

(ORGANIZADORES)
LISIANE ILHA LIBRELOTTO
FABIANO OSTAPIV



BAMBU

**CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO BRASIL**

BAMBU

CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Bambu: Caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil

ORGANIZADORES: Fabiano Ostapiv | Lisiane Ilha Librelotto

PROJETO GRÁFICO E EDITORIAL: João Luiz Martins

CAPA: Foto – Fabiano Ostapiv | Design - João Luiz Martins

REVISÃO DE TEXTOS: Antonio Ludovico Beraldo (UNICAMP) | Lisiane Ilha Librelotto (UFSC) | João Luiz Martins (UFSC)

AUTORES

Alexandre Oliveira Vitor, Engenheiro Civil (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil). ale.o.vitor@gmail.com | **Andrea Jaramillo Benavides**, Arquiteta. Doutora em Arquitetura e Urbanismo (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil). Professora da Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Equador. andresalome@gmail.com; andrea.jaramillo@ute.edu.ec | **Antonio Ludovico Beraldo**, Engenheiro Agrícola, Doutor em Ciências da Madeira (Université de Lorraine, Nancy, France). Professor Titular Colaborador na Faculdade de Tecnologia da Unicamp, Limeira, SP. to.beraldo@gmail.com | **Celso Salamon**, Engenheiro Mecânico. Doutor em Engenharia Mecânica (Universidade Estadual Paulista). Atualmente é professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. salamon@utfpr.edu.br | **Fabiano Ostapiv**, Engenheiro Mecânico. Doutor em Engenharia Mecânica (Universidade Estadual Paulista). Atualmente é professor do departamento de mecânica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - unidade Pato Branco. fabianoostapiv@utfpr.edu.br | **Gabriel Fernandes dos Santos**, Doutorando, PPG Design/FAAC/Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, Brasil. gf.santos@unesp.br | **Gilberto Carbonari**, Prof. Dr., Universidade Estadual de Londrina, Depto. de Estruturas, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Londrina, Paraná, carbonari@uel.br | **Joana D'arc Pedrosa da Silva Ostapiv**, Bióloga (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil). **Lisiane Ilha Librelotto**, Engenheira Civil, Doutora em Engenharia de Produção (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis). Professora Adjunta da UFSC, no curso de Arquitetura e Urbanismo. lisiane.librelotto@gmail.com | **Marco Antonio dos Reis Pereira**, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Dep. Eng. Mecânica/FEB e PPG em Design/FAAC, Bauru, Brasil. pereira@feb.unesp.br | **Paulo Cesar Machado Ferroli**, Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia de Produção (Universidade Federal de Santa Catarina). Atualmente é professor associado I do CCE-EGR, curso de Design de Produto da UFSC. pcferroli@gmail.com | **Silvia Sasaoka**, Doutoranda, PPG Design/FAAC/Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, Brasil. silvia.sasaoka@gmail.com | **Sumara Lisbôa**, Arquiteta. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. arquitetasumara@gmail.com | **Tomas Queiroz Ferreira Barata**, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Dep. Design/FAAC e PG em Design/FAAC, Bauru, Brasil. barata@faac.unesp.br

COMITÊ EDITORIAL E CIENTÍFICO

Dr. Andrea Jaramillo – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina | Dr. Antonio Ludovico Beraldo- UNICAMP – Universidade Federal de Campinas | Dr. Celso Salamon – UTFPR – Universidade Tecnológica do Paraná | Dr. Fabiano Ostapiv - UTFPR – Universidade Tecnológica do Paraná | Dr. Gilberto Carbonari – UEL – Universidade Estadual de Londrina | Dra. Lisiane Ilha Librelotto – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina | Dr. Paulo Cesar Machado Ferroli – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina | Arq. Sumara Lisboa – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina | Dr. Tomas Barata – UNESP – Universidade Estadual Paulista

FICHA CATÁLOGRÁFICA

CATALOGAÇÃO NA FONTE PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

B199

Bambu [recurso eletrônico] : caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil / organizadores, Fabiano Ostapiv, Lisiane Ilha Librelotto. – Dados eletrônicos. – 1. ed. – Florianópolis : Grupo de Pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019. 204 p. : ils.

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-80460-04-5

1. Bambu. 2. Bambu – Identificação - Brasil. 3. Bambu – Cultivo. 3 Bambu –Uso. 4. Bambu – Doenças e pragas.
I. Ostapiv, Fabiano. II. Librelotto, Lisiane Ilha.

CDU: 633.584.5

LISIANE ILHA LIBRELOTTO
FABIANO OSTAPIV
(ORGANIZADORES)

BAMBU

CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO BRASIL

PRIMEIRA EDIÇÃO

FLORIANÓPOLIS
UFSC
GRUPO DE PESQUISA VIRTUHAB
2019

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO por Lisiane Ilha Librelotto, Paulo Ferroli, Fabiano Ostapiv e Antonio Ludovico Beraldo	10
CAPÍTULO 1 – OS PRINCIPAIS BAMBUS NO BRASIL por Fabiano Ostapiv	13
1.1. O bambu no mundo	14
1.2. Bambus nativos do Brasil	14
1.3. Principais bambus exóticos de interesse econômico e tecnológico no Brasil	17
1.3.1. <i>Dendrocalamus asper</i> (Bambu gigante)	18
1.3.2. <i>Bambusa vulgaris</i> (Bambu-açu)	21
1.3.3. <i>Bambusa tuldoides</i> (Taquara)	22
1.3.4. <i>Bambusa vulgaris vittata</i> (Bambu verde-amarelo)	23
1.3.5. <i>Phyllostachys pubescens</i> (Bambu mossô)	24
1.3.6. <i>Phyllostachys aurea</i> (Cana-da-Índia)	25
1.3.7. <i>Guadua angustifolia</i>	27
1.4. Considerações finais ao capítulo	28
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS BAMBUS por Fabiano Ostapiv e Joana D'arc Pedroso da Silva Ostapiv	29
2.1. Rizomas	30
2.1.1. Rizomas paquimorfos – comportamento entouceirante	31
2.1.2. Rizomas leptomorfos – comportamento alastrante	31
2.2. Colmos	32
2.2.1. Nós e diafragmas	34
2.2.2. Parede do colmo	34
2.3. Gemas ou botões germinativos	35
2.4. Galhos	36
2.5. Folhas do bambu	37
2.5.1. Bainhas (folhas de caule)	37
2.5.2. Folhas dos galhos	38
2.6. Sistemas de raízes nos bambus	39
2.7. Órgãos reprodutivos	40
2.7.1. Inflorescências	40
2.7.2. Sementes	41
2.8. Considerações finais ao capítulo	41
CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS E MECÂNICAS DO BAMBU E ENSAIOS PARA SUA DETERMINAÇÃO por Antonio L. Beraldo e Gilberto Carbonari	43
3.1. Propriedades fundamentais do bambu	44
3.1.1. Propriedades anatômicas	44
3.1.2. Propriedades físicas	46
3.1.3. Propriedades químicas	50
3.1.4. Propriedades mecânicas	50
3.1.5. Considerações sobre as propriedades do bambu	56
3.2. Ensaio para determinação das propriedades mecânicas de algumas espécies de bambu	57
3.2.1. Ensaio Mecânicos	57

3.2.2. Considerações quanto aos ensaios do bambu em laboratório	66
3.3. Ensaios não destrutivos e ensaios de campo	67
3.3.1. Ensaios não destrutivos (END) aplicados ao bambu	67
3.3.2. Ensaio de campo	67
3.3.3. Moiré de sombra	67
3.3.4. Frequência de ressonância	68
3.3.5. Considerações finais ao ensaios de campo	69

CAPÍTULO 4 – INSETOS E PRAGAS QUE ATACAM O BAMBU | por Fabiano Ostapiv e

Joana D'arc Pedrosa da Silva Ostapiv	71
4.1. O caso de ataque de insetos numa touceira de <i>bambusa tuldoides</i>	74
4.2. O caso do ataque de insetos na espécie <i>bambusa vulgaris</i>	76
4.3. O caso de ataque a produtos acabados, elementos modulares de bambu e madeira	77
4.4. Considerações finais ao capítulo	79

CAPÍTULO 5 – A CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU | por Alexandre Oliveira Vitor, Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferrolli

5.1. Produção no local do cultivo	84
5.1.1. Plantio, silvicultura e mapeamento de florestas e touceiras	84
5.1.2. Corte	85
5.1.3. Cura e tratamento	86
5.1.4. Secagem	86
5.2. Peças produzidas com bambu	89
5.3. Componentes para construção com bambu	91
5.3.1. Coberturas	91
5.3.2. Painéis de fechamento	93
5.3.3. Ligações em peças de bambu	95
5.4. A transformação industrial do bambu	96
5.5. Comercialização e Consumo	97
5.6. A cadeia produtiva na construção de protótipo na UFSC	101
5.6.1. Conhecendo o protótipo	101
5.6.2. A cadeia produtiva para a construção do protótipo	107
5.6.3. A viabilidade da construção e considerações sobre a cadeia produtiva	111
5.7. Considerações finais ao capítulo	112

CAPÍTULO 6 – TRATAMENTO E PRESERVAÇÃO DOS COLMOS | por Gilberto Carbonari e

Lisiane Ilha Librelotto	115
6.1. Tipos de Tratamentos	116
6.2. Tratamento natural com tanino	120
6.2.1. Por que a ideia inovadora de usar o tanino como tratamento do bambu	120
6.2.2. Como é possível injetar o composto de água+tanino nos tecidos do bambu	121
6.2.3. Comprovação da eficiência do tratamento segundo o estado dos colmos de bambu	122
6.2.4. Comprovação da eficiência do tratamento segundo análise do composto passante coletado na saída dos colmos de bambu	122
6.2.5. Análise de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) nos bambus tratados e não tratados, logo após o corte e após dois anos cortados	123
6.3. Considerações finais ao capítulo	125

CAPÍTULO 7 – PROCESSOS DE MANUFATURA PARA O BAMBU | por Celso Salamon e

Fabiano Ostapiv	127
7.1. Introdução aos processos de transformação do bambu	128
7.1.1. Processos de fabricação relevantes para o bambu	129
7.1.2. Processamento inicial do bambu (processos primários)	130
7.2. Ferramentas e equipamentos básicos mais comuns	132
7.2.1. Ferramentas e dispositivos manuais e elétricos	132
7.2.2. Ferramentas e processos manuais especializados	133
7.3. Máquinas e equipamentos especializados	134
7.3.1. Faca múltipla (estrela) mecanizada	134
7.3.2. Faqueamento longitudinal	135
7.3.3. Corte com serra refiladeira dupla (serra paralela)	136
7.3.4. Planificação por fendilhamento longitudinal e compressão	138
7.3.5. Fresadora/plaina	140
7.3.6. Laminação por torneamento	141
7.3.7. Maquinário industrial para madeira	142
7.3.8. Outros processos básicos de interesse para transformar bambu em produtos industrializados	143
7.4. Exemplos de produtos/processos de fabricação para o bambu	146
7.5. Considerações finais ao capítulo	148

CAPÍTULO 8 – O DESIGN DE PRODUTOS COM BAMBU | por Silvia Sasaoka, Gabriel Fernandes dos Santos,

Tomas Queiroz Ferreira Barata, Marco Antônio dos Reis Pereira	151
8.1. Introdução ao uso do Bambu como material para o design	152
8.2. Aplicações do Bambu no Design	153
8.3. Processamento do colmo de Bambu	154
8.4. Aplicação do BLaC ou bambu laminado colado no design de produtos	155
8.4.1. Chaise quatro estações	157
8.4.2. Andador Ortopédico Curvado	158
8.4.3. Cadeira curvada	159
8.4.4. Banquinho caboco	160
8.4.5. Protebam	161
8.4.6. Rigid Flat Foldable Arc	162
8.4.7. Ocala - Linha de óculos de sol em bambu laminado colado	163
8.4.8 Banco com assento redondo de bambu	164
8.4.9. Mesa de centro em BLaC e aglomerado	165
8.4.10. Quadro de Triciclo em BLaC	166
8.4.11. Palmilha plataforma em BLaC	167
8.5. Considerações finais ao capítulo	168

CAPÍTULO 9 – CONSTRUÇÃO COM BAMBU NO BRASIL | por Andrea Jaramillo Benavides

e Sumara Lisboa	169
9.1. Edificações em bambu no Brasil	170
9.1.1. Região Centro Oeste	170
9.1.1.1. Memorial da cultura indígena - Mato Grosso do Sul	170
9.1.1.2. Centro de educação SINPRO - Distrito Federal	172
9.1.2. Região Norte	173
9.1.2.1. Parque ambiental Padre Paolino Baldazari - Acre	173
9.1.2.2. Quisque de bambu, Rio Branco - Acre	176

