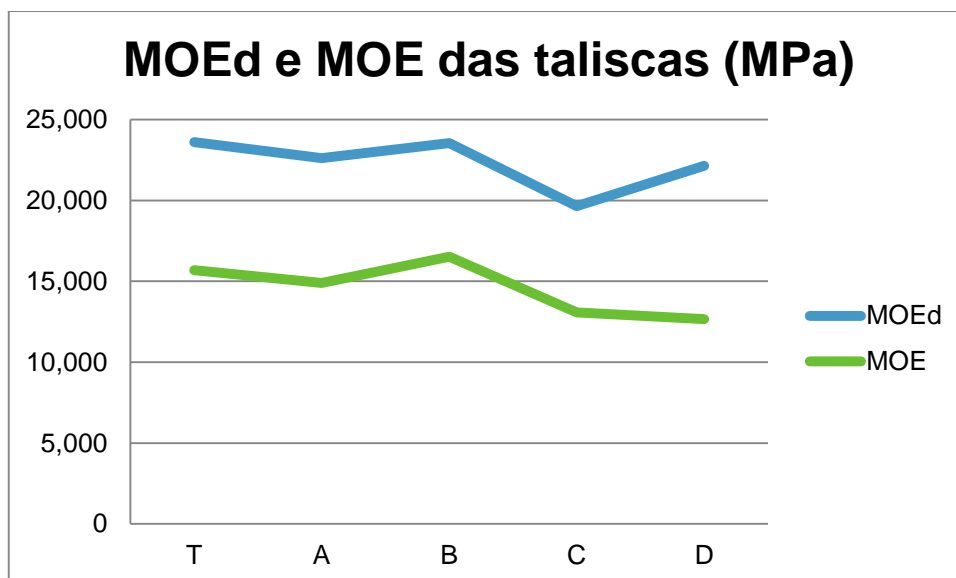


Figura 7: Comparações MOEd e MOE nos diferentes tratamentos para Taliscas.

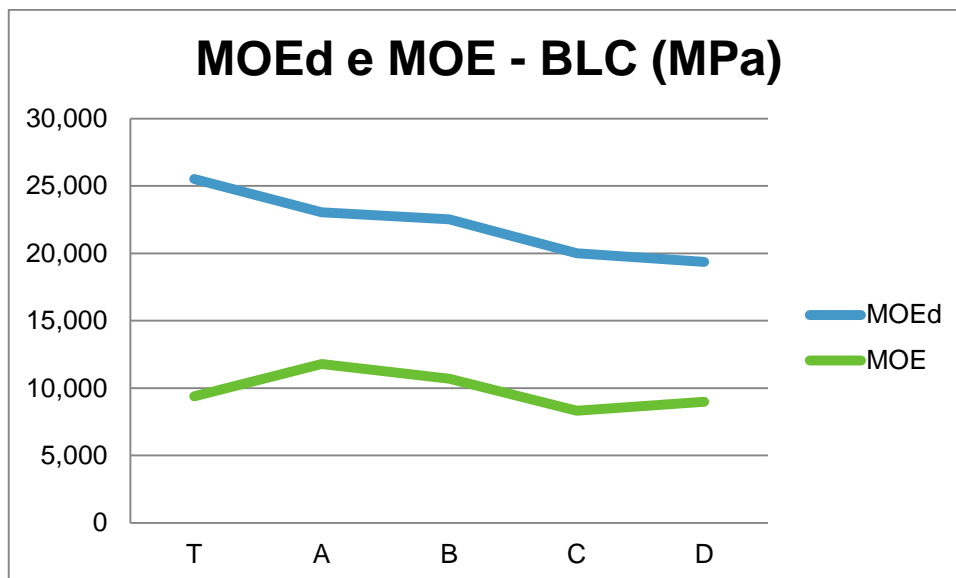


Figura 8: Comparações MOEd e MOE nos diferentes tratamentos para BLC.

Os resultados do presente estudo foram diferentes dos apresentados por Ferreira (2014) onde o MOEd apresentou um comportamento muito próximo ao MOE no ensaio por flexão estática.

Os **gráficos 1 e 2** mostram a porcentagem de confiabilidade na estimativa do Módulo de Elasticidade estático, aquele feito através do ensaio de flexão estática, a partir dos valores encontrados no Módulo de elasticidade Dinâmico, aquele obtido através do stress wave.

