



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Júlio de Mesquita Filho

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



VITOR MANOEL SALVADEO

**PRODUTO DE BAMBU SCRIMBER PROJETADO PARA APLICAÇÕES EM
VIGAS ESTRUTURAIS**

BAURU-SP

2020

VITOR MANOEL SALVADEO

**PRODUTO DE BAMBU SCRIMBER PROJETADO PARA APLICAÇÕES EM
VIGAS ESTRUTURAIS**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru, programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica na área de Processos de Fabricação, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli
Coorientadora: Prof^a Dr^a Elen Ap. Martines Morales

BAURU-SP

2020

Salvadeo, Vitor Manoel.

Produto de Bambu scrimber projetado para
aplicações em vigas estruturais / Vitor Manoel
Salvadeo, 2020
125 f.: il.

Orientador: Ivaldo De Domenico Valarelli

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020

1. Bambu. 2. Adesivo de óleo de mamona. 3.
Resistência na região de cola. 4. Características
físicas e mecânicas. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE VITOR MANOEL SALVADEO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de junho do ano de 2020, às 09:00 horas, no(a) Via Sistema de videoconferência e outras ferramentas de comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Pós-doutorando MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO do(a) Departamento de Mecânica / FEB, Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / FEB/UNESP/Bauru, Prof. Dr. LUIZ DARE NETO do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. JOÃO CARLOS BIAZZON do(a) Engenharias / Faculdade Anhanguera de Itapeva, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de VITOR MANOEL SALVADEO, intitulada **PRODUTO DE BAMBU SCRIMBER PROJETADO PARA APLICAÇÕES EM VIGAS ESTRUTURAIS**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI

P/ Pós-doutorando MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO

P/ Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI

P/ Prof. Dr. LUIZ DARE NETO

P/ Prof. Dr. JOÃO CARLOS BIAZZON

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas que sempre acreditaram e motivaram a busca de novos conhecimentos:

à minha esposa, Aparecida Pinheiro Salvadeo;
aos meus filhos Vitor Augusto Pinheiro Salvadeo e
Denis Henrique Pinheiro Salvadeo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela dádiva da vida. E sabedoria infinita!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli, pela humildade, compreensão, amizade e dedicação durante a realização deste trabalho.

A minha coorientadora Prof^a Dr^a. Elen Aparecida Martines Morales por seu apoio, incentivo e revisão.

Ao meu amigo Prof. Dr. Fábio Alexandre Moizés que muito me incentivou e apoiou em meus estudos.

Ao técnico de laboratório Israel Pereira dos Santos do Campus da UNESP de Bauru, pela amizade, ajuda, compreensão, dedicação e pelo auxílio no desenvolvimento dos testes ensaiados nesta pesquisa.

Ao técnico de laboratório Tiago Duarte de Mattos do Campus da UNESP de Bauru, pela colaboração.

Ao técnico de laboratório Juliano Rodrigo de Brito do Campus da UNESP de Itapeva, pela confecção dos corpos de prova.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (FEB), da UNESP de Bauru.

Agradeço à banca examinadora pelas contribuições neste trabalho.

A todos, muito obrigado!

“No coração deste mundo permanece presente o Senhor da vida que tanto nos ama. Não nos abandona, não nos deixa sozinhos, porque Se uniu definitivamente à nossa terra e o seu amor sempre nos leva a encontrar novos caminhos.

Que Ele seja louvado!”

Papa Francisco – Laudato Si

RESUMO

PRODUTO DE BAMBU SCRIMBER PROJETADO PARA APLICAÇÕES EM VIGAS ESTRUTURAIS

O grande avanço científico e tecnológico das últimas décadas vem propiciando o desenvolvimento de novos produtos de Engenharia construídos com bambu para a utilização na construção civil. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar blocos de Bambu scrimber para aplicações estruturais, composto por ripas de bambu da espécie *Bambusa vulgaris* dispostas em paralelo com o comprimento do colmo e coladas com o adesivo poliuretano à base de óleo de mamona e prensadas a quente sob pressão de 195 bar durante 30 min a uma temperatura de 120° C. Foram investigadas as propriedades físicas (umidade, densidades e estabilidade dimensional) e as propriedades mecânicas (compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras e flexão) de acordo com as normas da ABNT NBR 7190:1997- Anexo B, para avaliar se existem equivalências entre essas propriedades com as de algumas madeiras (coníferas nativas e dicotiledôneas nativas) e o Bambu Laminado Colado (BLC) e também avaliar a eficiência do adesivo a base de óleo de mamona através de ensaios não destrutivos com auxílio da microscopia óptica. Observou-se que o bloco de Bambu scrimber possui alta densidade na faixa de 910 kg/m³; que as variações dimensionais na direção longitudinal axial foram desprezíveis, enquanto que, a variação na direção radial foi superior à tangencial para a retração e inchamento. Comparou-se suas resistências mecânicas (MOR – módulo de ruptura e MOE- módulo de elasticidade) com algumas madeiras, obtendo-se resultados semelhantes ou em alguns casos superior. Em relação ao BLC, suas resistências (MOR) mostraram-se semelhantes à compressão e muito inferior à tração e, próximas para à flexão, porém, seus módulos de elasticidade (MOE) à compressão e flexão são similares e inferior à tração. O adesivo bicomponente de mamona e a pressão de colagem utilizadas mostraram-se satisfatórios para a confecção do Bambu scrimber. Sua aplicabilidade é possível na construção civil leve, na produção de móveis/mobiliários e estufas para plantações.

Palavras-chave: Bambu, Adesivo de óleo de mamona, Resistência na região de cola, Características Físicas e Mecânicas.

ABSTRACT

BAMBOO SCRIMBER PRODUCT DESIGNED FOR STRUCTURAL BEAM APPLICATIONS

The great scientific and technological advancement of the last decades has led to the development of new engineering products built with bamboo for use in civil construction. In this context, this study aimed to develop and evaluate Bamboo scrimber blocks for structural applications, composed of bamboo strips of the *Bambusa vulgaris* species arranged in parallel with the stem length and glued with castor oil-based polyurethane adhesive and hot pressed under 195 bar pressure for 30 min at a temperature of 120° C. The physical properties (humidity, density and dimensional stability) and the mechanical properties (compression parallel to the fibers, tension parallel to the fibers and flexion) were investigated. according to the standards of ABNT NBR 7190: 1997- Annex B, to assess whether there are equivalences between these properties with those of some woods (native conifers and native dicots) and the Laminated Bamboo (BLC) and also evaluate the efficiency of the adhesive a castor oil based through non-destructive tests with the aid of optical microscopy. It was observed that the Bamboo scrimber block has a high density in the range of 910 kg/m³; that the dimensional variations in the axial longitudinal direction were negligible, whereas, the variation in the radial direction was superior to the tangential for the retraction and swelling. Their mechanical strengths (MOR - rupture modulus and MOE - modulus of elasticity) were compared with some woods, obtaining similar results or in some cases superior. In relation to BLC, its resistance (MOR) was shown to be similar to compression and much lower than traction, and close to flexion, however, its elasticity modules (MOE) to compression and flexion are similar and inferior to traction. The bicomponent castor adhesive and the bonding pressure used were satisfactory for making the Bamboo scrimber. Its applicability is possible in light civil construction, in the production of furniture / greenhouses for plantations.

Keywords: Bamboo, Castor oil adhesive, Resistance in the glue region, Physical and Mechanical Characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Algumas espécies diferentes de bambu.....	23
Figura 02 - Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante.....	23
Figura 03 - Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante.....	24
Figura 04 - Partes do broto à fase adulta do bambu.....	25
Figura 05 - Estrutura celular do colmo vista em microscópio eletrônico.....	26
Figura 06 - Seção transversal do colmo de bambu.....	28
Figura 07 - Fibras do bambu.....	29
Figura 08 - Possibilidades de utilização do bambu.....	29
Figura 09 - Amostras de material empregado nos painéis de bambu.....	30
Figura 10 - Cadeia de utilização do bambu na China.....	34
Figura 11 - Produção de vigas de MLC.....	42
Figura 12 - Viga de madeira laminada colada.....	43
Figura 13 - Exemplos de construções realizadas com MLC.....	43
Figura 14 - Beneficiamento do bambu.....	44
Figura 15 - Transformação em produto.....	45
Figura 16 - Amostras do bambu laminado colado (BLC).....	46
Figura 17 - Processo geral de fabricação de Bambu scrimber na China.....	47
Figura 18 - Blocos de bambu scrimber produzidos sem e com tratamento térmico.....	48
Figura 19 - Touceira da espécie <i>Bambusa vulgaris</i>	52
Figura 20 - Colmos cortados com 700 mm.....	53
Figura 21 - Amostras imersas no tanque.....	53
Figura 22 - Serra circular utilizada para seccionamento dos colmos no comprimento.....	54
Figura 23 - Lixadeira de fita.....	54
Figura 24 – Ripas cortadas.....	55
Figura 25 - Prensa Hidráulica PHS.....	55
Figura 26 - Ripas esmagadas e lixadas.....	55
Figura 27 - Estufa de secagem com circulação de ar.....	56
Figura 28 - Ripas no interior da estufa.....	56
Figura 29 – Desenho da forma para obtenção do bloco em mm.....	58
Figura 30 - Molde (fêmea) para prensagem das ripas.....	58
Figura 31 - Conjunto (macho e fêmea) para a prensagem das ripas.....	59
Figura 32 - Ripas preparada para a distribuição do adesivo.....	59

Figura 33 - Ripas dispostas no molde.....	60
Figura 34 - Prensagem das ripas.....	60
Figura 35 - Conjunto após a prensagem.....	61
Figura 36 - Blocos produzidos para a realização dos experimentos.....	61
Figura 37 - Blocos de Bambu scrimber usinados na desengrossadeira.....	62
Figura 38 - Serra circular esquadrejadeira.....	62
Figura 39 - Dimensões dos corpos de prova para o teste de tração em mm.....	63
Figura 40 - Tupia de Mesa.....	63
Figura 41 – Dimensões dos corpos de prova para o teste de compressão em mm.....	64
Figura 42 - Corpos de prova para o teste de compressão paralela às fibras.....	64
Figura 43 - Corpos de prova para o teste de tração paralela às fibras.....	64
Figura 44 - Corpos de prova para o teste de flexão estática.....	65
Figura 45 - Dimensões dos corpos de prova para determinação da umidade em mm.....	65
Figura 46 - Corpos de prova para determinação da umidade, densidade e estabilidade dimensional.....	66
Figura 47 - Corpos de prova de Bambu scrimber na estufa de secagem.....	66
Figura 48 - Corpos de prova submersos em água.....	67
Figura 49 - Máquina EMIC para os ensaios.....	70
Figura 50 - (A) Ensaio destrutivo de um corpo de prova de referência, (B) Ensaios realizados com extensômetros.....	71
Figura 51 - Diagrama tensão x deformação específica.....	72
Figura 52 - Ruptura do corpo de prova à compressão paralela às fibras.....	73
Figura 53 - Corpo de prova de referência para tração paralela às fibras.....	74
Figura 54 - Corpo de prova de tração e respectivo ensaio, mostrando extensômetro.....	74
Figura 55 - Diagrama de carregamento para determinação da rigidez.....	75
Figura 56 - Diagrama tensão x deformação específica na tração paralela às fibras.....	75
Figura 57 - Corpo de prova de referência para flexão.....	77
Figura 58 - Ensaio mecânico de um corpo de prova com flexão estática	77
Figura 59 - Diagrama de carregamento para determinação da rigidez à flexão.....	77
Figura 60 - Diagrama carga x flecha na flexão.....	78
Figura 61 - Microscópio óptico Olympus BX51M.....	79
Figura 62 - Amostras observadas no microscópio óptico.....	79
Figura 63 - Corpos de prova que sofreram ruptura à compressão.....	87

Figura 64 – Exemplo de rompimento sofrido pelo corpo de prova à tração paralela às fibras.....	89
Figura 65 - Deformações sofridas pelos corpos de prova à flexão.....	91
Figura 66 - Imagem obtida com a microscopia óptica com aumento de 500 μm	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Principais espécies de bambu usadas como material de construção em vários países.....	32
Tabela 02 - Propriedades físicas de algumas espécies de bambu.....	36
Tabela 03 - Dimensões médias das fibras celulósicas de espécies variadas de bambus.....	37
Tabela 04 - Análise química de <i>Bambusa vulgaris</i> , <i>Eucalyptus saligna</i> e <i>Pinus elliotti</i>	39
Tabela 05 - Valores médios de madeiras coníferas nativas e dicotiledôneas nativas..	50
Tabela 06 - Resultados para a determinação do teor de umidade.....	80
Tabela 07 - Dimensões das amostras em estado saturado para ensaio de densidade e estabilidade dimensional.....	81
Tabela 08 - Determinação da densidade básica.....	82
Tabela 09 - Determinação da densidade aparente.....	82
Tabela 10 - Dimensões das amostras em estado seco para ensaios de estabilidade dimensional.....	84
Tabela 11 - Valores médios das amostras em estado saturado para ensaio de estabilidade dimensional.....	85
Tabela 12 - Cálculos de Retração (ϵ_r), Inchamento (ϵ_i) e Variação Volumétrica (ΔV)..	86
Tabela 13 - Resistência à compressão paralela às fibras com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.....	88
Tabela 14 - Resistência à tração paralela às fibras com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.....	90
Tabela 15 - Resistência à flexão estática com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.....	91
Tabela 16 - Comparativo entre algumas madeiras, o BLC e o Bambu scrimber.....	93

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Espécies prioritárias de bambu de acordo com o INBAR.....	27
QUADRO 02 - Matéria-prima proveniente do bambu e seus derivados de painéis.....	31

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 01 - Cálculo para obtenção do tamanho do corpo de prova para resistência à flexão vinculado a dois apoios articulados móveis.....	57
EQUAÇÃO 02 - Cálculo do percentual de umidade (U%)	67
EQUAÇÃO 03 - Cálculo da densidade básica.....	67
EQUAÇÃO 04 - Cálculo da densidade aparente.....	68
EQUAÇÃO 05 - Cálculo de retração ($\epsilon_{r,1}$).....	68
EQUAÇÃO 06 - Cálculo de retração ($\epsilon_{r,2}$).....	68
EQUAÇÃO 07 - Cálculo de retração ($\epsilon_{r,3}$).....	68
EQUAÇÃO 08 - Cálculo de inchamento ($\epsilon_{i,1}$).....	69
EQUAÇÃO 09 - Cálculo de inchamento ($\epsilon_{i,2}$).....	69
EQUAÇÃO 10 - Cálculo de inchamento ($\epsilon_{i,3}$).....	69
EQUAÇÃO 11 - Cálculo da variação volumétrica para o inchamento ΔV_i	69
EQUAÇÃO 12 - Cálculo da variação volumétrica para a retração ΔV_r	69
EQUAÇÃO 13 - Cálculo para o volume saturado V_{sat}	69
EQUAÇÃO 14 - Cálculo para o volume seco V_{seca}	69
EQUAÇÃO 15 - Cálculo da resistência à compressão paralela às fibras.....	71
EQUAÇÃO 16 - Cálculo do módulo de elasticidade da resistência à compressão paralela às fibras.....	72
EQUAÇÃO 17 - Cálculo da resistência à tração paralela às fibras.....	73
EQUAÇÃO 18 - Cálculo do módulo de elasticidade da resistência à tração paralela às fibras.....	76
EQUAÇÃO 19 - Cálculo da resistência à flexão estática.....	76
EQUAÇÃO 20 - Cálculo do módulo de elasticidade da flexão estática.....	78

LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BLC	Bambu laminado colado
CCB	Borato de cobre cromatado
CE	Comissão de Estudo de Estruturas de Bambu
CP	Corpo de prova
MLC	Madeira laminada colada
ρ_b	Densidade básica
HDAT	Tratamento com ar quente seco
Hot-melt	Adesivo de colagem a quente
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Normas Brasileiras
PNMCB	Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu
PSB	Bloco de ripas paralelas de bambu
PVA	Poliacetato de Vinila
SST	Tratamento com vapor saturado
UNESP	Universidade Estadual Paulista

LISTA DE SÍMBOLOS

bar	Unidade de Pressão
mm	milímetro(s)
cm	Centímetro(s)
°C	Grau Célsius
h	Hora(s)
g/cm ³	Gramas por centímetros cúbicos
kN	Quilo newton(s)
kg	Quilograma
kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
MPa	Mega Pascal
%	Porcentagem
GPa	Giga Pascal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA PARA A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO.....	20
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivo Específico.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 O BAMBU.....	22
2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO BAMBU <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	35
2.2.1 Disseminação do bambu <i>Bambusa vulgaris</i>	37
2.2.2 Características químicas do bambu <i>Bambusa vulgaris</i>	39
2.3 ADESIVOS.....	39
2.3.1 Tipos de adesivos	41
2.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM RIPAS LAMINADAS	41
2.4.1 Laminado colado de madeira (MLC).....	42
2.4.2 Laminado colado de bambu (BLC)	44
2.4.3 Bambu densificado ou Bambu scrimber	46
2.5 INDICAÇÕES DA NBR 7190:1997, ANEXO E.....	50
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
3.1 CORTE DOS COLMOS DE BAMBU E TRATAMENTO QUÍMICO	52
3.2 PROCESSAMENTO DOS COLMOS.....	54
3.3 PROCESSO DE SECAGEM DAS RIPAS.....	56
3.4 ADESIVO BICOMPONENTE DE ÓLEO DE MAMONA.....	56
3.5 DESENVOLVIMENTO DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER.....	57
3.6 ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BLOCO.....	59
3.6.1 Volume e distribuição do adesivo.....	59
3.6.2 Prensagem dos blocos.....	60
3.7 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	61
3.8 ENSAIOS FÍSICOS	65
3.8.1 Teor de umidade (%).....	66
3.8.2 Densidade (kg/m ³).....	67

3.8.3 Estabilidade dimensional (%).....	68
3.9 ENSAIOS MECÂNICOS.....	69
3.9.1 Compressão paralela às fibras (MPa).....	70
3.9.2 Tração paralela às fibras (MPa).....	73
3.9.3 Flexão estática (MPa).....	76
3.10 INTERAÇÃO COLA-BAMBU.....	78
3.10.1 Microscopia óptica.....	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER.....	80
4.1.1 Teor de umidade (%).....	80
4.1.2 Densidades (kg/m ³).....	81
4.1.3 Estabilidade dimensional (%).....	84
4.2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER.....	87
4.2.1 Compressão paralela às fibras (MPa).....	87
4.2.2 Tração paralela às fibras (MPa).....	89
4.2.3 Flexão estática (MPa).....	91
4.2.4 Comparativo do bambu scrimber com madeiras utilizadas no Brasil e com o BLC.....	92
4.3 ANÁLISE DA MICROSCOPIA ÓPTICA.....	94
5. CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICES.....	107
APÊNDICE A - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	107
APÊNDICE B - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	108
APÊNDICE C - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE FLEXÃO.....	109
APÊNDICE D - IMAGENS OBTIDAS POR MICROSCOPIA ÓPTICA.....	110
ANEXOS	122
ANEXO A - CATÁLOGO FABRICANTE KEHL- ADESIVOS.....	122

1. INTRODUÇÃO

Muito tem se debatido no início do século XXI sobre a extrema importância do desenvolvimento sustentável para o bem-estar e melhor qualidade de vida para a população. Nesse contexto, a indústria da construção pode contribuir para a sustentabilidade, com novas aplicações de materiais: reciclagem e reutilização, produção sustentável de produtos ou uso de recursos renováveis (LUGT *et al.*, 2006).

A cerâmica e o plástico têm constituído os materiais sintéticos mais utilizados no mercado existente, com inúmeras aplicações, mas seus processamentos são excessivamente caros. Há um desafio em relação ao custo-benefício e respeito ao meio ambiente, por isso várias indústrias estão utilizando a fibra de bambu natural em numerosas aplicações, para obter o desempenho físico e mecânico desejável (MUHAMMAD *et al.*, 2018).

Os produtos elaborados com bambu, independentemente de seu processo de fabricação, normalmente são denominados como "ecologicamente corretos", "biodegradáveis" e "antimicrobianos" (NAYAK E MISHRA, 2016).

Lefteri (2017) afirma que os consumidores estão cada vez mais propensos em utilizar materiais fabricados com matéria-prima de fonte natural e renovável, principalmente aqueles oriundos da produção verde.

Liu *et al.* (2016) ressaltam que os projetos usando produtos de bambu engenheirado (bambu laminado, bambu densificado reconstituído (bambu scrimber, PSB, etc.) e placas de bambu), têm configurado uma alternativa importante na substituição de materiais de construção convencionais e que, dentro dessa crescente diversidade de produtos, há limitações de aplicações devido à falta de normalização internacional de seus elementos e suas nomenclaturas.

Normalmente o tipo de bambu mais utilizado para aplicação industrial é aquele que possui maiores diâmetros de colmo, com paredes mais espessas. Entretanto, os bambus de espécies com menores diâmetros, que geralmente eram utilizados para aplicações tradicionais, como artesanato e ferramentas agrícolas, pela combinação de um novo processo mecânico e pela adição de resinas fenólicas (PF) durante o processo de fabricação de produtos engenheirados tornam-se adequados para aplicação em muitos campos, como decks de piso, pás de turbinas eólicas e materiais estruturais (HUANG *et al.*, 2018).

Contudo, existem poucas pesquisas relacionadas a padronização e desenvolvimento de produtos industrializados de bambu. Os bambus processados e transformados em produtos de alta tecnologia tornam-se concorrentes diretos para a construção civil em relação à madeira, mas, para desempenhar um futuro promissor, a utilização do bambu precisa se tornar prática, padronizada e competitiva (FLANDER E ROVERS, 2009).

Embora o potencial do bambu seja promissor, muitos esforços têm sido realizados para o desenvolvimento de novos produtos baseados nessa matéria-prima, com propriedades padronizadas e formatos de seções regulares. Os projetos acabam sendo prejudicados, de acordo com Sharma *et al.* (2015), pela falta de dados sobre as propriedades físico-mecânicas e documentos normativos para construção para esse material.

O Brasil possui extensas reservas de bambu nativo no estado do Acre e em parte do território; com o incremento das plantações e suas aplicações, se faz necessário o emprego de documentos normativos para sua utilização mais adequado no projeto de estruturas e melhor aproveitamento das gramíneas com a devida divulgação das suas características agrônômicas e tecnológicas (GHAVAMI *et al.*, 2017).

Neste contexto pode ser observado que o bambu possui potencial para inúmeras aplicações, em especial quanto aos produtos engenheirados, e para utilização na construção civil, como material estrutural.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO

O presente trabalho justifica-se pela escassez cada vez maior de madeira de espécies mais apropriadas para a utilização em estrutura, contribuindo com o setor da construção civil e o seu desenvolvimento sustentável, para diminuir desperdícios e danos ambientais, com a proposta de um produto alternativo.

Sendo assim, de modo inédito, verificou-se a possibilidade de produzir blocos de Bambu scrimber com o bambu da espécie *Bambusa vulgaris* e com o adesivo poliuretano à base de óleo de mamona, para aplicações estruturais.

1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos geral e específico do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver e avaliar blocos de Bambu scrimber para aplicações estruturais, composto de ripas de bambu da espécie *Bambusa vulgaris* prensadas a quente em paralelo com o comprimento do colmo com o adesivo poliuretano à base de óleo de mamona.

1.2.2 Objetivo Específico

Avaliar a eficiência do adesivo à base de óleo de mamona através de ensaios não destrutivos com auxílio da microscopia óptica e verificar através dos ensaios mecânicos (compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras e flexão estática) e ensaios físicos (umidade, densidades e estabilidade dimensiona), se existem equivalências entre essas propriedades, com as das madeiras (Coníferas nativas e Dicotiledôneas nativas) e o Bambu Laminado Colado (BLC).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica foram abordados os assuntos relevantes a esta pesquisa, como o bambu, bambu *Bambusa vulgaris*, adesivos, sistemas construtivos com ripas laminadas e indicações da norma NBR 7190:1997, Anexo E.

2.1 O BAMBU

O bambu é uma planta pertencente à família das gramíneas, cujo nome é “*Gramineae*”, e subfamília “*Bambusoideae*” (PEREIRA E BERALDO, 2016).

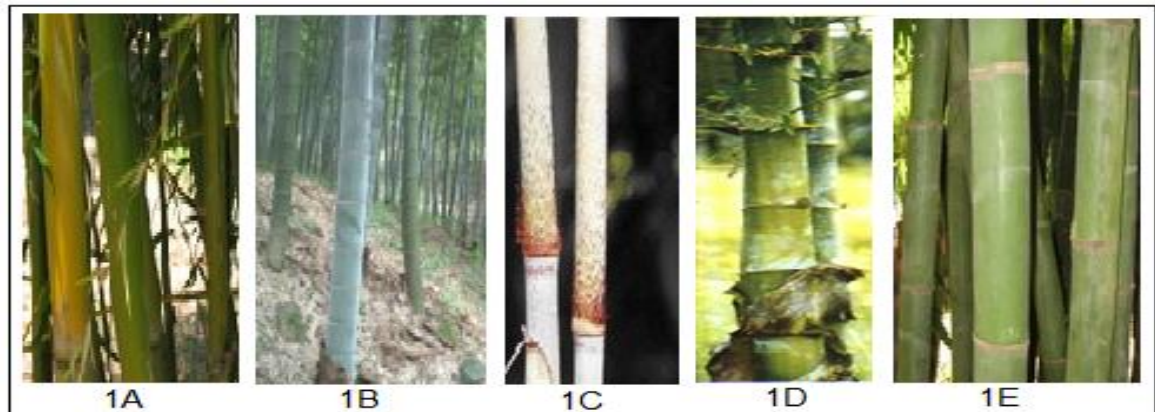
Conforme Pereira e Beraldo (2016), existem aproximadamente 50 gêneros e 1300 espécies de bambu distribuídas pelo mundo, sendo abundantemente encontradas em regiões tropicais e subtropicais, da Ásia, África e América do Sul.

No mundo as extensões de florestas de bambu constituem aproximadamente uma área de 3,2%, sendo que as maiores florestas estão na Ásia, nos países seguintes: Índia, China, Indonésia, Mianmar e Vietnã. A Índia é o principal país produtor de bambu, possuindo cerca de 145 espécies e, a China com a maior biodiversidade de bambu da Ásia, com mais de 500 espécies. Cerca de 80% das espécies de bambu são do tipo simpodial e o restante é do tipo monopodial (CHAOWANA, 2013).

No Brasil, as espécies nativas de bambu correspondem a 258 e 35 gêneros, sendo compostas por bambus herbáceos (*Olyreae*) - constituída por 17 gêneros e 93 espécies e bambus lignificados ou lenhosos (*Bambuseae*) – constituída por 18 gêneros e 165 espécies. As espécies endêmicas (que ocorrem exclusivamente em uma determinada região geográfica) correspondem a 175 espécies e 12 gêneros (FILGUEIRAS E VIANA, 2017).

Para Schroder (2016) o bambu é um recurso natural encontrado como vegetação secundária nas florestas ou como vegetação dominante, sendo a área mais extensa (milhares de quilômetros quadrados) encontrada no nordeste da Índia e nas encostas das montanhas do leste da África; no entanto, há no mundo muitas espécies diferentes, como apresentado nas Figuras 1A a 1E.

Figura 1 – Algumas espécies diferentes de bambu.

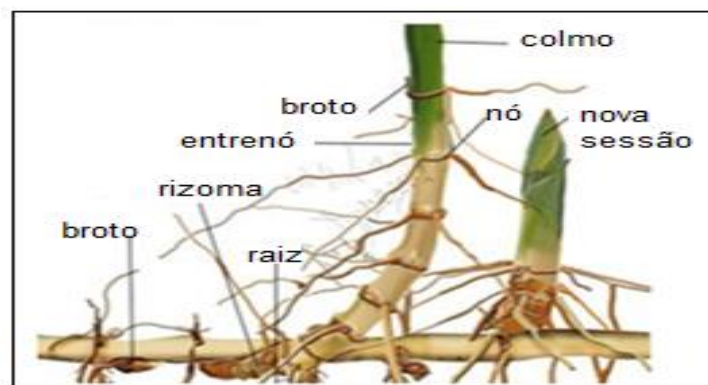


1A) *Bambusa tuldooides*; 1B) *Phyllostachys pubescens*; 1C) *Ochlandra spp*; 1D) *Bambusa bambos*; 1E) *Dendrocalamus latiflorus*; Fonte: Pereira e Beraldo, 2016.

Trata-se de uma planta considerada lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às Angiospermas (sementes protegidas). Possui colmos (caule oco, formado por nós e entrenós com o formato de um tronco de cone) assexuadamente através dos seus rizomas (órgão responsável pela propagação do bambu). Sua propagação ocorre de duas maneiras distintas, originando-se os dois principais grupos de bambu: alastrante ou entouceirante (PEREIRA E BERALDO, 2016).

Os bambus pertencentes ao grupo leptomorfo, alastrante ou monopodial, possuem colmos que nascem e se desenvolvem separados uns dos outros, são resistentes às baixas temperaturas, possuem ramos e folhas nas partes altas, contém rizomas longos, delgados e de formato cilíndrico, sendo as espécies de bambu pertencentes aos gêneros *Arundinaria* e *Phyllostachys* (PEREIRA E BERALDO, 2016). A Figura 2 ilustra o rizoma alastrante.

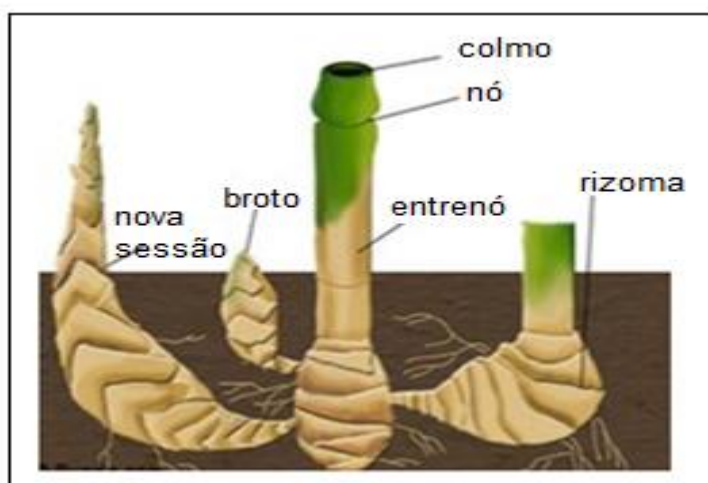
Figura 2 - Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante.



Fonte: Campos, 2019.

Os pertencentes ao grupo paquimorfo, entouceirante ou simpodial, são a maioria das espécies tropicais, contendo de 30 a 100 colmos em cada touceira, contém rizomas curtos, grossos e sólidos, sendo as espécies de bambu pertencentes aos gêneros *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Gigantochloa* (PEREIRA E BERALDO, 2016). Na Figura 3, observa-se o rizoma entouceirante.

Figura 3 - Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante.



Fonte: Campos, 2019.

Os colmos apresentam em sua estrutura um sistema de ramificação aérea, composto por ramos e folhas (bainha e folhas verdes), sendo a bainha (provisória, grande e rígida) uma estrutura de revestimento que ocorre na fase inicial de crescimento, que possui todas as características típicas da espécie para sua identificação, caindo em sua fase adulta, permanecendo as folhas verdes (RUSCH *et al.*, 2018).