9.1.3. Região Nordeste	178
9.1.3.1. Estandes de feira - Paraíba	178
9.1.3.2. Estrutura em bambu com forma de folha - Bahia	180
9.1.4. Região Leste	181
9.1.4.1. Centro de Cultura Max Feffer - São Paulo	181
9.1.4.2. Cúpula do anfiteatro Junito Brandão - Rio de Janeiro	182
9.1.5. Região Sul	184
9.1.5.1. Espaço para oficinas sobre educação ambiental - Paraná	184
9.1.5.2. Espaço agroecologia - Paraná	186
9.2. Considerações finais ao capítulo	188

CAPÍTULO 10 – PERSPECTIVAS PARA O USO DO BAMBU NO BRASIL por Antonio Ludovico Beraldo, Lisiane Ilha Librelotto e Andrea Jaramillo Benavides	190
---	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
Capítulo 1 - Os principais bambus no Brasil	194
Capítulo 2 - Características biológicas dos bambus	194
Capítulo 3 - Propriedades anatômicas, físicas, químicas, mecânicas do bambu e ensaios para sua determinação	195
Capítulo 4 - Insetos e pragas que atacam o bambu	196
Capítulo 5 - Cadeia produtiva do bambu	196
Capítulo 6 - Tratamentos e preservação dos colmos	198
Capítulo 7 - Processos de manufatura para o bambu	198
Capítulo 8 - Usos e produtos de bambu	199
Capítulo 9 - Construção com bambu no brasil	200

APRESENTAÇÃO

A história do Brasil foi marcada por várias eras, ou por variados períodos de tempo onde havia a predominância da exploração das riquezas naturais ou até mesmo daquelas originadas de plantas exóticas que por aqui se aclimataram de forma impressionante.

O próprio nome de nosso país – Brasil, refere-se à árvore símbolo – o Pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) que predominava na costa Atlântica. Por ser motivo de intensa exploração por parte dos conquistadores portugueses, visando à produção do corante dela extraído, a brasileína, pode-se afirmar que se tratou da “era do pau-brasil”, durando mais de três séculos.

Posteriormente, a cana-de-açúcar, originária de colônias portuguesas na Ásia, foi introduzida em Pernambuco e em São Vicente (SP), dando início à primeira “era da cana-de-açúcar”.

Concomitantemente com a cana-de-açúcar, ocorreu a “era dos metais e das pedras preciosas”, que iniciou-se em Minas Gerais e, depois, a partir de São Paulo, originou as famosas explorações em direção a Goiás e Mato Grosso – as bandeiras.

Então, uma planta arbustiva africana e trazida das Guianas fez com que no Vale do Paraíba se iniciasse um ciclo que persistiria até os dias de hoje – a “era do café”, pois o Brasil ainda é o maior produtor mundial da bebida extraída dessa planta.

Além da importância do café e de outras plantas exóticas, tais como a laranja, a soja e o sorgo, e novamente a cana-de-açúcar, o Brasil hoje é uma potência no agronegócio, responsável ainda pela maior produção mundial de proteína animal e pela produção de etanol. Trata-se, portanto da “era do agronegócio”.

No entanto, contrariamente ao que ocorre em uma série de países asiáticos e em parte da América Latina, no Brasil ainda não se valorizou uma matéria-prima disponível e que encontra uma multiplicidade de aplicações possíveis – o bambu.

Apesar de ter a segunda maior biodiversidade em bambus no mundo, sendo superado apenas pela China, existem poucos estudos sobre os bambus nativos brasileiros. E mesmo antes de conhecermos melhor as suas características e usos, como por exemplo o uso medicinal destas plantas, muitas espécies poderão desaparecer.

Diferente de outras cadeias produtivas brasileiras, no qual o meio empresarial e governamental são determinantes, no caso do bambu é a academia, através de suas pesquisas, que tem sido protagonista neste esforço para estabelecer o ciclo econômico do bambu no Brasil. Porém, um dos motivos que ainda impedem que o bambu possa vir a ser explorado de forma economicamente rentável refere-se à falta de informações na forma de livros, de manuais, de boletins técnicos, que possam vir a atender às necessidades dos usuários, destacando as vantagens apresentadas pelo material em uma infinidade de aplicações.

Por aliar leveza com elevada resistência mecânica, o bambu pode ser considerado “um compósito natural”, podendo, na maioria das situações, substituir os materiais convencionais, tais como, o concreto e o aço. Além disso, permite sequestrar de forma eficiente o gás carbônico gerado pelas diversas atividades industriais.

Dessa forma, torna-se muito importante essa iniciativa da UFSC, com apoio da UTFPR, ao organizar a presente obra, nela inserindo a colaboração de pesquisadores voltados para a caracterização dessa matéria-prima e dos produtos dela obtidos, descrição das pragas que atacam o bambu e forma de combatê-las, de modo que o material seja confiável ao usuário. As propriedades, o ciclo produtivo e os processos de transformação dos colmos de bambu são também abordados nesta obra, salientando o uso de processos racionalizados e de equipamentos seguros.

Neste livro os autores buscaram uma linguagem acessível tentando dominar, mas sem abandonar por completo, a compulsão pelos rigores da escrita acadêmica. Considerando a importância do bambu, como fonte rica de matéria-prima para os diversos usos que procuramos ilustrar ao longo destes capítulos, tentamos fazer jus à responsabilidade de disseminar o conhecimento sobre esta planta. De forma alguma foi intuito dos autores esgotar o assunto, até porque o bambu apresenta tantas possibilidades de usos, tantas espécies e um potencial ainda maior de desenvolvimento de soluções para agronomia, engenharia, arquitetura, medicina, artes, artesanias e indústria, que uma mera tentativa neste sentido tornar-se-ia por si só improdutiva.

Iniciamos a organização desta publicação no ano de 2018, após a realização do ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Desde a retomada do evento em 2016, formou-se uma rede de colaborações envolvendo a participação de pesquisadores deste tema que encontravam-se dispersos nos estados brasileiros de Santa Catarina, no Paraná e em São Paulo. Uns com profunda experiência no assunto e outros a enveredar no tema, nas diferentes áreas que envolvem suas pesquisas desde a biologia, o cultivo e propagação, o beneficiamento, o uso do material em produtos de design de alta valor agregado ou como componentes para construção de edifícios. De sorte que o ENSUS tem sido o palco de palestras, oficinas e uma importante via de disseminação do conhecimento, troca de experiências e berço desta publicação. Dele nasceu esta ideia, ancorada por atividades práticas, pesquisas de iniciação científica, mestrados e doutorados, das quais tentamos destacar um pouco nos capítulos que seguem.

No capítulo 1 contextualizou-se o bambu no mundo, destacando-se as principais espécies de BAMBUS NATIVOS DO BRASIL e as principais espécies exóticas de interesse econômico e tecnológico no país, como *Dendrocalamus asper* (Bambu gigante), *Bambusa vulgaris* (Bambu-açu), *Bambusa tuldoides* (Taquara), *Bambusa vulgaris vittata* (Bambu verde-amarelo), *Phyllostachys pubescens* (Bambu mossô), *Phyllostachys aurea* (Cana-da-Índia) e *Guadua angustifolia*.

O capítulo 2 trouxe as CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS BAMBUS, com a estrutura da planta: rizomas (paquimorfos e leptomorfos), os colmos, gemas ou botões germinativos, galhos e folhas do bambu, seu sistema de raízes, órgãos reprodutivos, inflorescências e sementes. Desta forma, tentamos propiciar ao leitor uma visão geral que possibilite entender um pouco das peculiaridades deste vegetal.

As PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS E MECÂNICAS DO BAMBU são apresentadas no capítulo 3. O entendimento destas propriedades é demonstrado pela realização de ensaios em algumas espécies de bambus.

Para o capítulo 4 reservou-se os conteúdos relativos aos agentes patógenos naturais da planta e características do ataque desses insetos à algumas espécies de bambus.

O capítulo 5 traz a cadeia produtiva e suas etapas, apontando possibilidades para seu maior desenvolvimento. Ao conhecermos a prática da execução de um protótipo habitacional na Universidade Federal de Santa Catarina, pode-se perceber a fragilidade da cadeia que requer o envolvimento do profissional projetista em todas as etapas, da colheita, ao tratamento, do projeto à construção, incluindo nisto a transferência de tecnologia para os colaboradores.

As possibilidades de tratamento são exploradas no capítulo 6, passando por aqueles com baixo nível tecnologia pela simples cura na mata até o uso de equipamentos para impregnação de materiais inseticidas e impermeabilizantes. Destacamos neste capítulo as pesquisas e indicação de patente para o tratamento utilizando o tanino.

Os processos de transformação que compõem a etapa industrial da cadeia produtiva, são descritos com bastante precisão no capítulo 7, que aborda desde simples ferramentas de corte até máquinas e equipamentos desenvolvidos para laminação e beneficiamento do bambu.

Os capítulos 8 e capítulos 9 abordam as duas maiores possibilidades de emprego do bambu, o design de produtos e a construção de edificações. Diversos casos de projeto de produtos e edificações são apresentados.

Por fim, o capítulo 10 traz as potencialidade para o desenvolvimento mais sustentável empregando o bambu. Esse esforço conjunto de diversos pesquisadores, aliado à aprovação de normas específicas o uso do bambu no Brasil, permitirá que, enfim, seja atingida no país a “era do bambu”.

A close-up, vertical photograph of several bamboo stalks. The stalks are dark green to brownish, showing their segmented structure with distinct nodes. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, creating a textured and somewhat moody atmosphere. The background is blurred, focusing attention on the foreground stalks.

CAPÍTULO 1

OS PRINCIPAIS BAMBUS NO BRASIL

FABIANO OSTAPIV

1.1. O BAMBU NO MUNDO

O bambu é uma gramínea gigante que pode produzir alimento, a partir dos brotos e “madeira” a partir dos colmos lignificados. É uma planta de regiões tropicais, mas algumas espécies de bambu podem ocorrer em climas subtropicais e temperados.

Pesquisadores como Zhou (2003) e Xingcui (2006) estimam que os bambuzais ocupam de 1 a 2% da área total das florestas do planeta e concordam que a área plantada com bambu no século XXI deverá dobrar em relação a área existente no final do século XX.

1.2. BAMBUS NATIVOS DO BRASIL

Depois da China, o Brasil é o país que tem o maior número de espécies nativas de bambus, superando a Índia. Existem aproximadamente 1300 espécies de bambu no mundo e os últimos estudos apontam 258 espécies de bambus nativos brasileiros, sendo que destes, 67% só existem em território nacional como mostram Filgueiras e Viana (2017).

Os bambus nativos brasileiros são recursos naturais que podem ser utilizados de inúmeras formas, tanto no campo como na cidade. Os usos tradicionais do bambu foram incorporados pelas populações rurais e estão disseminados por toda América Latina. Na Figura 01 é mostrado um bambuzal nativo numa área agrícola, em processo de regeneração florestal, no Estado do Paraná.



Figura 01: Bambuzal de *Guadua trinii* e *Merostachys skvortzovii* nativo em área degradada por ação antrópica, borda de floresta, reserva indígena no município de Chopinzinho – PR, 2017.
Foto: Ostapiv (2017)

Segundo Lopes (1974), na América do Sul os nativos usavam o bambu intensamente antes da chegada dos invasores brancos que desconheciam os usos da planta. Os bambus dos gêneros *Guadua* e *Merostachys* são os principais bambus nativos brasileiros, encontrados em quase todo o território nacional.

Figura 02: Bambuzal de *Merostachys skvortzovii* nativo em área de regeneração florestal em Vitorino – Pr.
Foto: Ostapiv (2018)



Bambus do gênero *Merostachys* também são conhecidos popularmente como taquaras. Por ser fácil produzir manualmente tiras longas destes bambus, eles são muito utilizados pelas comunidades rurais e indígenas na forma de esteiras e diversos produtos do dia a dia, tais como: acessórios para cozinha, cestarias, peneiras, vassouras, redes para descanso, cercas, jaulas, gaiolas, armadilhas para peixes e pequenos animais, adornos diversos, zarabatanas, pequenas flechas, instrumentos musicais, etc.

Como os bambus do gênero *Merostachys* são bambus de paredes finas, é possível obter lâminas de modo razoavelmente simples. Existem várias possibilidades que vão desde o simples esmagamento com martelos pesados, até o uso de prensas e rolos esmagadores, além do corte usando facas.