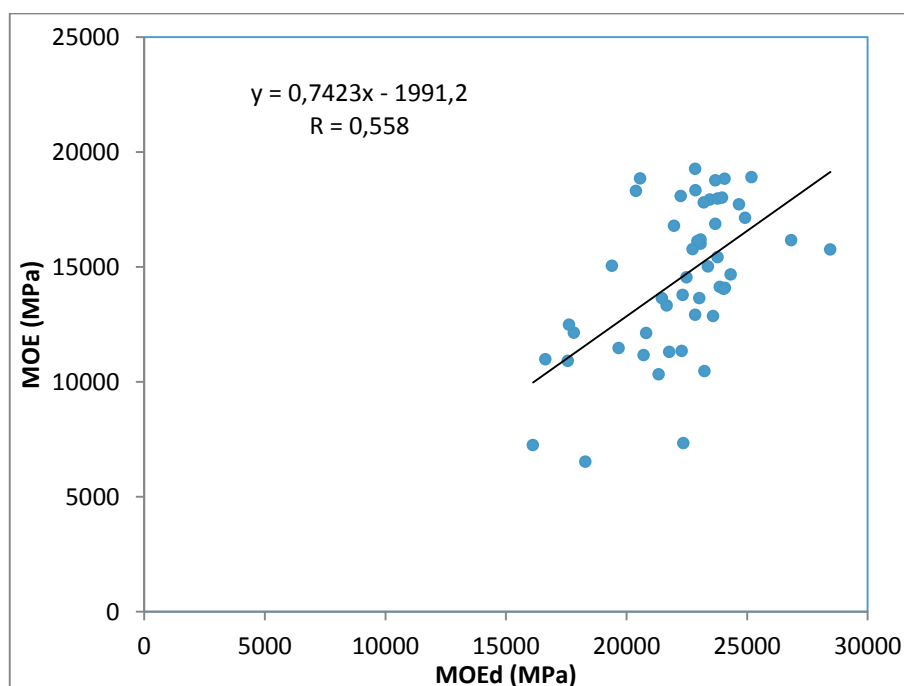


Gráfico 1: Confiabilidade da estimativa do MOE para as taliscas.

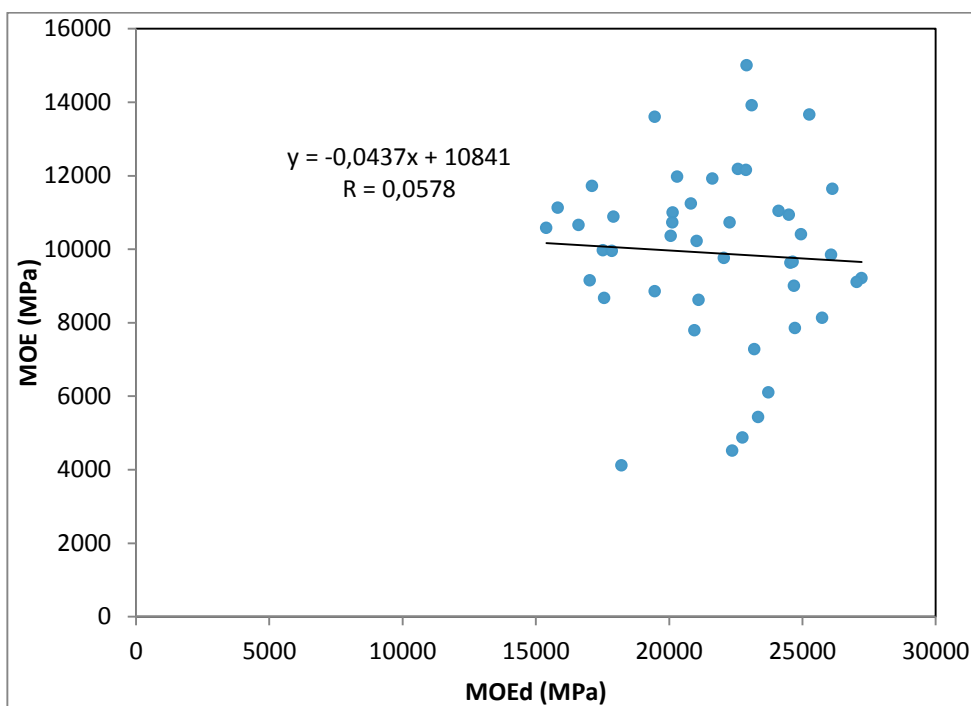


Gráfico 2: Confiabilidade da estimativa do MOE para o BLC.

Quanto menor o valor de “R”, pior será a confiabilidade da estimativa, para as taliscas o R deu uma confiabilidade de 55%, enquanto que para o BLC, a confiabilidade se mostrou muito baixa, sendo de 5,7%. O que explica a discrepância entre o MOE e o MOEd.