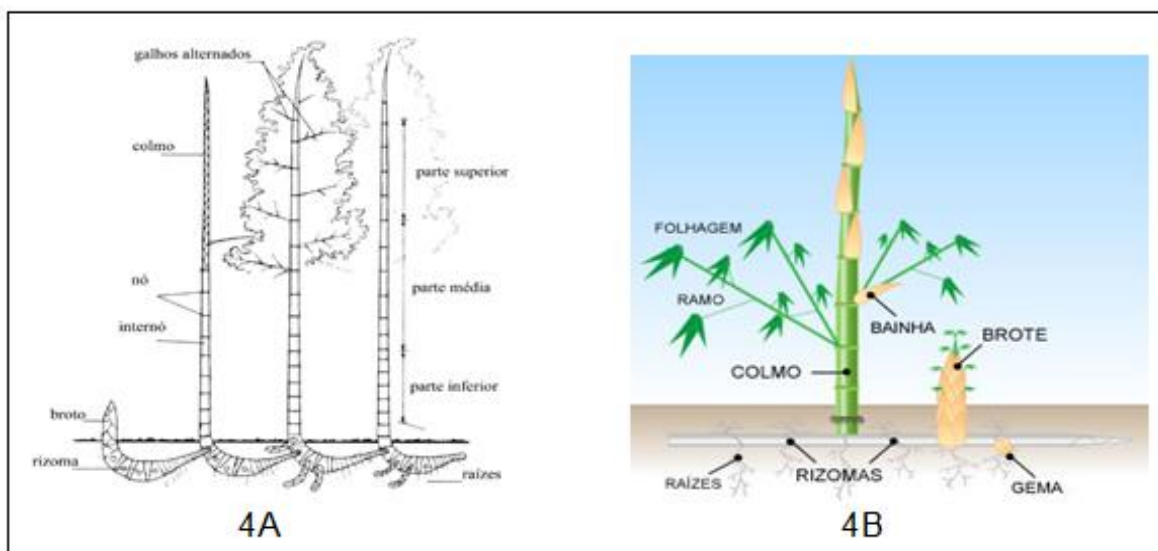
O bambu é considerado um material anisotrópico, cuja espessura da parede do colmo diminui da base até o topo do colmo, suas fibras variam dentro da parede do colmo, diminuindo em densidade do exterior para o interior. Possui propriedades mecânicas que variam nas direções longitudinal, radial e transversal (SHARMA *et al.*, 2015).

A estrutura anômica do bambu *Bambusa vulgaris* tem forte correlação com a idade e que o bambu precisa de apenas 3 a 4 anos para amadurecer, sendo que a espessura da parede celular do parênquima e da fibra são maiores nos colmos de 4 anos. Com o aumento da idade, aumenta o processo de deposição e lignificação de

amido, as propriedades básicas de densidade e resistência variam ao longo da altura do colmo (RAZAK *et al.*, 2010).

Para a utilização do bambu *Bambusa vulgaris* em aplicações desejáveis pela indústria, suas propriedades físicas e mecânicas deverão estar mais ou menos estabilizadas de acordo com sua idade (maturação) para o uso final apropriado, sendo 2 anos a idade considerada para se fazer a rotação técnica da colheita para a produção de fibras celulósicas e de 3 a 4 anos para utilização como material estrutural e materiais bicompostos, entretanto, para o extrativismo e combustível poderá ser com qualquer idade (SADIKU E BADA, 2017). Nas Figuras 4A e 4B observam-se as partes do broto à fase adulta do bambu.

Figura 4 - Partes do broto à fase adulta do bambu.



Fonte: Moizés, 2007.

Fonte: <https://www.planfor.pt>, 2019.

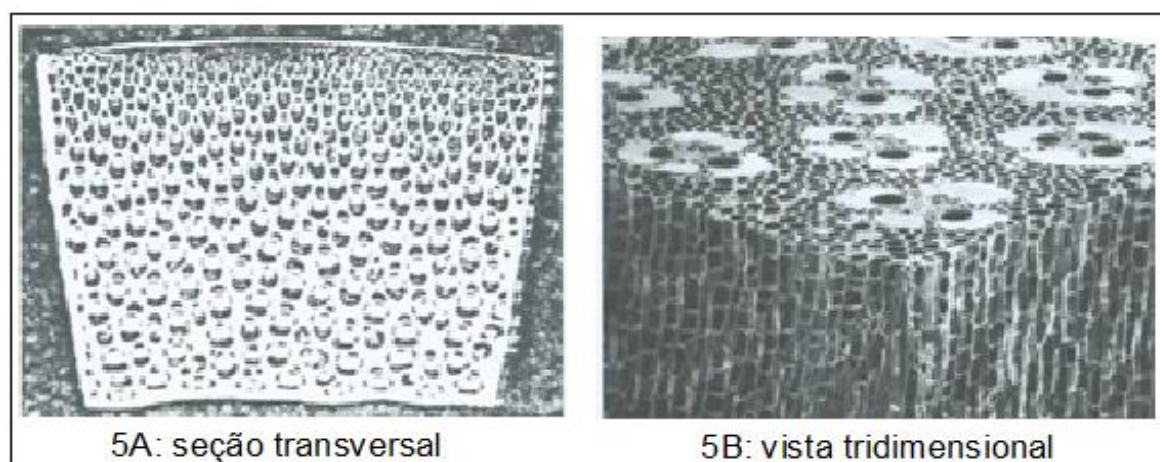
Segundo Liese (1985) o colmo possui em sua estrutura anatômica, células orientadas paralelamente ao eixo de crescimento que aparecem nos internós e interconexões transversais nos nós, a seção transversal de qualquer colmo é determinada pela forma, tamanho, disposição e número dos feixes vasculares; na zona próxima a casca, os feixes vasculares são menores e mais numerosos, nas partes internas maiores e menores (Figura 5A), sendo que dentro da parede do colmo a quantidade de feixes diminui da base para o topo e sua densidade aumenta.

O seu tecido é constituído por aproximadamente 40% de fibras, 10% de vasos e 50% de parênquima, sendo suas propriedades estruturais (resistência e rigidez)

superiores a madeira e ao concreto, e semelhantes em relação ao aço (JANSSEN, 2000).

Pereira e Beraldo (2016) afirmam que no colmo, 60% das células de parênquima encontram-se na parte basal e 40% na parte apical, cuja função é a de estocar nutrientes, água e quantidades significativas de amido; os feixes vasculares são constituído pelo xilema e o floema e, os feixes de fibras que se encontram nos internós, constituem o tecido esclerenquimático, com aproximadamente 40 a 50% do tecido total do colmo e de 60% a 70% de sua massa, sendo responsável pela resistência mecânica dos colmos e que as propriedades de resistência dos colmos possuem variações maiores na direção horizontal do que na vertical devido à sua estrutura celular (Figuras 5A e 5B), entretanto, nos nós por possuírem menor ocorrência de células parenquimatosas, descontinuidade da seção e desvio dos feixes de fibras, a resistência à tração, flexão, compressão e cisalhamento são menores.

Figura 5 - Estrutura celular do colmo vista em microscópio eletrônico.



Fonte: Ghavami e Solórzano-Naranjo, 1994; Hidalgo Lopez, 2003, *apud* Barelli, 2009.

A fim de melhorar a produção de bambu, aumentar o cultivo e manter estandes naturais de maneira sustentável, o organismo International Network of Bamboo and Rattan - INBAR (1994), propôs através de especialistas no campo da taxonomia, silvicultura e variação de bambu e vime, a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas prioritárias, com base em sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e características edafoclimáticas, tendo em vista o número de espécies e suas diversas áreas geográficas e ecologias, o Quadro 1 mostra algumas dessas características.

Quadro 1 - Espécies prioritárias de bambu de acordo com o INBAR.

Espécie	Valor			Manejo	Clima e Ecologia		Recursos Genéticos				
	C	RI	E		CL	SL	D	S	IV	T	F
<i>Bambusa bambus</i>	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	M	M	H
<i>B. blumeana</i> *	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	H	H	H
<i>B. polymorpha</i>	+	+	-	D	h,d	r,m	H	H	M	H	H
<i>B. textilis</i> *	+	++	+	D	st	r,m	M	L	H	H	L
<i>B. tulda</i> *	+	++	+	D	h,d	r,m	H	M	H	H	H
<i>B. vulgaris</i> *	-	-	++	D	h,d,s	r,m,p	L	L	L	L	L
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	+	++	+	W	h,d	m	M	L	M	H	M
<i>Dendrocalamus asper</i> *	++	+	++	D	h,d	r	H	H	M	H	H
<i>D. giganteus</i> *	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H
<i>D. latiflorus</i> *	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L
<i>D. strictus</i> *	++	+	++	D	d,s	m,p	M	L	L	H	M
<i>Gigantochloa apus</i> *	+	++	++	D	h	r	H	H	M	H	H
<i>G. levis</i> *	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H
<i>G. pseudoarundinaria</i>	++	+	+	D	h,d	r	M	L	H	H	L
<i>Guadua angustifolia</i> *	++	++	++	W	h	r,m	H	H	H	H	H
<i>Melocanna baccifera</i> *	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M
<i>Ochilandra</i>	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H
<i>Phyllostachys pubescens</i> *	++	++	++	D	t	r,m	M	M	L	L	L
<i>Thyrsostachys siamensis</i> *	++	++	++	D	h,d	r	M	M	L	H	L
Legenda											
* espécies existentes no Brasil											
C = Potencial para comercialização											
Valor: RI = Indústria Rural ++ (alto); + (médio); - (baixo)											
E = Regenerador ambiental											
Manejo: D = Domesticação											
W = Selvagem											
Clima e Ecologia: CL = Clima: h (trópicos úmidos); d (trópicos secos);											
st (subtropicais); s (semi-árido); t (temperado)											
SL = Solo: r (rico); m (médio); p (pobre)											
Recursos genéticos: D = Desgaste genético											
S = Necessidade de pesquisas sobre armazenamento de sementes											
IV = Necessidade de pesquisas sobre reprodução em vitro											
T = Necessidade de maiores transferências											
F = Necessidade de levantamentos futuros											
H (alto) – M (médio) – L (baixo)											

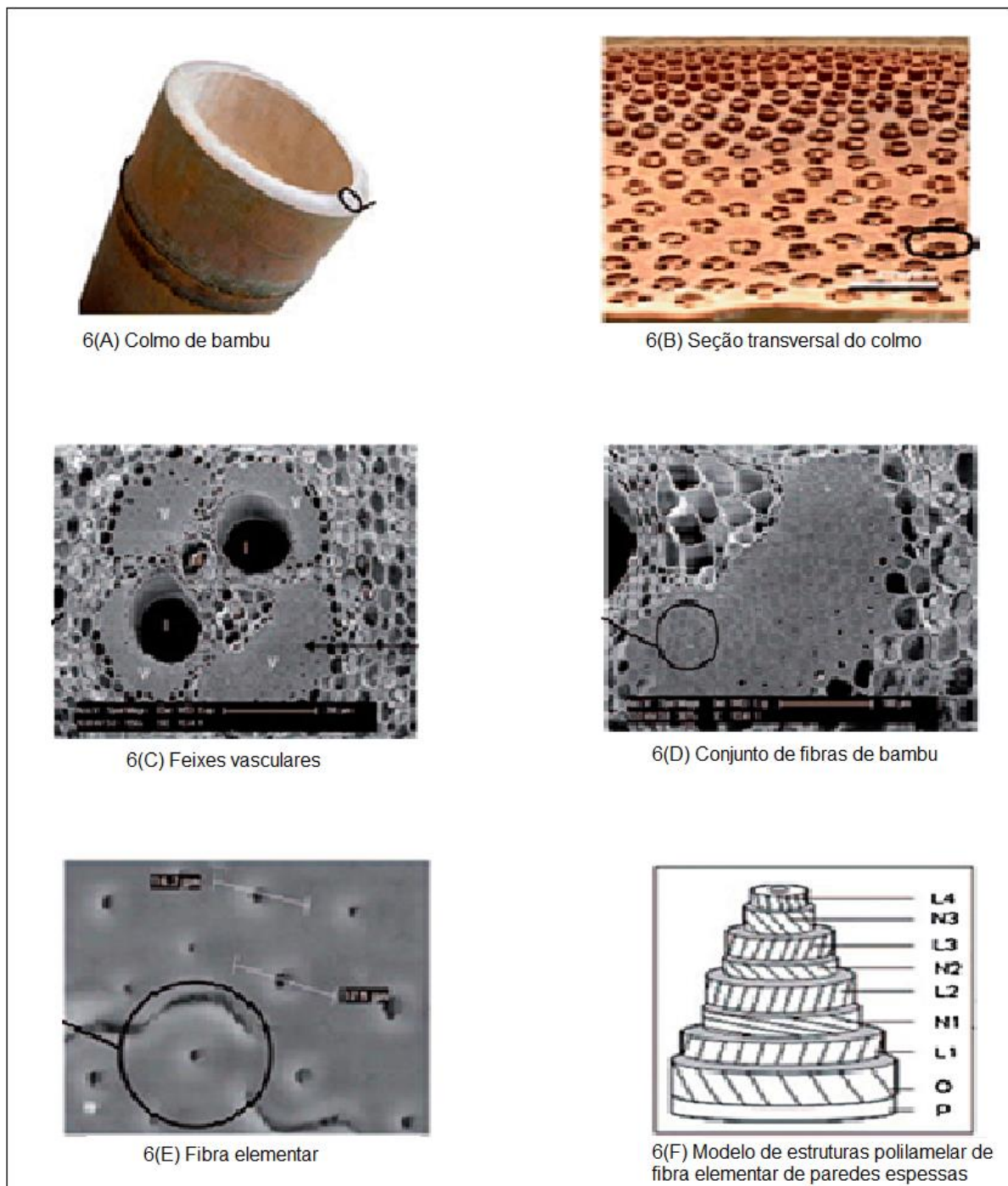
Fonte: Pereira e Pereira Neto (1996) *apud* Barelli, 2009.

Para Muhammad *et al.* (2018), pesquisadores estão utilizando as fibras de bambu em produtos industriais sustentáveis, recicláveis e biodegradáveis, devido à sua alta taxa de resistência, custo-benefício e respeito ao meio ambiente, em comparação às fibras sintéticas. As características estruturais da fibra de bambu são diferentes das outras fibras têxteis vegetais em morfologia, estrutura cristalina e

estrutura molecular, com alta resistência à ruptura, mas baixo alongamento e boas propriedades de absorção de água, possuindo paredes celulares multilameladas com várias camadas (YUEPING *et al.*, 2010).

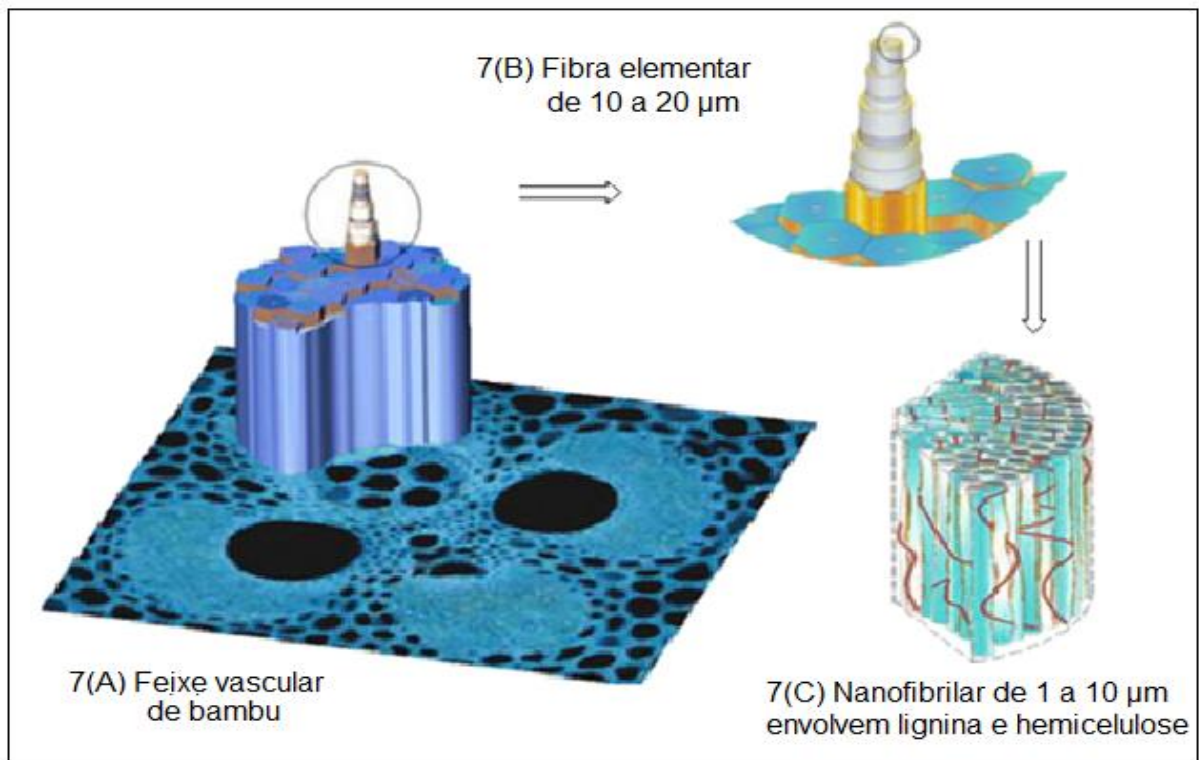
Para uma melhor compreensão de sua estrutura anatômica, nas Figuras 6A a 6F e 7A a 7C estão representadas as estruturas de um colmo e da fibra de bambu.

Figura 6 - Seção transversal do colmo de bambu.



Fonte: Adaptado de Muhammad *et al.* 2018.

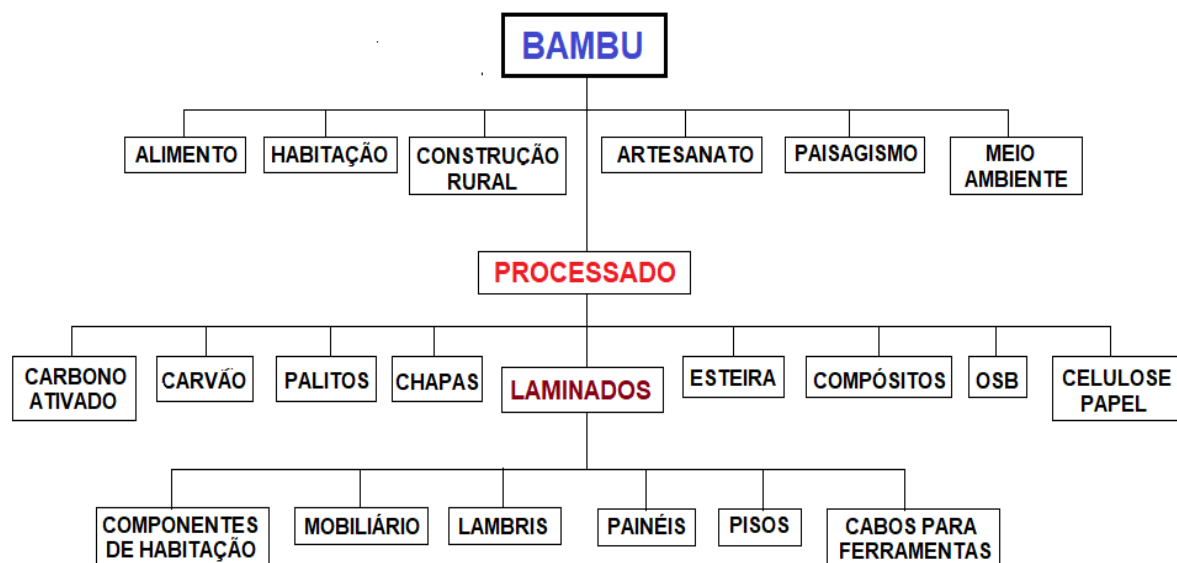
Figura 7 – Fibras do bambu.



Fonte: Adaptado de Muhammad *et al.* 2018.

No organograma da Figura 8 observam-se as várias áreas onde o bambu é utilizado, tanto na forma natural, quanto na processada e industrializada (PEREIRA, 2006a).

Figura 8 – Possibilidades de utilização do bambu.



Fonte: Adaptado de Pereira, 2006a.

Para melhor compreensão do uso do bambu processado na forma de painéis, Moizés (2007) relata que:

Os painéis são classificados geralmente a partir do seu processo de fabricação, estruturas, uso, e também pelo formato e tamanho do material empregado no seu processo. Os painéis podem ser compostos de lascas finas, lâminas, ripas finas, ripas, partículas, fibras e outros materiais como os adesivos para colagem.

Também comenta que, em função das aplicações, as denominações dos painéis variam conforme o país de origem, principalmente em países como China, Índia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Taiwan, Philipinas, e que esses painéis são encontrados comercialmente como:

Chapa de cortina de bambu (Bamboo Curtain Board); Chapa de esteira de bambu (Bamboo Mat Board); Esteira de Bambu (Bamboo Mat); Bambu Laminado Colado (Bamboo Laminated Glued); Bambu Laminado Colado contra-placado (Bamboo Laminated Plybamboo); Pisos de bambu (Bamboo Floor Laminated Board); Chapa de aglomerado de Bambu (Bamboo Fiber Board); Chapa de partículas de bambu (Bamboo Particle Board). (MOIZÉS, 2007)

A Figura 9 apresenta as amostras de material empregado nos painéis de acordo com Moizés (2007).

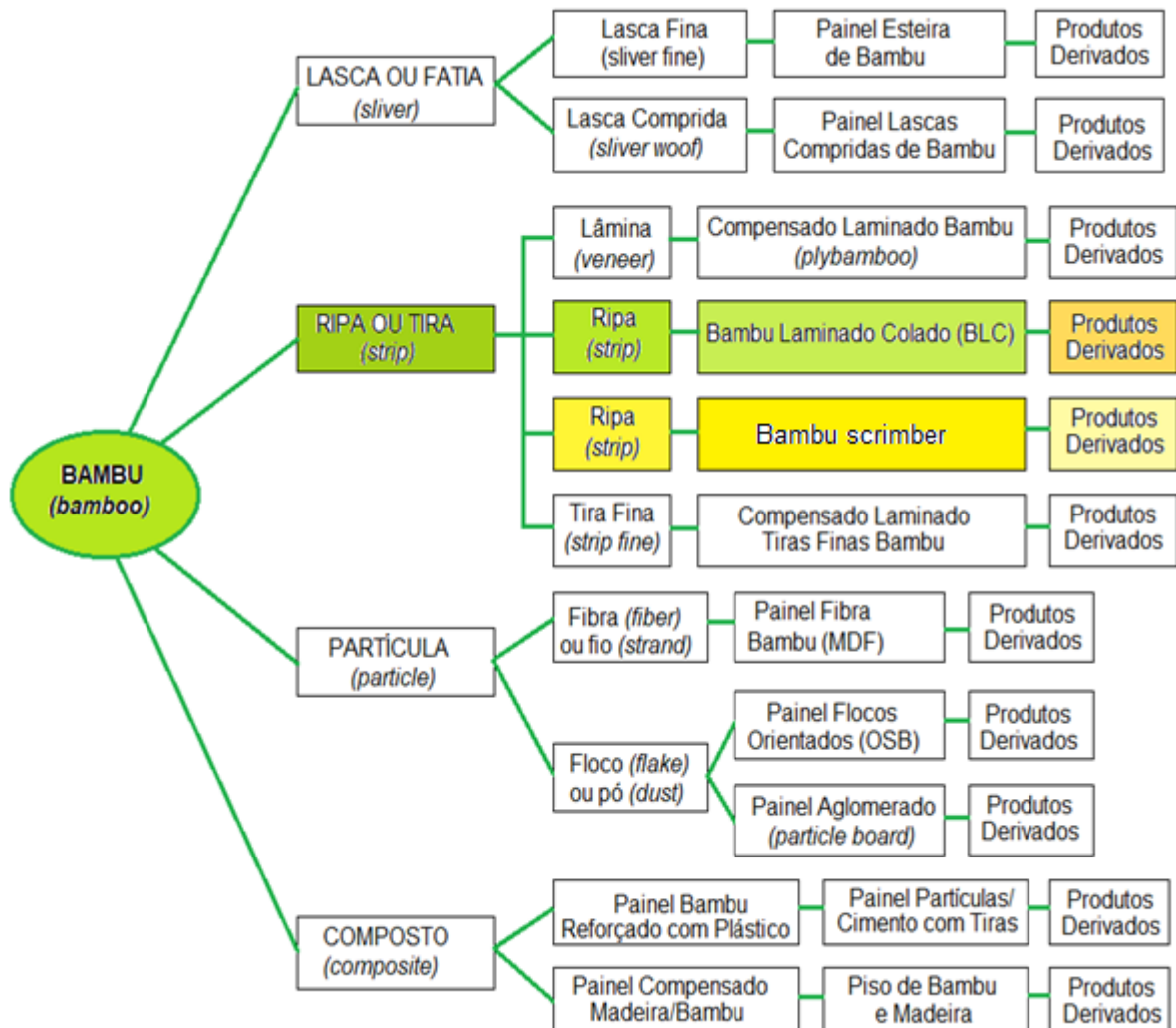
Figura 9 - Amostras de material empregado nos painéis de bambu.



Fonte: Moizés (2007).

Os inúmeros painéis de bambu encontrados comercialmente podem ser classificados como no Quadro 2.

Quadro 2 - Matéria-prima proveniente do bambu e seus derivados de painéis.



Fonte: Adaptado de Barelli, 2009.

Segundo Slamet (2012) o bambu tem sido usado como material de construção em muitas partes do mundo (Tabela 1), principalmente em países que possuem grandes áreas de floresta; sendo que as características específicas de cada espécie de bambu determinam sua aplicação.

Para a industrialização do bambu é necessário determinar a espécie ideal; para sua escolha alguns fatores a ser considerados são: as propriedades químicas, mecânicas e físicas do colmo, a espessura da parede, dimensões das fibras, facilidade de manejo, a oferta de mudas, etc, (FERREIRA, 2014).

Tabela 1 - Principais espécies de bambu usadas como material de construção em vários países.

Países	Espécies	Referências
Bangladesh	<i>Bambusa arundinacea</i> <i>Bambusa balcooa</i> <i>Bambusa burmanica</i> <i>Bambusa longispiculata</i> <i>Bambusa polymorpha</i> <i>Bambusa tulda</i> <i>Bambusa vulgaris</i> <i>Cephalostachyum pargracile</i> <i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Dendrocalamus hamiltonii</i> <i>Dendrocalamus longispathus</i> <i>Melocanna baccifera</i> <i>Neohouzeaua dullooa</i> <i>Oxytenanthera nigrociliata</i>	Nuruzzaman in INBAR Country Report
China	<i>Indosasa sinica</i> <i>Phyllostachys pubescens</i>	Yang <i>et al.</i> 1998; Yang e Xue, 1998; Yang e Hui, 2010
Índia	<i>Bambusa balcooa</i> <i>Bambusa bambos</i> <i>Bambusa tulda</i> <i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Dendrocalamus hamiltonii</i> <i>Dendrocalamus asper</i>	Rawat e Khanduri in INBAR Country Report; NMBA; Vengala <i>et al.</i> , 2008
Indonésia	<i>Bambusa bamboo</i> <i>Bambusa blumeana</i> <i>Bambusa vulgaris</i> <i>Dendrocalamus asper</i> <i>Gigantochloa apus</i> <i>Gigantochloa atter</i> <i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>	Kartodihardjo in INBAR Country Report
Japão	<i>Phyllostachys bambusoides</i> <i>Phyllostachys pubescens</i> <i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	Locher, 2010; Uchimura, 2010
Filipinas	<i>Bambusa blumeana</i> <i>Gigantochloa levis</i>	Nakamura <i>et al.</i> , 2007; Rivera in INBAR Country Report
América Latina	<i>Guadua angustifolia</i> <i>Guadua de castila</i> <i>Guadua cebolla</i>	Adams, 1998; Kahler, 2005
África	<i>Bambusa arundinacea</i> <i>Bambusa vulgaris</i>	Oteng, 2002 in Paudel, 2008

INBAR – International Network for Bamboo and Rattan

NMBA – National Mission on Bamboo Applications (Índia)

Fonte: Adaptado de Slamet, 2012.

Os possíveis efeitos e impactos do crescimento do bambu em diversos ecossistemas, independentemente de ser nativo ou exótico de uma região, podem se tornar invasivo em uma área frágil, que seu monitoramento deve ser contínuo a fim de evitar invasões as estruturas e diversidade da floresta, e que uma floresta com mais diversidade de plantas é mais eficiente na contenção da produção de erosão e sedimentos; que existem lacunas no conhecimento sobre o efeito dos bambus no ecossistema (BUZIUQUA *et al.*, 2019).

Embora as florestas de bambu proporcionem benefícios ecológicos e socioeconômicos potencialmente enormes, o seu cultivo, acelera a diminuição da biodiversidade: devido o uso intensivo de fertilizantes inorgânicos e, resistência a pragas, doenças e eventos climáticos extremos; com a necessidade de mudar hábitos de consumo insustentáveis, os produtos de bambu deverão possuir ciclos de vida longos, pois, armazenam carbono, se esses produtos forem degradados biologicamente ou queimados, o mesmo será liberado na atmosfera (SONG *et al.*, 2011).

Para Chaowana (2013) o bambu demonstra-se como um substituto valioso e superior em relação aos compósitos de madeira, mas, para competir com a madeira e outras matérias-primas no futuro, são necessárias pesquisas sobre as propriedades do bambu, novas tecnologias e gerenciamentos econômicos, sendo esses dados importantes para formulação de políticas eficazes na utilização do bambu.

Entretanto para o bambu, sua morfologia macroscópica, propriedades físicas e mecânicas diferem das da madeira, algumas características específicas do bambu levam a influências negativas no processamento e na sua utilização, como os nós que possuem densidades maiores que os internós, menor estabilidade dimensional e menores propriedades mecânicas, as cinzas que contém minerais inorgânicos, principalmente sílica, cálcio e potássio, e além do amido, sacarídeo, gordura e proteína (CHAOWANA, 2013).