Uma vez obtida estas lâminas, é possível a construção de grandes painéis que podem ser utilizados na construção civil de diversas formas, como proteção de andaimes, pisos em passarelas, paredes de casas e galpões, forros rústicos, telhados, cercas, etc. Na Figura 03 é mostrado um exemplo de painel de colmos laminados de taquara lixa cujas lâminas foram obtidas por esmagamento com martelo.



Figura 03: Pannel de taquara trançada, feito com vários colmos laminados de bambu *M. skvortzovii*.
Foto: Ostapiv (2017)

Já os bambus do gênero *Guadua* são mais resistentes e algumas espécies apresentam grande porte, diâmetro e espessura de parede como é o caso do *Guadua angustifolia*, considerado um dos maiores bambus nativos da América. Os colmos desta espécie são usados principalmente para a construção de estruturas pesadas, habitações, paredes, telhados, pontes, passarelas, escadas e móveis entre diversos outros usos.

Populações indígenas usam colmos de *Guadua trinii* para a confecção de cestarias e esteiras como as mostradas na Figura 04.



Figura 04: Uso de esteiras trançadas de bambu nativo *Guadua trinii*, Pato Branco – PR.
Foto: Ostapiv (2017)

Na Figura 05 são mostrados detalhes de galhos com espinhos de um colmo de *G. trinii*. Alguns indicadores como as bainhas que envolvem os galhos e a coloração branca com penugens, mostram que o colmo é muito jovem.



Figura 05: Detalhe dos galhos com espinhos do *Guadua trinii*, Vitorino – Pr. Foto: Ostapiv (2018)

Pesquisadores como Filgueiras e Viana (2017) alertam que apesar do Brasil apresentar uma grande biodiversidade de bambus, muitas destas espécies estão em risco de extinção, mesmo antes de serem conhecidas e estudadas.

1.3. PRINCIPAIS BAMBUS EXÓTICOS DE INTERESSE ECONÔMICO E TECNOLÓGICO NO BRASIL

O uso industrial do bambu é enorme e variado, porém a maior parte da matéria-prima usada na indústria vem de bambuzais plantados e de algumas dezenas de espécies apenas. Algumas espécies são usadas para a produção de brotos comestíveis e outras para a obtenção de colmos lenhosos que além de serem matéria-prima para diversos tipos de produtos, também são fonte de energia.

O uso dos colmos na arquitetura e na construção civil é um segmento importante que tem crescido cada vez mais. Bambus usinados e reconstituídos com adesivos são largamente usados na produção de painéis e produtos elaborados que substituem a madeira. Além disso, muitas espécies podem ter uso medicinal, farmacêutico e terapêutico.

Apesar da riqueza biológica incontestável de bambus no território brasileiro, as espécies nativas de elevado interesse econômico, como os bambus do gênero *Guadua* e *Merostachys*, são pouco estudadas e utiliza-

das comercialmente. Por outro lado, muitas espécies exóticas, consideradas de grande potencial econômico foram introduzidas no território nacional. Algumas destas espécies há muito tempo como alguns bambus do gênero *Bambusa*, introduzidos pelos colonizadores portugueses e outras espécies apenas recentemente, como os bambus do gênero *Phyllostachys*, introduzidos principalmente por imigrantes japoneses. Os principais bambus exóticos de interesse econômico introduzidos no Brasil são:

- Dendrocalamus asper* (entouceirante)
- Bambusa vulgaris* (entouceirante)
- Bambusa tuldooides* (entouceirante)
- Bambusa vulgaris* variedade *vittata* (entouceirante)
- Phyllostachys aurea* (alastrante)
- Phyllostachys pubescens* (alastrante)
- Guadua angustifolia* (semi alastrante, nativo na região norte do Brasil)

Na Tabela 01 são mostradas algumas características de valor comercial, industrial e ambiental destas espécies, bem como a exigência de clima e solo.

ESPÉCIES	VALOR COMERCIAL	VALOR RURAL E INDUSTRIAL	REGENERADOR AMBIENTAL	CLIMA	SOLO	DISPONIBILIDADE NO SUL DO BRASIL
<i>D. asper</i>	Alto	Alto	Alto	Tropical e subtropical	Rico	Média
<i>B. vulgaris</i>	Baixo	Médio	Alto	Tropical e subtropical	Rico, médio e pobre	Alta
<i>B. tuldooides</i>	Médio	Alto	Médio	Tropical e subtropical	Rico e médio	Alta
<i>P. aurea</i>	Alto	Alto	Alto	Subtropical e temperado	Rico e médio	Alta
<i>P. pubescens</i>	Alto	Alto	Alto	Subtropical e temperado	Rico e médio	Média
<i>G. angustifolia</i>	Alto	Alto	Alto	Tropical úmido	Rico e médio	Baixa

Tabela 01: Algumas características das principais espécies exóticas e naturalizadas no Brasil.

Fonte: Adaptado, revisado e ampliado de Pereira e Beraldo (2016).

1.3.1. *Dendrocalamus asper* (Bambu gigante, bambu balde)

É um bambu entouceirante cujas moitas e colmos têm grande porte. Os colmos jovens podem apresentar tonalidades entre marrom escuro e verde, são brilhantes, tem penugens e bainhas do colmo. Já os colmos maduros e mais velhos podem ter coloração variada, normalmente marrom claro. Os colmos maduros na touceira podem apresentar outras cores com

manchas de cinza esbranquiçado, devido à presença de líquens, que podem ser vistos em alguns colmos no lado esquerdo da Figura 07, ou coberturas verdes devido à presença de musgos, como mostrado na Figura 06.



Figura 06: Colmos de bambu gigante na touceira em Tatuí-SP.
Foto: Ostapiv (2017)

Em moitas bem cuidadas e nutridas os colmos podem chegar até 30 m de altura com diâmetro na base de até 25 cm e espessura de parede de 4 cm na base, como mostra a Figura 07.



Figura 07: Touceira de bambu gigante, Paraty-RJ.
Foto: Ostapiv (2016)

O bambu gigante desenvolve-se melhor a pleno sol e em solos profundos. Apesar de tolerar temperaturas de até $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, sofre muito com as geadas, especialmente quando a touceira é jovem e está em fase de desenvolvimento.

O experimento de plantio florestal de 250 touceiras de *D. asper* realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no município de Dois Vizinhos - PR, Silva *et al.* (2014), indica que a espécie tem uma boa capacidade de regeneração após invernos rigorosos como o ocorrido em 2016 na região, Santos *et al.* (2016). Na Figura 08 são mostradas imagens do primeiro e quarto ano após o plantio.



Figura 08: Plantação de floresta de *D. asper* na UTFPR - Dois Vizinhos. **Fotos:** Ostapiv (2015 e 2018)

O bambu gigante é nativo da Malásia e devido a seu grande porte seus colmos podem ser serrados. As peças cortadas podem ser usadas como baldes, vasos ou casas para abelhas, daí também o nome comum no Brasil de bambu balde. A espécie tem boa resistência mecânica e não é tão suscetível ao ataque de insetos, motivo pelo qual é muito usada: na construção civil; na fabricação de móveis; em estruturas de todos os portes e na fabricação de produtos laminados colados. Na Figura 09 é mostrada uma estrutura de uma estufa feita com *D. asper*, para os arcos foram usados colmos de *P. aurea*.



Figura 09: Uso de colmos de bambu gigante e *P. aurea* na construção de estufa, Pato Branco-PR. **Foto:** Ostapiv (2016)

Na Figura 10 são mostrados detalhes dos brotos comestíveis de *D. asper*. Os brotos apresentam coloração marrom escura com tons de roxo.



Figura 10: Brotos de *D. asper*, vivo na touceira, descascado e picado para consumo e broto morto. Fotos: Ostapiv (2018)

1.3.2. *Bambusa vulgaris* (Bambu-açu, taquaruçu)

Também conhecido como bambu-açu ou bambu gigante verde. Sua origem é incerta, porém supõe-se que essa espécie seja nativa do sul da China. Foi amplamente difundida pelo mundo pelos colonizadores portugueses e espanhóis.

Segundo Tombolato *et al.* (2012), as touceiras de *B. vulgaris* são de grande porte, os colmos podem atingir até 25 m de altura com diâmetro na base de até 12 cm. Os colmos apresentam cor verde escura. A planta desenvolve-se melhor a pleno sol e em regiões tropicais, podendo tolerar temperaturas de até -3 °C.

Além do frio, é uma planta bastante sensível ao fogo. Pode desenvolver-se numa grande variedade de tipos de solo, especialmente nos solos argilosos e areno-argilosos. As precipitações de chuva ideais para o plantio da espécie são em torno de 1.200 mm anuais.

Os principais usos desta espécie são a produção de energia, celulose e papel, álcool, carvão, no artesanato e para construções de baixa exigência no meio rural.

Os colmos são bastante tortuosos e suscetíveis ao ataque de insetos por apresentarem alto teor de amido, por isso, a espécie é pouco utilizada na movelaria e na construção, ficando restrita a estruturas mais simples e de baixa vida útil. Na Figura 11 são mostrados detalhes dos colmos e galhos da espécie.

Algumas pessoas consomem os brotos de bambu-açu na alimentação; no entanto, eles são muito amargos sendo necessário o uso de técnicas de preparo para reduzir o amargor dos brotos. Uma das técnicas usadas é ferver os brotos com bicarbonato de sódio e depois trocar algumas vezes a água de fervura.



Figura 11: Colmo jovem de *B. vulgaris* e detalhe dos galhos, Paraty-RJ. **Fotos:** Ostapiv (2017)

1.3.3. *Bambusa tuldoides* (Taquara)

Também é conhecido popularmente como bambu caipira ou bambu crioulo, mostrado na Figura 12. É uma espécie originária da China que foi trazida para o Brasil pelos colonizadores portugueses.

A espécie apresenta colmos de porte médio que podem chegar a 17 m de altura e 6 cm de diâmetro na base. Os colmos e as folhas apresentam cores verde escuras quando maduros. A distância entre os internós do colmo é grande e podem chegar a 50 cm. Apresenta razoável linearidade dos colmos, paredes grossas e baixo teor de amido.

Por ser uma espécie bastante difundida e disponível no território nacional e por apresentar colmos com alta resistência mecânica, o bambu caipira é utilizado para diversos fins, inclusive na construção civil como mostrado na Figura 13. Além de bastante utilizada em construções leves, especialmente no meio rural onde a espécie é muito usada para o tutoramento de culturas hortícolas como o tomate e o chuchu.

Os colmos jovens apresentam coloração verde intensa levemente azulada. Colmos maduros ficam mais claros podendo apresentar tons amarelados. A espécie é adaptada ao cultivo a pleno sol e tolera temperaturas mínimas de até -9 °C, sendo muito encontrada no sul do Brasil. O crescimento dos colmos é normalmente ereto.



Figura 12 – Galhos, colmos e touceira de *B. tuldoides*, Pato Branco-PR. **Fotos:** Ostapiv (2015)

Figura 13 – Colmos de *B. tuldooides* em geodésica e em parede pré-fabricada com embalagens PET.
Fotos: Ostapiv (2018 e 2016)



1.3.4. *Bambusa vulgaris* variedade *vittata* (Bambu verde-amarelo)

Conhecido como bambu brasileiro ou também como bambu imperial, assim como seu primo o bambu-açu, é uma espécie tropical de origem incerta. Apesar do nome não é uma espécie nativa do Brasil e sua denominação se deve à coloração verde-amarela dos colmos.

Apresenta características gerais e comportamento muito semelhante ao bambu-açu. Suas touceiras têm grande porte, os colmos podem ter até 25 m de altura, e 12 cm de diâmetro na base.

O aspecto marcante da espécie é a sua bela coloração amarela com listras verticais verde escuras, visualizadas na Figura 14. No Brasil a espécie é cultivada principalmente pelo valor ornamental sendo bastante usada no paisagismo e também é procurada para a produção de bonsais.

A espécie tem alguns usos em construções rurais e o carvão feito de bambu brasileiro é de ótima qualidade.

Figura 14: Folhas, galhos e colmos de *B. vulgaris* var. *vittata*, Tatui-SP.
Fotos: Ostapiv (2017)



1.3.5. *Phyllostachys pubescens* (Bambu mossô)

Conhecido como bambu chinês gigante é originário da China e tradicionalmente muito cultivado também no Japão. Por suas características únicas é um dos bambus mais plantados no mundo. Foi trazido para o Brasil por imigrantes japoneses na primeira metade do Século XX.