5.4. Módulo de Ruptura

O MOR encontrado no presente estudo possibilitou afirmar que houve diferença significativa entre os tratamentos. Os tratamentos “A” (150 °C por 2 horas) e “B” (150 °C por 4 horas) não apresentaram diferença significativa em relação a testemunha. Já os tratamentos “C” (180 °C por 2 horas) e “D” (180 °C por 4 horas) pioraram as propriedades mecânicas das taliscas (**Tabela 5**).

Tabela 5: Módulo de Ruptura das taliscas para os diferentes tratamentos térmicos..

Tratamento	MOR (MPa)	Desvio Padrão
A (150 °C / 2h)	171,3 a	37,8
B (150 °C / 4h)	198,5 a	37,4
C (180 °C / 2h)	*120,1 b	37,9
D (180 °C / 4h)	*113,7 b	28,1
T (Testemunha)	162,2 a	18,5

As médias seguidas das mesmas letras não diferem estaticamente entre si. O (*) representa diferença significativa entre o tratamento e a testemunha. Foi aplicado o teste de Dunnet e teste de Tukey ao nível de 5% de significancia.

Para o BLC (**Tabela 6**), os tratamentos “B”, “C” e “D” não diferenciaram da testemunha, enquanto que o tratamento “A” (150 °C por 2 horas) melhorou as propriedades mecânicas obtendo o maior valor do MOR.

Tabela 6: Módulo de Ruptura do BLC para os diferentes tratamentos térmicos..

Tratamento	MOR (MPa)	Desvio Padrão
A (150 °C / 2h)	80,72 a	24,8
B (150 °C / 4h)	*59,80 b	10,1
C (180 °C / 2h)	*42,32 b	11,2
D (180 °C / 4h)	*45,27 b	9,5
T (Testemunha)	77,33 b	8,2

As médias seguidas das mesmas letras não diferem estaticamente entre si. O (*) representa diferença significativa entre o tratamento e a testemunha. Foi aplicado o teste de Dunnet e teste de Tukey ao nível de 5% de significancia.

Pereira & Beraldo (2007) trabalhando com BLC produzido a partir da espécie *Dendrocalamus giganteus* obtiveram um módulo de ruptura de 99 MPa. Já Ferreira (2014) observou que a temperatura de tratamento foi o fator mais significativo para definição da redução do MOR, representando uma faixa de 91 a 115 MPa, não diferenciando do valor da testemunha. Outro estudo semelhante apontou um Módulo de Ruptura para o BLC variando de 40 MPa a 70 MPa (BERALDO E RIVERO 2003).

Durante os ensaios de flexão estática notou-se que a maioria dos BLC's romperam na linha de cola, o que evidencia falha no processo de colagem (**Figura 13**).

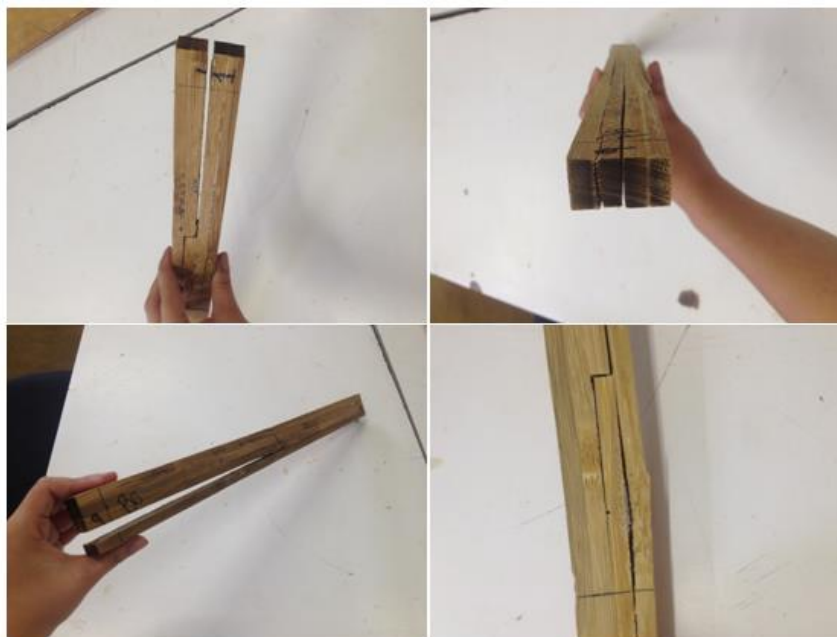


Figura 13: Rompimento na linha de cola nos BLC's.