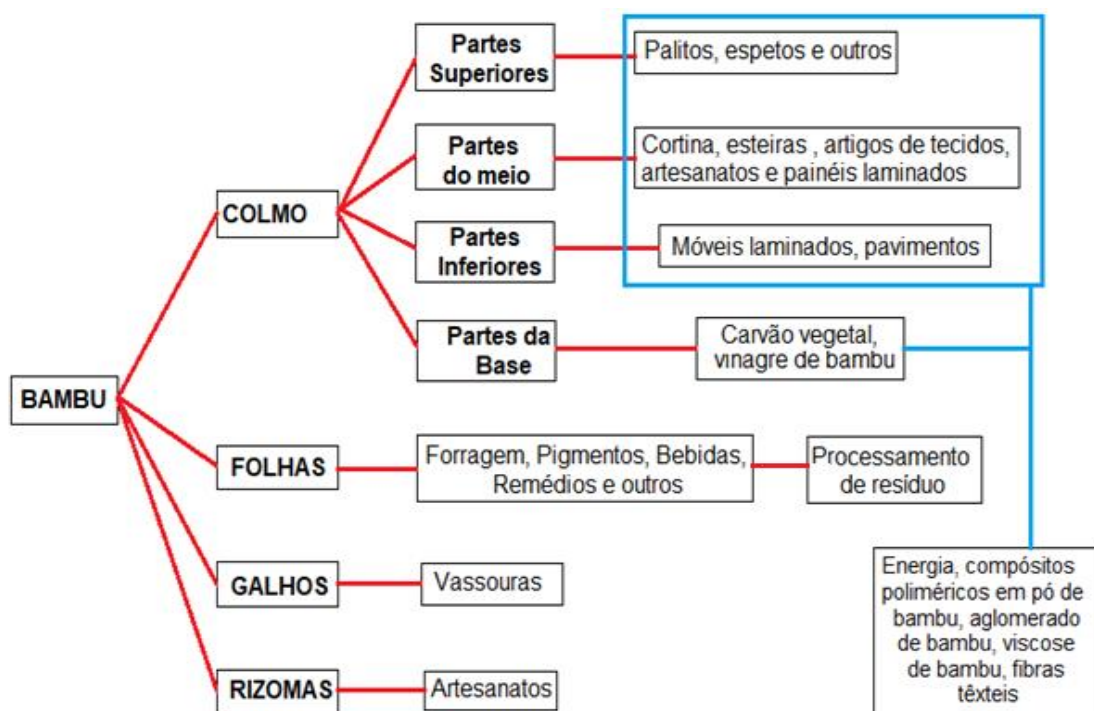
Harries *et al.* (2012) afirmam que para se obter maior aceitação, os métodos utilizados nos testes (propriedades fundamentais, fatores de resistência e a extensão da orientação do projeto) para diferentes espécies de bambu, deverão ser padronizados, confiáveis, para permitirem a comparação do comportamento, desempenho, geometria, intemperismo, métodos de tratamento e de fatores que afetam o desempenho e o comportamento do material.

Com o avanço de novas tecnologias, de fabricação, os materiais compósitos (Polímeros), são amplamente utilizados em aeronaves, automóveis e submarinos, devido às suas excelentes propriedades mecânicas e térmicas. Porém, seus processos produtivos e descartes, podem ser prejudiciais a natureza, por isso estão sendo ampliadas as possibilidades do uso da fibra de bambu, para a utilização em diversas finalidades (ZAKIKHANI *et al.*, 2014).

Yue (2012), comenta que na China são pesquisados e fabricados diversos produtos com bambu (Figura 10) e que a indústria do bambu é uma das mais promissoras, com muitas ofertas de emprego e que historicamente ela pode ser dividida em três etapas, tais como:

- Antes de 1990, constituem - se nos métodos tradicionais, onde eram fabricados, artesanatos, tecidos e andaimes;
- De 1990 - 2000, constituem - se na utilização industrial, por exemplo: produção de madeira compensada de bambu, pisos de bambu e outros;
- De 2000 em diante, produtos processados fabricados a partir de bambu com utilização abrangente e de valor agregado, por exemplo: folheados decorativos, compósito estrutural de bambu, bambus textéis, bambus carbonizados e outros.

Figura 10 – Cadeia de utilização do bambu na China.



Fonte: Adaptado de Yue, 2012.

Dentre os vários tipos de produtos projetados, destaca-se o bambu engenheirado, elaborado através do processamento dos colmos em pedaços menores e colados com adesivos modernos comuns à indústria da madeira, utilizados principalmente para produzir materiais de construção consistentes (LIU *et al.*, 2016).

2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO BAMBU *BAMBUSA VULGARIS*

Segundo Pereira e Beraldo (2016), o bambu da espécie *Bambusa vulgaris* (também chamado como bambu comum) é de médio porte, seus colmos são verdes brilhantes, possuem ramos do meio do colmo até o topo, com folhas estreitas, cujo comprimento está entre 150-250 mm e largura 20-40 mm. Possuem altura dos colmos variando entre 15-25 m, diâmetro de 60-150 mm, espessura da parede 7-15 mm e internós de 250-350 mm, sendo uma espécie que se propaga em qualquer região dos trópicos e muito cultivada em várias partes do mundo. Eles destacam que seu cultivo normalmente é em uma altitude de até 1500 m, tolerando uma temperatura mínima de até -2º C, se adaptando muito bem em terras degradadas e inundadas e em áreas semiáridas, sendo muito utilizado em construções leves (casas, cercas, móveis, papel e celulose, instrumentos musicais, andaimes e artesanatos).

O bambu da espécie *Bambusa vulgaris* como insumo energético, possui características que possibilitam seu uso como combustível primário, entretanto, deve-se atentar para os seus altos teores de cinzas, e que, com o aumento da idade, o seus poderes caloríficos decrescem e a sua biomassa (constituída de colmos, sem os galhos) e nas porções superiores dos colmos, melhoram, à medida que se avança da base para o topo e da idade de 1 para 3 anos, produzindo maior quantidade de energia por unidade de volume (VALE *et al.*, 2017).

Sadiku e Bada (2017) relatam que os colmos maduros com pelo menos três anos de idade, são os mais favoráveis para sua aplicabilidade em produtos industriais.

Para fins comparativos, a Tabela 2, apresenta as características físicas de algumas espécies de bambu com os valores médios de comprimento útil, diâmetro e peso.

Tabela 2 - Propriedades físicas de algumas espécies de bambu.

Espécies	Colmos		
	Comprimento (m)	Diâmetro (cm)	Massa (kg)
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	16,0	14,2	84,5
<i>Bambusa stenostachya</i>	15,1	8,2	17,5
<i>Dendrocalamus asper</i>	14,5	12,2	61,3
<i>Bambusa tulda</i>	11,9	6,6	11,9
<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	11,5	11,5	40,7
<i>Ochlandra travancorica</i>	11,3	9,4	26,0
<i>Bambusa vulgaris</i>	10,7	8,1	12,5
<i>Dendrocalamus strictus</i>	10,5	7,6	15,0
<i>Bambusa nutans</i>	10,0	5,8	7,8
<i>Bambusa oldhami</i>	9,9	6,9	8,4
<i>Bambusa dissimulator</i>	9,5	4,6	5,2
<i>Bambusa vulgaris var. vittata</i>	9,3	7,2	10,3
<i>Bambusa ventricosa</i>	9,3	4,8	4,5
<i>Bambusa tuldoidea</i>	9,2	4,3	3,8
<i>Bambusa beecheyana</i>	9,0	7,8	10,5
<i>Bambusa textilis</i>	8,1	4,8	3,3
<i>Bambusa maligensis</i>	7,4	4,3	3,5
<i>Phyllostachys edulis</i>	4,4	3,6	2,1

Fonte: Adaptado de Graça, 1988.

A Tabela 3 apresenta as dimensões médias das fibras celulósicas de espécies variadas de bambus.

Tabela 3 - Dimensões médias das fibras celulósicas de espécies variadas de bambus.

Espécies	Dimensões das fibras		
	Comprimento (mm)	Largura/lúmen (micron)*	Espessura (micron)*
<i>Bambusa vulgaris</i>	3,43	15,41	3,73
<i>B. vulgaris v. vitatta</i>	2,98	16,21	3,43
<i>B. oldhami</i>	1,92	16,97	3,17
<i>B. nutans</i>	2,29	16,97	2,77
<i>B. tulda</i>	2,15	17,33	2,34
<i>B. beecheyana</i>	1,93	17,20	3,58
<i>B. stenostachya</i>	2,23	15,49	2,90
<i>B. tuldoidea</i>	1,89	18,21	3,83
<i>B. textilis</i>	2,04	16,78	3,02
<i>B. ventricosa</i>	1,90	14,38	3,31
<i>B. maligensis</i>	2,07	14,79	3,45
<i>B. dissimulator</i>	2,32	15,89	3,38
<i>Dendrocalamus asper</i>	2,43	17,89	3,97
<i>D. strictus</i>	2,44	17,06	3,44
<i>D. latiflorus</i>	2,22	18,17	4,33
<i>D. giganteus</i>	3,08	19,10	5,66
<i>Guadua amplexifolia</i>	1,69	14,47	3,28
<i>G. superba</i>	1,94	14,22	2,14
<i>G. spinosa</i>	1,65	14,57	3,10
<i>G. angustifolia</i>	1,93	16,04	2,12

Fonte: Adaptado de Beraldo e Azzini (2002) *apud* Barelli, 2009. *1 micron equivale a 0,001 mm

2.2.1 Disseminação do bambu *Bambusa vulgaris*

Atualmente no Brasil, visando a incrementação da cultura do bambu, por ser um produto ainda pouco explorado, instituiu-se em 8 de setembro de 2011, com incentivos de ações governamentais e de empreendimentos privados, a Lei Federal nº 12.484 (Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu – PNMCB), com a finalidade de promover o desenvolvimento socioeconômico

regional, o manejo sustentado, a produção de colmos e brotos e obtenção de serviços ambientais (BRASIL, 2011).

De acordo com Braga *et al.* (2017), a propagação vegetativa no processo de produção de mudas do bambu *Bambusa vulgaris* com propágulos de apenas um nó, retirados das porções basal e mediana do colmo, possui grande potencial de multiplicação e enraizamento, sendo economicamente favoráveis para os pequenos e médios produtores rurais, em função de técnicas simples de plantio e manejo.

Marçal (2015) salienta que conforme o tipo de estrutura de uma construção, o seu custo poderá ser 50% menor, comparado a uma estrutura convencional, e que no Brasil ainda não há mão de obra qualificada e, que os fornecedores não são capazes de garantir um padrão de qualidade e quantidades suficientes para construções de médio e grande porte, sendo necessário que o bambu seja cada vez mais produzido e beneficiado, para obter um produto com padrões estéticos, acabamento e durabilidade.

Cardoso Jr. (2000) enfatiza que:

“De acordo com a produção científica, pode-se observar que muito tem sido pesquisado e publicado sobre o comportamento físico e as propriedades mecânicas do bambu, sendo cada vez mais possível fazer a comparação entre os resultados. Cabe uma melhor divulgação da potencialidade do bambu e incentivo para a capacitação e formação de profissionais aptos, tirando partido das características favoráveis e suprimindo suas deficiências através da associação do bambu com outros materiais”.

Também destaca que:

“A tecnologia de utilização de bambu em construção tem a sua tradição consagrada em países Latino Americanos e Asiáticos, com patamar tecnológico considerável, entretanto no Brasil, ainda está para se desenvolver muitos aspectos, que se constituem em lacunas importantes - conhecimentos necessários para fornecerem subsídios técnicos para a plena aplicação deste material” (CARDOSO JR., 2000).

2.2.2 Características Químicas do bambu *Bambusa vulgaris*

De acordo com Liese (1998) nas variadas espécies de bambu existentes, as propriedades químicas não são iguais, porém, os seus colmos são constituídos principalmente de: carboidratos, hemicelulose, lignina e, em pequenas quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. Após um período aproximado de um ano, suas propriedades químicas serão estabilizadas e permanecerão constantes; há amido em seus tecidos, que variam de acordo com a espécie, a idade dos colmos e a época do ano.

Na Tabela 4, têm-se as percentagens da análise química do bambu *Bambusa vulgaris*, comparadas a duas espécies de madeira, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, obtidas por Beraldo e Azzini, 2004 citado por Pereira e Beraldo, 2016.

Tabela 4 - Análise química de *Bambusa vulgaris*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*.

Determinações	<i>Bambusa vulgaris</i> (%)	<i>E. saligna</i> (%)	<i>P. elliottii</i> (%)
Celulose	49,2	54,6	55,5
Lignina	14,5	25,5	26,0
Pentosanas	22,3	16,4	7,1
Solubilidade em soda a 1%	33,4	14,8	16,9
Solubilidade em água quente	15,0	1,6	3,8
Solubilidade em álcool-benzeno	5,2	1,4	6,7
Cinzas	1,8	0,3	0,3

Fonte: Beraldo e Azzini, 2004 *apud* Pereira e Beraldo, 2016.

2.3 ADESIVOS

Segundo Loeschen (2019) com a ascensão dos impérios romanos e gregos houve o aumento do uso de cola, sendo muito utilizada na época, na construção de edifícios, pisos e mosaicos romanos, o que permitiu o desenvolvimento de outros tipos de adesivos, feitos de claras de ovos para prender a folha de ouro, e com ingredientes naturais, que incluíam sangue, pele, leite, ossos, grãos, queijo e vegetais, cera de

abelha e alcatrão. Conforme o mesmo autor, em 1750, a Grã-Bretanha emitiu a 1ª patente de cola derivada de peixe e em 1900, os EUA tinham várias fábricas de cola produzindo adesivos de diferentes bases.

Para Frihart (2015) durante séculos foram utilizados na colagem da madeira adesivos de base biológica. No século XX os adesivos sintéticos (geralmente mais eficazes, menor custo, resistente à água e facilidade de uso) predominaram e houve um melhor entendimento da química adesiva da madeira e do conhecimento do desempenho do produto. Essa expansão continua no século XXI com o potencial de mais adesivos de base biológica.

Para se obter a colagem de produtos produzidos com madeira são necessários três componentes: adesivo, adesão e aderência, sendo o adesivo um polímero capaz de unir materiais sólidos iguais ou diferentes, por intermédio de condições específicas de calor, pressão e tempo, obtendo-se assim, uma ligação forte e duradoura (RECH, 2007).

Dunky (2003) afirma que para se obter uma adesão adequada entre as partes envolvidas e para que haja a interação das forças atrativas, são necessários alguns parâmetros: força da linha de cola e seu comportamento contra tensões; influência da umidade, teor de umidade da madeira e conservantes de madeira adicionados; propriedades da madeira, que podem influenciar a resistência da linha de cola e causar tensões internas; e propriedades mecânicas do material de madeira, entretanto, é essencial dominar a interação entre a tecnologia adesiva e a tecnologia de fabricação de produtos de madeira para conseguir bons ou melhores resultados.

Follrich *et al.* (2010) sugere também levar em consideração o espalhamento do adesivo e a pressão aplicada, bem como os processos de usinagem (limpeza da superfície, danos estruturais e a rugosidade).

As características físico-químicas do adesivo, a composição e características da madeira, os procedimentos e as condições de uso realizados na colagem são os fatores que influenciam a colagem, bem como a umidade que influencia tanto na ligação adesiva, quanto na taxa de absorção, na velocidade de cura e em sua solidificação (IWAKIRI, 2005).

2.3.1 Tipos de Adesivos

Para Frihart (2015) alguns adesivos são derivados de plantas e animais, como sangue, piche, gengivas e látex de borracha, poderiam ser usados como adesivos e selantes sem processamento, a caseína do leite, proteínas de soja (parece ser a mais provável fonte de proteínas futuras) e adesivos de colágeno, precisavam de mais processamento; o aumento gradual no uso de adesivos sintéticos tornou-se mais rápido após a Segunda Guerra Mundial, a ênfase passou do desenvolvimento de novos tipos de adesivos e novos produtos para o refinamento e o uso expandido dos existentes.

Os adesivos podem ser classificados através de sua química, forma, tipo ou capacidade de carga; dependendo da sua composição química, em epóxis, poliuretanos, poliimidas, pela forma, em pasta, líquido, filme, pellets, fita, pelo seu tipo, em fundição a quente, fusão a quente reativa, termoendurecível, sensível à pressão, contato etc., ou pela capacidade de carga, em estrutural (epóxis, cianoacrilatos e certos uretanos e adesivos acrílicos), semi-estrutural (aplicações onde a falha seria menos crítica, por exemplo, fitas de espuma de dupla face) ou não-estrutural (adesivos sensíveis à pressão para aplicações de fachadas etc. para fins estéticos) (DILLARD, 2009).

Atualmente os adesivos à base de poliuretana têm sido muito estudados por possuírem estabilidade térmica, serem resistentes a água e solventes, terem boa resistência mecânica e sendo aplicados em diversos usos (ASHBY e JOHNSON, 2011). Segundo Calil (2011) o adesivo poliuretano é utilizado nos setores industriais nos mais diversos campos de aplicação, tais como: têxteis, madeira e produtos de couro.

2.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM RIPAS LAMINADAS

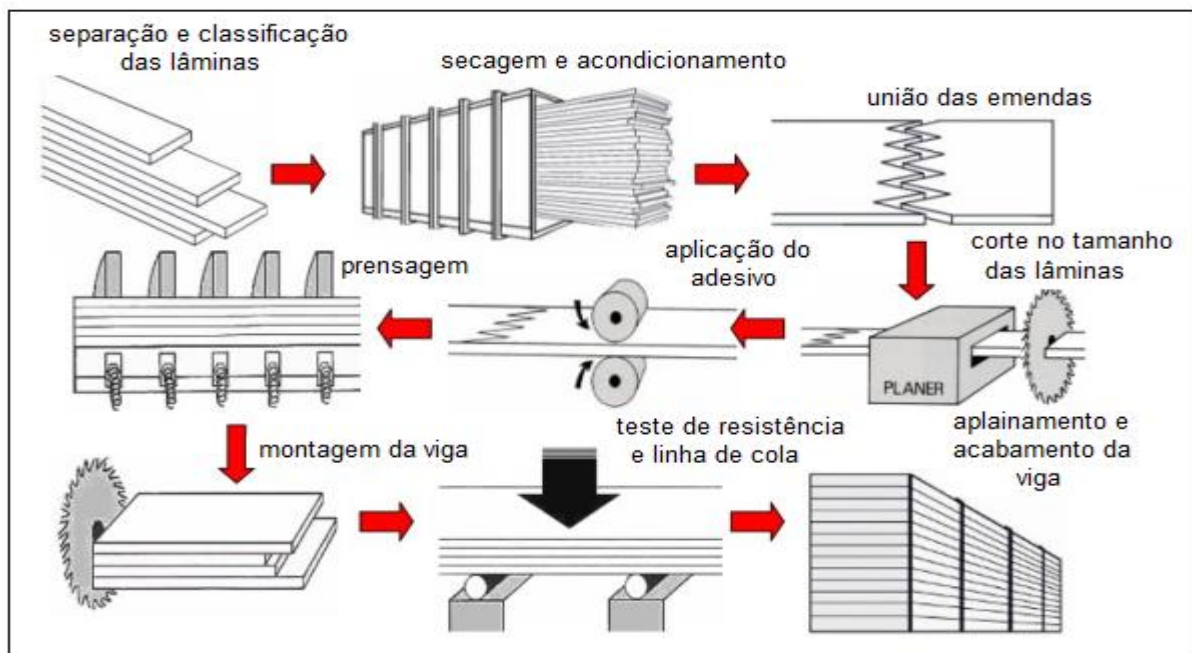
A seguir serão apresentados os sistemas construtivos com ripas laminadas abordados nesta pesquisa: Laminado colado de madeira (MLC), Laminado colado de bambu (BLC) e Bambu densificado ou Bambu scrimber.

2.4.1 Laminado colado de madeira (MLC)

Segundo Rivero (2003) no século XIX, aproximadamente em 1840, o austríaco Michel Thonet, utilizando-se de pequenas ripas de madeira cortadas e coladas umas às outras com o auxílio de cola de origem animal, obteve um produto (com espessura desejada) para a fabricação de mobiliários, que viria a ser o primeiro ensaio da utilização da madeira laminada colada (MLC).

No século XX, a MLC passou a ser objeto de pesquisa de vários estudiosos no mundo e teve o seu grande desenvolvimento como elemento estrutural. É um produto engenheirado confeccionado com lâminas de madeira unidas entre si por um adesivo, surgiu há mais de 100 anos na Alemanha, sendo utilizadas em todos os tipos de estruturas, de pontes a residências; de estádios a edifícios (ITA, 2014). Na Figura 11 destaca-se o processo de fabricação de vigas de MLC.

Figura 11 - Produção de vigas de MLC.

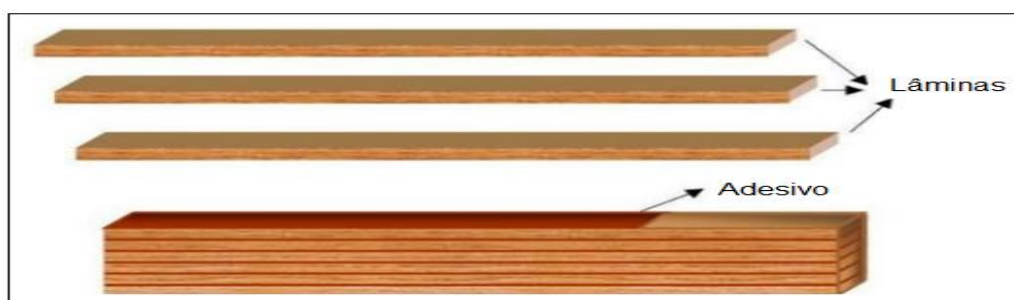


Fonte: Adaptado de Teles, 2009

A madeira laminada colada (MLC) possui as fibras das lâminas paralelas ao comprimento da peça, ligadas por meio de um adesivo, de tal forma que, uma peça de madeira se comporte bem e de forma homogênea às solicitações das forças que atuam na estrutura. As vantagens que o método de fabricação permite, são: sua

estrutura poderá ser com qualquer seção, forma, comprimento, podendo ser possível a combinação de duas espécies de madeiras distintas; com grandes dimensões na seção transversal, apresenta maior resistência ao fogo e baixa condutibilidade térmica, baixa razão peso/resistência, e um efeito estético excelente, sendo muito utilizada no ramo da construção civil devido às suas facilidades e vantagens (RIVERO, 2003). Na Figura 12 observa-se a viga de madeira laminada colada.

Figura 12 – Viga de madeira laminada colada.



Fonte: Verdério Júnior, 2013.

Para Tomasi *et al.* (2009) na concepção estrutural da MLC, por possuir um design robusto, é necessário suportar às condições extremas, à cargas excepcionais e possivelmente imprevisíveis, por isso, a ductilidade, é um ingrediente fundamental a ser cuidadosamente perseguido, pois, as características desfavoráveis do material apresentam problemas particulares à sua realização, devido a falta de homogeneidade e presença de defeitos. As Figuras 13 A e 13 B mostram alguns exemplos de construções realizadas com MLC.

Figura 13 - Exemplos de construções realizadas com MLC.



Fonte: Rivero, 2003.

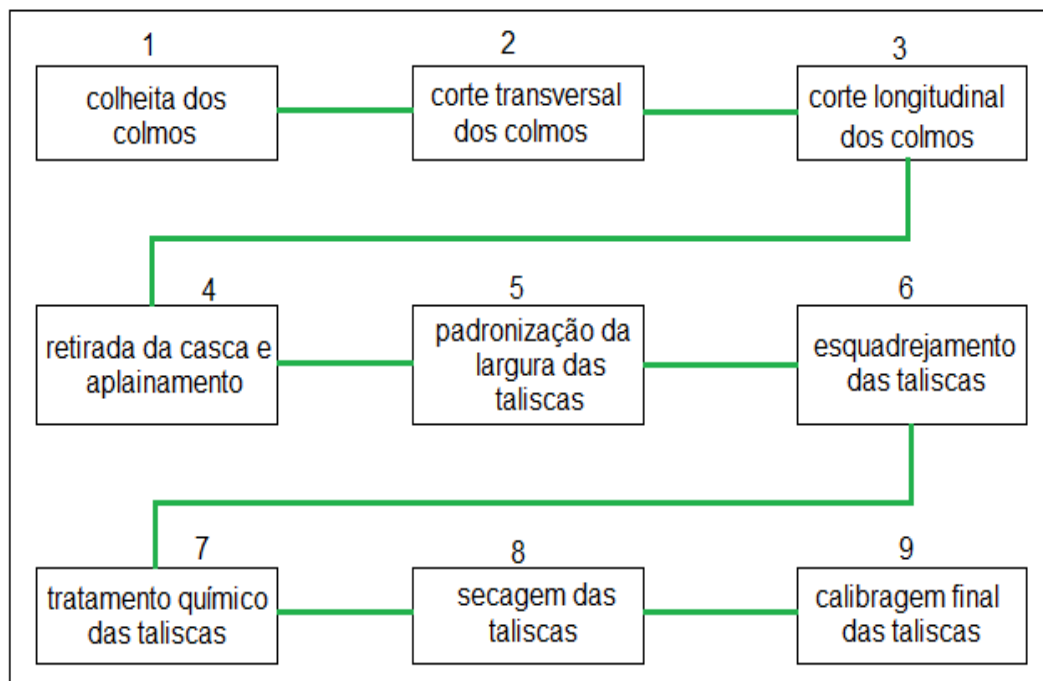
2.4.2 Laminado colado de bambu (BLC)

De acordo com Pereira e Beraldo (2016), o Bambu Laminado Colado (BLC) é uma estrutura de bambu produzido com os colmos tratados e processados em forma de ripas com dimensões pré-determinadas de acordo com a espessura do colmo, onde, as ripas são posicionadas de forma paralela ao comprimento do elemento estrutural, ou seja, no sentido das fibras, são coladas a frio com um adesivo e prensadas através de um dispositivo de travamento, com altura e largura necessária de acordo com o projeto construtivo.

Esse processo de laminação produz peças retilíneas, curvas ou mistas, entretanto, para a utilização do BLC como elementos estruturais são necessários mais estudos, tais como: taxa de aproveitamento do colmo, custo de fabricação, desenvolvimento de equipamentos para sua produção industrial, tipo de adesivo a ser empregado e a determinação do comportamento desse material (PEREIRA e BERALDO, 2016).

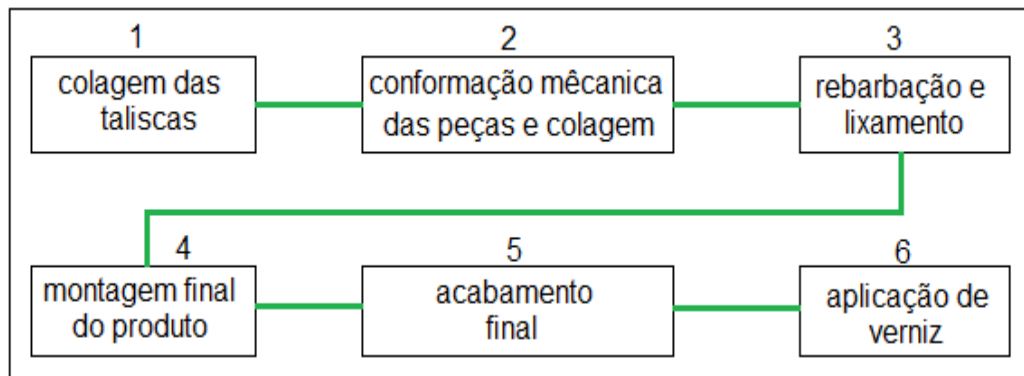
Orthey *et al.* (2015) relatam que o processo para a produção do bambu laminado colado passa por duas fases principais: a fase de beneficiamento de 1 a 9 (Figura 14) e a fase de transformação em produto de 1 a 6 (Figura 15).

Figura 14 – Beneficiamento do bambu.



Fonte: Adaptado de Orthey *et al.*, 2015.

Figura 15 – Transformação em produto.



Fonte: Adaptado de Orthey *et al*, 2015.

Peixoto (2008) afirma que:

A tecnologia do bambu laminado basicamente elimina os problemas de cisalhamento e geometria, permitindo que esse material tenha utilização mais racional na engenharia estrutural. Além disso, podem ser ponderadas outras vantagens quanto ao uso desse tipo de estrutura, como por exemplo, a industrialização das construções, a facilidade e agilidade da montagem das estruturas, e sua execução requer mão-de-obra de fácil treinamento.

Neste contexto segundo Orthey *et al.* (2015) destacam-se os esforços de pesquisas direcionados à utilização do bambu industrializado, principalmente na área do design de móveis, como uma alternativa sustentável ao uso da madeira no desenvolvimento de produtos; no Brasil já foi implantada a cadeia produtiva de móveis com bambu industrializado pela empresa nacional Oré Brasil.

Lima *et al.* (2015) salientam que os bambus dos gêneros *Dendrocalamus*, *Guadua* e *Phyllostachys*, são os melhores para a produção do BLC, pois, possuem as características geométricas necessárias, como: ripas com paredes mais espessas e com colmos de retidão considerável.

Na Figura 16 observam-se algumas amostras do Bambu Laminado Colado (BLC) produzido com as tiras de bambu na direção longitudinal e adesivos à base de água.

Figura 16 - Amostras do bambu laminado colado (BLC).



16 A) Bambu laminado colado (Fonte: Pereira, 1997); 16 B) BLC, com duas camadas verticais. (Fonte: <http://zenbamboo.com>, 2006); 16 C) BLC com uma camada. (Fonte: <http://www.cbamboo.com> 2006) *apud* Moizés, (2007).

2.4.3 Bambu densificado ou Bambu scrimber

Um novo produto desenvolvido de bambu projetado está sendo pesquisado com a finalidade de expandir seu uso em aplicações estruturais, para fins de construção. Trata-se do Bambu densificado ou Bambu scrimber. O termo scrimber originou-se na Austrália, sendo um produto de madeira reconstituído, para uso estrutural, com um material de pequeno diâmetro, onde suas fibras eram esmagadas e mantidas na direção longitudinal (BOWDEN, 2007).

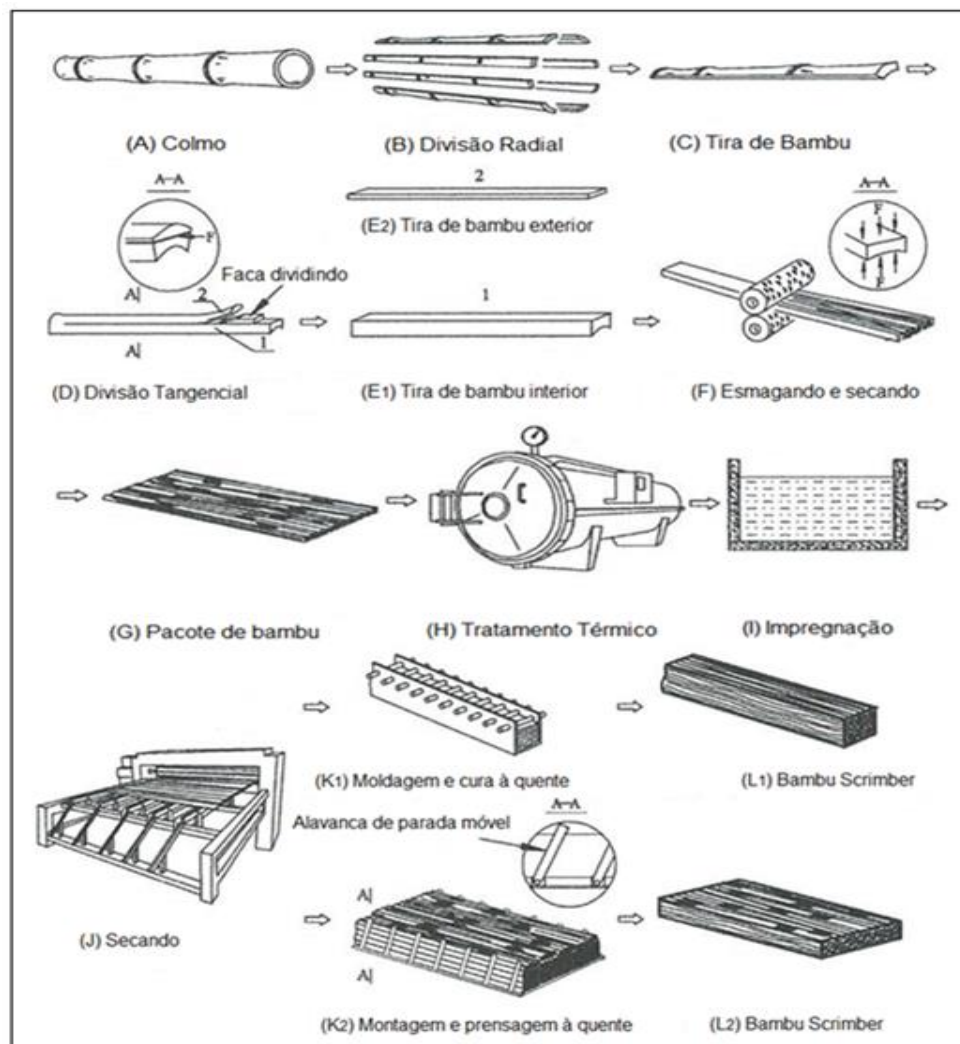
Segundo Liu *et al.* (2016) a indústria de bambu utiliza muito dos processos e uma variedade de nomes de natureza semelhante aos produtos à base de madeira na transformação do bambu em produtos compostos de engenharia; especificamente para o bambu, scrimber é referido comercialmente e em pesquisa por vários nomes, tais como: bambu trançado, bambu reconstituído, madeira reestruturada de bambu, bambu trançado paralelo, madeira laminada de feixes de bambu, aço de bambu e bambu densificado.