Esta é a espécie que tem a maior área de plantio, a maior utilização industrial, a maior cadeia produtiva e a maior importância econômica atualmente no mundo; para os chineses o mossô é considerado o rei dos bambus.

O bambu mossô é uma espécie de grande porte com diâmetro na base até 20 cm e altura de até 25 m. Os colmos, quando jovens, apresentam coloração verde ou cinza esbranquiçada como pode ser visto na Figura 15. A planta apresenta comportamento alastrante e seu crescimento precisa ser acompanhado e controlado. Por ser um bambu de clima subtropical e temperado, tolera temperaturas baixas de até -20 °C.



Figura 15: Bambuzal de mossô em Tatuí – SP e colmos colhidos em São José dos Pinhais – PR. **Fotos:** Ostapiv (2017)

A coloração mais clara dos colmos jovens contrasta com a cor mais escura dos mais velhos, conferindo um interessante efeito visual ao bambuzal. Devido ao seu comportamento alastrante a espécie é uma boa opção para a formação de bosques abertos, especialmente em áreas degradadas, formando um bosque com os colmos espaçados uns dos outros.

O seu broto comestível é muito apreciado, o mercado brasileiro de brotos comestíveis de mossô vem crescendo ano após ano. Na Figura 16 são mostrados brotos de mossô na floresta e sendo preparados na indústria alimentícia.

No Brasil o bambu mossô é utilizado na construção de casas e edificações, como planta ornamental é largamente utilizado, tanto como bambu retorcido em vasos ornamentais como em jardins.

É a espécie mais utilizada mundialmente pela indústria, especialmente na forma de bambu laminado colado, mas também é usado na fabricação de móveis, brinquedos e produtos do dia a dia, como os mostrados na Figura 17.

Figura 16: Broto de mossô na floresta e já descascado na indústria Zhejiang, China.
Fotos: Ostapiv (2007)



Figura 17: Cerca de mossô e produtos tradicionais do dia a dia, museu do bambu - China (2007).
Fotos: Ostapiv



1.3.6 *Phyllostachys aurea* (Cana-da-Índia)

Também conhecido pelos nomes populares de caniço, vara-de-pesca, bambu mirim e bambu dourado. É um bambu originário da China e tem comportamento alastrante. Assim como o bambu mossô, o broto de *P. aurea* é comestível e bastante apreciado na culinária.

Apresenta colmos de médio porte de até 8 m de altura, e diâmetro na base de até 6 cm. As folhas apresentam cores variando de verde claras quando jovens a verde escuras quando velhas. Os colmos ficam dourados quando expostos ao sol direto e podem apresentar anomalias e pequenas deformações nos entrenós, tornando-os encurtados e comprimidos, proporcionando um formato peculiar adequado para a produção de varas de pé torneado, bengalas e muletas. A distância entre os nós é pequena o que confere uma boa resistência mecânica ao colmo mostrado na Figura 18.

Figura 18: Colmos de *P. aurea* in natura, Campo Largo – PR e uso em muleta UTFPR (2016).
Fotos: Ostapiv



A espécie é tolerante à sombra, porém desenvolve-se melhor em pleno sol e assim como o seu primo o bambu mossô, suporta temperaturas de até -20 °C.

No Brasil, o *P.aurea* é amplamente aproveitado como matéria-prima para confecção de varas-de-pesca, móveis, luminárias e cercas, além do artesanato em geral. Também é bastante utilizado no meio rural para o tutoramento de culturas hortícolas como o tomate. Tem um bom potencial como planta ornamental, é excelente como cerca viva e quebra-vento e pode ser plantado em vasos decorativos.

Como os colmos dessa espécie apresentam resistência ao ataque de insetos e boa resistência mecânica e podem ser curvados facilmente, são frequentemente utilizados para na construção de arcos para telhados de estufas, como a estufa modelo CPRA, Silva *et al.* (2011), construída no Instituto Agrônomo do Paraná Pato Branco (IAPAR-PB), mostrada na Figura 19.



Figura 19: Arcos de *P. aurea* usados na construção de estufa CPRA no IAPAR-PB.
Foto: Ostapiv (2016)

Devido a seu enorme potencial de alastrar-se, a planta é muito usada para contenção de barrancos, encostas e no combate a erosão do solo. Como auxiliar na restauração de áreas degradadas e para criar barreiras mecânicas nas divisas de terras.

Como apresenta comportamento alastrante e invasivo precisa ser introduzido com cautela nos ambientes, sendo necessário o manejo e a adoção de medidas para conter o alastramento dos rizomas e assim limitar seu crescimento. Para este fim, recomenda-se a utilização de divisores de solo como valetas e muros subterrâneos para contenção. Ruas e estradas também contém o crescimento da espécie, como mostrado na Figura 20. Nesta imagem pode-se ver que o sub-bosque da floresta de araucária transformou-se num bambuzal de cana da Índia.

Figura 20: Bambuzal de cana da Índia (*P. aurea*), município de Pato Branco – PR.
Foto: Ostapiv (2018)



1.3.7 *Guadua angustifolia*

É uma espécie de bambu gigante com comportamento semi-entouceirante, apresenta espinhos nos galhos como mostrado na Figura 21. Os colmos têm elevado porte, excelentes propriedades mecânicas e grande durabilidade natural. Sua altura varia de 15 a 30 m o diâmetro da base do colmo pode chegar até a 20 cm e a espessura da parede a 2,5 cm.

Figura 21: Folhas e galhos com espinhos em colmos de *G. angustifolia*.
Fotos: Ostapiv (2017)



A espécie é muito utilizada na construção civil urbana e rural, especialmente em países da América Central e da América do Sul equatorial, como a Colômbia, Venezuela e Equador. Hidalgo-López (2003) mostra em seu trabalho com o bambu *Guadua* inúmeras possibilidades de uso da espécie, como tubulação para irrigação, pontes, casas, cisternas, embarcações, andaimes, carvão, etc. Na Figura 22 é mostrada uma casa construídas com *G. angustifolia*.



Figura 22: Peças de *G. angustifolia* usadas na parede e no telhado de pousada, Paraty – RJ.
Foto: Ostapiv (2016)

1.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

No Brasil está a maior parte da maior floresta de bambu nativo do planeta, os guaduais do Alto Amazonas. No Brasil existem mais de duas centenas de espécies nativas de bambu e uma das maiores taxas de endemismo desta planta no planeta, apesar desta imensa riqueza, também é no território brasileiro que muitas espécies nativas de bambu estão em risco de extinção, especialmente os bambus anões. São plantas que podem desaparecer sem que sejam conhecidas suas propriedades e o seu potencial de uso.

Já os bambus exóticos chegaram ao Brasil no tempo da colonização e ainda continuam sendo introduzidos, especialmente para paisagismo e uso ornamental. Como os bambus são competidores muito eficientes e fora de seu habitat natural tem poucos predadores, as espécies exóticas de bambu podem desequilibrar o ambiente onde são introduzidos e pode ocorrer uma dominância dos bambuzais sobre as demais espécies vegetativas. Esta invasão em áreas nativas e competição com as espécies locais é maior nos bambus com comportamento alastrantes como os bambus do gênero *Phyllostachys* tais como a cana da Índia e o bambu mossô que devem ser plantados com cautela, especialmente em áreas abertas.

Muitas das espécies exóticas de grande valor econômico que foram introduzidas no país, hoje são encontradas em quase todo o território nacional. São espécies com grande capacidade de produção de biomassa, cujos colmos e brotos podem ser mais facilmente utilizados no modelo industrial. Atualmente existem poucos plantios de bambus em larga escala no Brasil. Nas florestas plantadas brasileiras geralmente são utilizadas espécies entouceirantes de alta produtividade, principalmente do gênero *Bambusa* e *Dendrocalamus*.



CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS BAMBUS

FABIANO OSTAPIV
JOANA D'ARC PEDROSO DA SILVA OSTAPIV

Os bambus são gramíneas gigantes que apresentam vários órgãos vegetativos, os principais são:

- Raízes;
- Rizomas (segmentados);
- Colmos (segmentados);
- Galhos dos colmos (segmentados);
- Folhas;
- Botões ou gemas germinativas.

O bambu não apresenta um tronco central como nas árvores, mas muitos colmos, que são como galhos de uma mesma planta. Muitas vezes uma grande área de floresta de bambu, pode ter apenas uma planta mãe.

No início do período de crescimento de um colmo, quando aparecem os brotos do bambu, todo o colmo fica envolvido por folhas caulinares modificadas conhecidas como bainhas do colmo, mostrados na Figura 01.

O colmo no estágio inicial de crescimento é chamado de broto e não cresce em diâmetro. O crescimento do broto acontece apenas em comprimento e ocorre rapidamente, assim, em poucas semanas o novo colmo atinge sua altura total. As folhas caulinares são lisas na parte interna, para facilitar o crescimento do broto, enquanto a parte externa é áspera e felpuda, para proteger os brotos que são muito tenros, frágeis e alimento por muitas espécies de animais. Após o crescimento do colmo, as folhas caulinares perdem sua função, secam, caem e servem de alimento para muitas espécies.



Figura 01: Broto com bainhas protetoras; Bainhas retiradas; Brotos de bambu mossô sem as bainhas.

Fotos: Ostapiv

2.1. RIZOMAS

Os rizomas são normalmente subterrâneos e parte da estrutura de fundação da planta, ou seja, ancoram e sustentam a planta no solo. Como o acesso a esta parte da planta é mais difícil os rizomas são menos explorados que as outras partes do bambu. No entanto, muitos produtos principalmente puxadores e pegadores, como por exemplo, as alças das bolsas femininas da marca Gucci, são feitos com esta parte da planta.

Cada rizoma pode produzir novos rizomas a partir de suas gemas. Existem duas formas básicas de rizomas que são mostrados na Figura 02:

- Rizomas paquimorfos ou de bambus com comportamento entouceirante;
- Rizomas leptomorfos ou de bambus com comportamento alastrante.



Figura 02: (A) *Dendrocalamus asper*, comportamento entouceirante.
(B) *Phyllostachys pubescens*, comportamento alastrante.
Fotos: Ostapiv

2.1.1. Rizomas paquimorfos – comportamento entouceirante

Os rizomas deste tipo são de corpo curto e grosso, de forma mais ou menos curvada com diâmetro máximo maior que o diâmetro do colmo, como mostrado na Figura 03. Os nós do rizoma são muito próximos e o corpo é maciço, apresentando uma gema por nó, disposta lateralmente. Cada gema ou botão lateral pode produzir um novo rizoma um novo colmo.



Figura 03: Rizomas tipo paquimorfo de *Drepanostachyum falcatum*.
Foto: Ostapiv

2.1.2. Rizomas leptomorfos – comportamento alastrante

Neste tipo os rizomas são longos, delgados e ocos e geralmente tem um diâmetro menor que o colmo, mostrados na Figura 04. As gemas laterais ficam dormentes e quando germinam produzem colmos na maioria das vezes, porém algumas podem produzir novos rizomas.



Figura 04: Rizomas leptomorfos do bambu mossô *P. pubescens*.
Foto: Ostapiv

2.2 COLMOS

O colmo é a principal parte aérea da planta, formando um tubo vegetal, com diafragmas, mostrados na Figura 05, em algumas espécies os colmos podem ser maciços. Fornece sustentação para galhos, folhas e órgãos reprodutivos, além de ligar estes órgãos com as raízes.

Na maioria dos casos o colmo é constituído de vários segmentos mais ou menos cilíndricos e ocos chamados de internós, divididos por nós e diafragmas, conforme Londoño (2002).

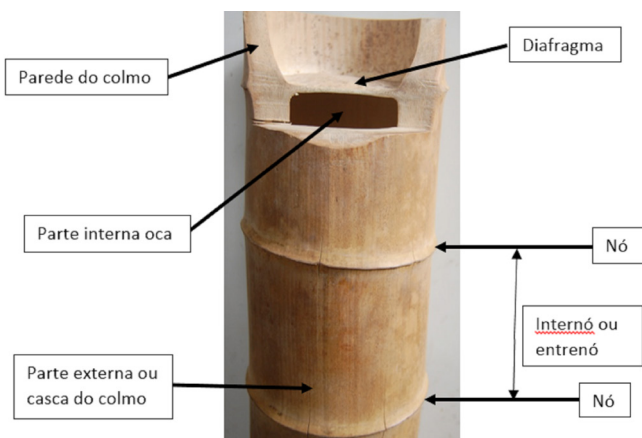


Figura 05: Nomenclatura de um colmo, bambu do gênero *Phyllostachys*.
Foto: Ostapiv

É na parede do colmo que está o material lenhoso conhecido como madeira do bambu. O diâmetro dos colmos varia muito, os menores têm poucos milímetros e os maiores, como o mostrado na Figura 06, podem ter mais de 25 cm.