5.5. Temperatura x Tempo

Assim como no estudo de Oliveira (2012) e Ferreira (2014) a temperatura apresentou maior influência do que o tempo de tratamento nas propriedades físicas e mecânicas do BLC (**Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20**).

Nas taliscas o fator tempo para o Módulo de Ruptura e para o Módulo de Elasticidade não foi significativo, obtido através do teste de Dunnet a 5% de significância, porém para o BLC foi observada diferença significativa entre o tempo e a testemunha no MOE.

Brito (2013) observou que a temperatura mostrou-se mais eficiente na melhoria da estabilidade dimensional, reduzindo a taxa de absorção de água e teor de umidade de equilíbrio das espécies de bambus, porém reduzem as propriedades mecânicas, interferindo principalmente em sua resistência.

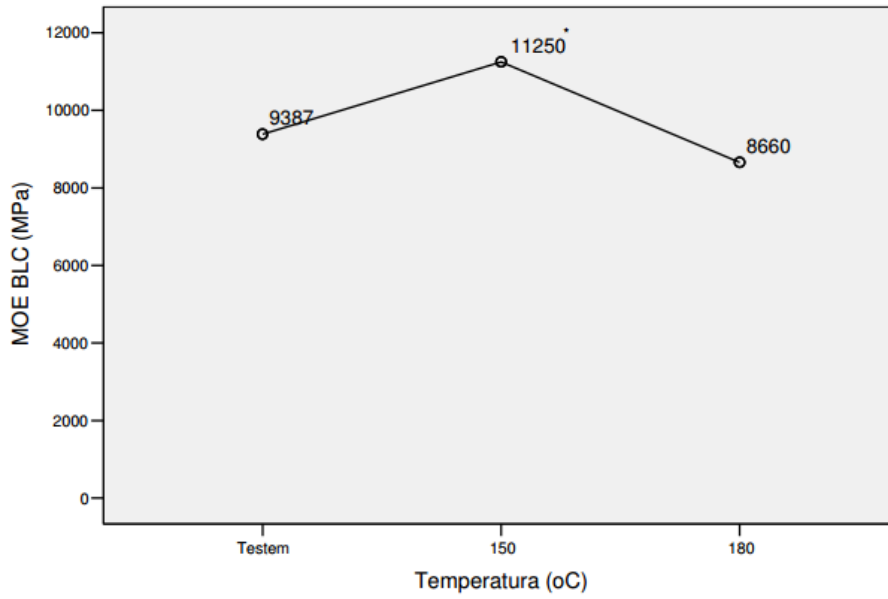


Figura 13: Efeito da temperatura no tratamento no BLC.

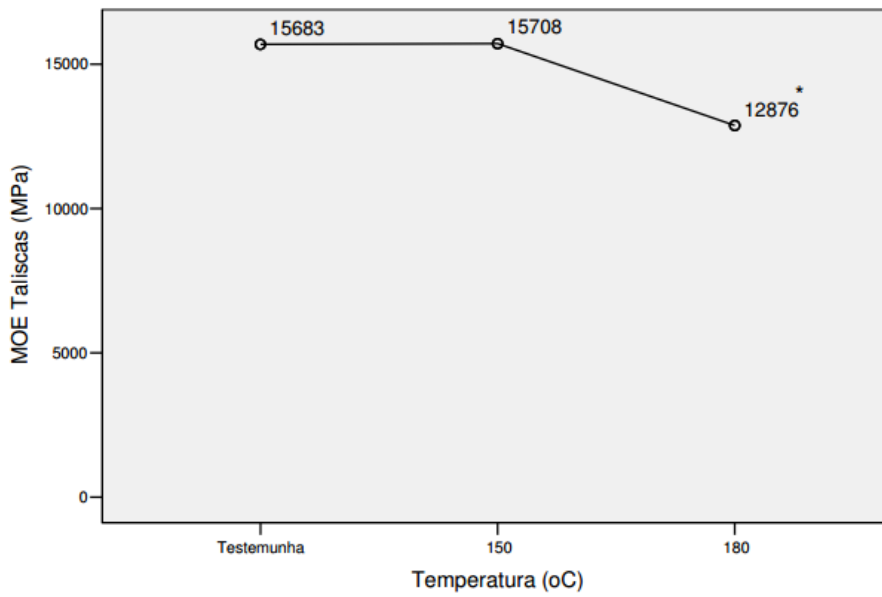


Figura 14: Efeito da temperatura no tratamento térmico nas taliscas.