Esse material possui uma textura desejável, dureza elevada e propriedades de resistência longitudinal, podendo ser utilizados em pavimentos, móveis, construção e outras aplicações da engenharia civil (YU *et al.*, 2014).

Para Zhou e Bian (2014), o estudo de desempenho mecânico do bambu scrimber como material de construção ainda são inadequados, devido ao seu comportamento estrutural, necessitando de um método para os testes padrão.

Yu *et al.* (2014), descrevem em seu trabalho a produção de três blocos de Bambu scrimber, composto pela espécie de bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô): os colmos de bambu são cortados em ripas, suas fibras são esmagadas em rolos para uma melhor aderência do adesivo, os feixes são impregnados por resina de fenol formaldeído solúvel em água para ligar as fibras em pacotes e compactados em um bloco denso, mantendo a direção longitudinal das fibras do bambu. O processo de formação inclui principalmente moldagem a frio, cura e prensagem a quente (Figura 17).

Figura 17 - Processo geral de fabricação de Bambu scrimber na China.

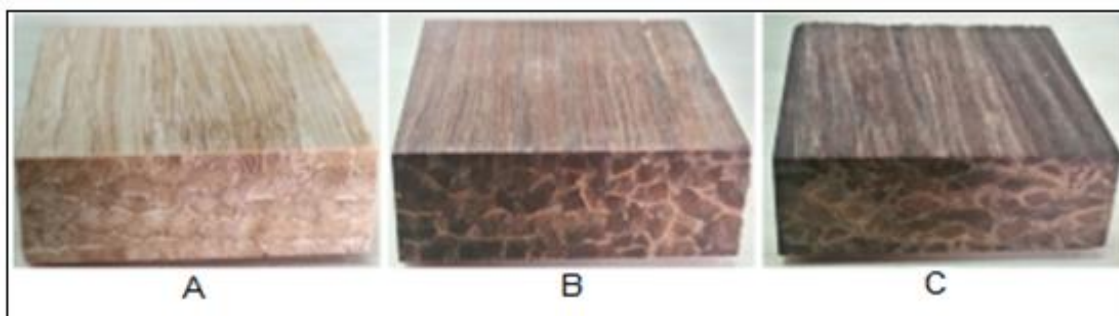


Fonte: Adaptado de Yu *et al.*, 2014.

Um dos blocos foi produzido sem tratamento térmico (Figura 18 A) e os outros dois tipos com tratamentos térmicos nomeados de: tratamento térmico com vapor

saturado (SST) (os feixes de bambu verde foram tratados com vapor saturado de 0,35 MPa para 150 min em um recipiente de pressão horizontal e secos para um teor de umidade aproximada de 10% num forno de secagem a 85° C, conforme Figura 18 B) e tratamento térmico com ar quente seco (HDAT) (os feixes de bambu verde foram secos até um teor de 6% de umidade aproximada a 85° C num forno de secagem e foram tratados com ar quente seco (180 °C) por 10 h em um forno de tratamento térmico em que o teor de oxigênio foi controlado em 2,5%, após o tratamento térmico, o teor de umidade foi recondicionado para 10% no ar, Figura 18 C), e determinaram os efeitos do tratamento térmico e o efeito da porcentagem de fenol formaldeído, na estabilidade dimensional e nas propriedades mecânicas.

Figura 18 – Blocos de bambu scrimber produzidos sem e com tratamento térmico.



18 A) Sem tratamento térmico; 18 B) Tratamento térmico com vapor saturado (SST);
18 C) Tratamento térmico com ar quente seco (HDAT) Fonte: Adaptado de Yu *et al.* (2014).

Os resultados do estudo indicaram que ambos os produtos têm propriedades que se comparam ou superam as da madeira. Os produtos produzidos foram comparados com o bloco feito de feixes de bambu sem tratamento térmico, sendo os resultados descritos a seguir:

- A resistência média de flexão do bloco feito de feixes de bambu tratados com vapor saturado aumentaram ligeiramente (9,5%), enquanto que o outro feito de feixes de bambu tratados com ar quente seco diminuíram 46% em comparação com o sem tratamento térmico;
- Ao contrário da força de flexão, o módulo de flexão médio dos produzidos com feixes de bambu com vapor saturado (SST) e com ar quente seco (HDAT) aumentou em 31 e 15% respectivamente, em comparação com o sem tratamento térmico;
- O inchamento da espessura e largura do bloco de bambu tratados com ar quente seco (HDAT) no estado úmido, foi 60% menor que o sem tratamento térmico; devido

a disponibilidade, convivialidade ambiental e textura desejável dos compósitos, esse foi aplicado ao paisagismo exterior, decoração exterior, móveis de jardim, etc., entretanto, suas propriedades mecânicas foram diminuídas;

- A largura e o inchamento do bloco feito de feixes de bambu com vapor saturado (SST) foi ligeiramente maior que o do sem tratamento térmico, entretanto, sua resistência mecânica ficou mais reforçada, assim, os compósitos de feixes de bambu SST podem ser considerados como materiais estruturais;

- A força de cisalhamento do bloco de bambu scrimber diminuiu com a maior intensidade de tratamento térmico. A força média de cisalhamento do bloco fabricado a partir do HDAT, diminuíram 50% em comparação com o sem tratamento e sem o efeito do carregamento da resina.

O processo permite a produção de seções padrão disponíveis em comprimentos variados, com uma dureza Janka que é aceitável para aplicações externas, no entanto, alcançar sua estabilidade dimensional é um desafio que limita sua aplicação industrial.

Sharma *et al.* (2015) investigaram as propriedades mecânicas de dois tipos de produtos disponíveis comercialmente – Bambu scrimber (produzido com bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô) e resina de fenol formaldeído, com densidade de 1163 kg/m^3) e folhas de bambu laminadas (fabricadas com tiras de bambu Mossô, usando uma resina à base de soja, com densidade média de 686 kg/m^3) para avaliar o potencial em aplicações estruturais. No geral, o comportamento mecânico do Bambu scrimber possui resistência levemente mais altas em todas as propriedades (tração, compressão) com exceção do cisalhamento paralelo às fibras, em comparação ao bambu laminado; investigaram apenas a resistência na direção da fibra e não avaliaram o módulo de elasticidade.

Kumar *et al.* (2016) investigaram amostras do Bambu scrimber disponível comercialmente, fabricado com bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô) junto com a resina de fenol formaldeído, com três densidades diferentes (de 800 a 1200 kg/m^3), para verificar a influência das mesmas nas propriedades mecânicas como resistência e módulo de elasticidade à compressão, à tração, ao cisalhamento, à flexão e a absorção de água. Os resultados indicaram que a densidade tem influência significativa nas propriedades mecânicas do bambu scrimber e também na absorção de água.

2.5 INDICAÇÕES DA NBR 7190:1997, ANEXO E

Neste item estão apresentados através da Tabela 5, os valores médios das propriedades de resistência e rigidez de algumas madeiras Coníferas nativas e Dicotiledôneas nativas recomendadas pelo texto normativo NBR 7190:1997, Anexo E, utilizados na pesquisa para comparação dos resultados com o Bambu scrimber produzido e o Bambu Laminado Colado (BLC).

Tabela 5 – Valores médios de madeiras coníferas nativas e dicotiledôneas nativas.

Coníferas	ρ_{ap}	f_{c0}	f_{t0}	f_{f0}	E_{c0}	E_{t0}	E_{f0}
Nome Comum	(kg/m ³)	MPa	MPa	MPa	GPa	GPa	GPa
<i>Pinus bahamensis</i>	537	32,6	52,7	--	7,1	--	--
<i>Pinus hondurensis</i>	535	42,3	50,3	--	9,9	--	--
<i>Pinus caribea</i>	579	35,4	64,8	--	8,4	--	--
<i>Pinus oocarpa</i>	538	43,6	60,9	--	10,9	--	--
Pinheiro do Paraná	580	40,9	93,1	--	15,2	--	--
<i>Pinus elliottii</i>	560	40,4	66,0	--	11,9	--	--
<i>Pinus taeda</i>	645	44,4	82,8	--	13,3	--	--
Dicotiledôneas							
Nome Comum							
Cedro doce	500	31,5	71,4	--	8,1	--	--
Cedro amargo	504	39,0	58,1	--	9,4	--	--
Cupiúba	838	54,4	62,1	--	13,6	--	--
Angelim araroba	688	50,5	69,2	--	12,9	--	--
<i>E. Grandis</i>	640	40,3	70,2	--	12,8	--	--
Canafístula	871	52,0	84,9	--	14,6	--	--
<i>E. Camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	--	13,3	--	--
<i>E. Maculata</i>	931	63,5	115,6	--	18,1	--	--
Garapa Roraima	892	78,4	108,0	--	18,4	--	--

Fonte: Adaptado da NBR 7190:1997, Anexo E

ρ_{ap} é a massa específica aparente (kg/m³);

f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras (MPa);

f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras (MPa);

f_{f0} é a resistência à flexão estática (MPa);

E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal de compressão (GPa);

E_{t0} é o módulo de elasticidade longitudinal de tração (GPa);

E_{f0} é o módulo de elasticidade longitudinal de flexão (GPa).

A referida norma não especifica os valores para a resistência à flexão e nem os módulos de elasticidade longitudinal de tração e de flexão para as madeiras.

Por meio desta revisão observou-se que o desenvolvimento de produtos de bambu projetados é cada vez mais explorado para fins de construção; a importância dos produtos derivados do Bambu scrimber e o aumento no mercado nos últimos anos de sua produção e aplicação, entretanto, verifica-se a necessidade de se superar certas limitações, principalmente a falta de normalização.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse estudo são descritos neste item os materiais e os equipamentos utilizados, a metodologia aplicada na produção do Bambu Scrimber e a elaboração dos ensaios físicos/mecânicos e ensaio não destrutivo (microscopia óptica).

3.1 CORTE DOS COLMOS DE BAMBU E TRATAMENTO QUÍMICO

Para a realização desse trabalho utilizou-se de colmos da espécie de bambu *Bambusa vulgaris* com idade de 3 anos, por ser um produto comum encontrado na natureza e pouco utilizado em projetos de engenharia, devido à falta de pesquisas específicas e de suas aplicações, cultivada na Unesp/Campus de Bauru, conforme Figura 19.

Figura 19 -Touceira da espécie *Bambusa vulgaris*.



Fonte: Autor

Os colmos foram cortados com motosserra, com aproximadamente 17 m de comprimento cada. O diâmetro basal externo determinado para melhor aproveitamento foi de 95 mm com espessura média de 16 mm. Foram retiradas as folhas e ramificações de cada colmo. Foram coletados a partir da base 20 pedaços de 700 mm (Figura 20), sendo, que se constituía das pontas, descartado o restante em

função de seu diâmetro mínimo externo ser inferior ao diâmetro estipulado em aproximadamente 40 mm, o aproveitamento médio foi de 82,4% do colmo.

Figura 20 - Colmos cortados com 700 mm.



Fonte: Autor

Antes do processamento dos colmos cortados, os mesmos foram submetidos ao tratamento químico por imersão em um tanque (Figura 21) com 100 litros de água e 10% de octaborato de sódio, permanecendo nessa solução por um período de 24 h, para uma melhor penetração no material, visando a reduzir ou eliminar o amido que favorecem o aparecimento de fungos e insetos xilófagos, para aumentar sua vida útil. Em seguida as amostras foram retiradas e colocadas verticalmente para o escoamento do excesso da solução.

Figura 21 - Amostras imersas no tanque.



Fonte: Autor

3.2 PROCESSAMENTO DOS COLMOS

Para o processamento dos colmos e a obtenção das ripas, foram realizadas as seguintes etapas:

- Os colmos foram seccionados transversalmente em uma serra circular esquadrejadeira (Fabricante Verry) com mesa de 1500 x 600 mm equipada com serra circular fabricante Leitz especificação 250 x 2.8 e 2.0 x 30 HW Z80/9.82 com comprimento nominal igual a 700 mm. A Figura 22 ilustra a serra circular utilizada para o seccionamento dos colmos.

Figura 22 – Serra circular utilizada para seccionamento dos colmos no comprimento.



Fonte: Autor

- Após o seccionamento dos colmos, esses foram lixados manualmente em uma lixadeira de fita (Figura 23) da marca Baldan LFH – 2 de 530 x 160 mm para a retirada da película protetora da casca (contém uma camada cutinizada de sílica e cera, que favorecem a retenção da umidade e proteção físico/mecânica para sua estrutura) e as protuberâncias, visando facilitar a penetração e a adesão entre as ripas.

Figura 23 – Lixadeira de fita.



Fonte: Autor

- Após o lixamento, os segmentos foram cortados com facão (Figura 24) no sentido longitudinal em 2, 3 e 4 partes aproximadamente iguais para obtenção das ripas, com várias larguras entre 55 a 65 mm;

Figura 24 - Ripas cortadas.



Fonte: Autor

- Em seguida procedeu-se o esmagamento das ripas (devido à curvatura acentuada) com comprimento nominal a 700 mm, na prensa hidráulica (Figura 25) fabricada pela PHS Máquinas Hidráulicas Ltda, modelo PHH 80T, para obtenção de uma superfície ligeiramente plana e com uma série de rachaduras ao longo da direção da fibra (Figura 26), as ripas foram prensadas no sentido diagonal da mesa devido ao tamanho limitado da prensa.

Figura 25 – Prensa Hidráulica PHS.



Fonte: Autor

Figura 26 – Ripas esmagadas e lixadas



Fonte: Autor

3.3 PROCESSO DE SECAGEM DAS RIPAS

O processo de secagem foi necessário para reduzir o teor de umidade do material e melhorar suas propriedades mecânicas, o qual é indispensável na preparação para a colagem.

A secagem das ripas foi realizada em uma estufa (Figura 27) com circulação de ar (fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W) e mantidas a 101°C por um período de 18 horas para estabilização da umidade conforme a Figura 28.

Figura 27 – Estufa de secagem com circulação de ar.



Fonte: Autor

Figura 28 – Ripas no interior da estufa.



Fonte: Autor

3.4 ADESIVO BICOMPONENTE DE ÓLEO DE MAMONA

O adesivo escolhido para aplicação na produção do bloco de Bambu scrimber foi o poliuretano bicomponente à base de óleo de mamona, por ser um produto com menos toxicidade, que proporciona ao compósito resistência à umidade e alta resistência mecânica, da empresa KEHL Ind e Com Ltda – ME, localizada no município de São Carlos/SP. Foi utilizado o adesivo de código AG101 - Sistema de aglomerante (Anexo A), com proporção componente B:A de 1:1 em peso, aplicação externa.

No preparo do adesivo os produtos foram pesados nas proporções indicadas de 1:1, misturados no momento da utilização, nas quantidades necessárias para a aplicação, sendo a quantidade usada de 10 g por face da ripa.

3.5 DESENVOLVIMENTO DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER

Foram produzidos blocos no Laboratório de Processamento da Madeira da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP câmpus de Bauru/SP, sendo que, para sua produção, foi necessário estabelecer uma determinada medida em seu comprimento, que foi limitado pelo tamanho da prensa quente, cuja base retangular possuía as seguintes dimensões: 600 X 675 mm e sua diagonal com 903 mm.

De forma adaptada, foram adotadas as recomendações do documento normativo especificado no Anexo B da NBR 7190:1997, onde consta que o corpo de prova para o teste de flexão deverá possuir forma prismática, com seção transversal quadrada de 50 mm de lado e comprimento, na direção paralela às fibras, de 1150 mm, o vão livre entre apoios deve ser igual a vinte e uma vezes a altura da seção. Portanto, na impossibilidade da produção de um produto com essas dimensões, um novo produto poderá ser idealizado, utilizando-se da Equação 1.

$$\frac{l}{h} \geq 21 \quad (1)$$

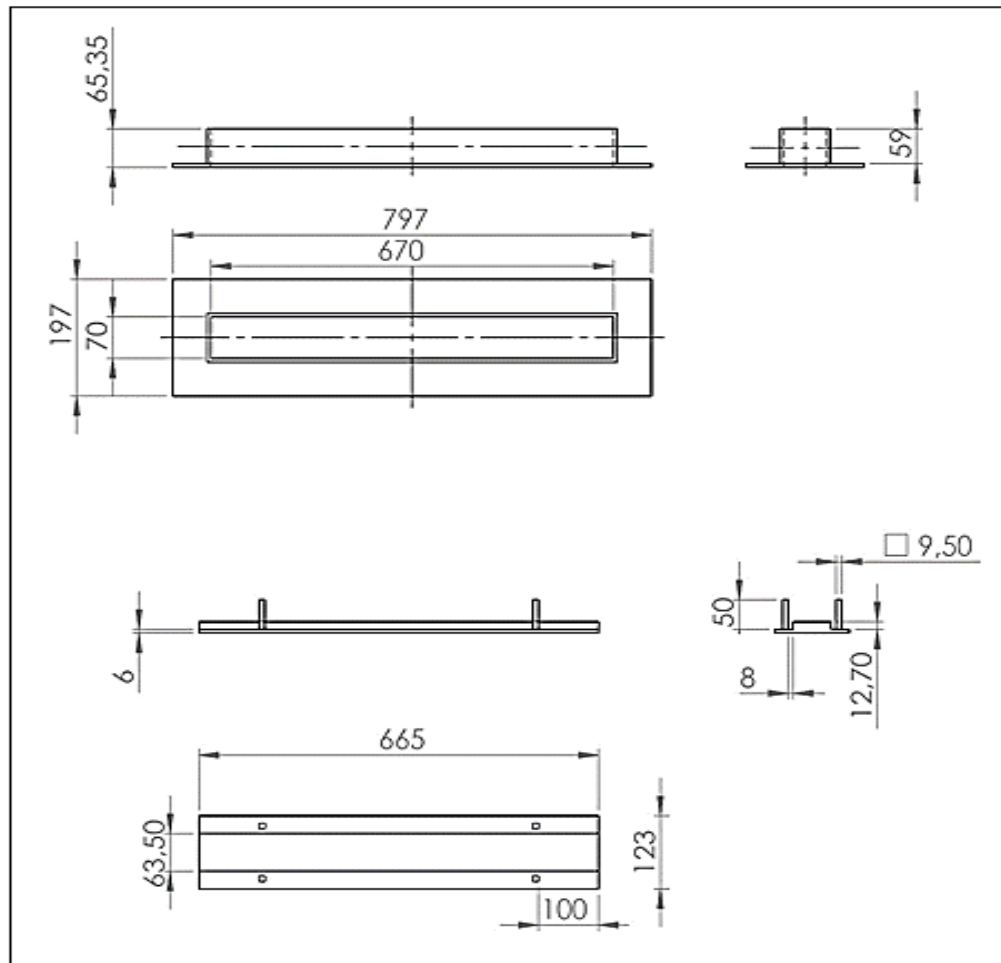
Sendo que:

l = comprimento em cm;

h = altura em cm.

Determinado o comprimento de acordo com a Equação 1, elaborou-se um molde com cantoneiras em aço 1010/1020 com quatros pinos de guia, para compressão do material, com o formato e as medidas especificadas na Figura 29. O desenho foi confeccionado fora de escala com tolerância de $\pm 0,1$.

Figura 29 - Desenho da forma para obtenção do bloco em mm.



Fonte: Autor

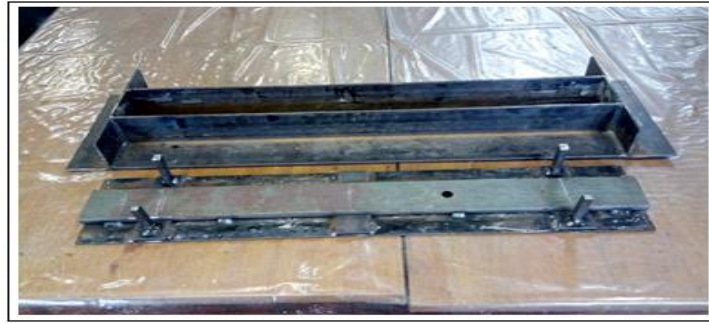
Nas Figuras 30 e 31 destacam-se os moldes (fêmea e macho) produzidos para a moldagem do bloco de Bambu scrimber.

Figura 30 – Molde (fêmea) para prensagem das ripas.



Fonte: Autor

Figura 31 – Conjunto (macho e fêmea) para a prensagem das ripas.



Fonte: Autor

3.6 ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BLOCO

As etapas do processo de produção do bloco de bambu scrimber são as seguintes: volume e distribuição do adesivo e prensagem dos blocos.

3.6.1 Volume e distribuição do adesivo

As medidas das ripas de bambu variavam tanto na largura quanto na espessura, menos no comprimento, por isso, para a produção do bloco (prensagem), necessitou-se de uma determinada quantidade de ripas, entre 18 a 26, de tal forma que, ao pressionar essas ripas em uma morsa a altura resultasse aproximadamente entre 85 a 95 mm, sendo assim, possível obter a pressão necessária para prensagem. Após a determinação da quantidade de ripas, as mesmas foram colocadas paralelas umas às outras para a distribuição do adesivo (Figura 32). Os componentes da resina foram adicionados e misturados manualmente, e o adesivo foi distribuído com pincel ao longo de cada uma das faces das ripas, sendo 10 g por face.

Figura 32 – Ripas preparada para a distribuição do adesivo.



Fonte: Autor

3.6.2 Prensagem dos Blocos

Posteriormente à distribuição do adesivo, as ripas foram dispostas com as fibras paralelamente ao comprimento do molde (Figura 33), que foi lubrificado por uma fina camada de cera de carnaúba e apoiado entre placas metálicas de aço inoxidável aquecidas e revestidas com papel-alumínio para evitar adesão das ripas na chapa de apoio, procedendo a seguir a prensagem das ripas na prensa hidráulica de marca PHS Máquinas Hidráulicas Ltda..

Figura 33 – Ripas dispostas no molde.



Fonte: Autor

As ripas foram prensadas e moldada a quente com limitador de altura (Figura 34), pois, quando o molde macho se encostou na superfície do molde fêmea, determinou a espessura final do bloco em 52,3 mm. O material foi prensado a uma temperatura de 120°C durante 30 min e sob uma pressão aproximada de 195 bar.

Figura 34 – Prensagem das ripas.



Fonte: Autor

Após a prensagem (Figura 35), retirou-se o molde macho, e apoiando-se o molde fêmea sobre dois pedaços de vigota no sentido longitudinal, pressionou-se o bloco também com um pedaço de vigota no mesmo sentido para sua extração, obtendo-se assim, quatorze blocos, produzidos para a realização dos experimentos de acordo com a Figura 36.

Figura 35 – Conjunto após a prensagem.



Fonte: Autor

Figura 36 – Blocos produzidos para a realização dos experimentos.



Fonte: Autor

3.7 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram preparados e submetidos a ensaios para caracterização físico-mecânica, conforme orientações da norma NBR 7190:1997 – Anexo B, pois, não existe normas apropriadas para os ensaios.

Os corpos de prova foram produzidos no campus da UNESP de Itapeva e utilizou-se das seguintes máquinas de usinagem em sua produção:

- Para desbastar e uniformizar as espessuras dos blocos foi utilizada uma Plaina desengrossadeira da marca “Baldan” modelo DGR-4 400 mm, conforme ilustrada na Figura 37.

Figura 37 – Blocos de Bambu scrimber usinados na desengrossadeira.



Fonte: Autor

- Para os seccionamentos longitudinais e transversais foi utilizada uma serra circular esquadrejadeira com eixo inclinável para corte de 45° a 90° da marca “Verry”, como mostrado na Figura 38.

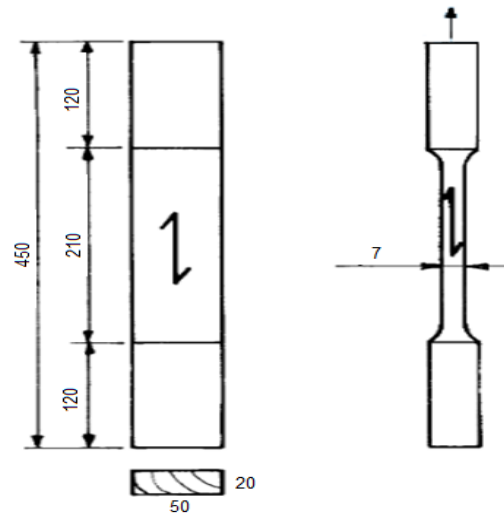
Figura 38 – Serra circular esquadrejadeira.



Fonte: Autor

- Para a produção dos corpos de prova de tração paralela às fibras as dimensões nominais estão apresentadas na Figura 39, foi utilizada uma Tupia de Mesa com 700 x 700 mm, marca Invicta, modelo TI 11, conforme ilustrado na Figura 40.

Figura 39 – Dimensões dos corpos de prova para o teste de tração em mm.



Fonte: Adaptado de Morales, 2002.

Figura 40 – Tupia de Mesa.

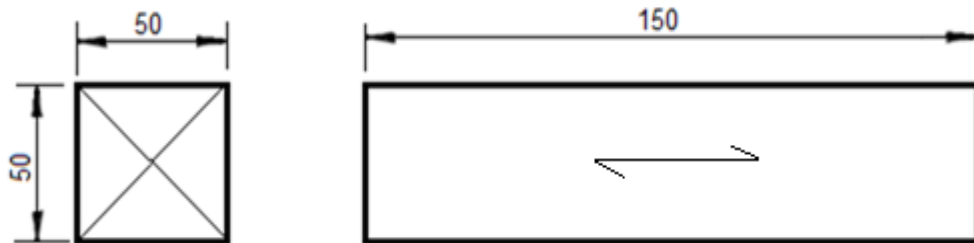


Fonte: Autor

As dimensões nominais para a produção dos corpos de prova para os testes de compressão paralela às fibras estão apresentadas na Figura 41, com exceção dos corpos de prova utilizados para o teste de flexão estática que foram adaptados à

exigência dessa norma, com seção transversal quadrada de 25 mm e comprimento de 555 mm. Demonstra-se nas Figuras 42, 43 e 44 os corpos de prova produzidos.

Figura 41 – Dimensões dos corpos de prova para o teste de compressão em mm.



Fonte: Adaptado de Morales, 2002.

Figura 42 – Corpos de prova para o teste de compressão paralela às fibras.



Fonte: Autor

Figura 43 – Corpos de prova para o teste de tração paralela às fibras.



Fonte: Autor

Figura 44 – Corpos de prova para o teste de flexão estática.



Fonte: Autor

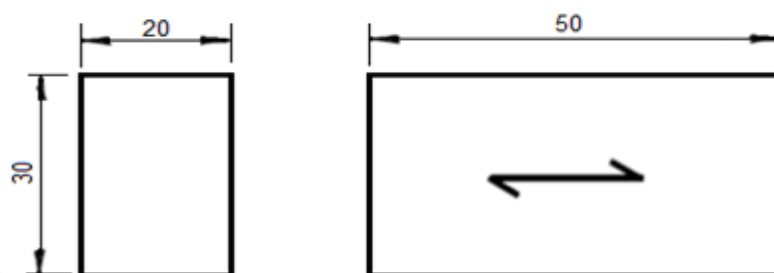
3.8 ENSAIOS FÍSICOS

Com o propósito de verificar o comportamento das características físicas do Bambu scrimber, realizaram-se os ensaios físicos: teor de umidade, densidade básica, densidade aparente e estabilidade dimensional, de acordo com as recomendações da NBR 7190:1997 – Anexo B, adaptando-a as especificidades do bambu. Os ensaios físicos foram realizados no Laboratório de Processamento da Madeira da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP campus de Bauru/SP.

Os corpos de prova apresentavam seção transversal retangular, com dimensões nominais de 20 mm x 30 mm e comprimento, ao longo das fibras, de 50 mm, como indicado na Figura 45. Na Figura 46 demonstra-se os corpos de prova usinados com essas dimensões.

Para os cálculos de densidade e estabilidade dimensional, foram aferidas três medidas de cada lado dos corpos de prova (seco e saturado) e calculadas as médias.

Figura 45 – Dimensões dos corpos de prova para determinação da umidade em mm.



Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

Figura 46 – Corpos de prova para determinação da umidade, densidade e estabilidade dimensional.



Fonte: Autor

3.8.1 Teor de umidade (%)

Para os ensaios de teor de umidade primeiramente determinou-se a massa inicial de 12 corpos de prova em balança digital, fabricante Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g.

Após a determinação da massa inicial, colocou-se os corpos de prova em uma estufa de secagem, fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura controlada de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ conforme a Figura 47, e pesados a cada 6 horas até que as variações das massas entre duas medições consecutivas dentro desse período, apresentassem variação menor ou igual que 0,5% da última massa medida, obtendo-se, assim, uma massa seca constante.

Figura 47 – Corpos de prova de Bambu scrimber na estufa de secagem.



Fonte: Autor

O percentual U (%) de umidade foi calculado de acordo com a Equação 2:

$$U (\%) = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (2)$$

onde:

m_i é a massa inicial em gramas,

m_f é a massa final em gramas medida após um período de tempo.

3.8.2 Densidade

Para determinação da densidade básica, as dimensões do corpo de prova e a obtenção da massa seca seguem os mesmos procedimentos estabelecidos nas especificações para determinação do teor de umidade e de acordo com a Equação 2.

A densidade básica (ρ_{bas}) é a massa específica convencional definida pela razão entre a massa seca (m_s em quilogramas) e o volume saturado (V_{sat} em metros cúbicos) (Equação 3).

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (3)$$

Determinou-se o volume saturado de 12 corpos de prova submersos em água com massa constante (Figura 48), de acordo com as dimensões finais dos lados da seção transversal e do comprimento, obtidas com um paquímetro digital marca Mitutoyo com resolução de 0,01 mm.