Muitos bambus apresentam uma substância branca na superfície externa dos colmos, parecida com uma cera, mostrada na Figura 07. Esta substância aparece apenas nos colmos muito jovens que acabaram de crescer. A principal função desta substância é reduzir o atrito entre o colmo em crescimento e as bainhas de proteção, funcionando como um lubrificante.

Figura 06: Colmo de *D. asper* na região da base, diâmetro 22 cm e espessura de parede 3,5 cm.
Fotos: Ostapiv

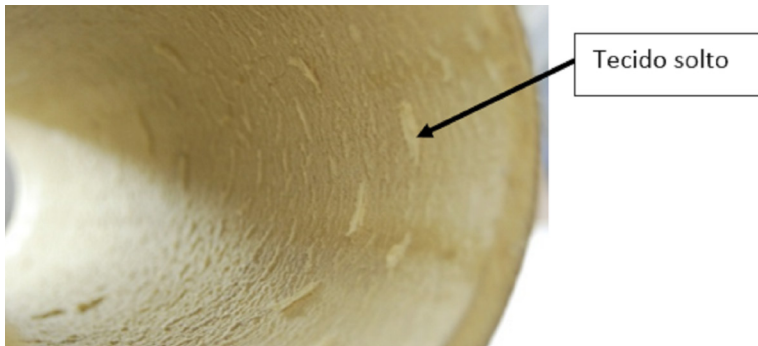


Figura 07: Colmos jovens de *Bambusa tuldooides* que apresentam substância branca na superfície.
Foto: Ostapiv



Aderido à parede interna dos colmos geralmente existe um tecido solto, branco ou amarelado, que se apresenta como que arrepiado. Na Figura 08 é mostrado este tecido solto na região interna do colmo.

Figura 08: Tecido solto existente na parede interna de um colmo de bambu mossô.
Foto: Ostapiv



2.2.1. Nós e diafragmas

A estrutura segmentada dos colmos permite o seu crescimento intercalado e rápido, como telescópios sendo abertos. A região dos nós apresenta características especiais, e nela os feixes fibrovasculares deixam de ser paralelos passando para arranjos mistos e aleatórios. Este arranjo permite o transporte cruzado de água e de nutrientes para as paredes opostas nos colmos vivos de bambu, através dos diafragmas.

Diafragmas e nós melhoram algumas características mecânicas do tubo vegetal que é o colmo de bambu. Semelhante a uma placa sólida, o diafragma está disposto horizontalmente no interior do colmo, funcionando como reforço interno das paredes, melhorando a resistência ao esmagamento diametral e reduzindo a tendência do colmo a rachar. Quando ocorre uma trinca no colmo, a região dos nós tende a impedir sua propagação, devido justamente ao arranjo particular dos feixes de fibras nesta região. Na Figura 09 é mostrada um corte transversal de um colmo de bambu na região do nó.

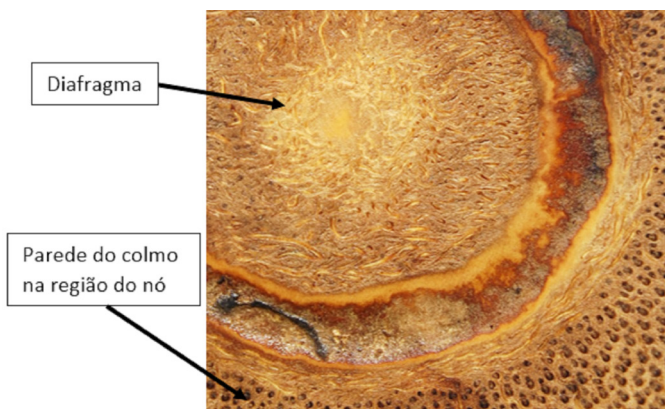


Figura 09: Corte transversal de um colmo de *D. asper* na região do nó.
Foto: Ostapiv

A estrutura nodal e segmentada é importante para a movimentação de líquidos e na preservação da espécie, por permitir um maior armazenamento de água na planta. Em alguns bambus do gênero *Merostachys*, por exemplo, pode ocorrer a existência de água livre no interior do colmo.

2.2.2. Parede do colmo

É de onde é extraída a madeira do bambu. A seção transversal de um colmo pode ser dividida em três regiões, denominadas de camada externa, interna e intermediária.

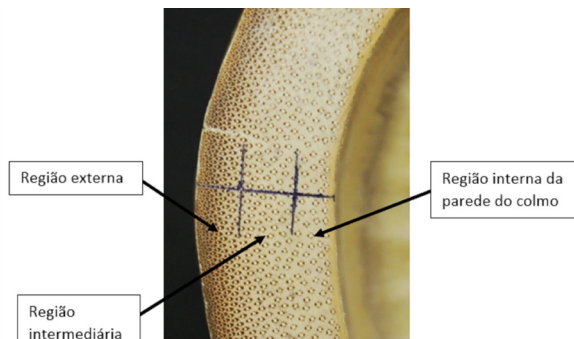
A madeira da camada mais externa tem densidade maior que das regiões mais internas, devido basicamente à alta concentração de feixes de fibras no material. Em algumas espécies a densidade da madeira externa dos colmos pode ultrapassar 1000 kg/m^3 . Na Figura 10 a madeira da região externa do bambu mossô submerge na água, evidenciando a elevada densidade deste material, enquanto a madeira de bambu gigante flutua.

Figura 10: Corpos de prova da região da casca de colmos de bambu gigante e de mossô.
Foto: Ostapiv



A camada interna apresenta aproximadamente 1/3 da espessura total da parede do colmo, geralmente é de cor amarelada apresentando tecido solto na parte interna. O material desta região interna tem a menor densidade, variando em torno de 400 a 500 kg/m³.

Figura 11: Regiões da parede do colmo de um bambu mossô.
Foto: Ostapiv



É da região intermediária que normalmente é extraída a maior parte da madeira do bambu. A densidade do material da região intermediária varia entre 500 a 750 kg/m³ dependendo da espécie.

2.3. GEMAS OU BOTÕES GERMINATIVOS

A princípio todo nó pode apresentar gemas tanto nos rizomas como nos colmos, menos na região do pescoço. As gemas contém células de crescimento que podem permanecer dormentes, ou em alguns casos, tornarem-se ativas com condições de germinar. A partir de 5 anos de idade as gemas perdem a capacidade de germinar e podem morrer. Gemas muito novas, de apenas um ano ou menos, são imaturas e incapazes de produzir novos brotos ou novos rizomas. As gemas com 2 a 3 anos de idade são as mais robustas e tem maior vitalidade.

Em uma planta bem estabelecida, apenas 10% das gemas terão energia e condições para desenvolver novos brotos ou rizomas. As gemas, como as mostradas na Figura 12, são estruturas muito importantes para a reprodução vegetativa da planta.



Figura 12: Gemas vivas envoltas em bainhas da gema: (A) em rizoma de mossô; (B) em colmo de *Guadua angustifolia*.

Fotos: Ostapiv

2.4. GALHOS

Geralmente os galhos, ramos ou ramificações, aparecem do meio da altura do colmo para cima, porém, algumas espécies apresentam galhos já na região da base do colmo. Os galhos de todos os tipos de bambu surgem na região dos nós e se apresentam alternadamente. O número de galhos é variado, dependendo da espécie pode haver um galho por nó, dois, três ou muitos como mostrados nas Figuras 13 e 14.

Os galhos também podem apresentar gemas germinativas nos seus segmentos, destas podem surgir novos galhos a cada nova estação de brotação. Esta característica permite avaliar a idade de algumas espécies de bambu como o mossô, através da análise do número de galhos secundários brotados a partir do galho principal, originado no colmo.

Em algumas espécies de bambus entouceirantes os galhos podem ser utilizados para produção de mudas por estaquia.



Figura 13: *Phyllostachys pubescens*; *Bambusa vulgaris vittata*; *Phyllostachys bambusoides*.

Fotos: Ostapiv

Figura 14: *Phyllostachys nigra*; *Merostachys multiramea*; *Dendrocalamus asper*.
Fotos: Ostapiv



2.5. FOLHAS DO BAMBU

Os bambus apresentam folhas com diferentes formas e funções:

- Folhas do colmo;
- Folhas dos galhos;
- Folhas que envolvem as gemas.

2.5.1. Bainhas (folhas de caule)

Conhecidas simplesmente como bainhas são folhas de caule modificadas que apresentam lâminas reduzidas e bainha bastante desenvolvida. Estas folhas caulinares tem várias funções, a principal delas é a proteção dos brotos. O conjunto de bainhas forma um escudo protetor que protege os tecidos macios do broto durante o crescimento e alongamento do colmo. Além disso as bainhas do colmo servem como suporte mecânico para o colmo recém crescido como mostrado na Figura 15.



Figura 15: Bainha de *Phyllostachys purpurata*.
Fotos: Ostapiv

Todas as bainhas de bambu tem em comum uma superfície interna suave, lisa e lustrosa que facilita o rápido crescimento da planta. Por outro lado, a parte externa da bainha pode ser áspera ou felpuda, como

mostrado na Figura 16. Estes pêlos na bainha servem para proteger os brotos contra o ataque de animais herbívoros que normalmente não gostam de mastigar materiais com estas características.



Figura 16: Bainhas *Gigantochloa apus* (B) detalhes da textura externa da bainha.
Fotos: Ostapiv

2.5.2. Folhas dos galhos

Além de realizar trocas líquidas e gasosas com o meio externo e transportar seiva e nutrientes, as folhas são especializadas em fazer fotossíntese e elaborar os principais alimentos necessários ao crescimento da planta. Na Figura 17 são mostradas folhas dos galhos de bambu.

Os bambus são plantas sempre verdes que nunca perdem completamente suas folhas. Estas plantas produzem vários serviços ambientais importantes como a proteção do solo contra raios solares, chuvas e ventos auxiliando na produção de microclimas mais agradáveis.

As folhas mais novas e tenras são especialmente apreciadas por alguns animais herbívoros e as folhas de muitas espécies de bambu podem ser usadas na alimentação de gado. As folhas de algumas espécies como *D. giganteus*, *P. nigra* e *B. bamboos* são usadas para fazer chás e remédios fitoterápicos nas tradicionais medicinas chinesa e ayurvédica.



Figura 17: Vista das folhas de um dossel de um bambuzal de *Gigantochloa apus*.
Foto: Ostapiv

De um modo geral, as folhas dos bambus caem e são substituídas por folhas novas, depositando uma boa quantidade de matéria orgânica sobre o solo, como mostrado na Figura 18. A queda das folhas ocorrem geralmente em um ou dois anos e em algumas espécies este período pode ser maior.



Figura 18: Bambuzais depositam uma enorme quantidade de folhas mortas no solo.
Foto: Ostapiv

As folhas depositadas protegem o solo do ressecamento excessivo nas estações secas e do carreamento de nutrientes durante as chuvas, além da proteção térmica e mecânica da superfície do solo, a camada de folhas secas depositada no solo promove um ambiente favorável aos insetos bem como a propagação de fungos e microorganismos decompositores, necessários a ciclagem de nutrientes para a planta.

2.6. SISTEMAS DE RAÍZES NOS BAMBUS

As raízes de bambu, como as mostradas na Figura 19, são rugosas, cilíndricas, delgadas e não segmentadas, Luis *et al.* (2017) e aparentemente não aumentam de diâmetro com o passar do tempo. Em algumas espécies de bambus as raízes podem ter diâmetro próximo a um centímetro. As principais funções das raízes do bambu são a ancoragem da planta no solo e a absorção de água e nutrientes.



Figura 19: Raízes e rizomas de *Merostachys multiramea*.
Foto: Ostapiv

De um modo geral as raízes dos bambus com comportamento entouceirante (paquimorfos), apresentam raízes subterrâneas mais concentradas e com maior amplitude radial em relação aos bambus de comportamento alastrante.

Os rizomas com comportamento alastrante (leptomorfos), se dispersam de modo mais esparsos e com raízes mais curtas, ocupando mais rapidamente o solo, como mostrado na Figura 20. Essa agressividade do bambu alastrante tem sido motivo de preocupação em vários países, alguns dos quais, inclusive, proíbem o seu plantio em áreas abertas.