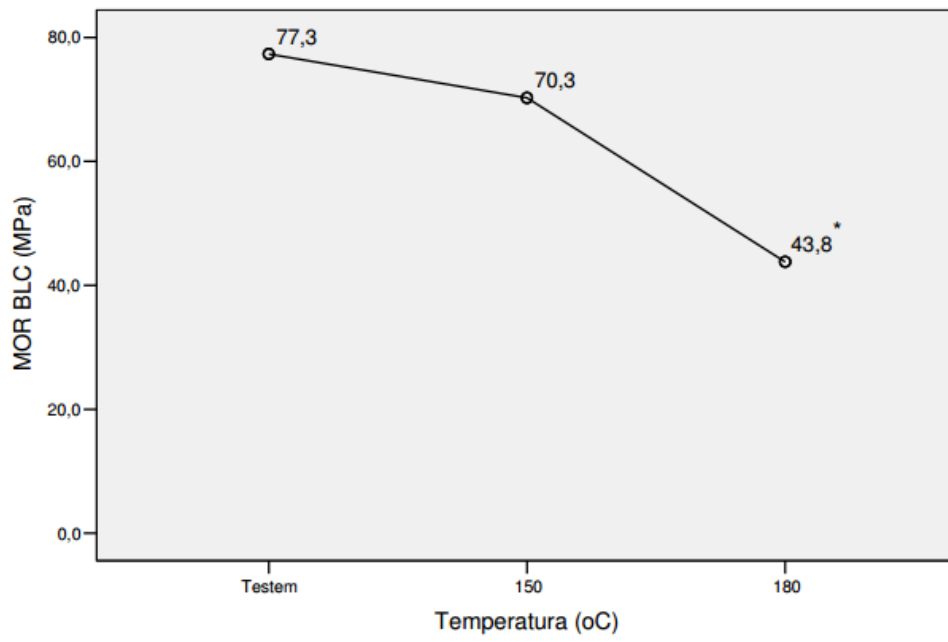
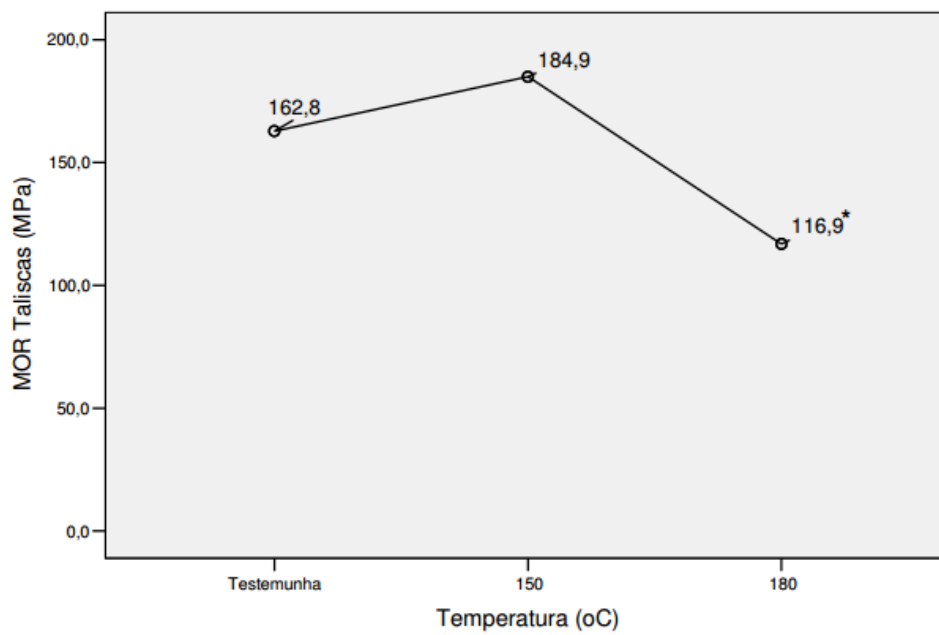


Figura 15: Efeito da temperatura no tratamento térmico no BLC.



Figuras 16: Efeito da temperatura no tratamento térmico nas taliscas.