Figura 48 – Corpos de prova submersos em água.



Fonte: Autor

A densidade aparente (ρ_{ap}) é uma massa específica convencional, definida pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova com teor de umidade de 12%, sendo dada pela Equação 4.

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (4)$$

onde:

m_{12} é a massa a 12% de umidade, em quilogramas;

V_{12} é o volume a 12% de umidade, em metros cúbicos.

Conhecendo-se os valores de m_s , m_{12} , V_{sat} e V_{12} , determinam-se as densidades básica e aparente pelas equações 3 e 4.

3.8.3 Estabilidade dimensional

De acordo com a NBR 7190:1997 – Anexo B, a estabilidade dimensional é caracterizada pelas propriedades de retração (ϵ_r) e de inchamento (ϵ_i) considerando o compósito de bambu assim como a madeira, com direções preferenciais 1(axial), 2(radial) e 3 (tangencial), respectivamente. Sendo calculadas pelas Equações 5 a 10:

$$\epsilon_{r,1} = \left(\frac{L_{1,sat} - L_{1,seca}}{L_{1,sat}} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$\epsilon_{r,2} = \left(\frac{L_{2,sat} - L_{2,seca}}{L_{2,sat}} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$\epsilon_{r,3} = \left(\frac{L_{3,sat} - L_{3,seca}}{L_{3,sat}} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$\epsilon_{i,1} = \left(\frac{L_{1,sat} - L_{1,seca}}{L_{1,seca}} \right) \times 100 \quad (8)$$

$$\epsilon_{i,2} = \left(\frac{L_{2,sat} - L_{2,seca}}{L_{2,seca}} \right) \times 100 \quad (9)$$

$$\epsilon_{i,3} = \left(\frac{L_{3,sat} - L_{3,seca}}{L_{3,seca}} \right) \times 100 \quad (10)$$

A variação volumétrica é determinada em função das dimensões do corpo de prova nos estados saturado e seco, sendo dada pelas Equações 11 a 14:

$$\Delta Vi = \left(\frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{seca}} \right) \times 100 \quad (11)$$

$$\Delta Vr = \left(\frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{sat}} \right) \times 100 \quad (12)$$

onde:

$$V_{sat} = L_{1,sat} \times L_{2,sat} \times L_{3,sat} \quad (13)$$

$$V_{seca} = L_{1,seca} \times L_{2,seca} \times L_{3,seca} \quad (14)$$

3.9 ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios de compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras e flexão estática, para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade, foram

realizados no Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – DEC-FEB da UNESP campus de Bauru, em máquina universal computadorizada, fabricante EMIC (Figura 49), modelo DL 30000 com célula de carga fabricação EMIC tipo Z modelo CCE com capacidade de até 10KN (1000 kg).

Figura 49 – Máquina EMIC para os ensaios.



Fonte: Autor

Foram confeccionados 14 corpos de prova para o teste de compressão paralela às fibras, 15 corpos de prova para o teste de tração paralela às fibras e 18 corpos de prova para o teste de flexão estática; sendo que, dentre os mesmos, foram selecionados 13 corpos de prova para utilização nos testes para caracterização mínima da resistência, sendo um deles utilizado como referência para obtenção da resistência estimada.

3.9.1 Compressão paralela às fibras

As dimensões nominais dos corpos de prova devem ser com seção transversal quadrada de 50 mm de lado e 150 mm de comprimento, conforme mostrado na Figura 41. Para determinar-se a resistência à compressão paralela às fibras ($f_{wc,0}$ ou f_{c0}) em MPa, utilizou-se a Equação 15:

$$f_{c0} = \frac{F_{c0,máx.}}{A} \quad (15)$$

onde:

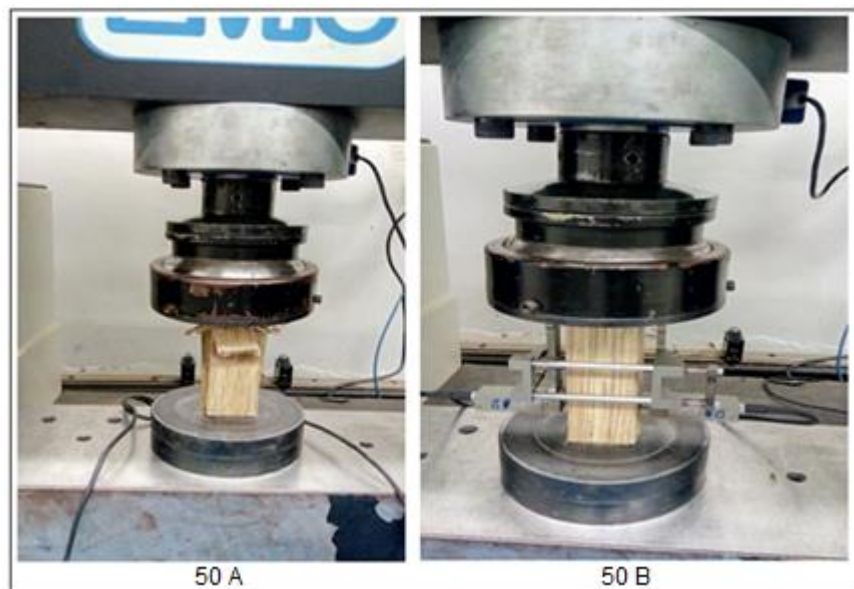
$F_{c0, máx.}$ - máxima força de compressão (N);

A - área inicial da seção transversal comprimida (m²);

f_{c0} - resistência à compressão paralela às fibras (MPa).

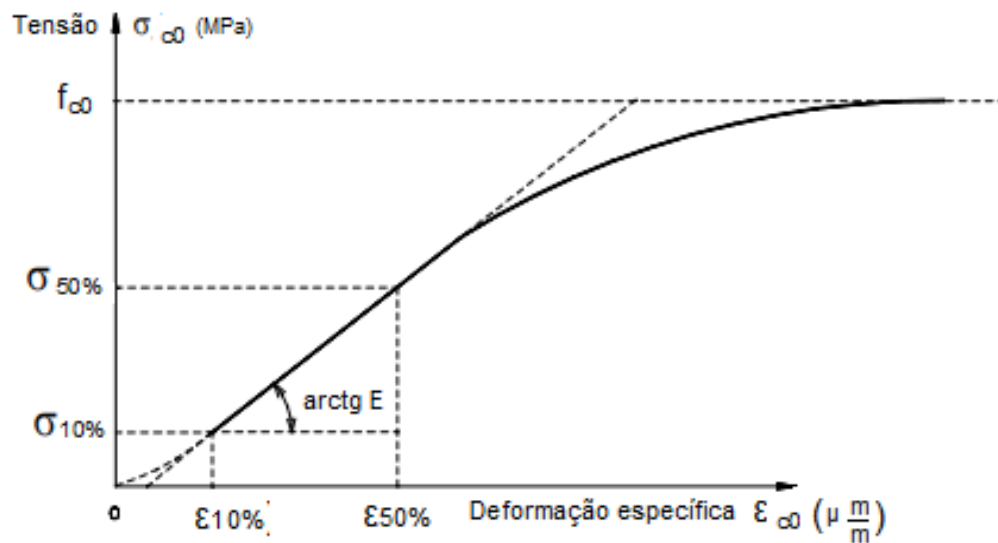
Para obtenção da resistência estimada ($f_{c0, est}$), realizou-se o ensaio destrutivo de um corpo de prova de referência (Figura 50 A) com carregamento aplicado em dois ciclos de carga e descarga, sendo a taxa de carregamento de 10 MPa por minuto. Posteriormente os ensaios foram realizados com extensômetros fixados nos demais corpos de prova, com dois ciclos de carregamento prévios e um ciclo de carregamento final (Figura 50 B), as deformações foram registradas até 70% da carga estimada, de acordo com o apresentado no diagrama de carregamento de tensão versus deformação específica (Figura 51).

Figura 50 – (A) Ensaio destrutivo de um corpo de prova de referência, (B) Ensaaios realizados com extensômetros.



Fonte: Autor

Figura 51 - Diagrama tensão x deformação específica.



Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

O módulo de elasticidade foi determinado conforme a Equação 16, pela inclinação da reta secante à curva tensão versus deformação, definida pelos pontos $(\sigma_{10\%}; \epsilon_{10\%})$ e $(\sigma_{50\%}; \epsilon_{50\%})$, correspondentes respectivamente a 10% e 50% da resistência à compressão paralela às fibras:

$$E_{c0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\epsilon_{50\%} - \epsilon_{10\%}} \quad (16)$$

onde:

$\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$ - são as tensões de compressão correspondentes a 10% e 50% da resistência f_{c0} ;

$\epsilon_{10\%}$ e $\epsilon_{50\%}$ - são as deformações específicas medidas no corpo de prova correspondentes às tensões de $\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$.

Em seguida retirou-se a instrumentação e elevou-se o carregamento até a ruptura do corpo de prova (Figura 52).

Figura 52 - Ruptura do corpo de prova à compressão paralela às fibras.



Fonte: Autor

3.9.2 Tração paralela às fibras

As dimensões nominais dos corpos de prova devem ser conforme mostrado na Figura 39.

A resistência à tração (f_{t0}) é dada pela máxima tensão de tração que pode atuar em um corpo de prova e é calculada pela Equação 17:

$$f_{t0} = \frac{F_{t0,máx}}{A} \quad (17)$$

onde:

$F_{t0,máx}$ – é a máxima força de tração aplicada ao corpo de prova, em N;

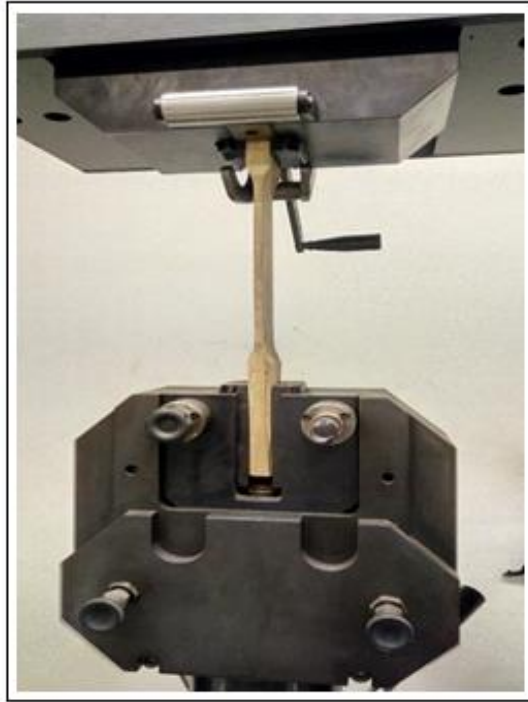
A – é a área inicial da seção transversal tracionada do trecho central do corpo de prova, em m^2 ;

f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras, em MPa.

Para se estimar a resistência da amostra ($f_{t0,est}$), realizou-se o ensaio destrutivo de um corpo de prova de referência (Figura 53). Posteriormente os ensaios foram realizados com extensômetros (Figura 54) fixados nos demais corpos de prova com

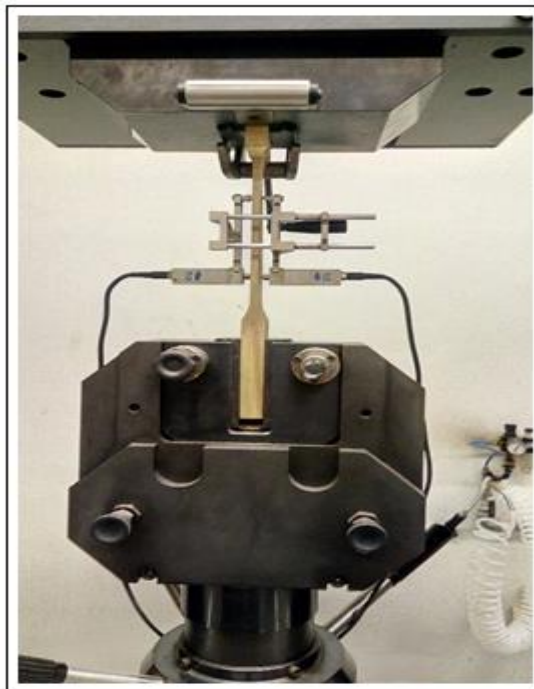
dois ciclos de carregamento prévios e um ciclo de carregamento final, de acordo com o apresentado no diagrama de carregamento da Figura 55.

Figura 53 - Corpo de prova de referência para tração paralela às fibras.



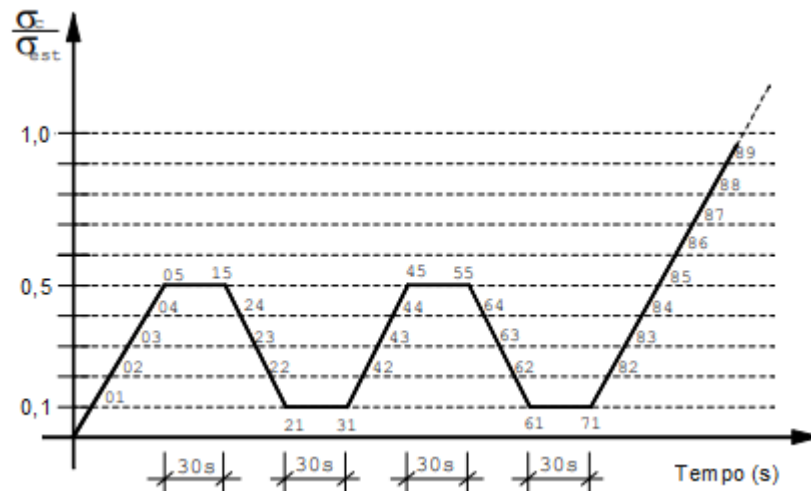
Fonte: Autor

Figura 54 - Corpo de prova de tração e respectivo ensaio, mostrando extensômetro.



Fonte: Autor

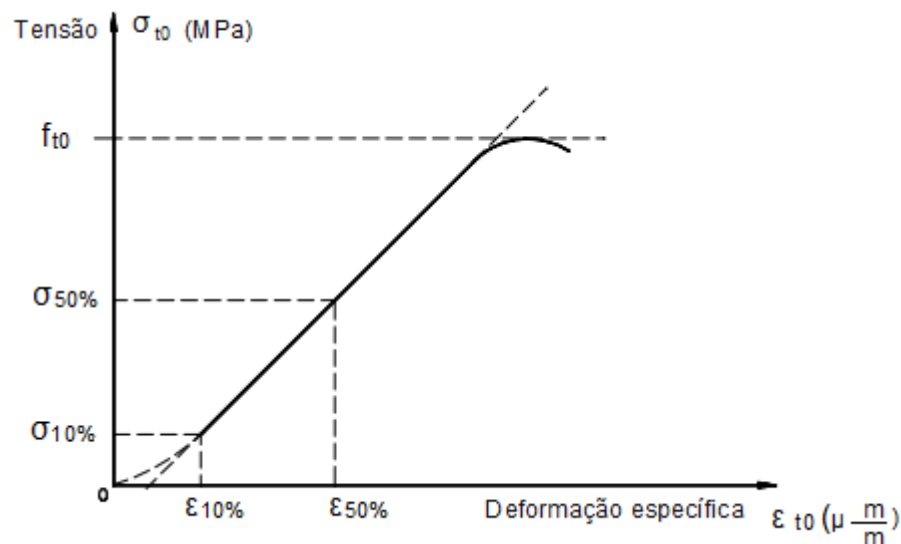
Figura 55 – Diagrama de carregamento para determinação da rigidez.



Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

A determinação da rigidez à tração paralela às fibras caracterizada pelo seu módulo de elasticidade, é obtida no trecho linear do diagrama tensão versus deformação específica, entre os pontos 71 e 85, como indica a Figura 56.

Figura 56 – Diagrama tensão x deformação específica na tração paralela às fibras.



Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

O módulo de elasticidade (E_{t0}) foi determinado conforme a Equação 18, pela inclinação da reta secante à curva tensão versus deformação específica, definida pelos pontos ($\sigma_{10\%}$, $\epsilon_{10\%}$) e ($\sigma_{50\%}$, $\epsilon_{50\%}$), correspondentes respectivamente a 10% e 50% da resistência à tração paralela às fibras.

$$E_{t0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%}} \quad (18)$$

onde:

$\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$ são as tensões de tração correspondentes a 10% e 50% da resistência f_{t0} , representadas pelos pontos 71 e 85 do diagrama de carregamento mostrado na Figura 55;

$\varepsilon_{10\%}$ e $\varepsilon_{50\%}$ são as deformações específicas de tração medidas no trecho central do corpo de prova alongado, correspondentes às tensões de $\sigma_{10\%}$ e $\sigma_{50\%}$, respectivamente.

3.9.3 Flexão estática

As dimensões nominais dos corpos de prova para o teste de flexão, conforme mostrado na Figura 44, foram confeccionados com seção transversal quadrada de 25 mm e comprimento de 555 mm.

A determinação da resistência convencional (f_M) em MPa é dada pela Equação 19:

$$f_M = \frac{M_{\max}}{W_e} \quad (19)$$

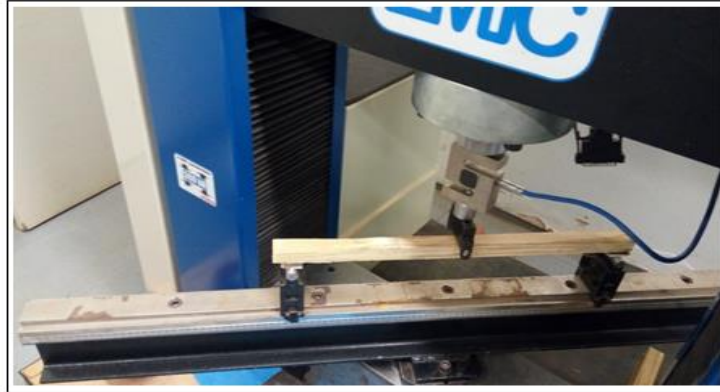
onde:

$M_{\max}$ – é o máximo momento aplicado ao corpo de prova, em N m;

W_e - é o módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $bh^2/6$, em m^3 , sendo b e h correspondentes respectivamente, à largura e à seção transversal, em metro.

Para se estimar a resistência da amostra ($f_{M,est}$), deve-se realizar o carregamento de um corpo de prova de referência (Figura 57) e leva-lo à ruptura. Posteriormente os corpos de prova foram posicionados na máquina de ensaios (Figura 58), de forma que o cutelo de carregamento coincida com o centro do corpo, sendo realizados dois ciclos de carregamento prévios e um ciclo de carregamento final, de acordo com o apresentado no diagrama de carregamento da Figura 59.

Figura 57 - Corpo de prova de referência para flexão.



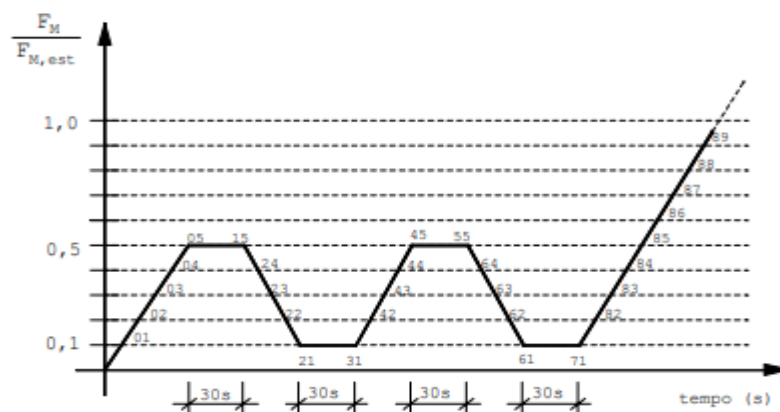
Fonte: Autor

Figura 58 – Ensaio mecânico de um corpo de prova com flexão estática.



Fonte: Autor

Figura 59 – Diagrama de carregamento para determinação da rigidez à flexão.

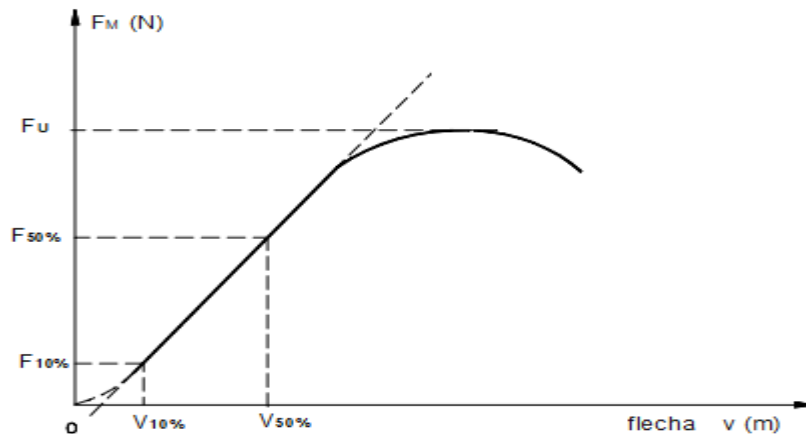


Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

Conhecida a resistência estimada, o módulo de elasticidade da rigidez à flexão

é determinado no trecho linear do diagrama carga x deslocamento, conforme indicado na Figura 60.

Figura 60 – Diagrama carga x flecha na flexão.



Fonte: NBR 7190:1997, Anexo B.

O módulo de elasticidade (E_M) foi determinado conforme a Equação 20, pela inclinação da reta secante à curva carga versus deslocamento no meio do vão, definida pelos pontos ($F_{10\%}$, $V_{10\%}$) e ($F_{50\%}$, $V_{50\%}$), correspondentes respectivamente a 10% e 50% da carga máxima.

$$E_{M0} = \frac{(F_{M,50\%} - F_{M,10\%}) L^3}{(V_{50\%} - V_{10\%}) 4bh^3} \quad (20)$$

onde:

$F_{M,10\%}$ e $F_{M,50\%}$ são as cargas correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada, aplicada ao corpo de prova, em newtons, representadas pelos pontos 71 e 85 do diagrama de carregamento mostrado na Figura 59;

$V_{10\%}$ e $V_{50\%}$ são os deslocamentos no meio do vão correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada $F_{M, \text{est}}$, em metros.

3.10 INTERAÇÃO COLA-BAMBU

Através da microscopia óptica visualizou-se a linha de cola e sua interação com as fibras do bambu.

3.10.1 Microscopia óptica

Para visualizar a linha de cola e a penetração do adesivo entre seus elementos anatômicos, foi utilizado o microscópio óptico (Figura 61) da marca Olympus BX51M conectado a um microcomputador, pertencente ao Laboratório de Anelasticidade e Biomateriais da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru, e as 12 amostras retangulares (Figura 62) produzidas para obtenção das imagens, com dimensões nominais: espessura 5 mm, 9 mm de largura e 25 mm de comprimento, que foram retirados dos corpos de prova utilizados para o ensaio mecânico de flexão. As imagens (Apêndice D) foram obtidas em aumentos de 2,5x, 5x e 10x.

Figura 61 - Microscópio óptico Olympus BX51M.



Fonte: Autor

Figura 62 - Amostras observadas no microscópio óptico.



Fonte: Autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3 descrevem os resultados e as análises dos valores determinados dos ensaios físicos, referentes ao teor de umidade, densidade e estabilidade dimensional.

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER

4.1.1 Teor de umidade (%)

Os Teores de umidade para cada corpo de prova estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados para a determinação do teor de umidade.

Corpo de prova	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Teor de Umidade (%)
CP 1	29,23	27,03	8,14
CP 2	25,34	23,55	7,60
CP 3	26,64	24,48	8,82
CP 4	31,25	28,74	8,73
CP 5	29,48	27,25	8,18
CP 6	26,63	24,55	8,47
CP 7	27,31	25,29	7,99
CP 8	26,55	24,48	8,46
CP 9	28,27	26,15	8,11
CP 10	28,77	26,52	8,48
CP 11	29,20	26,93	8,43
CP 12	27,73	25,52	8,66
Média	28,03	25,87	8,34
Desvio Padrão	1,65	1,49	0,35

Fonte: Autor

O valor médio obtido para o teor de umidade foi de 8,34 %. Conforme padrão de referência para cálculos estruturais a NBR 7190:1997 - Anexo B especifica a

umidade de 12% como ponto de equilíbrio para ajuste das propriedades mecânicas de resistência e de rigidez. Sendo assim, o teor de umidade foi recondicionado para 12% no ar, no Laboratório de Processamento da Madeira até atingir a umidade de equilíbrio.

4.1.2 Densidades (kg/m³)

Para determinação da densidade básica utilizou-se os dados da Tabela 7 para o cálculo do volume em estado saturado.

Tabela 7 - Dimensões das amostras em estado saturado para ensaio de densidade e estabilidade dimensional.

Corpo de prova	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição			Médias		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
CP 1	4,98	2,34	3,23	4,97	2,41	3,21	4,96	2,41	3,20	4,97	2,39	3,21
CP 2	4,96	2,11	3,07	4,98	2,10	3,08	4,98	2,10	3,08	4,97	2,10	3,08
CP 3	4,97	2,11	3,07	4,97	2,12	3,06	4,97	2,12	3,08	4,97	2,12	3,07
CP 4	4,98	2,43	3,17	4,97	2,46	3,21	4,96	2,46	3,18	4,97	2,45	3,19
CP 5	4,98	2,32	3,14	4,97	2,37	3,16	4,96	2,37	3,20	4,97	2,35	3,17
CP 6	4,98	2,25	3,18	4,97	2,35	3,15	4,97	2,35	3,16	4,97	2,32	3,16
CP 7	4,96	2,22	3,08	4,96	2,24	3,11	4,97	2,24	3,13	4,96	2,23	3,11
CP 8	4,98	2,14	3,11	4,97	2,11	3,10	4,97	2,11	3,10	4,97	2,12	3,10
CP 9	4,95	2,14	3,17	4,97	2,15	3,15	4,96	2,15	3,17	4,96	2,15	3,16
CP 10	4,97	2,20	3,11	4,97	2,20	3,10	4,97	2,20	3,10	4,97	2,20	3,10
CP 11	4,98	2,30	3,18	4,98	2,33	3,16	4,97	2,33	3,18	4,98	2,32	3,17
CP 12	4,98	2,23	3,10	4,97	2,21	3,10	4,95	2,21	3,10	4,97	2,22	3,10

Obs: L1 (dimensão axial), L2 (dimensão radial) e L3 (dimensão tangencial), medidas em cm.

Fonte: Autor

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados da massa seca, o volume saturado e a média das densidades básicas para cada corpo de prova.

Tabela 8 – Determinação da densidade básica.

Corpo de prova	Massa seca (g)	Volume (cm³)	Densidade básica (kg/m³)
CP 1	27,03	38,12	709,07
CP 2	23,55	32,18	731,82
CP 3	24,48	32,30	757,89
CP 4	28,74	38,80	740,72
CP 5	27,25	37,04	735,69
CP 6	24,55	36,45	673,52
CP 7	25,29	34,44	734,32
CP 8	24,48	32,72	748,16
CP 9	26,15	33,68	776,42
CP 10	26,52	33,93	781,60
CP 11	26,93	36,64	734,98
CP 12	25,52	34,13	747,72
Média	25,87	35,03	739,32
Desvio Padrão	1,49	2,29	28,63

Fonte: Autor

Na Tabela 9 estão apresentados os valores obtidos para a densidade aparente com base na norma NBR 7190:1997 - Anexo B.

Tabela 9 – Determinação da densidade aparente.

Corpo de prova	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade aparente (kg/m³)
CP 1	29,15	31,23	933,39
CP 2	25,29	29,55	855,83
CP 3	26,30	30,25	869,42
CP 4	31,08	31,12	998,71
CP 5	29,44	31,00	949,67
CP 6	26,39	30,51	864,96
CP 7	26,71	30,57	873,73
CP 8	26,32	30,51	862,01
CP 9	28,23	30,10	937,87
CP 10	28,60	30,74	930,38
CP 11	28,95	30,73	942,07
CP 12	27,60	30,66	900,19
Média	27,84	30,58	909,85
Desvio Padrão	1,69	0,46	45,26

Fonte: Autor

As variações entre as massas, volumes e densidades, nos corpos de prova de Bambu scrimber podem ser ocasionadas em função da idade do colmo e da posição das ripas ao longo do colmo com a presença dos nós, pois em sua confecção utilizou-se uma mistura de ripas colocadas aleatoriamente no molde.

A variação na densidade básica do Bambu scrimber situou-se entre 673,52 e 781,60 kg/m³, com um valor médio de 739,32 kg/m³ e o valor médio obtido na variação da densidade aparente entre 855,83 e 998,71 kg/m³, foi de 909,85 kg/m³. Esse material em comparação com os valores médios descritos para madeiras na NBR 7190:1997 – Anexo E em relação a densidade; pode ser considerado um material de alta densidade dentro do grupo de algumas coníferas, como exemplo, Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com 580 kg/m³, *Pinus elliotii* (*Pinus elliotii* var. *elliotii*) com 560 kg/m³ ou *Pinus taeda* (*Pinus taeda* L.) com 645 kg/m³, algumas espécies de madeira dicotiledônea possuem também densidades comparáveis ao bloco de Bambu scrimber, como por exemplo, E. Camaldulensis (*Eucalyptus camaldulensis*) com 899 kg/m³ ou E. Maculata (*Eucalyptus maculata*) com 931 kg/m³, Garapa Roraima (*Apuleia leiocarpa*) com 892 kg/m³.

Em relação ao Bambu Laminado Colado (BLC) confeccionados com o bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, a faixa de variação para a densidade aparente do Bambu scrimber produzido, situou-se superior àqueles relatados por Beraldo e Rivero (2003), confeccionados com colmos maduros (5 anos de idade) e com o adesivo à base de resorcinol-formol, da ordem de 580 a 790 kg/m³, aos relatados por Paes *et al.* (2009) tratados com água ou CCB (borato de cobre cromatado) e colados com o adesivo à base de resorcinol-formol, a densidade aparente variou de 680 a 760 kg/m³, aos relatados por Gonçalves *et al.* (2002) da ordem de 570 a 750 kg/m³, e ao relatado por Pereira (2006a) na ordem de 790 kg/m³.

O valor encontrado de 910 kg/m³ para o bloco produzido nesta pesquisa foi inferior aos valores obtidos por: Sharma *et al.* (2015) constataram que o bloco constituído por bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô) a densidade média foi de 1160 kg/m³ com um teor de umidade de 7%; Yu *et al.* (2014) relataram a fabricação e caracterização do bloco com bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô), com densidade de 1150 kg/m³. Observa-se a influência dos materiais (tipo de bambu e a variação na porcentagem de resina) e métodos de fabricação diferentes, que ocasionaram um valor maior em sua densidade em relação ao bloco confeccionado nessa pesquisa.

4.1.3 Estabilidade dimensional (%)

Para a obtenção dos resultados para os valores da retração e do inchamento nas direções longitudinal, radial e tangencial e também para os cálculos dos valores das variações volumétricas para a retração e inchamento utilizou-se os dados das Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Dimensões das amostras em estado seco para ensaios de estabilidade dimensional.