Figura 20: Raízes de *D. falcatum* bambu paquimorfo e de *P. pubescens* leptomorfo.
Fotos: Ostapiv

2.7. ÓRGÃOS REPRODUTIVOS

Os bambus podem se reproduzir de forma assexuada ou vegetativa, a partir de pedaços da planta tais como colmos, galhos ou rizomas, neste caso não existe troca genética. Ou se reproduzir de forma sexuada, quando as flores são polinizadas e produzem sementes férteis.

2.7.1. Inflorescências

Todos os bambus produzem inflorescências e sementes. As flores dos bambus são agrupadas em pequenas inflorescências, como as mostradas na Figura 21. No entanto, a ocorrência da floração cíclica é rara nos bambuzais. Em muitas espécies quando ocorre uma grande floração, são produzidas muitas sementes e o bambuzal seca e morre.



Figura 21: Inflorescência em *Dendrocalamus latiflorus*, Tatuí SP, novembro 2017.
Fotos: Ostapiv

Segundo Hidalgo-Lopez (2003), podem existir dois tipos principais de floração dos bambuzais: Esporádico ou individual e comunitário ou sincronizado.

A floração esporádica é irregular, podendo ocorrer em qualquer época do ano. Este tipo de floração pode ocorrer devido a vários fatores como estresse e adversidades a que a planta foi submetida tais como ataque intenso de insetos, ocorrência de fogo no bambuzal, secas prolongadas, manejo severo ou inadequado, entre outros.

A floração sincronizada ou gregária, ocorre quando toda uma população de uma espécie de bambu floresce ao mesmo tempo, marcando o ciclo de vida da planta. Na maioria dos casos, após este tipo de floração a planta morre. Neste caso o bambu direciona muita energia e nutrientes para a produção de flores e sementes e praticamente anula o seu crescimento vegetativo, preparando-se para o final de sua vida.

2.7.2. Sementes

As sementes de bambu, como as mostradas na Figura 22, são parecidas com as sementes do arroz e também podem ser usadas para alimentação humana. As sementes maduras germinam após serem molhadas, podendo produzir novas plantas.



Figura 22: Sementes verdes e secas de *D. falcatum*.
Fotos: Ostapiv

2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

Os bambus, também conhecidos no Brasil como tabocas ou taquaras, são gramíneas gigantes que tem como principais características a presença de colmos lignificados. Quando jovens estes colmos são revestidos por folhas especiais; rizomas, que podem apresentar dois tipos básicos de comportamento, alastrante ou entouceirante; ramificações complexas que saem dos nós e floração gregária (de vários indivíduos simultaneamente).



CAPÍTULO 3

PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS, MECÂNICAS
DO BAMBU E ENSAIOS PARA SUA DETERMINAÇÃO

ANTONIO L. BERALDO
GILBERTO CARBONARI

3.1. PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DO BAMBU

No Brasil, ainda não existem muitas informações sobre as propriedades fundamentais do bambu. Por esse motivo, diversas instituições brasileiras, apoiadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tem se esforçado para que em nosso país seja disseminado o conhecimento mais aprofundado sobre o bambu, como já ocorre em países asiáticos e na Colômbia, no Equador e no Peru.

Nas normas, são estabelecidos diversos procedimentos a serem adotados para caracterizar o bambu, assim como são propostas diretrizes para fornecer informações aos projetistas para o emprego do bambu, geralmente roliço, na forma estrutural.

No presente capítulo, pretende-se apresentar as propriedades básicas do bambu, abordando a dependência entre as mesmas e a anatomia peculiar do bambu. Para tal, à medida do possível será diferenciado o comportamento do bambu em sua forma natural (roliça) e após sofrer transformações (bambu ripado ou bambu laminado colado - BaLC). Na primeira situação, o colmo apresenta um tipo de cintamento natural proporcionado pela presença do diafragma na região dos nós, que faz com que o colmo seja mais estável, por exemplo em presença da água, do que o material processado na forma de taliscas (ripas), quando esse cintamento natural desaparece.

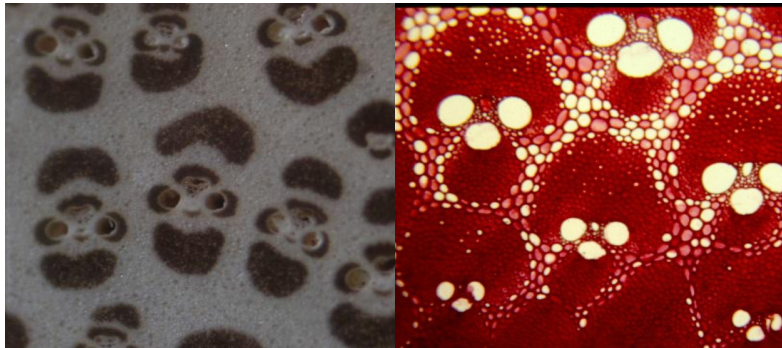
3.1.1. Propriedades anatômicas

Tanto o bambu como a madeira são denominados de materiais lignocelulósicos, ou seja, constituídos por lignina (uma cola natural) e celulose. No entanto, ambos os materiais apresentam diferenças muito importantes decorrentes dos distintos processos que levam à sua maturação. Enquanto que a madeira apresenta uma grande diferenciação entre as células ativas (vasos, células parenquimáticas, raios e fibras), situadas na região do alburno (brancal ou borne), e aquelas já mortas, situadas no cerne, no bambu, as células permanecem ativas até o final da vida útil do colmo, que se situa em torno de 6-8 anos, para a maioria das espécies. A árvore cresce continuamente em altura e diâmetro, demarcando sua idade com as camadas anuais de crescimento, bem evidenciadas em regiões com inverno mais rigoroso; por sua vez, o bambu já emerge do solo com seu diâmetro definitivo, ocorrendo sua maturação internamente, com o estreitamento do lúmen das fibras e o esclerosamento dos vasos.

Na Figura 1a, apresenta-se a imagem de uma amostra polida de um bambu de clima tropical (*Dendrocalamus asper*), conforme procedimentos descritos por Beraldo (2017). Nessa imagem macroscópica podem ser facilmente reconhecidos os três componentes anatômicos principais dos bambus: a região escura correspondente aos feixes de fibras, que protegem os vasos, ou que se encontram ligeiramente deles afastados acima ou abaixo dos mesmos; os vasos, em grupos de três e mais um deles de menor diâmetro, constituindo o protoxilema. Os feixes de fibras e vasos estão envolvidos em uma matriz de células parenquimáticas, de cor amarelada, armazenadoras de amido e que, portanto, são alvo do ataque de organismos xilófagos.

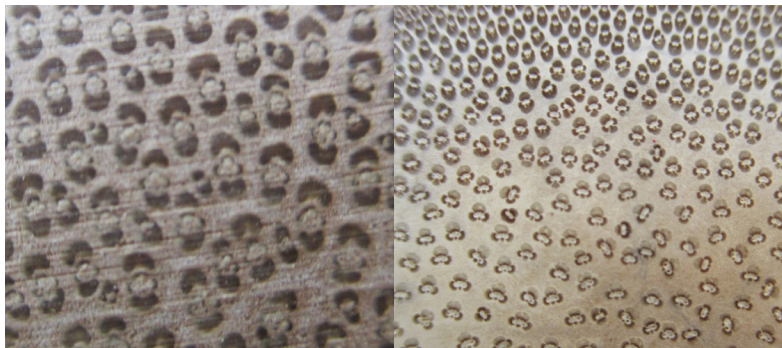
Na Figura 1b, observa-se uma fotografia microscópica de uma lâmina colorida de uma espécie de bambu de clima temperado (*Phyllostachys viridis*). A região mais avermelhada correspondente aos feixes de fibras, cuja concentração é muito mais elevada na parte inferior da imagem, correspondente às camadas externas da parede do colmo (casca). Também pode-se observar que o diâmetro dos vasos diminui à medida que se aproximam das camadas mais externas; as células parenquimáticas, de cor branca ou levemente rosada, apresentam-se num formato quase hexagonal, construindo a matriz envolvente dos demais elementos anatómicos do bambu. Durante a ação de esforços mecânicos externos, como os ventos, essas células se acomodam, permitindo que o bambu não sofra danos importantes.

Figura 01: (A) Imagem macroscópica do *D. asper*; (B) Imagem microscópica do *P. viridis*.
Fonte: Beraldo



Embora existam milhares de espécies de bambus, a distribuição dos seus elementos anatómicos não apresenta muita variação, sendo muito difícil identificar qual seria a espécie de bambu apenas observando-se uma determinada amostra. Na Figura 2, podem ser observadas seções transversais de duas amostras de bambus: *D. asper* e *Guadua angustifolia*. Uma diferença evidente é que, no primeiro, aparecem feixes de fibras que não estão associados aos vasos.

Figura 02: Fotografias da seção transversal de bambus: (A) *D. asper*; (B) *G. angustifolia*.
Fonte: Beraldo.



O corte longitudinal de uma amostra de bambu ao ser observado em microscopia eletrônica de varredura (MEV) permite evidenciar os elementos anatômicos, destacando suas dimensões (Figura 3). Na lateral esquerda, destaca-se um vaso, com suas paredes totalmente perfuradas, pois, contrariamente às madeiras, os bambus não dispõem de raios, motivo pelo qual o transporte de água e de nutrientes tem que ser realizado através das perfurações existentes nas paredes dos vasos. Na parte central da imagem, observam-se as células parenquimáticas, com sua estrutura na forma de pequenas “gavetas”. Na lateral direita da imagem podem ser observadas as fibras, dispostas de forma paralela ao alinhamento dos vasos.

Nas células parenquimáticas evidencia-se a presença de grânulos de amido. Embora seja o energético do bambu, responsável pelo desenvolvimento de novos colmos, o amido também é alvo do ataque de insetos, tais como a broca-do-bambu (*Dinoderus minutus*) e do tigre-do-bambu (*Chlorophorus annularis*). Bambus muito jovens ou muito velhos não têm capacidade de armazenar o amido, motivo pelo qual são menos atacados pelos insetos.

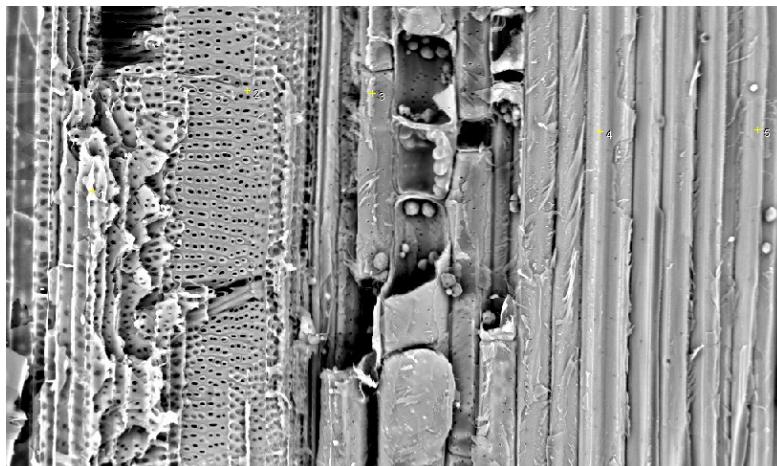


Figura 03: Imagem MEV do bambu; detalhe dos grânulos de amido.
Fonte: Beraldo.

3.1.2. Propriedades físicas

As principais propriedades físicas do bambu são: teor de umidade, densidade e estabilidade dimensional (retração e inchamento). Dependendo da aplicação desejada, também podem ser avaliados o isolamento térmico e o comportamento acústico do bambu natural ou processado. A primeira delas é importante pois qualifica o bambu para uma série de utensílios destinados à culinária (cabos de panelas, em geral); a segunda, apresenta importância para avaliar o bambu na confecção de instrumentos musicais, tais como tampos e braço de violões, flautas andinas e a famosa flauta japonesa *sakuachi*, assim como na forma mais recente de utilização como amplificador sonoro para celulares.

Teor de umidade

Embora a casca do bambu seja praticamente impermeável, revestida por um tipo de cera (fato esse mais evidenciado nos bambus pertencentes ao gênero *Phyllostachys*), as demais camadas são altamente higroscópicas, ou sejam, apresentam grande capacidade em absorver a umidade, principalmente nos vasos e nas células parenquimáticas.

A idade do colmo também desempenha um importante papel nessa propriedade, pois quanto mais jovem for o colmo, maior será o seu teor de umidade médio. À medida que o colmo envelhece (amadurece), o teor de umidade do colmo diminui, pois o lúmen das fibras se estreita e os vasos se tornam esclerosados, dificultando a absorção ou a perda de água.