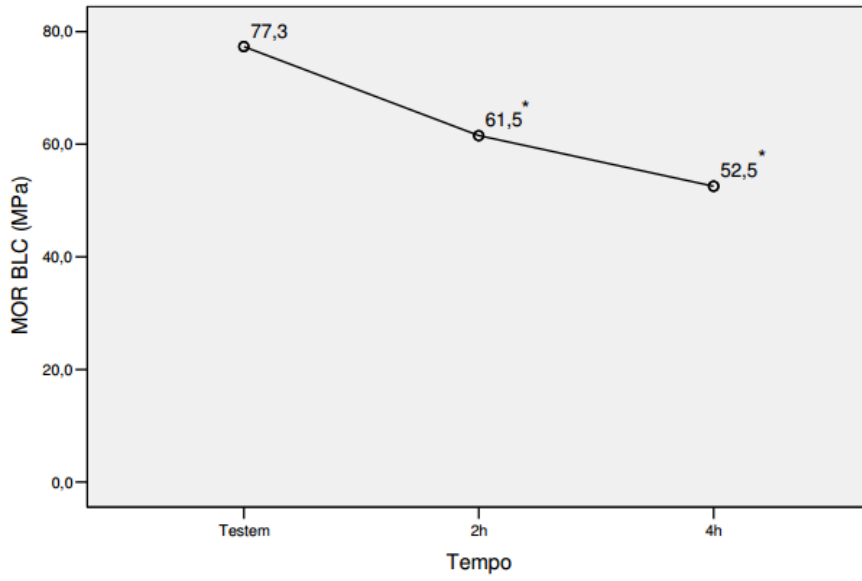


Figura 17: Efeito do tempo no tratamento térmico nas taliscas.

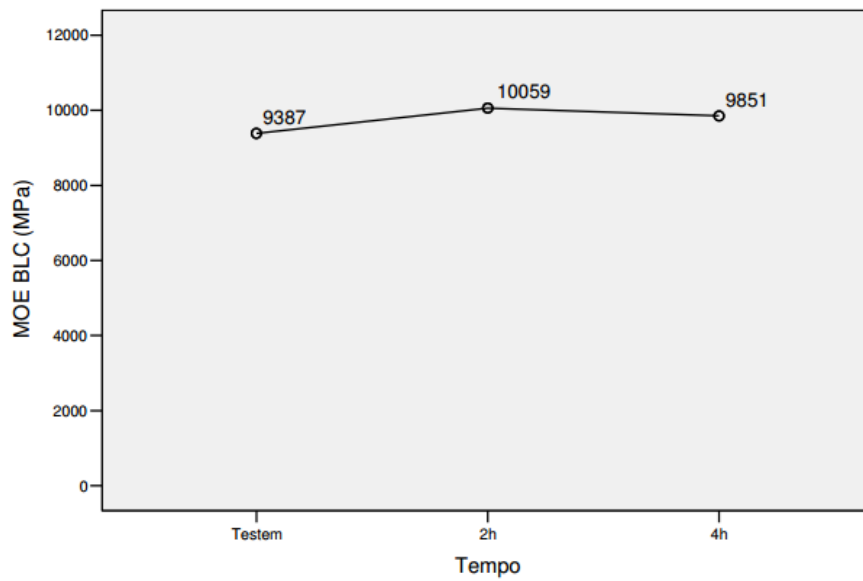


Figura 18: Efeito do tempo no tratamento térmico no BLC.

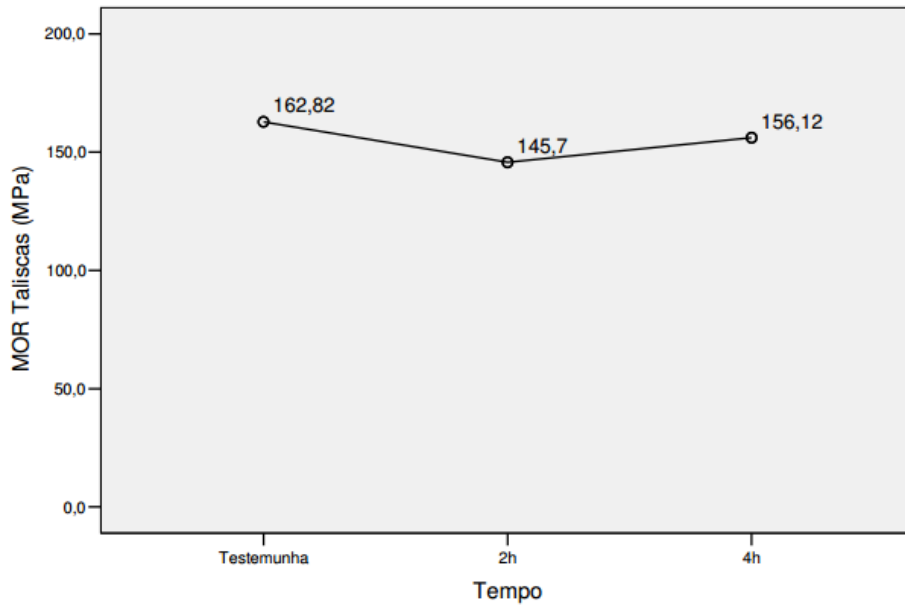


Figura 19: Efeito do tempo no tratamento térmico nas taliscas.