Corpo de prova	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição			Médias		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
CP 1	4,96	2,03	2,98	4,97	2,03	2,97	4,98	2,04	2,97	4,97	2,03	2,97
CP 2	4,97	1,97	2,93	4,97	1,96	2,94	4,97	1,96	2,95	4,97	1,96	2,94
CP 3	4,96	2,00	2,93	4,97	1,99	2,92	4,97	2,01	2,93	4,97	2,00	2,93
CP 4	4,95	2,07	2,94	4,95	2,05	2,95	4,96	2,07	2,95	4,95	2,06	2,95
CP 5	4,97	2,05	2,92	4,97	2,06	2,93	4,96	2,06	2,94	4,97	2,06	2,93
CP 6	4,96	2,03	2,95	4,96	2,02	2,94	4,95	2,01	2,96	4,96	2,02	2,95
CP 7	4,95	2,02	2,94	4,96	2,03	2,95	4,96	2,03	2,93	4,96	2,03	2,94
CP 8	4,96	1,99	2,96	4,96	1,99	2,96	4,98	2,01	2,97	4,97	2,00	2,96
CP 9	4,94	1,99	2,95	4,95	1,98	2,94	4,96	1,97	2,95	4,95	1,98	2,95
CP 10	4,96	2,03	2,92	4,96	2,04	2,92	4,96	2,05	2,94	4,96	2,04	2,93
CP 11	4,97	2,01	2,94	4,97	2,03	2,94	4,96	2,04	2,94	4,97	2,03	2,94
CP 12	4,95	2,04	2,93	4,97	2,04	2,91	4,97	2,03	2,93	4,96	2,04	2,92

Obs: L1 (dimensão axial), L2 (dimensão radial) e L3 (dimensão tangencial), medidas em cm.

Fonte: Autor

Observou-se uma pequena variação nos corpos de prova no estado seco e saturado para obtenção da estabilidade dimensional, ocasionado pelo inadequado paralelismo das amostras.

Tabela 11 – Valores médios das amostras em estado saturado para ensaio de estabilidade dimensional.

Corpo de prova	Médias		
	L1	L2	L3
CP 1	4,97	2,39	3,21
CP 2	4,97	2,10	3,08
CP 3	4,97	2,12	3,07
CP 4	4,97	2,45	3,19
CP 5	4,97	2,35	3,17
CP 6	4,97	2,32	3,16
CP 7	4,96	2,23	3,11
CP 8	4,97	2,12	3,10
CP 9	4,96	2,15	3,16
CP 10	4,97	2,20	3,10
CP 11	4,98	2,32	3,17
CP 12	4,97	2,22	3,10

Obs: L1 (dimensão axial), L2 (dimensão radial) e L3 (dimensão tangencial), medidas em cm.

Fonte: Autor

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados obtidos em relação à estabilidade dimensional do Bambu scrimber. Nesta tabela são mostrados os valores da retração e do inchamento nas direções longitudinal, radial e tangencial e também os valores da variação volumétrica observados.

Quanto à direção anatômica verificou-se que, a exemplo do que ocorre nas madeiras, a variação na direção longitudinal axial foi desprezível (da ordem de 0,12%), para a retração a variação dimensional na direção radial, da ordem de 9,92% foi maior àqueles na direção tangencial, da ordem de 6,13%, sendo a variação volumétrica média observada da ordem de 18,64%; para o inchamento a variação dimensional na direção radial, foi da ordem de 11,18%, maior que na direção tangencial, da ordem de 6,54%, a variação volumétrica média foi da ordem de 15,49% (Tabela 12).

Tabela 12 - Cálculos de Retração (ϵ_r), Inchamento (ϵ_i) e Variação Volumétrica (ΔV)

Corpo de prova	Retração (ϵ_r)			(ΔV)	Inchamento (ϵ_i)			(ΔV)
	(%)			(%)	(%)			(%)
	$\epsilon_{r,1}$	$\epsilon_{r,2}$	$\epsilon_{r,3}$		$\epsilon_{i,1}$	$\epsilon_{i,2}$	$\epsilon_{i,3}$	
CP 1	0,00	15,06	7,48	27,27	0,00	17,73	8,08	21,43
CP 2	0,00	6,67	4,55	12,26	0,00	7,14	4,76	10,92
CP 3	0,00	5,66	4,56	11,09	0,00	6,00	4,78	9,98
CP 4	0,40	15,92	7,52	29,12	0,40	18,93	8,14	22,55
CP 5	0,00	12,34	7,57	23,40	0,00	14,08	8,19	18,96
CP 6	0,20	12,93	6,65	23,27	0,20	14,85	7,12	18,88
CP 7	0,00	8,97	5,47	16,22	0,00	9,85	5,78	13,95
CP 8	0,00	5,66	4,52	11,01	0,00	6,00	4,73	9,92
CP 9	0,20	7,91	6,65	16,57	0,20	8,59	7,12	14,21
CP 10	0,20	7,27	5,48	14,33	0,20	7,84	5,80	12,54
CP 11	0,20	12,5	7,26	23,47	0,20	14,29	7,82	19,00
CP 12	0,20	8,11	5,81	15,74	0,20	8,82	6,16	13,60
Média (%)	0,12	9,92	6,13	18,64	0,12	11,18	6,54	15,49
Desvio Padrão	0,13	3,64	1,21	6,36	0,13	4,57	1,37	4,47

Obs: $\epsilon_{r,1}$ (axial), $\epsilon_{r,2}$ (radial) e $\epsilon_{r,3}$ (tangencial); $\epsilon_{i,1}$ (axial), $\epsilon_{i,2}$ (radial) e $\epsilon_{i,3}$ (tangencial)

Fonte: Autor

Observa-se que, tanto para a retração como para o inchamento, a variação na direção radial foi superior à tangencial. A maior variação dimensional da direção radial em relação à tangencial pode ser explicada pela inexistência de fibras e estruturas radiais no colmo de bambu (LIESE, 1985). Ressalte-se que segundo Pereira e Beraldo (2016), os valores médios encontrados nas direções (radial e tangencial) para madeira são da ordem de 6% na direção radial e 10% na direção tangencial, sendo que nesta pesquisa a média encontrada foi maior na direção radial e menor na direção tangencial do que a média encontrada para madeira.

De maneira geral o BLC produzido com o bambu *Dendrocalamus giganteus* por Beraldo e Rivero (2003) apresentou comportamento muito variável para essa propriedade, denotando a inadequação do BLC quando exposto às intempéries, a variação na direção longitudinal axial foi desprezível (da ordem de 0,5%), na

direção radial (da ordem de 5%) predominou sobre a tangencial (da ordem de 3%) ocorrendo o inverso do que se observa nas madeiras.

Yu *et al.* (2014) relataram que os efeitos do tratamento térmico e da carga de resina PF na caracterização do bloco de Bambu scrimber fabricado com bambu *Phyllostachys pubescens* (Mossô), resultou na diminuição da absorção de água, indicando um aumento na estabilidade dimensional.

4.2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO BLOCO DE BAMBU SCRIMBER

Os itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 descrevem os resultados e as análises dos valores determinados nos ensaios mecânicos, referentes à compressão paralela às fibras, à tração paralela às fibras e à flexão e o item 4.2.4 descreve o comparativo do Bambu scrimber com o Bambu Laminado Colado (BLC) e algumas madeiras Coníferas nativas e Dicotiledôneas nativas utilizadas no Brasil.

4.2.1 Compressão paralela às fibras (MPa)

O padrão de rompimento observado nos corpos de prova de compressão paralela às fibras do bloco de Bambu scrimber (Figura 63) não mostraram uma diagonal definida, diferentemente do que ocorre para a madeira, destacando que ao absorver energia, o corpo de prova rompe por perda de estabilidade devido as ripas de bambu estarem coladas paralelamente ao sentido de ensaio.

Figura 63 - Corpos de prova que sofreram ruptura à compressão.



Fonte: Autor

Os resultados com as médias e respectivos valores mínimos, máximos e desvios padrões obtidos para o bloco de Bambu scrimber nos ensaios em relação a resistência à compressão paralela às fibras, de acordo com a NBR 7190:1997 – Anexo B, estão apresentados na Tabela 13, e os demais resultados e seu respectivo gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova estão apresentados no Apêndice A.

Tabela 13 – Resistência à compressão paralela às fibras com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.

Compressão Paralela	MOE (GPa)	MOR (MPa)
Máximo	30,25	84,57
Média	20,84	67,51
Mínimo	12,08	34,85
Desvio Padrão	5,31	14,53

Fonte: Autor

O valor médio obtido entre 34,85 e 84,57 MPa para a resistência à compressão paralela às fibras nas amostras do Bambu scrimber foi de 67,51 MPa, demonstra-se superior aos valores médios de algumas coníferas nativas, como por exemplo: *Pinus caribea* (*Pinus caribea* var. *Caribea*) com 35,4 MPa ou Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com 40,9 MPa, e também superior aos valores médios de algumas espécies de madeira dicotiledôneas nativas, tais como exemplo: Angelim araroba (*Vataireopsis araroba*) com 50,5 MPa ou Canafístula (*Cassia ferrugines*) com 52,0 MPa.

O resultado de resistência à compressão paralela às fibras de 67,51 MPa foi semelhante ao encontrado por Pereira (2012) para o BLC, que foi da ordem de 65,5 MPa, inferior àquela relatada por Beraldo e Rivero (2003) da ordem de 74 MPa e superior àquela relatada por Gonçalves *et al.* (2002) da ordem de 55 MPa, sendo que esses autores utilizaram o bambu *Dondrecalamus giganteus* para a produção do BLC.

Para o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras a média foi de 20,84 GPa, semelhante ao encontrado por Pereira (2012) para o BLC confeccionado com bambu *Dondrecalamus giganteus* com variações entre 15,6 e 22,5 GPa com valor médio de 18,1 GPa, sendo superior aos valores médios de algumas madeiras

coníferas nativas: Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com 15,2 GPa, *Pinus caribea* (*Pinus caribea* var. *Caribea*) com 8,4 GPa, *Pinus bahamensis* (*Pinus caribea* var. *bahamensis*) com 7,1 GPa, *Pinus hondurensis* (*Pinus caribea* var. *hondurensis*) com 9,9 GPa, *Pinus elliottii* (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) com 11,9 GPa, *Pinus oocarpa* (*Pinus oocarpa shiede*) com 10,9 GPa e *Pinus taeda* (*Pinus taeda* L.) com 13,3 GPa e também superior aos valores médios de algumas espécies de madeira dicotiledôneas nativas, como: Cedro doce (*Cedrella spp*) com 8,1 GPa, Cedro amargo (*Cedrella odorata*) com 9,8 GPa, Cupiúba (*Goupia giabra*) com 13,6 GPa, Angelim araroba (*Vataireopsis araroba*) com 12,9 GPa, Canafístula (*Cassia ferrugines*) com 14,6 GPa, E. Camaldulensis (*Eucalyptus camaldulensis*) com 13,3 GPa, E. Maculata (*Eucalyptus maculata*) com 18,1 GPa e Garapa Roraima (*Apuleia leiocarpa*) com 18,4 GPa.

4.2.2 Tração paralela às fibras (MPa)

O fator que mais contribuiu para uma menor resistência no rompimento observado nos corpos de prova no ensaio de tração paralela às fibras (Figura 64), foi a presença do nó mesmo não estando alinhados na posição central dos corpos de prova, associadamente com os rompimentos nas fibras em diferentes posições das ripas.

Figura 64 – Exemplo de rompimento sofrido pelo corpo de prova à tração paralela às fibras.



Fonte: Autor

Os resultados com as médias e respectivos valores mínimos, máximos e desvios padrões obtidos para o bloco de Bambu scrimber nos ensaios em relação à tração paralela às fibras, de acordo com a NBR 7190:1997 – Anexo B, estão apresentados na Tabela 14, e os demais resultados e seu respectivo gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova estão apresentados no Apêndice B.

Tabela 14 – Resistência à tração paralela às fibras com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.

Tração Paralela	MOE (GPa)	MOR (MPa)
Máximo	18,48	88,65
Média	14,45	64,26
Mínimo	9,66	35,34
Desvio Padrão	2,77	17,98

Fonte: Autor

O valor médio obtido para a resistência à tração paralela às fibras foi de 64,26 MPa. Em relação a madeira, o Bambu scrimber é superior apenas a algumas coníferas nativas ou de reflorestamento como, por exemplo, *Pinus bahamensis* (*Pinus caribea* var. *bahamensis*), com 52,7 MPa, ou *Pinus hondurensis* (*Pinus caribea* var. *hondurensis*) da ordem de 50,3 MPa, ou *Pinus oocarpa* (*Pinus oocarpa shiede*), com 60,9 MPa, ou superior apenas a duas espécies de madeiras dicotiledôneas de reflorestamento ou nativa, como, por exemplo, Cedro amargo (*Cedrella odorata*), com 58,1 MPa, Cupiúba (*Goupia glabra*), com 62,1 MPa, contidos na NBR 7190:1997 – Anexo E.

Para efeito de comparação o valor obtido para a resistência à tração paralela às fibras com um valor médio de 64,26 MPa para o Bambu scrimber foi muito inferior ao relatado por Pereira (2012) para o BLC produzido com bambu da espécie *Dondreclamus giganteus*, com valor médio da ordem de 143,7 MPa, e o módulo de elasticidade longitudinal da ordem de 14,45 GPa, também foi inferior aos 20,6 GPa encontrado por Pereira (2012), evidenciando a grande influência do nó na obtenção dos resultados.

4.2.3 Flexão estática (MPa)

O padrão de rompimento observado nos corpos de prova para flexão (Figura 65), demonstraram-se ser frequente, com ruptura em diferentes posições das tiras do bloco, devido a presença dos nós, rompimento por cisalhamento entre as tiras e o rompimento dos nós na região submetida à tração abaixo da linha neutra.

Figura 65 – Deformações sofridas pelos corpos de prova à flexão.



Fonte: Autor

Os resultados obtidos para a resistência e o módulo de elasticidade, no ensaio de flexão estática de acordo com a NBR 7190:1997 – Anexo B, estão apresentados na Tabela 15, com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões e os demais resultados e seu respectivo gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova estão apresentados no Apêndice C.

Tabela 15 – Resistência à flexão estática com os valores mínimos, médios, máximos e os respectivos desvios padrões.

Flexão Estática	MOE (GPa)	MOR (MPa)
Máximo	17,41	154,99
Média	12,52	90,78
Mínimo	5,49	36,32
Desvio Padrão	3,64	35,17

Fonte: Autor

Observa-se na Tabela 15 que a média obtida para a resistência à flexão do Bambu scrimber foi de 90,78 MPa e para o módulo de elasticidade foi da ordem de 12,52 GPa, esses valores não foram comparados com as madeiras coníferas e dicotiledôneas nativas que constam da norma NBR 7190:1997 – Anexo E, e citadas nessa pesquisa, pois os valores para a resistência à flexão e os módulos de elasticidade para as madeiras não são especificados na norma.

Os resultados encontrados para o Bambu scrimber de 90,78 MPa e 12,52 GPa para à flexão são próximos aos valores obtidos por Pereira (2012) para o BLC que foram da ordem de 98,9 MPa e 13,60 GPa; a resistência foi superior àquelas relatadas por Beraldo e Rivero (2003), entre 40 a 70 MPa, e inferior àquele relatado por Gonçalves *et al.* (2002) da ordem de 166 MPa, todos produzidos com bambu da espécie *Dondreocalamus giganteus*.

4.2.4 Comparativo do Bambu scrimber com madeiras utilizadas no Brasil e com o BLC

A Tabela 16 mostra algumas das principais espécies de madeira utilizadas no Brasil e seus valores de densidade aparente e resistências (compressão paralela às fibras e tração paralela às fibras) e os seus módulos de elasticidade longitudinal, sendo estes os valores médios fornecidos no Anexo E da NBR 7190:1997 e também mostra esses valores para o Bambu Laminado Colado e Bambu scrimber projetado.

Por meio da análise dos valores especificados na Tabela 16, pode-se constatar que o Bambu scrimber produzido nesta pesquisa com densidade aparente na ordem de 910 kg/m³, demonstrou-se superior às seguintes madeiras coníferas nativas: *Pinus bahamensis* (537 kg/m³), *Pinus hondurensis* (535 kg/m³), *Pinus caribea* (579 kg/m³), *Pinus oocarpa* (538 kg/m³), Pinheiro do Paraná (580 kg/m³), *Pinus elliottii* (560 kg/m³) e *Pinus taeda* (645 kg/m³) e também em relação às seguintes madeiras dicotiledôneas nativas: Cedro doce (500 kg/m³), Cedro amargo (504 kg/m³), Cupiúba (838 kg/m³), Angelim araroba (688 kg/m³), *E. Grandis* (640 kg/m³), Canafístula (871 kg/m³), *E. Camaldulensis* (899 kg/m³) e Garapa Roraima (892 kg/m³), com exceção do *E. Maculata* (931 kg/m³), cujo valor é superior ao do Bambu scrimber.

Tabela 16 – Comparativo entre algumas madeiras, o BLC e o Bambu scrimber.

Coníferas	ρ_{ap}	f_{c0}	f_{t0}	f_{f0}	E_{c0}	E_{t0}	E_{f0}
Nome Comum	(kg/m ³)	MPa	MPa	MPa	GPa	GPa	GPa
<i>Pinus bahamensis</i>	537	32,6	52,7	--	7,1	--	--
<i>Pinus hondurensis</i>	535	42,3	50,3	--	9,9	--	--
<i>Pinus caribea</i>	579	35,4	64,8	--	8,4	--	--
<i>Pinus oocarpa</i>	538	43,6	60,9	--	10,9	--	--
Pinheiro do Paraná	580	40,9	93,1	--	15,2	--	--
<i>Pinus elliottii</i>	560	40,4	66,0	--	11,9	--	--
<i>Pinus taeda</i>	645	44,4	82,8	--	13,3	--	--
Dicotiledôneas							
Nome Comum							
Cedro doce	500	31,5	71,4	--	8,1	--	--
Cedro amargo	504	39,0	58,1	--	9,4	--	--
Cupíuba	838	54,4	62,1	--	13,6	--	--
Angelim araroba	688	50,5	69,2	--	12,9	--	--
<i>E. Grandis</i>	640	40,3	70,2	--	12,8	--	--
Canafístula	871	52,0	84,9	--	14,6	--	--
<i>E. Camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	--	13,3	--	--
<i>E. Maculata</i>	931	63,5	115,6	--	18,1	--	--
Garapa Roraima	892	78,4	108,0	--	18,4	--	--
Bambu Laminado							
Colado (BLC)	790	65,5	143,7	98,9	18,1	20,6	13,6
Bambu scrimber	910	67,5	64,3	90,8	20,8	14,5	12,5

Fonte: Adaptado da NBR 7190:1997 – Anexo E

 ρ_{ap} é a massa específica aparente (kg/m³); f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras (MPa); f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras (MPa); f_{f0} é a resistência à flexão estática (MPa); E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal de compressão (GPa); E_{t0} é o módulo de elasticidade longitudinal de tração (GPa); E_{f0} é o módulo de elasticidade longitudinal de flexão (GPa).

Obs: O BLC utilizado como comparativo ao Bambu scrimber que consta nesta Tabela foi confeccionado com bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* e estudado por Pereira (2006a).

Apresentou resistência à compressão paralela às fibras da ordem de 67,5 MPa superior aos valores das madeiras coníferas e dicotiledôneas citadas, sendo sua compressão inferior apenas ao da madeira Garapa Roraima da ordem de 78,4 MPa. Porém, seu módulo de elasticidade longitudinal para à compressão de 20,8 GPa mostrou-se superior aos valores apresentados para as madeiras coníferas e dicotiledôneas nativa.

Este ainda apresentou valor de resistência à tração paralela às fibras da ordem de 64,3 MPa superior às seguintes madeiras coníferas: *Pinus bahamensis*, *Pinus hondurensis* e *Pinus oocarpa*, valor inferior às madeiras Pinheiro do Paraná, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, e mostrou-se similar ao valor encontrado para a madeira *Pinus caribea*, em relação às madeiras dicotiledôneas mostrou-se superior ao Cedro amargo e Cupiúba, entretanto, esse valor foi inferior as demais dicotiledôneas citadas. A referida norma NBR 7190:1997 – Anexo E, não especifica os valores para a resistência à flexão e nem os módulos de elasticidade longitudinal de tração e de flexão para as madeiras.

Em relação ao Bambu Laminado Colado (BLC) produzido com bambu da espécie *Dondreocalamus giganteus*, o Bambu scrimber confeccionado nesta pesquisa apresentou densidade aparente de 910 kg/m³ superior ao encontrado para o BLC que foi de 790 kg/m³, apresenta resistência à compressão paralela às fibras de 67,5 MPa, o valor é similar ao BLC cujo valor é de 65,5 MPa, sua resistência à tração paralela às fibras de 64,3 MPa é inferior ao valor de 143,7 MPa do BLC. Pode-se observar também que o Bambu scrimber possui resistência à flexão de 86,5 MPa próximo ao valor do BLC de 98,9 MPa, que seus módulos de elasticidade à compressão e flexão foram da ordem de 20,8 GPa e 12,4 GPa similares aos encontrados para o BLC que foram da ordem de 18,1 GPa e 13,6 GPa, em relação a tração paralela o módulo de elasticidade obtido foi de 14,5 GPa inferior ao valor do BLC com 20,6 GPa. Mediante ao exposto, observa-se que as diferenças encontradas são devido ao tipo de material que foram produzidos.

4.3 ANÁLISE DA MICROSCOPIA ÓPTICA

Mediante a análise da imagem da amostra obtida com a microscopia óptica com aumento de 500 μm (Figura 66), observa-se que o adesivo penetrou nos vasos próximos e distintos na linha de cola, contribuindo com uma melhor aderência dos

elementos anatômicos ao envolver os feixes de fibra e que a gramatura do adesivo foi suficientemente adequada para enlaçar os feixes e os vasos.

Figura 66 – Imagem obtida com a microscopia óptica com aumento de 500 μm .



Fonte: Autor

No Apêndice D encontram-se as demais imagens das amostras obtidas com a microscopia óptica com aumento de 500 μm , 200 μm e 100 μm , que possibilitaram constatar e analisar a interação adesivo x bambu, o quanto a cola aderiu as fibras e o modo como se comportou a penetração do adesivo com a prensagem.

5. CONCLUSÕES

O processo de produção do Bambu scrimber com ripas de bambu da espécie *Bambusa vulgaris*, proporcionaram o aproveitamento de 82,4% da matéria-prima, sendo uma alternativa viável e uma opção tecnológica quando comparado com outros materiais de construção.

O bloco de Bambu scrimber elaborado nesta pesquisa pode ser considerado um material de alta densidade com massa específica situada na faixa de 910 kg/m³.

O seu êxito implica na redução do consumo de madeira de reflorestamento como aproveitamento de um material que atende à legislação ambiental de forma a preservar o meio ambiente.

A gramatura do adesivo bicomponente de óleo de mamona e a pressão de colagem utilizadas mostraram-se satisfatórios para a produção do Bambu scrimber, pois o adesivo penetrou nos vasos próximos e distintos na linha de cola, contribuindo com uma melhor aderência dos elementos anatômicos ao envolver os feixes de fibra.

Os valores obtidos para o Bambu scrimber, em referência ao BLC fabricado com bambu da espécie *Dondreocalamus giganteus*, é de qualidade semelhante, com exceção da tração paralela às fibras que foi inferior; em relação às madeiras, suas qualidades são semelhantes ou em alguns casos superior às madeiras coníferas ou dicotiledôneas ou aquelas consideradas leves, sendo possível sua utilização na produção de mobiliários, estufas para plantações, construção civil leve e pisos, etc.

Embora para a produção deste produto não tenha utilizado uma espécie que geralmente se utiliza para essa finalidade, foram alcançados valores expressivos de resistência e módulo de elasticidade, com a sua junção ao adesivo à base de mamona.

Esse estudo será conveniente, quando houver uma normatização mundial para a sua fabricação e aplicação, pois a falta de critérios para seu dimensionamento dificultam a produção do material e análise dos resultados, já que cada pesquisador adota parâmetros diferentes, e também as particularidades de cada espécie de bambu envolvidos em sua produção, e os tipos de adesivos.

Para continuidade da pesquisa, sugere-se: produzir o Bambu scrimber com outras espécies de bambu e tipos diferentes de adesivo para maior abrangência da amostragem e melhorar o processo de produção, incluindo a investigação da influência do impacto do tratamento térmico (realização de ensaios de

envelhecimento, já que essa espécie de bambu é muito susceptível ao ataque de brocas, apesar de se esperar que o processo de prensagem a quente, com adesivo poliuretano à base de mamona, deva eliminar esse problema) para uma melhor compreensão na resistência do material.

Pôde-se observar que o produto Bambu scrimber possuem qualidades para sua industrialização, constituindo-se em um produto concorrente aos materiais convencionais que hoje dominam o mercado da construção civil, entretanto, deverão ser considerados para sua produção o estudo da viabilidade econômica (o cultivo do bambu, mão-de-obra, energia elétrica, adesivos, produtos químicos, a infra-estrutura necessária, rentabilidade, análises de mercado e a tendência do ramo de atuação).

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190/1997 – Anexos B e E: **Determinação das propriedades das madeiras para projeto de estruturas** – Rio de Janeiro, 1997.

ASHBY, M. e JOHNSON, K. **Materiais e Design**. Tradutor: Arlete Simille Marques. 2ªed. Editora Elsevier Ltda. p. 360. 2011.

BARELLI, B. G. P. **Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2009.

BRAGA, R. M.; SANTOS, K. R.; MOLINA, R. A. R.; NIERI, E.M.; MELO, L. A. de **Propagação vegetativa de *Bambusa vulgaris***. Brazilian Journal of Forestry Research. Pesq. Flor. Bras., Colombo, v. 37, n. 90, p. 229-234, abr./jun. 2017.

BRASIL. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, set. 2011. Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011. **Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm. Acesso em: 16 ago. 2017.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. **Bambu Laminado Colado (BLC)**. Floresta e Ambiente. V. 10, n.2, p.36 - 46, ago./dez. 2003.

BOWDEN, J. (2007). **The great scrimber Mystery**. In wood magazine 74: 20 – 21.

BUZIUQUIA, S.T., LOPES, P.V.F., ALMEIDA, A.K. et al. **Impacts of bamboo spreading: a review**. Biodivers Conserv 28, 3695–3711 (2019) doi:10.1007/s10531-019-01875-9.

CALIL, C.N. **Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo.** 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2011.

Campos, T. T. **Saiba tudo sobre como plantar bambu orgânico. 2019. 2 fotografias, color.** Disponível em: <<http://thiagoorganico.com/como-plantar-bambu-organico/>> Acesso em: 18 mar. 2019.

CARDOSO JR., R.C. **Arquitetura com Bambu.** 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – UNIDERP - UFRGS/ PROPARG - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2000.

CHAOWANA, P. **Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites.** Journal of Materials Science Research; Vol. 2, No. 2; 2013 ISSN 1927-0585 E-ISSN 1927-0593 Published by Canadian Center of Science and Education.

DILLARD, D. A. **Design of Adhesives Bonds: An Introduction.** Disponível em: https://www.adhesives.org/docs/default-documentlibrary/designofadhesivebonds-introduction.pdf?sfvrsn=75064837_0. 2009. Acesso em 27 jan. 2020.

DUNKY, M. **Adhesives in Wood Industry.** In: PIZZI, A. H.; MITTAL, K. L. Handbook of Wood Adhesive Technology. New York: Marcel Dekker, 2003. Cap. 47.

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.** 2014. 195 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

FLANDER, K. De; ROVERS, R. **One laminated bamboo-frame house per hectare per year.** Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 1, January 2009, Pages 210-218.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. **Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação**. 2017. Disponível em: Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação - Tarciso S. Filgueiras e Pedro Lage Viana - Acesso em: 27 nov. 2019.

FOLLRICH, J., VAY, O., VEIGEL, S., “**Bond strength of end-grain joints and its dependence on surface roughness and adhesive spread**”, Journal of wood science, v. 56, n. 5, pp. 429-434, 2010.

FRIHART, C. R. **Wood Adhesives: Past, Present, and Future**. Forest Products Society 2015. Forest Prod. J. 65(1/2):4–8. doi:10.13073/65.1-2.4

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P.; MOREIRA, L. E. **Bambu como Material de Engenharia**. In book: Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação, p. 305-348, 2017. Disponível em: https://issuu.com/editorascienza/docs/_volume_3 – Acessado em: 03 mai. 2019.

GONÇALVES, M.T.T.; PEREIRA, M.A.R.; GARBINO, L.V. **Métodos de ensaio de bambu laminado**. In: Anais do VIII EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Minas Gerais: Uberlândia, CD-ROM, 2002.

GRAÇA, V. L. **Bambu: Técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1988.

HARRIES K. A., SHARMA B., RICHARD M.J. **Structural use of full culm bamboo: the path to standardization**. International Journal of Architecture, Engineering and Construction. 1 (2) (2012), pp. 66-75. DOI:10.7492/IJAEC.2012.008.

HUANG, X.; LI F.; HOOP C. F. De; JIANG, Y.; XIE, J.; QI, J. **Analysis of Bambusa rigida Bamboo Culms between Internodes and Nodes: Anatomical Characteristics and Physical--Mechanical Properties**. Forest Products Journal, Summer, (Vol. 68, Issue 2.), 2018, p. 157+. Disponível em:

<https://link.gale.com/apps/doc/A581732430/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=1285a503>. Acesso em: 7 jan. 2020.

INBAR. The International Network on Bamboo and Rattan. **Priority species of bamboo and rattan**. New Delhi, India: INBAR-IDRC, 1994.

ITA CONSTRUTORA LTDA. **Madeira Laminada Colada**. (2014). Disponível em: <http://www.itaconstrutora.com.br/madeira-e-tecnologia/madeira-laminada-colada/> - Acesso em: 29 jan. 2020.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and building with bamboo**. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Technical report nº 20. Beijing. China. 2000.

KUMAR, A.; VLACH, T.; LAIBLOVA, L.; HROUDA, M.; KASAL, B.; TYWONIAK, J.; HAJEK, P. **Engineered bamboo scrimber: Influence of density on the mechanical and water absorption properties**. Construction and Building Materials. Volume 127. (2016) Pages 815-827.

LEFTERI, C. **Materiais em design: 112 materiais para design de produtos**. 1ª Ed. São Paulo, SP: Blucher, 2017.

LIESE, W. **Bamboos – Biology, silvics, properties, utilization**. GTZ, Germany, 132 p., 1985.

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

LIMA, D. M. de; AMORIM, M. M.; LIMA JR, H. C.; BARBOSA, N. P.; WILRICH, F. L. **Avaliação do desempenho estrutural de treliças Howe de Bambu Laminado Colado**. Ambient. Constr. vol.15 no.3 Porto Alegre jul./set. 2015.

LIU, X; SMITH, G.D.; JIANG, Z; BOCK, M. C. D.; BOECK, F.; FRITH, O.; GATÓO, A.; LIU, K.; MULLIGAN, H; SEMPLE, K. E.; SHARMA, B. and RAMAGE, M. **Engineered Bamboo Nomenclature**. 2016. BioResources 11 (1), 1141 – 1161.

LOESCHEN, D. **A history of adhesives**. 2019. Disponível em: <https://www.mixerdirect.com/blogs/mixer-direct-blog/a-history-of-adhesives>. Acesso em: 28 jan. 2020.