O teor de umidade é mais elevado na base do colmo, decrescendo à medida em que se caminha em direção ao topo. Também é mais elevado nas camadas internas da parede do colmo, devido à maior concentração dos vasos de maior diâmetro nessa região e a maior ocorrência de células parenquimáticas.

Densidade

Também se adota a denominação “massa específica aparente”, se tratando da razão entre a massa de um determinado material e o volume por ele ocupado. No caso da madeira, existe uma larga faixa de variação no valor da densidade, indo desde 0,3 g/cm³, para o caso do Pau-balsa (*Ochroma pyramidale*) e do Kiri (*Paulownia tomentosa*), até valor da ordem de 1,2 g/cm³, para o caso da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*). Essa propriedade depende fortemente do teor de umidade do material; dessa forma, costuma-se utilizar a densidade verde ou densidade na condição saturada (caso do bambu recém cortado), ou então, a densidade seca na condição de equilíbrio com o meio ambiente – em torno de 12%, conforme recomenda a norma para madeiras.

Uma variante dessa propriedade seria a “densidade aparente”, ou seja, que é avaliada globalmente considerando-se a forma tronco-cônica ou cilíndrica do colmo de bambu. Nesse caso, os valores de densidade obtidos são menores e dependem também da espessura da parede do colmo. Ou seja, tendo o mesmo teor de umidade e o mesmo diâmetro externo, o colmo de parede mais espessa tenderá a ser mais pesado. Para dois bambus de mesmo diâmetro externo e de mesmo comprimento, um *Guadua* (*G. angustifolia*) tende a ser mais pesado do que um Mossô (*P. pubescens*). Da mesma forma, um bambu maciço (*Thyrsostachys siamensis*) será mais denso do que um bambu oco (*Phyllostachys aurea*), ilustrados na Figura 4.



Figura 04: (A) *T. siamensis* – bambu maciço; (B) *P. aurea* – bambu oco.
Fonte: Beraldo.

Conforme destacado anteriormente, além da influência da umidade, a densidade do bambu depende também da posição no colmo da qual foi retirada a amostra, ou seja, se foi da base, do meio ou da ponta, aumentando o valor da densidade nessa mesma ordem. Além disso, a densidade do bambu varia em relação à posição “radial” da amostra, ou seja, do centro em direção à casca, indo de 0,4 g/cm³ (camada interna) até 1,1 g/cm³ (camada externa), conforme ilustrado na Figura 5, obtidas com o auxílio de microdensitometria. O aspecto do gráfico, com várias elevações e depressões, refere-se aos pontos nos quais o equipamento estava direcionado pontualmente para as células parenquimáticas ou para os feixes de fibras.

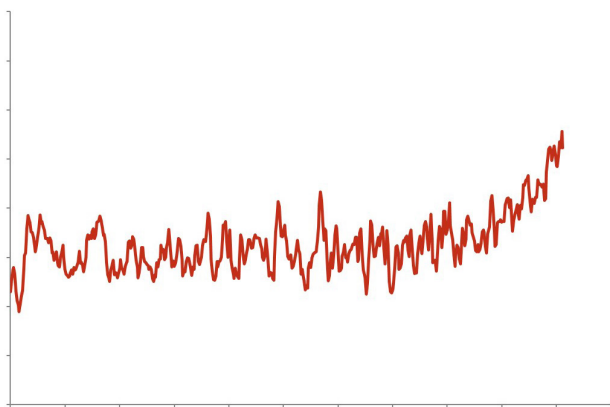


Figura 05: Variação da densidade do bambu ao longo da espessura da parede do colmo.
Fonte: Adaptado de M. Tomazello - ESALQ-USP

Estabilidade dimensional

No momento do corte do colmo seu teor de umidade é muito elevado, dependendo da idade do colmo e do local geográfico onde se encontre (temperatura e umidade relativa do local). A perda de umidade é relativamente lenta, pois a casca protege o colmo, de modo que a secagem praticamente se efetua “gota a gota” – como se fosse uma chaminé. De uma forma geral, o bambu demora muito mais para secar do que uma árvore cortada que tenha o mesmo diâmetro e a mesma densidade.

Durante essa etapa inicial de secagem (que pode demorar meses), o bambu perde apenas a água livre, que estava saturando seus elementos anatômicos. No entanto, após atingir em torno de 20-25% de teor de umidade, a continuação da secagem provoca uma diminuição simultânea da massa e nas dimensões do bambu, fenômeno esse denominado de retração. Portanto, a expressão “bambu seco” depende muito da região geográfica – um colmo pode ser considerado seco com 20% ou com 12% de umidade, se estiver em Belém ou em São Paulo.

Como essa variação no teor de umidade continua ao longo das estações do ano, deve-se proteger a estrutura do bambu por meio de um bom projeto (“um bom chapéu e uma boa bota”) e/ou pela ação de produtos impermeabilizantes, sobretudo nas extremidades do colmo, pois a casca

o protege da umidade. Apenas deve-se atentar para o surgimento de possíveis fissuras/rachaduras, que abririam caminho para a posterior entrada de insetos ou para a ação dos fungos (Figura 6). Pelo mesmo motivo, deve-se evitar deixar o topo do bambu desprotegido (Figura 7), sem a presença do diafragma.



Figura 06: Bambu exposto às intempéries. Detalhe de uma rachadura no colmo.

Fonte: Beraldo.



Figura 07: Topos de bambus desprotegidos.

Fonte: Beraldo.

Da mesma forma que se emprega no estudo das madeiras, pode-se imaginar a parede do colmo de bambu como se fosse um sólido. Desse modo, três são as direções anatômicas a serem consideradas: longitudinal axial (na direção da altura do colmo), transversal tangencial (paralela à casca) e transversal radial (do centro à casca). Deve-se salientar que essa última denominação pode levar a equívocos, pois o bambu, tecnicamente, não possui raios, como os tem a madeira.

As variações dimensionais apresentam valores muito distintos – são praticamente inexistentes na direção axial (inferior a 0,5%); porém, contrariamente às madeiras, a variação na direção radial é mais elevada do que aquela observada na direção tangencial. De todo modo, quando se utiliza o bambu na forma de laminado colado (BaLC), deve-se pensar na proteção das lâminas contra a umidade, por meio de um tratamento de superfície, com um selador, pois parte de sua proteção natural (a casca) foi eliminada.

No entanto, na maioria das vezes o bambu é empregado em sua forma roliça. Desse modo, podem ser considerados dois tipos de variação dimensional: axial (valor desprezível) e diametral, com um valor médio de

até 5%. Isso indica que, caso tenham sido utilizados colmos verdes (umidade elevada), deve-se prever a necessidade de serem efetuados ajustes periódicos nas conexões, pois, ao retrair-se por perda de umidade, a ligação entre os colmos perderá sua efetividade.

3.1.3. Propriedades químicas

Basicamente a constituição química do bambu é formada pela celulose (50-55%), hemicelulose (20-25%) e lignina (20-25%). Da celulose são obtidas as fibras, de aplicação na indústria de celulose e papel; da hemicelulose, obtém-se uma série de produtos, denominados genericamente de extrativos (açúcares, dentre eles); a lignina funciona como um aglomerante natural dos demais componentes.

A produção artesanal de papel de bambu é conhecida há muito tempo nos países asiáticos, e no Brasil, nos anos 1960, testou-se o uso do bambu no interior de SP. Atualmente, existem grandes plantações de bambu no Nordeste, destinando-se a pasta de celulose originalmente à produção de sacaria de cimento, ou, atualmente, como fonte energética para queima de cavacos em caldeiras.

Também de uso intenso na culinária asiática tem sido os brotos de bambus, coletados no período inicial de crescimento do colmo. Porém, poucas espécies, tais como, *P. pubescens*, *D. asper*, *D. latiflorus* e *B. oldhamii*, mostram potencial para usos na culinária.

Pesquisas recentes, desenvolvidas na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp (FELISBERTO *et al.*, 2019), também evidenciaram a possibilidade de utilização do colmo jovem (1 a 3 anos) de algumas espécies de bambu (*D. asper*, *B. tuldooides* e *B. vulgaris*) como fonte de amido e de fibras comestíveis.

Os colmos liberam o amido como fonte energética para os brotos da nova estação. No Brasil, de uma forma geral, os bambus entouceirantes (clima tropical) brotam no período de dezembro a fevereiro, enquanto que os bambus alastrantes (clima temperado) o fazem no período de agosto-outubro. Se houver condições favoráveis, no entanto, alguns bambus do gênero *Guadua* brotam praticamente o ano todo.

Outro aspecto importante a ser destacado é a grande concentração de sílica nos tecidos do bambu, principalmente nas camadas mais externas (casca). Embora a sílica possa servir de proteção do colmo contra impactos e contra a ação de organismos xilófagos, por outro lado é responsável por um desgaste excessivo das ferramentas (serra, plaina, desengrosso, torno e lixadeira) durante a usinagem do bambu. Tal inconveniente poderia ser contornado desde que houvesse interesse industrial pela produção de máquinas e de ferramentas específicas para efetuar a usinagem do bambu. Porém, apenas o crescimento do mercado consumidor é que alavancaria esse avanço no processamento do bambu e de seus derivados.

3.1.4 Propriedades mecânicas

Conforme apresentado nas propriedades anatômicas, existe uma grande variabilidade na distribuição dos constituintes no colmo do bambu. A maior concentração dos feixes de fibras nas camadas externas e a vital importância dos nós (diafragmas) afetam de forma importante o com-

portamento do colmo de bambu quando o mesmo é submetido a determinadas solicitações. Por outro lado, quando se utiliza o bambu processado (BaLC), tais heterogeneidades podem ser minimizadas durante a fase de confecção do material.

Os resultados das propriedades mecânicas do bambu, indicados na literatura, são muito discrepantes, pois a metodologia para a execução dos ensaios ainda não é padronizada, embora existam recomendação nas normas ISO (*international Standardization Organization*) e, em breve, na norma que será proposta à ABNT, finalizada, em sua primeira etapa, em março de 2019.

Compressão paralela às fibras

Na Figura 8, pode-se observar detalhes do ensaio aplicado ao *G. angustifolia*. Trata-se de um colmo curto, e dispo de três diafragmas, o que enrijece significativamente o colmo, fazendo com que a tensão de ruptura seja muito elevada – a carga de ruptura atingida foi superior a 40 toneladas-força.

Alguns aspectos devem ser considerados no ensaio: não se deve apenas considerar o diâmetro externo do colmo no cálculo da tensão de ruptura (carga/área), mas também a espessura da parede do colmo, ou seja, deve-se calcular a área resistente do material. Bambus de mesmo diâmetro externo podem ter diferentes espessuras e, conseqüentemente, diferentes áreas de carregamento. Além disso, se for adotado que a altura do colmo deva ser o dobro do seu diâmetro, determinados colmos, principalmente de outras espécies de bambu, podem não dispor de número idêntico de diafragmas, o que faz com que percam a estabilidade e sejam rompidos com menores tensões.

Mas a principal recomendação a ser tomada é a de que não se pode extrapolar o valor obtido no ensaio aplicado a colmo de pequena altura, principalmente com três diafragmas, para colunas de dimensões normalmente utilizadas em construções. Outro aspecto deve então ser considerado – a possibilidade de ocorrência de flambagem, a exemplo do que ocorre quando se aplica uma carga pelas duas extremidades de um canudinho plástico. Nas estruturas de bambu isso pode vir a ocorrer quando a altura do colmo é muito elevada, ou quando se utilizam bambus de menor diâmetro, como o *B. tuldoides* ou o *P. aurea*. Nesse caso, uma alternativa seria a utilização de bambus em seções compostas, com reforço por conectores plásticos, conforme recomendado por Mary *et al.* (2007).



Figura 08: Ensaio de compressão paralela às fibras de bambu. Colmo de *G. angustifolia*.
Fonte: Beraldo.

Compressão perpendicular às fibras

Com exceção da região do diafragma, o bambu não é adequado para suportar tal tipo de sollicitação. O bambu se trata de um tubo, geralmente com espessura de parede muito pequena. A alternativa usualmente utilizada nas estruturas em bambu é a de preencher o vazio com argamassa de cimento e areia, ou *graute* ou, então, introduzindo um tarugo de madeira bem ajustado ao diâmetro interno do colmo. Em casos excepcionais, bambus de parede espessa, tais como o *G. angustifolia*, podem suportar carregamentos aplicados nessa direção (Figura 9).



Figura 09: Carregamento aplicado na direção perpendicular às fibras do *G. angustifolia*.
Fonte: Beraldo

Tração paralela às fibras

Existe um certo exagero ao denominar o bambu de “aço vegetal”, pois o módulo de elasticidade do bambu é de apenas 10% daquele correspondente ao aço. Apenas quando se obtém a razão entre a resistência à tração e a densidade dos materiais (resistência específica), nesse caso o bambu se mostra mais vantajoso do que o metal.