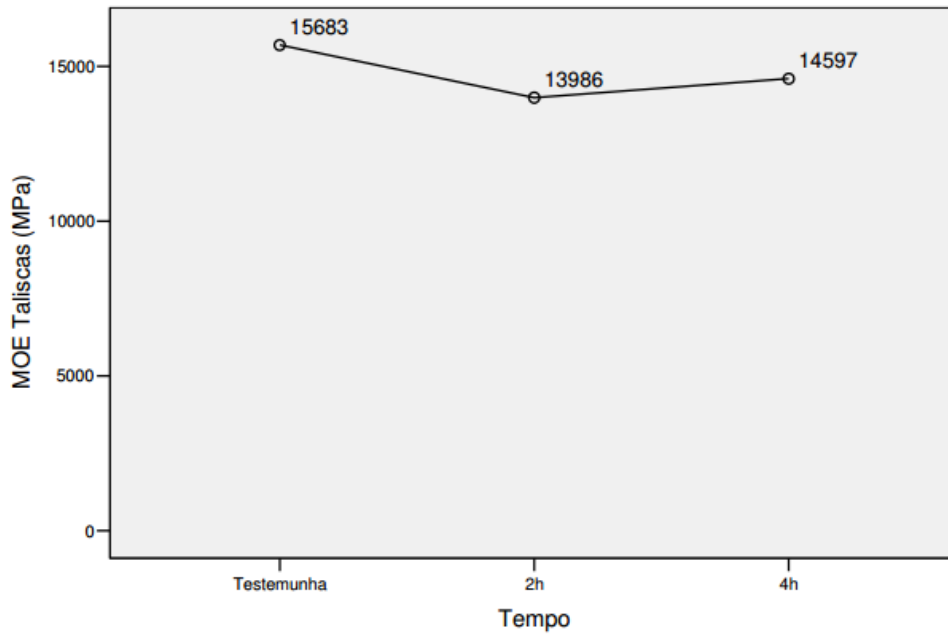


Figura 20: Efeito do tempo no tratamento térmico no BLC.

6. CONCLUSÕES

- A temperatura foi a variável que mais afetou o tratamento térmico nas taliscas e no BLC.
- Para o aumento da resistência das taliscas à flexão estática, o tratamento térmico não se mostrou eficiente.
- O tratamento térmico melhorou as propriedades mecânicas dos BLC's, sendo que o melhor tratamento foi o "A" (150°C durante 2 horas).
- Sugere-se um maior controle sobre a pressão utilizada na confecção dos BLC's, para minimizar problemas de rompimento dos mesmos na linha de cola.
- Sugere-se, ainda, que sejam realizados testes para avaliar a durabilidade em ensaios de apodrecimento acelerado a fim de testar sua resistência a agentes degradadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARYA, S. Sharma. S. e Kaur. R. Arya. I. Micropropagation of *Dendrocalamus* asper by shoot proliferation using seeds. **Plant Cell Reports** (1999) 18: 879–882. Springer-Verlag 1999
- AZZINI, A.; BERALDO. A.L. **Métodos práticos para utilização do bambu**. Campinas: UNICAMP, 2001. 14 p.
- BALLARIN, A. W., PALMA, H. A. L. **Ensaio não-destrutivo de propagação da propagação de ondas de tensão em toras e madeira serrada de *Pinus taeda* L.** Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP-Botucatu- SP 2004. 29 p.
- BARELLI, B. G. P. **Design para a sustentabilidade: modelo decadaia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Design) – PPGDesign – Unesp – Bauru.
- BERALDO, *et al.* 2013. **Desempenho de um dispositivo para efetuar o tratamento químico de colmos de bambu: Avaliação por ultra-som**. III ENECS – Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis. SÃO PAULO. SP
- BERALDO, A. L., AZZINI, A., GHAVAMI, K., PEREIRA, M. D. R. (2004). **Bambu: características e aplicações**. Guaíba: Editora Guaíba. 2004
- BERALDO, A. L.; RIVEIRO, L. A. Bambu Lamindo Colado (BLC). **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 36-46, 2003. ISSN 2179-8087.
- BRITO, F. M. S. **Efeito da termorreificação nas propriedades tecnológicas do bambu**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. 100p.
- CALEGARI, L *et al.* DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS FABRICADOS COM BUMBU (*Bambus vulgaris* Schr.) EM COMBINAÇÕES COM MADEIRA. **Revista Cerne**, Lavras. V. 13, n. 1, p. 57-63, jan./mar 2007
- CARDOSO JUNIOR, M. L. **Recomendações para projeto de piso de Bambu Laminado Colado – BLC**. 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- COLLA, W. A. **Efeito do tratamento térmico nas características físicas e mecânicas do bambu** (*Dendrocalamus giganteus* Munro) (Dissertação). Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. Campinas - SP, p. 97. 2010.