LUGT, P. van der; DOBBELSTEEN, A.A.J.F. van den; JANSSEN, J.J.A. **An environmental, economic and practical assessment of bamboos as a building material for supporting structures**. Constr Build Mater, 20 (2006), pp. 648-656.

MARÇAL, V. H. S. **Bambu pode suportar carga superior à do próprio aço**. Abril de 2015. Disponível em: www.aecweb.com.br/cont/m/rev/bambu-pode-suportar-carga-superior-a-do-proprio-aco_9455_0_1- Acesso em: 27 mar. 2019.

MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2007.

MORALES, E. A. M. **Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação de procedimentos metodológicos**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2002.

MUHAMMAD, A.; RAHMAN, MD. R.; HAMDAN, S.; SANAULLAH, K. **Recent developments in bamboo fiber-based composites: a review**. Polymer Bulletin. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018.

NAYAK, L.; MISHRA, S.P. **Fash Text** (2016) 3: 2. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40691-015-0054-5> - Acesso em: 05 nov. 2019.

ORTHEY, A.; BARAUNA, D.; RAZERA, D. L. **Processos do bambu laminado colado e sua aplicação no design de móveis**. 2015. 5º GAMPI Plural, UNIVILLE, Joinville, SC. 2015.

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

PLANFOR. PT. **Saiba tudo sobre os bambus. 1 fotografia, color**. Disponível em: <<https://www.planfor.pt/jardim-conselhos/saiba-tudo-sobre-os-bambus.html> - Acesso em: 18 mar. 2019.

PEIXOTO, L.K. **Sistema construtivo em bambu laminado colado: proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo warren**. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

PEREIRA, M. A. Dos R. **Projeto bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. 2012. 210 f. Tese (Livre-Docente, na disciplina Design e Construção com Bambu) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Bauru, São Paulo, 2012.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na UNESP/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica**. Relatório Fapesp (2003/04323-7), 2006a.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Livro: Bambu de corpo e alma**. 2ª ed. Bauru/SP – Editora Canal 6, p.352. 2016.

RAZAK, W.; MUSTAPA M. T.; SULAIMAN O.; MOHAMED A.; HASSAN A.; KHALID I. **Anatomical and Physical Properties of Cultivated Two- and Four-year-old *Bambusa vulgaris***. Sains Malaysiana 39(4) (2010): 571–579.

RECH, M. **Colagem da madeira**. Coleção Cartilhas Moveleiras, p. 68. Porto Alegre: SENAI – RS, 2007. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/AdrianoBolgenhagen/colagem-62272423>> - Acesso em: 17 agos. 2017.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu** – Dissertação (Mestrado na área de Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, São Paulo, 2003.

RUSCH, F.; HILLIG, É.; CEOLIN, G. B. **Anatomia de hastes adultas de bambu: uma revisão**. Pesquisa Florestal Brasileira - Brazilian Journal of Forestry Research, v. 38, e201701530, p. 1-10, 2018.

SADIKU, N.A.; BADA, S.O. **Technical rotation age for naturally-grown bambusa vulgaris for fibre, fuel and structural application**. Journal of Tropical Forest Science, Vol. 29, No. 4 (2017), pp. 541-548.

Schroder, S. **Amazing Facts about Bamboo**. (2016). Disponível em: <https://www.bambooiimport.com/en/blog/facts-about-bamboo> - Acesso em: 08 jan. 2020.

SLAMET, N. I. **Examining the potential of strand woven bamboo as an alternative to wood construction material in JAPAN**. 2012. 118 f. Research Report Presented to the Higher Degree Committee of Ritsumeikan Asia Pacific University in Partial of Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in International Cooperation Policy. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/60538565.pdf> Acesso em: 18 dez 2019.

SHARMA, B.; GATÓO A.; BOCK M.; RAMAGE M. **Engineered bamboo for Structural applications**. Construction and Building Materials 81, p. 66-73, 2015.

SONG, X.; ZHOU G.; JIANG H.; YU S.; FU, J.; LI, W.; WANG, W.; MA, Z.; PENG, C. **Carbon sequestration by Chinese bamboo forests and their ecological benefits:**

assessment of potential, problems, and future challenges. Environmental Reviews, 2011, 19(NA): 418-428, doi.org/10.1139/a11-015.

TELES, R. F. **Propriedades tecnológicas de vigas de madeira laminada colada produzidas com louro vermelho.** 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

TOMASI R., PARISI M. A., PIAZZA M. **Ductile design of glued-laminated timber beams.** Practice Periodical on Structural Design and Construction, vol. 14, no. 3, pp. 113–122, 2009.

VALE, A. T. do, MOREIRA, A. C. de O., MARTINS, I. S. **Avaliação do potencial energético de bambusa vulgaris em função da idade.** Floresta e Ambiente 2017; 24: e00123314.

VERDÉRIO JÚNIOR, S. A. **MADEIRA (propriedades, processos de fabricação e aplicações)** – Esláides apresentados na disciplina de Processos de Fabricação no curso de Engenharia de Produção da UNESP – Bauru/SP - 2013- Disponível em: <https://pt.slideshare.net/JuNNioRe/madeira-propriedades-processos-de-fabricao-e-aplicaes> - Acesso em: 12 mar. 2019.

YUE, Y. **Bamboo value chain in China and the importance of research for value chain development.** International Center for Bamboo and Rattan (ICBR). The 9th WBC, Antwerp, Belgium. April 2012. Disponível em: <<http://www.worldbamboo.net/wbcix/presentation/Yue%20Yongde%20INBAR.pdf>> - Acesso em: 15 fev. 2018.

YUEPING W.; GE W.; HAITAO C.; GENLIN T.; ZHENG L.; FENG X. Q.; XIANGQI Z.; XIAOJUN H.; XUSHAN G. **Structures of bamboo fiber for textiles.** Textile Research Journal (2010) Vol 80(4): 334–343 DOI: 10.1177/0040517509337633.

YU, Y.; Zhu R.; Wu B.; Hu Y.; Yu W. **Fabrication, material properties, and application of bamboo scrimber.** Wood Sci Technol (2015) 49:83–98_ Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

ZAKIKHANI P.; ZAHARI R.; SULTAN M.T.H.; MAJID D.L. **Extraction and preparation of bamboo fibre-reinforced composites.** International Journal of Materials and Metallurgical Engineering Vol:8, No:4, 2014.

ZHOU A.; BIAN Y. **Experimental Study on the Flexural Performance of Parallel Strand Bamboo Beams.** The Scientific World Journal. V. 2014, Article ID 181627, p. 6. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

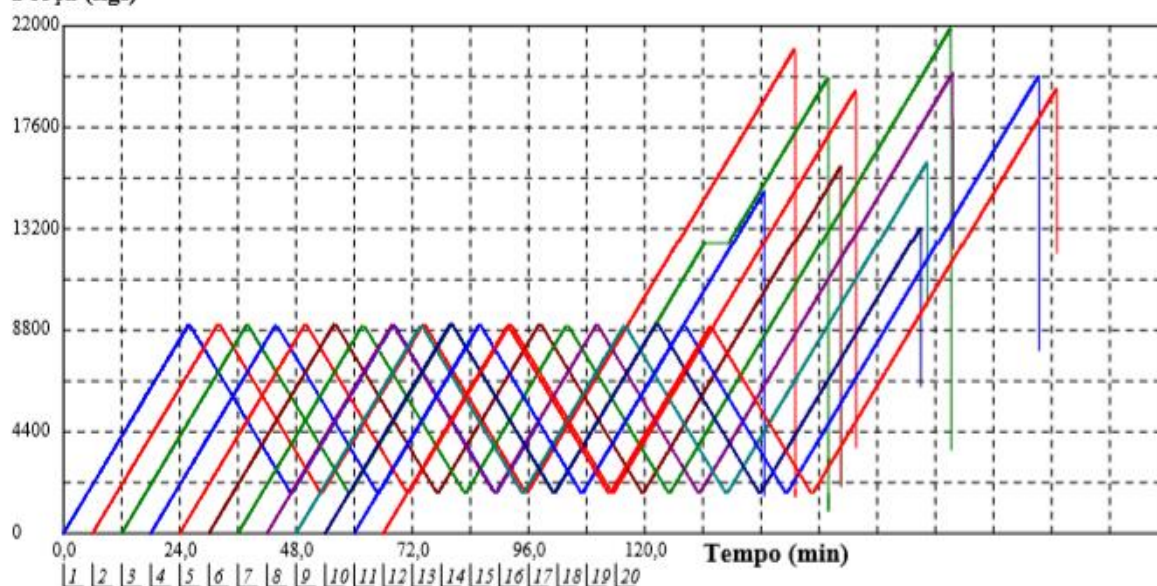
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 29** Extensômetro: **Trd 11** Data: **15/08/2018** Hora: **16:11:47** Trabalho n° **3458**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Bambú Lam Col compres paralela B**
 Ident. Amostra: >>>>>>>>>> Espécie: **Bambusa Vulgaris** Procedencia: **Unesp Bauru** Trabalho: **Vitor Manoel Salvadeo**

Corpo de Prova	Area (cm ²)	Ft0, estimado (kgf)	Ft0, max (kgf)	f _{t0} (MPa)	E _{t0} (MPa)
CP 1	25,45	18017	9043,81	34,85	21402
CP 2	25,55	18089	21019,06	80,68	30253
CP 3	25,45	18017	19786,00	76,24	18330
CP 4	25,40	17982	14850,70	57,34	12077
CP 5	25,50	18053	19195,44	73,82	20784
CP 6	25,55	18089	15939,18	61,18	29206
CP 7	25,40	17982	21904,91	84,57	25021
CP 8	25,45	18017	19980,48	76,99	17859
CP 9	25,35	17946	16106,17	62,31	17266
CP 10	25,60	18125	13251,08	50,76	22487
CP 11	25,45	18017	19820,62	76,37	15896
CP 12	25,25	17875	19300,31	74,96	19509
Número CPs	12	12	12	12	12
Média	25,45	18020	17520	67,51	20840
Desv. Padrão	0,09535	68,08	3761	14,53	5309
Coef. Var. (%)	0,3746	0,3778	21,47	21,52	25,48
Mínimo	25,25	17880	9044	34,85	12080
Máximo	25,60	18130	21900	84,57	30250

Força (kgf)



APÊNDICE B - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS

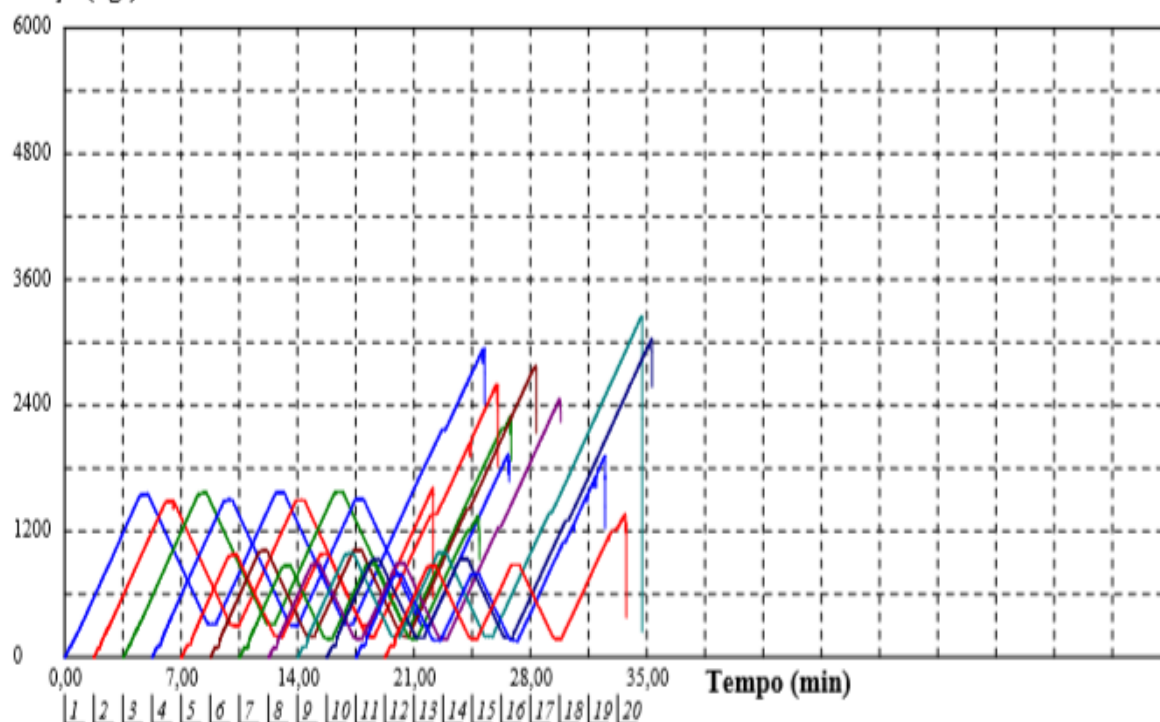
UNESP - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 29** Extensômetro: **Trd 12** Data: **27/08/2018** Hora: **10:20:58** Trabalho n° **3476**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Bambú Laminado Colado tração paralela B -Vitor**
 Ident. Amostra: > Espécie: **Bambusa Vulgaris** Procedência: **UNESP -BAURU** Trabalho: **Doutorado Vitor Manoel Salvadeo**

Corpo de Prova	Area (cm2)	Ft0,estimado (kgf)	Ft0,max (kgf)	f0 (MPa)	Et0 (MPa)
CP 1	3,63	2017	2949,78	79,69	17339
CP 2	3,46	1926	1617,95	45,86	10749
CP 3	3,64	2026	2296,08	61,86	13370
CP 4	3,48	1937	1934,61	54,52	13038
CP 5	3,56	1981	2605,62	71,78	14680
CP 6	3,68	2045	2777,70	74,02	18481
CP 7	3,22	1790	1352,19	41,18	12594
CP 8	3,24	1800	2468,16	74,70	15410
CP 9	3,60	2001	3254,22	88,65	13785
CP 10	3,38	1881	3040,40	88,21	17678
CP 11	3,41	1894	1924,43	55,34	16600
CP 12	3,80	2110	1369,50	35,34	9659
Número CPs	12	12	12	12	12
Média	3,508	1951	2299	64,26	14450
Desv.Padrão	0,1764	97,79	656,1	17,98	2768
Coef.Var.(%)	5,027	5,013	28,53	27,97	19,16
Mínimo	3,220	1790	1352	35,34	9659
Máximo	3,800	2110	3254	88,65	18480

Força (kgf)



APÊNDICE C - SCRIPT PARA OS ENSAIOS DE FLEXÃO

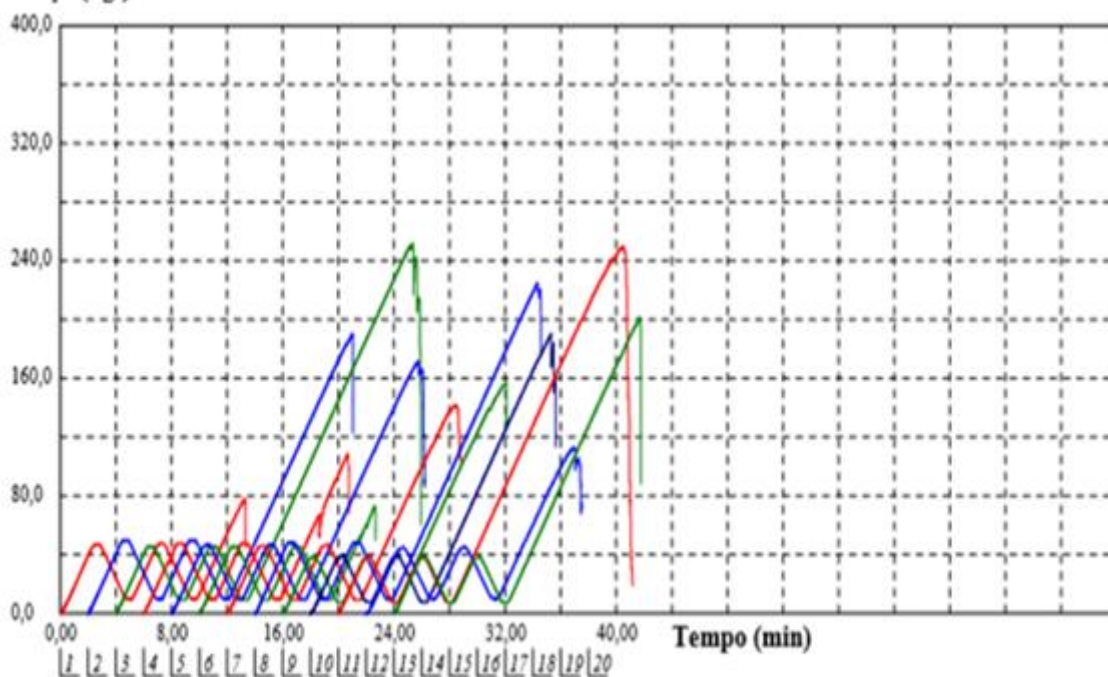
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **03/10/2018** Hora: **14:41:14** Trabalho n° **3528**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Bambú Lam Col flexão B Vitor**
 Ident. Amostra: > Espécie: **Bambusa Vulgaris** Procedência: **UNESP-BAURU** Interessado: **Doutorado Vitor Manoel Salvadeo**

Corpo de Prova	FM estimado	Força Máxima	desloc vertical 10%	flexa	desloc vertical 50%	Tensão na Força máxima	Modulo de Elasticidade na fase final do ensaio
	(kgf)	(kgf)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	96	78,08	-0,83627	-8,32	-4,76346	36,32	-7549,60
CP 2	100	190,57	-0,52092	-15,80	-2,94827	84,53	-11943,61
CP 3	92	251,98	-0,45086	-19,26	-2,48672	121,50	-14644,13
CP 4	96	108,61	-0,45927	-10,40	-3,13459	50,51	-11082,26
CP 5	94	171,78	-0,62626	-17,33	-3,47981	80,86	-10337,43
CP 6	92	73,56	-0,59260	-6,45	-3,46253	35,47	-10388,17
CP 7	93	141,89	-0,68049	-16,90	-3,35714	67,60	-11079,59
CP 8	97	224,98	-0,53301	-14,99	-2,44599	103,40	-15412,98
CP 9	77	156,87	-0,56723	-23,87	-3,01858	94,70	-14172,06
CP 10	78	190,43	-0,59493	-18,83	-3,11996	115,06	-14012,02
CP 11	76	249,64	-0,47779	-29,13	-2,54044	154,99	-17409,54
CP 12	92	112,99	-1,14857	-22,61	-6,57954	54,48	-5489,51
CP 13	76	201,95	-0,53930	-17,96	-2,63954	125,38	-17097,97
Número CPs	13	13	13	13	13	13	13
Média	89,15	165,6	-0,6175	-17,06	-3,383	86,52	-12360
Desv. Padrão	8,915	60,16	0,1898	6,263	1,138	37,01	3539
Coef. Var. (%)	9,999	36,32	-30,74	-36,70	-33,64	42,77	-28,64
Mínimo	76,00	73,56	-1,149	-29,13	-6,580	35,47	-17410
Máximo	100,0	252,0	-0,4509	-6,451	-2,446	155,0	-5490

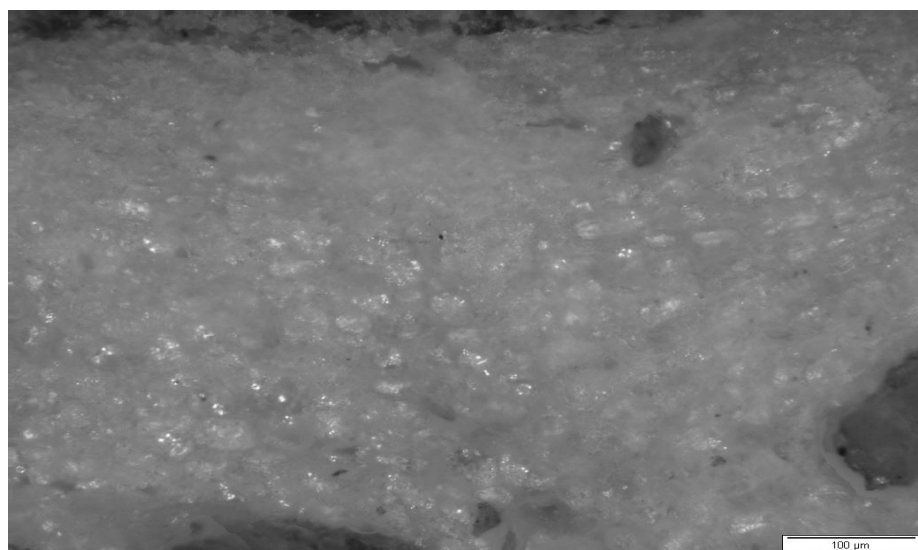
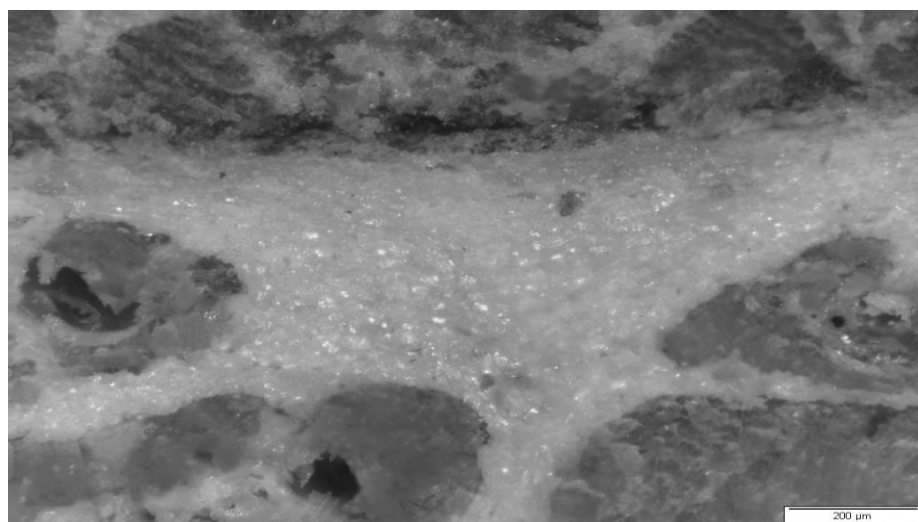
Força (kgf)



Observações: Colocou-se a sensibilidade para -1, para evitar rompimento prematuro por causa dos rompimentos dos nós; o corpo de prova (CP 6) foi descartado por possuir um valor para o MOR de 35,47 MPa inferior aos demais, sendo que, conforme comentado anteriormente, utilizou-se apenas 12 corpos de prova efetivamente para os ensaios mecânicos.

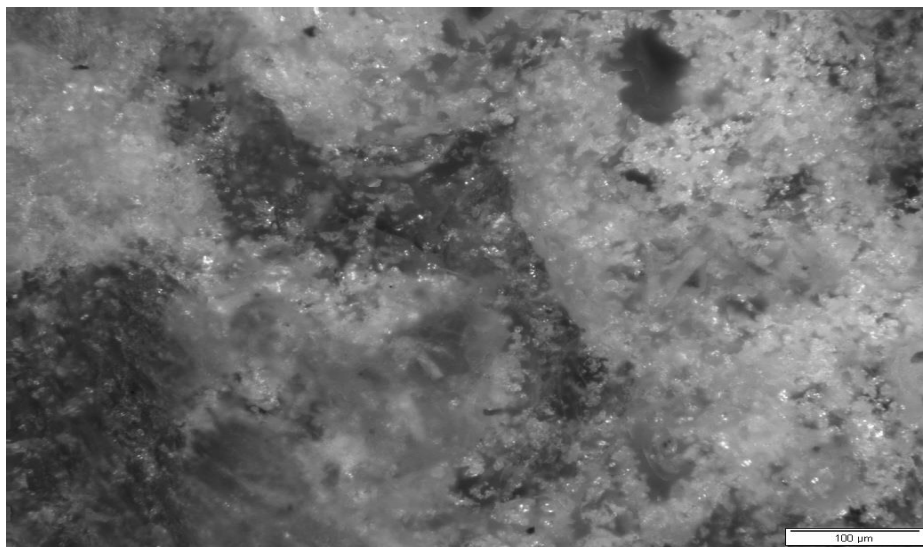
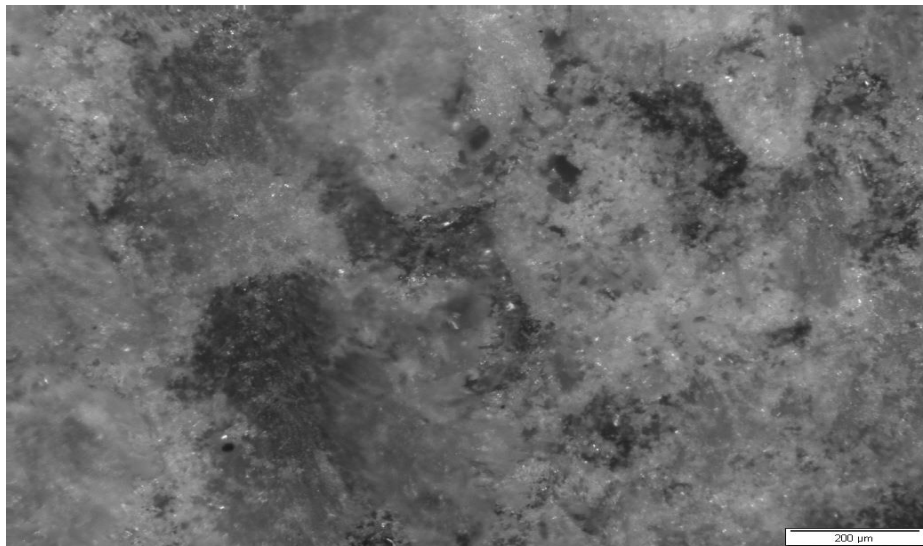
APÊNDICE D - IMAGENS OBTIDAS POR MICROSCOPIA ÓPTICA

Amostra1- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



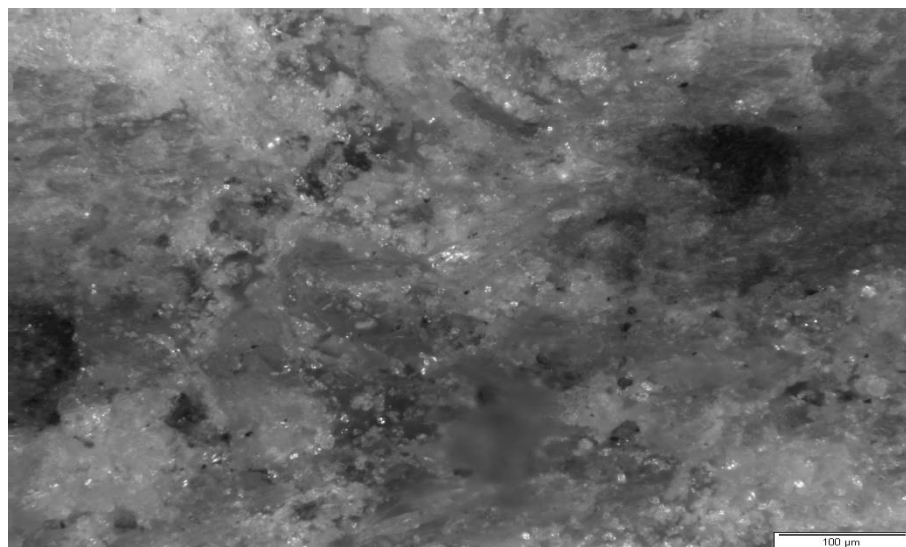
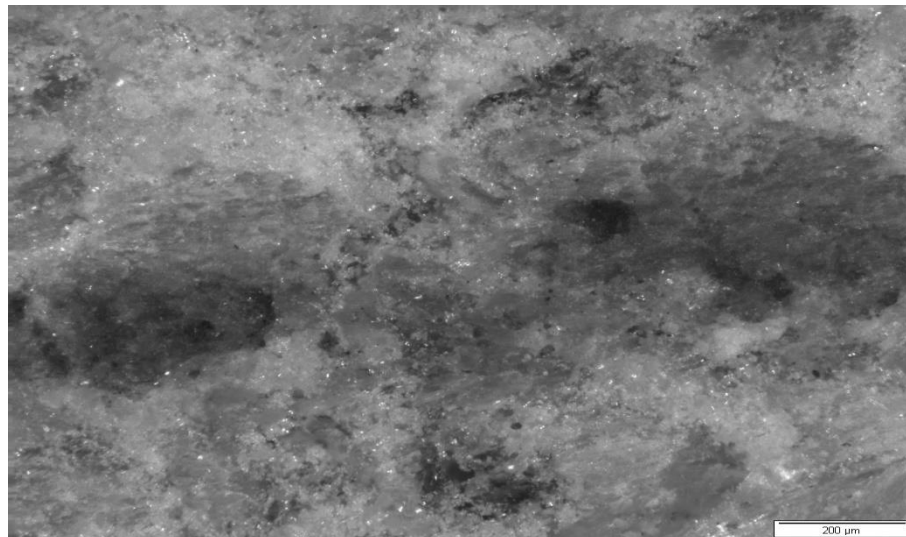
Fonte: Autor