- ESPELHO, J. C.C E MARINHO, A. B. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.6, p.645–652, 2008Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG 2008.
- FERREIRA, L. M. C. **Design de Móveis e Bambu Laminado Colado: Consideração ao tratamento térmico e às características físicas e mecânicas com vistas ao projeto de produtos**. Tese Mestrado. Universidade de Brasília, 2014. 195p.
- EVANGELISTA, A. C. J **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos**. Rio de Janeiro, Brasil 2002. 239 p.
- GHAVAMI, K. Bambu: Um material alternativo na engenharia. **Engenharia** n.492, p.23-27. 1992.
- GHAVAMI K. E, MARINHO. A.B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia***.Departamento de Engenharia Civil – PUC- RIO 2002.
- GOUVEA, A. F. G *et al*Determinação da densidade básica da madeiras de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos.**Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.349-358. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil, 2011
- GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. 2008. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- HON, D.N.S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D.N.S.; SHIRAIISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. 2.ed. New York, U. S. A. : Marcel Dekker, 2001. 928 p.
- LIESE, W. **A preservação do colmo do bambu em relação à sua estrutura**. Tradução de Antônio L. Beraldo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRADUA, 2004, Pereira. Anais...Pereira, 2004.
- LONDOÑO, X. **Distribucion, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues del nuevo mundo**. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.Agosto 2002
- MARÇAL, V. H. S. **Uso doBambu na Construção Civil**. Dissertação de graduação. Universidade de Brasília, Departamento de engenharia Civil e Ambiental. Dezembro 2008.

MARINHO N.P. **Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (MDF)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARTINS, S. C. F., ROSSIGNOLO, J. A. **Deterioração em Madeiras de patrimônio histórico: Técnica não-destrutivas**. Revista Complexus – Instituto Superior de Engenharia Arquitetura e Design – Ceunsp, Salto-SP, ano. 1, n.2, p. 128-142, setembro de 2010.

MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de design em Bauru, São Paulo**. 2007. 113 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2007.

MONTIEL, M.; SANCHÉZ, E. Ultraestructura de Bambúes del Género *Dendrocalamus* (Poaceae: Bambusoideae) Cultivados em Costa Rica IV: *Dendrocalamus asper*, Clones Taiwán y Tailandia. **Revista Biol. Trop.** vol. 54 (suppl. 2): 65-75, dec. 2006

MORESCHI, J. C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira**. Curitiba, Paraná 2010 (apostila)

OLIC, B.A. e LORENZETTI, E. R. **Tratamentos preservativos em bambu (*Dendrocalamus giganteus*) no controle de organismos xilófagos**. IV fórum regional de agroecologia. Instituto Federal de Ciência e tecnologia. Minas Gerais 2013.

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

SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando a geração de produtos de alto valor agregado**. Tese para a obtenção do título de Doutor. Setor de ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2005.

SIQUEIRA, K.P.; MONTEFUSCO, A.R.; GUIMARÃES NETO, A.B.; BONDUELLE, A. Principais metodologias de mediação de estado de superfícies. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v5, n.2, p.203-2010, 2003.

STANGERLIN, D. M; CALEGARI, L. R; SANTINI, E. J; DOMINGUES, J. M. X; GATTO, D. A; MELO, R. R. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por

meio de métodos destrutivos e não destrutivos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3 n. 2 p 145-150 abr-jun, 2008.

TELES, R. F. **Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD-040/2014, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 195p.2014.

YOUNGQUIST, J. A.; ENGLISH, B. E.; SPELTER H.; CHOW P. **Agricultural fiber in composition panels**. In: Maloney, Thomas M., ed. Proceedings of the 27th international particleboard/composite materials symposium; 1993 March 30-31; April 1; Pullman, WA. Pullman, WA: Washington State University, 1993.