Amostra 2- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



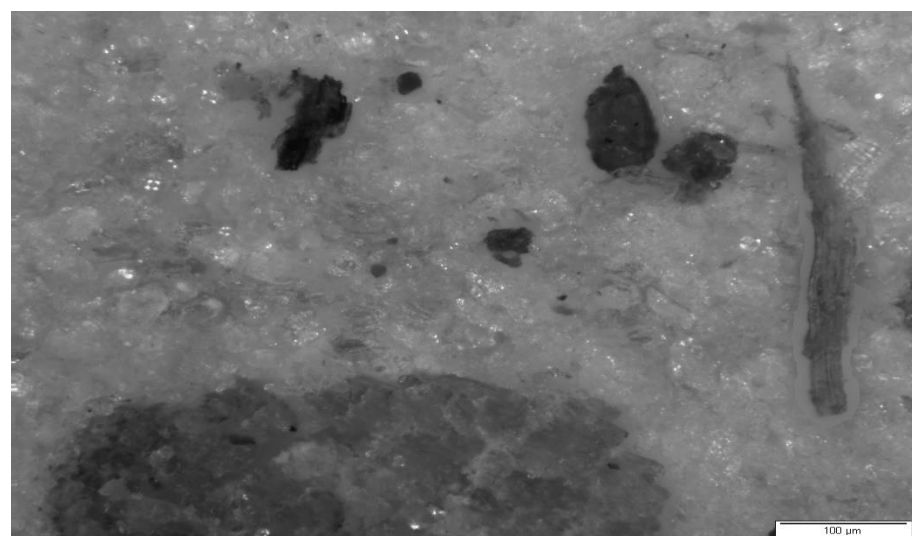
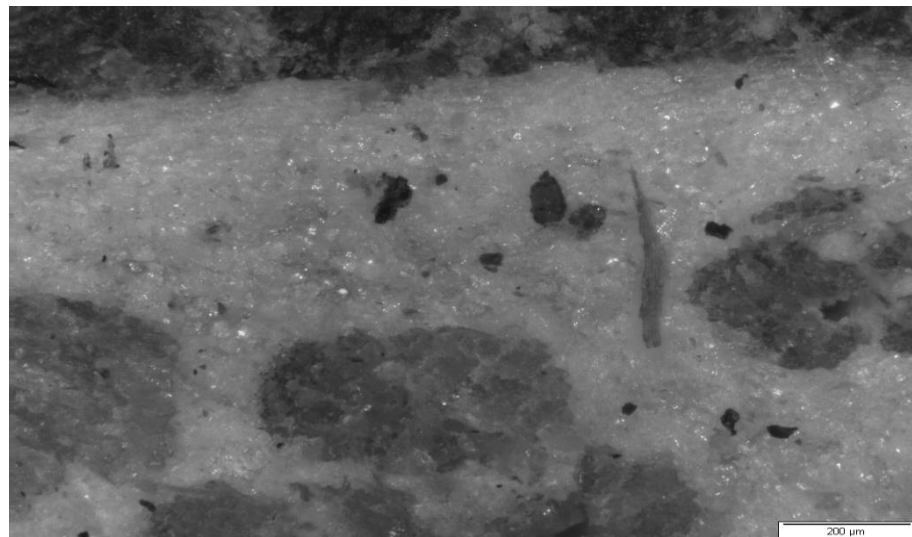
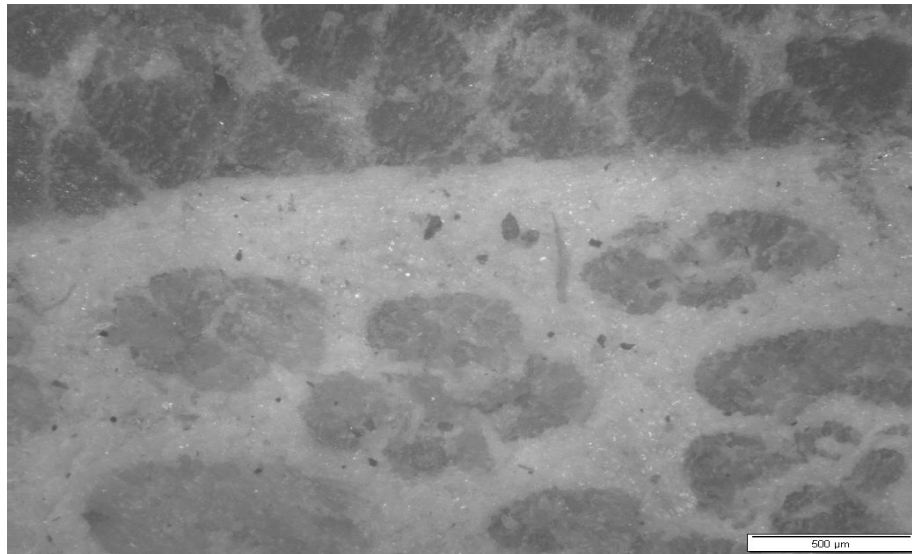
Fonte: Autor

Amostra 3- Ampliação 500µm, 200µm e 100µm



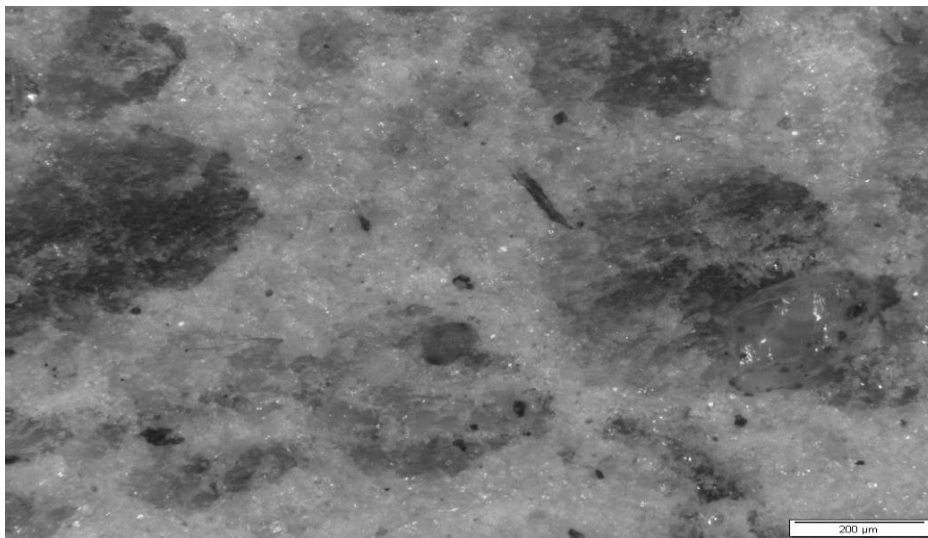
Fonte: Autor

Amostra 4- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



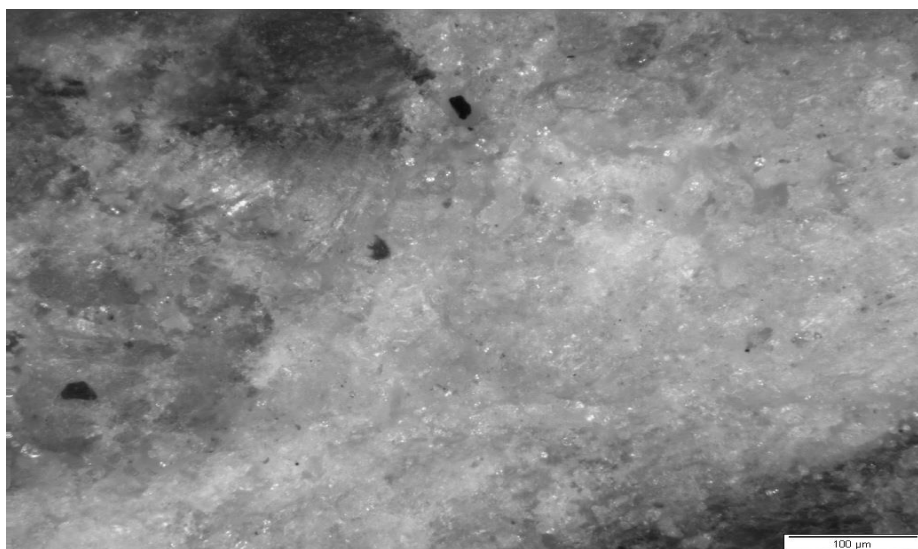
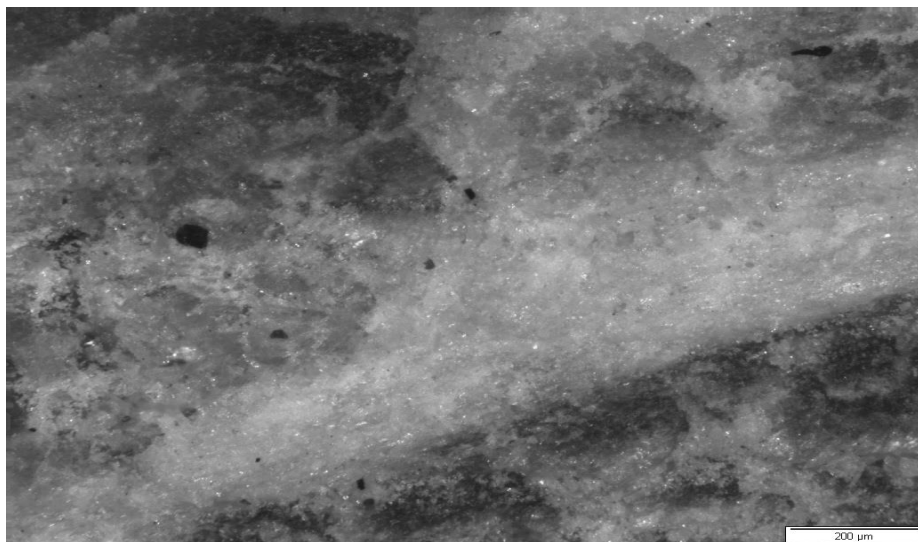
Fonte: Autor

Amostra 5- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



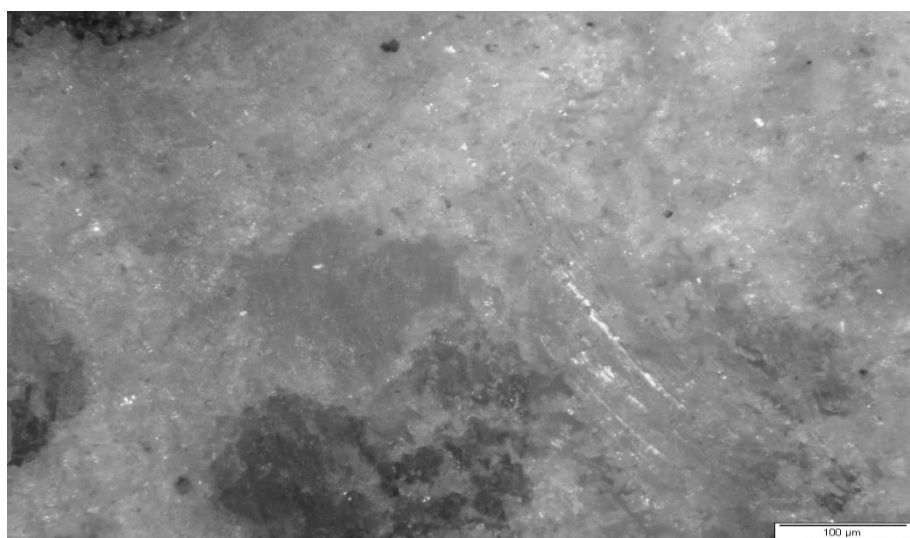
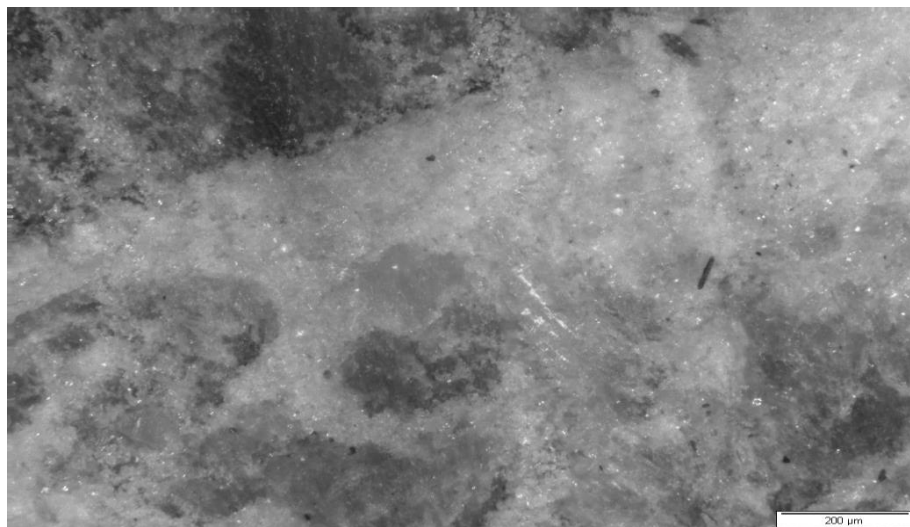
Fonte: Autor

Amostra 6- Ampliação 500µm, 200µm e 100µm



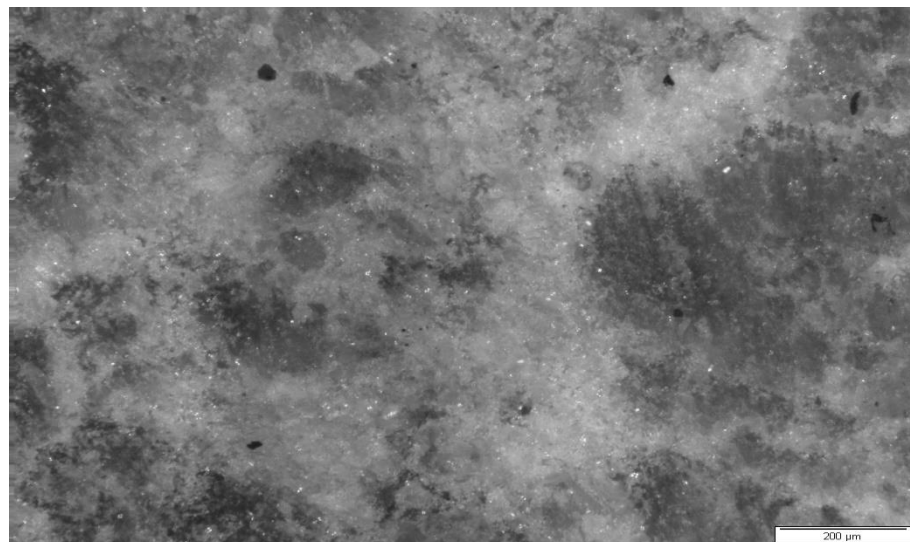
Fonte: Autor

Amostra 7- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



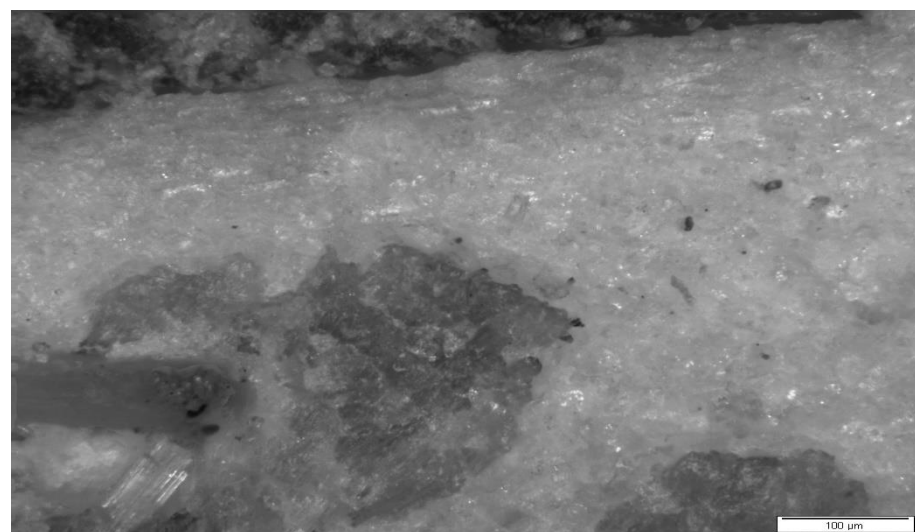
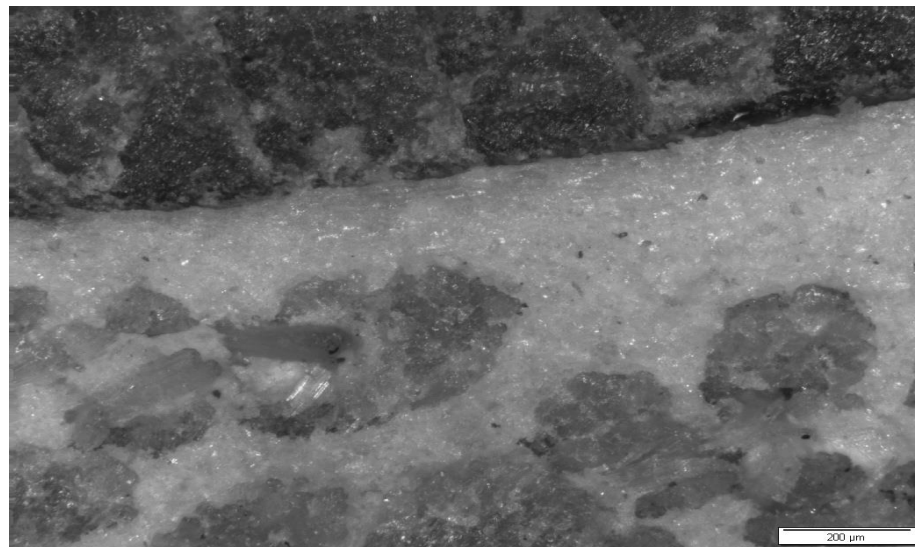
Fonte: Autor

Amostra 8- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



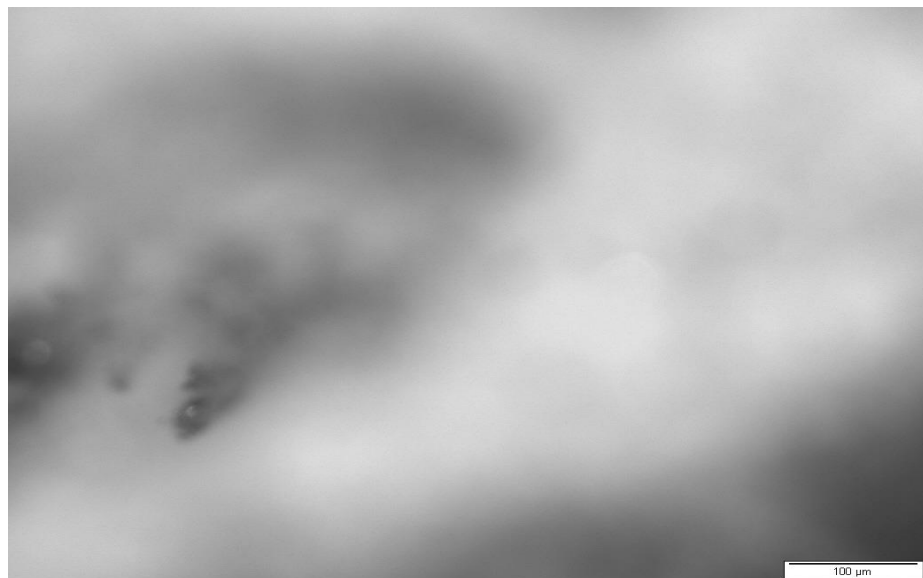
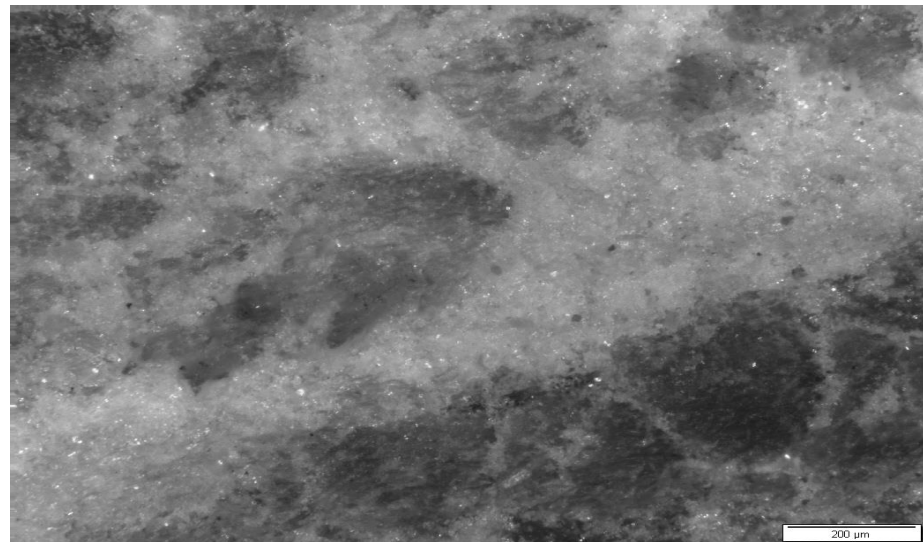
Fonte: Autor

Amostra 9- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



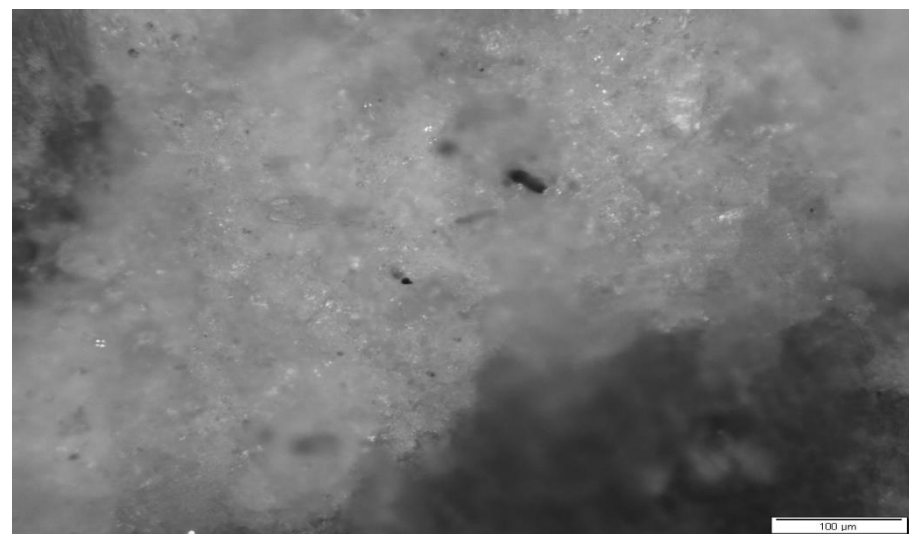
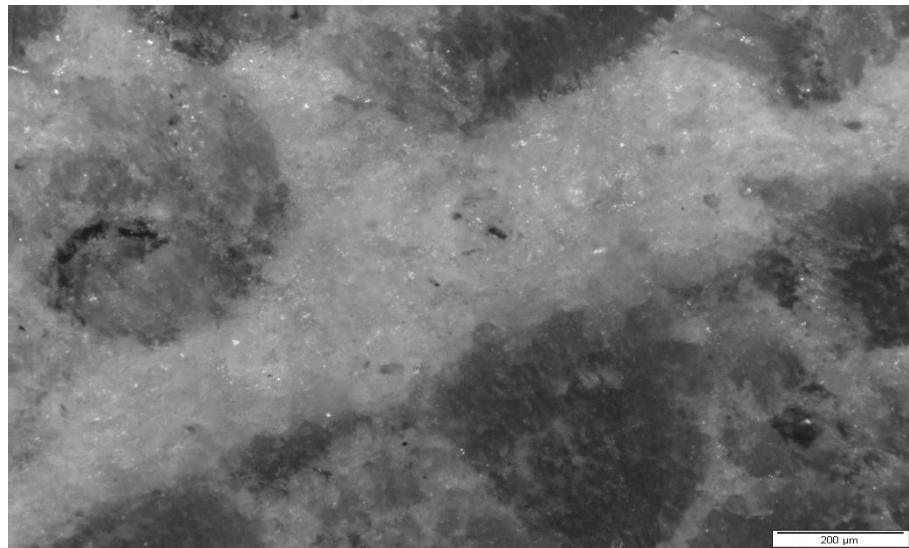
Fonte: Autor

Amostra 10- Ampliação 500µm, 200µm e 100µm



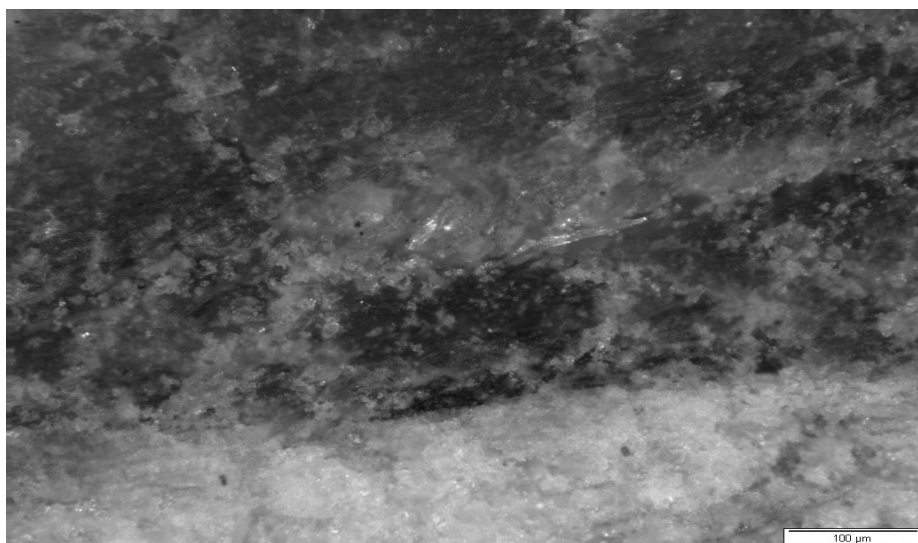
Fonte: Autor

Amostra 11- Ampliação 500µm, 200µm e 100µm



Fonte: Autor

Amostra 12- Ampliação 500 μ m, 200 μ m e 100 μ m



Fonte: Autor

ANEXOS

ANEXO A - CATÁLOGO FABRICANTE KEHL- ADESIVOS



Kehl Ind e Com Ltda – ME
R. Italo Paino, 700 / Jd. Industrial - São Carlos – SP
CEP 13564-610 Tel/Fax: (16) 3361-2122
kehl@kehl.ind.br - www.kehl.ind.br

Aglomerantes

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Os aglomerantes da KEHL são sistemas bi-componentes de poliuretano, com excelente aderência, resistência química e mecânica. Possui alto poder de impermeabilização.

Tabela 1

Código	Descrição
AG101	Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 1:1 em peso, aplicação externa
AG151	Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 1,5:1 em peso, aplicação interna
AG201	Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 2:1 em peso, aplicação externa
AG251	Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 2,5:1 em peso, aplicação externa
AG301	Sistema de aglomerante, com proporção componente B:A de 3:1 em peso, aplicação interna

CAMPOS DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado em: pó de madeira, fibras vegetais, pó cerâmico, etc (quase todo tipo de material triturado).

* Não tem boa aderência em Polietileno (PE)

QUALIDADE

Os aglomerantes foram testados sob as normas NBR-9779/87; NBR-9779/95 e NBR-10787/94. Testes os quais comprovam a capacidade de impermeabilização das resinas. Ensaio de desgaste por abrasão foram realizados no EPT S/A, onde verificou-se uma resistência entre bom e excelente, comprovando a qualidade dos impermeabilizantes.

VANTAGENS

- Poliól de fonte natural renovável;
- Não possui solventes;
- Impermeável;
- Alta resistência química e mecânica;

INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DOS PRODUTOS

PREPARO DOS PRODUTOS

- Cada produto deve ser preparado nas proporções indicadas na tabela de proporção abaixo em massa, utilizar kit de mistura fornecido ou balança. Os sistemas possuem dois componentes, A e B, que devem ser misturados no momento da utilização.
- Em seguida proceder a mistura dos componentes A e B nas quantidades necessárias para a aplicação, durante 2 minutos.
- Misture quantidades pequenas dos produtos. Preferencialmente o que vai ser utilizada em 30 minutos no máximo.
- Após a mistura do componente A, a reação de polimerização se inicia imediatamente e não cessa.
- Essa reação é exotérmica (libera calor), a temperatura da mistura ficará em torno de 45°C.
- Se o material possuir umidade, haverá expansão do aglomerante. Para não ocorrer esse efeito, é aconselhado uso de prensa.

ESTOCAGEM DOS PRODUTOS

Armazenar em local coberto seco e longe de fontes de calor, de ignição, nas embalagens originais e intactas. Não estocar junto com oxidantes fortes como cloro líquido ou oxigênio concentrado. A validade é de 3 (três) meses.

LIMPEZA DE FERRAMENTAS UTILIZADAS NA APLICAÇÃO

Antes da cura utilizar xilol ou outro solvente indicado pelo fabricante, após a cura somente com limpeza mecânica.

RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

- Diluir somente com solventes indicados pelo fabricante caso haja necessidade. O produto vendido não contém solventes.
- Manter as embalagens fechadas, longe de fonte de calor, e fora do alcance de crianças e animais domésticos.
- Manter o ambiente ventilado durante aplicação e secagem.
- Utilizar EPIs adequados para a manipulação e aplicação (óculo de segurança, luvas, máscara protetora).

CARACTERÍSTICAS DO AGLOMERANTE DE POLIURETANO

ENSAIO	RESULTADO
Densidade aparente do sistema	1,2 kg/L
Dureza shore A após cura inicial	40/60
Dureza shore A após cura total	95
Varição da dureza - mais de 50 C	20/30 pontos
Temperatura máxima de trabalho	80 C
Temperatura mínima de trabalho	-25 C
Efeitos de raios solares	sem alteração
Efeito de ácidos fortes diluídos	nenhuma ocorrência
Efeito de ácidos fortes concentrados	resistência moderada
Efeito de álcalis	pouco atacado
Alongamento	10%
Tensão na ruptura	3.000 psi
Secagem da superfície a 25 C	3 a 4 horas
Resiliência	Máx 10 %
Ancoragem ao cimento	30kg/cm
Ancoragem à metais	28kg/cm
Resistência a óleos e graxas	excelente
Resistência aos solventes clorados	moderada/baixa
Resistência a combustíveis	excelente
Absorção de água por imersão (NBR 9778)	%
Pedaços de concreto	4,7 – 5,7
Pedaços de concreto aglomerado	0,2 – 0,3
Absorção de água por capilaridade (NBR 9779)	g de água/cm ²
Pedaços de concreto	0,63-0,64
Pedaços de concreto aglomerado	0,0
Penetração de água sob pressão de 0,7 Mpa (NBR 10787)	mm
Pedaços de concreto	10,0
Pedaços de concreto aglomerado	0,0
Desgaste por abrasão (L.A. Falcão Bauer – C79)	mm
500 m	
Pedaços de concreto	0,5
Pedaços de concreto aglomerado	0,6
1000 m	
Pedaços de concreto	0,9
Pedaços de concreto aglomerado	1,2
Toxicidade aguda DL50 via oral (Método Litchfield e Wilcoxon)	Atóxico (> 5g/Kg)
Irritação cutânea primária (Método Draize)	Não irritante
Irritação ocular (Método Draize e US Consumer Prod. Safety Com.)	Não irritante

Ficha Técnica Componente A

1. Descrição

- Produto: Isocianato di ou polifuncional. Contém mistura e 4,4'-difenilmetano diisocianato.
- Aspecto: Líquido marrom escuro
- Densidade: 1,24 (aproximadamente)

2. Riscos

Fogo: Produto não inflamável.

Saúde: Produto irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele.

Meio Ambiente: Insolúvel em água, com a qual reage liberando CO₂. Produz resíduo inerte e não-biodegradável.

3. Em caso de acidente

Vazamento: Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. Descontamine o local com solução contendo 0,5% de detergente e 5% de hidróxido de amônio (5-10% de carbonato de sódio pode ser utilizado.)

Fogo: Extinção com espuma, CO₂ e pó químico e água.

4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação, não provoque vômito, procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. LD oral > 5.000 mg/Kg.

Ficha Técnica Componente B

1. Descrição

- Produto: Poliól para aglomerante, derivado de óleos vegetais. Pode possuir cargas minerais e pigmentos.
- Aspecto: Líquido colorido, com odor característico.
- Densidade: 1,0 (aproximadamente).

2. Riscos

Fogo: Produto não inflamável.

Saúde: Produto pouco irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele.

Meio Ambiente: Não causa efeitos adversos a longo para o meio ambiente. Água residuais para incêndio não causa poluição. Solúvel em água, com resíduos biodegradáveis.

3. Em caso de acidente

Vazamento: Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. O local pode ser limpo com água e detergente.

Fogo: Extinção com espuma, CO₂ e pó químico e água.

4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação não provoque vômito. Procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. Pouco tóxico por ingestão.