Uma possibilidade de se obter a máxima resistência do bambu seria produzindo lâminas das camadas externas, trançando-as, de forma a obter um cabo. Tal estratégia foi antigamente utilizada na construção de pontes na China, fazendo-se a sustentação do tabuleiro por meio de um conjunto de cabos de bambus trançados, que serviram posteriormente de inspiração para projetistas de modernas pontes pênséis.

Da mesma forma que ocorre com as madeiras, o ensaio de tração paralela às fibras do bambu não é de execução trivial. O corpo de prova tem que ser adequadamente usinado para que a ruptura ocorra na região central do mesmo.

Na prática, raramente uma ripa ou um colmo de bambu são solicitados diretamente à tração paralela às fibras. O que ocorre é uma ação indireta quando o bambu é submetido à flexão estática; nesse caso, as camadas inferiores do colmo (ou da ripa) são então submetidas à tração, enquanto que as camadas superiores são submetidas a esforços de compressão.

Flexão estática

Sob o ponto de vista de engenharia, o bambu pode ser mais adequadamente comparado ao concreto armado – na região de tração (casca) ocorre maior concentração dos feixes de fibras; no concreto armado, na região inferior de uma viga colocam-se as barras de aço de maior diâmetro.

O comportamento de taliscas (ripas) de bambu submetidas à flexão estática varia de acordo com duas situações: posição da casca para cima ou da casca para baixo. Na primeira situação, observa-se que a camada externa do bambu (casca) suporta maior esforço de compressão, levando à ruptura das camadas mais internas, por tração, na forma de um zigue-zague, com descolamento progressivo das fibras (Figura 10a). Por sua vez, quando se comprime a região interna do colmo, submetendo a casca aos esforços de tração, o bambu se deforma acentuadamente, sem ocorrer ruptura brusca da casca, sofrendo esmagamento nas camadas internas (Figura 10b).

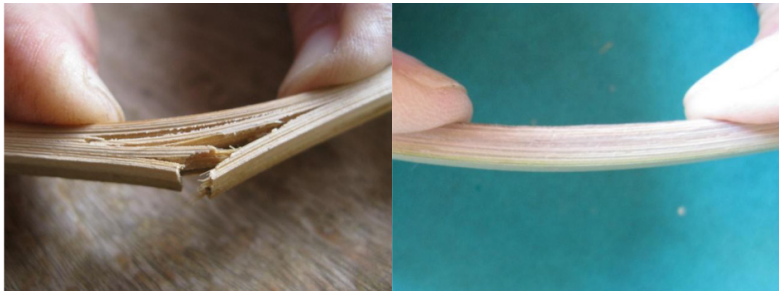


Figura 10: Flexão estática do bambu. (A) casca para cima; (B) casca para baixo.

Fonte: Beraldo

No entanto, na prática da construção, dificilmente se utilizam ripas de bambu em regiões submetidas à flexão, sendo mais usual a utilização de colmos de bambus para vencer os vãos. Porém, mesmo nesse caso, existe uma limitação do vão a ser vencido, pois, dependendo da espécie de bambu, a deflexão (“barriga”) fica muito acentuada comprometendo esteticamente a peça. Dependendo do nível do carregamento, o bambu pode sofrer compressão diametral nas camadas superiores, vindo a falhar por esmagamento (Figura 11a) ou, então, por falha por fendilhamento na região inferior do colmo (Figura 11b).



Figura 11: Falha do colmo: (A) por esmagamento; (B) por fendilhamento.

Foto: Beraldo.

Colmos com internós (entrenós) mais curtos, se mostram mais rígidos, e tendem a mostrar um melhor comportamento nesse tipo de solicitação. Caso um carregamento não incida diretamente na região do nó (diafragma), deve-se utilizar um reforço por meio da colocação de argamassa de cimento e areia.

Uma alternativa, testada em Moçambique para o bambu maciço *Oxytenanthera abyssinica*, seria também utilizar o princípio de vigas compostas, reforçadas com pequenas peças do próprio bambu, conforme ilustrado na Figura 12a. Essa estratégia permitiu suportar cargas mais elevadas e vencer vãos mais importantes.

No caso de utilização do BaLC, uma possibilidade seria a utilização de cavi-lhas, obtidas de bambus de parede mais espessa (*D. asper*, por exemplo), conforme ilustrado na Figura 12b. O ideal seria utilizar cavilhas extremamente secas, pois ao absorverem a umidade do ar, passam a inchar e travar adequadamente as camadas do BaLC.



Figura 12: (A) Viga composta de bambu; (B) Utilização de cavilha em BaLC.
Foto: Beraldo.

Dureza

Essa propriedade indica a capacidade que tem um material de riscar outros materiais, sem ser por eles riscado. As camadas externas do colmo de bambu, por concentrarem maior teor de fibras e presença de sílica, e também a região dos nós, são aquelas que apresentam a maior dureza. No entanto, mesmo nos bambus de maior diâmetro, torna-se muito difícil obter partes planas que contenham a casca, de modo que a superfície sempre fica ondulada. Uma alternativa para a produção de pisos seria então a fabricação do bambu laminado colado (BaLC). Mesmo nesse tipo de aplicação, o recomendável seria colocar o BaLC de tal forma que as camadas que eram mais próximas da casca fiquem na parte superior, por apresentarem maior dureza e maior resistência à abrasão (Figura 13).

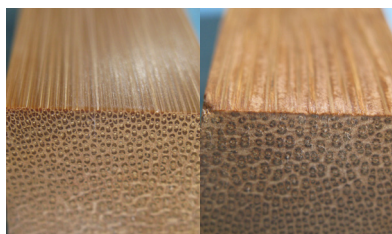


Figura 13: (A) Camada superior; (B) Camada inferior.
Fonte: Beraldo

Cisalhamento

Nesse tipo de esforço, tenta-se deslizar um plano sobre outro, como se fosse a ação de uma tesoura (“*ciseaux*”, em francês). Dependendo da direção de carregamento (paralelo ou perpendicular às fibras), novamente o bambu se mostra muito sensível à ação desse tipo de sollicitação, sendo menos resistente quando o esforço é aplicado na direção paralela às fibras (Figura 14a) do que na direção perpendicular às fibras (Figura 14b). Esse comportamento do bambu deve ser avaliado no momento de serem utilizados entalhes ou conexões em estruturas. Além de propiciar o surgimento de linhas de menor resistência mecânica, a abertura das trincas expõe o bambu ao ataque de organismos xilófagos.

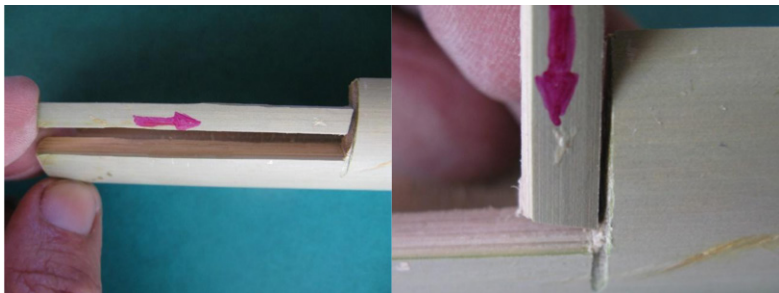


Figura 14: Cisalhamento:
(A) paralelo às fibras;
(B) perpendicular às fibras.
Fonte: Beraldo.

Fendilhamento

Da mesma forma com que ocorre com a madeira, o bambu apresenta muito baixa resistência a esse tipo de sollicitação devendo, portanto, ser evitada esse tipo de sollicitação em uma estrutura. De forma indireta, o fendilhamento pode ocorrer, por exemplo, quando se utilizam pregos em ligações de colmos de pequena espessura de parede, motivo pelo qual se recomenda que os colmos sejam furados previamente para aliviar as tensões elevadas que se formam nesse tipo de ligação. Por outro lado, essa baixa resistência ao fendilhamento favorece a obtenção de palitos e cavilhas, principalmente na região dos internós. Nas Figuras 15a e 15b, pode-se observar a propagação das fissuras após a ação de uma lâmina metálica.

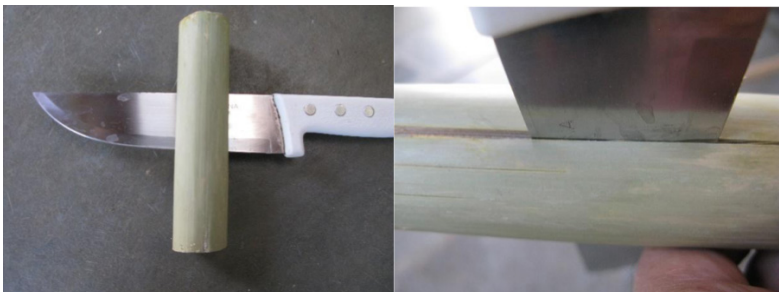


Figura 15: (A)
Fendilhamento do bambu;
(B) Propagação da fissura.
Fonte: Beraldo.

Resistência aos impactos

Determinadas espécies de bambu encontram aplicação na forma de cabo de ferramentas. Dentre elas, espécies de parede espessa ou praticamente maciças, tais como a taboca (*Guadua sp*), são as preferidas (Figura 16). Um grande potencial para a confecção de cabos também é apresentado pelo BaLC. Estudos indicaram que o BaLC, submetido ao ensaio de impacto (flexão dinâmica) em um pêndulo de Charpy, mostrou um comportamento similar às melhores madeiras brasileiras indicadas para estruturas (BERALDO e RIVERO, 2003).



Figura 16: Cabo de enxada de Taboca (*Guadua sp*).
Fonte: Beraldo.

3.1.5. Considerações sobre as propriedades do bambu

As propriedades do bambu ainda são praticamente desconhecidas no Brasil. Dessa forma, torna-se importante que os centros de pesquisa busquem aprofundar os conhecimentos sobre esse material, de forma a sensibilizar os interessados na aplicação desse material principalmente em estruturas. Para tal, também mostra-se de grande importância a disseminação dos conhecimentos por meio de publicações destinadas aos interessados e, principalmente, com o apoio técnico da ABNT visando à aprovação de normas técnicas voltadas para o setor.

No entanto, resta ainda um longo caminho a ser percorrido até que o Brasil alcance um nível de sofisticação que já se encontra disponível em países asiáticos e em parte da América Latina. Embora o conhecimento das propriedades do bambu seja fundamental, por outro lado a maioria das aplicações com o bambu envolve a interação de diversos colmos, os quais, teoricamente deveriam comportar-se de forma uniforme.

Deve-se atentar para o fato de que mesmo utilizando colmos de primeira qualidade, o conjunto pode vir a falhar se a conexão for deficiente (Figura 17).

Figura 17: Exemplo de ligações inadequadas entre os colmos de bambu.

Foto: Beraldo.



Principalmente para ligações submetidas a carregamentos importantes recomenda-se utilizar o sistema conhecido como “boca-de-peixe” (Figura 18a e 18b). Além da cuidadosa preparação no corte do colmo logo acima de um diafragma, a colocação de barras rosqueadas paralela e transversal ao colmo, previamente perfurado, seguido da colocação de argamassa de cimento e areia, aumenta significativamente o desempenho estrutural da conjunto.

Figura 18: Detalhe da ligação boca-de-peixe; colocação da barra rosqueada.

Foto: Beraldo.



3.2. ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE BAMBU

Os orientais não só desenvolveram técnicas para a utilização do bambu na construção civil, como também na área de irrigação, na fabricação de móveis, em instrumentos mecânicos para a locomoção, dentre outros tantos usos para a grande quantidade de espécies de bambu disponíveis.

Países da América Latina, como Colômbia, Equador, Venezuela e Peru seguem desenvolvendo novas tecnologias de construção com bambu em conjunto com outros materiais como o concreto, o aço e a madeira, possibilitando a construção de estruturas imponentes, belas e resistentes.

Entretanto, para que isso seja viabilizado também no Brasil, é necessário determinar parâmetros mecânicos representativos confiáveis, por meio da realização de ensaios aplicados a algumas espécies de bambu visando à determinação de suas características mecânicas

3.2.1. Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos propostos foram realizados nas seguintes espécies do IAPAR/Londrina (Instituto Agrônomo do Paraná), cujas mudas foram trazidas da China: *B. nutans*, *B. beecheyana*, *B. vulgaris*, *B. oldhamii*, *B. tulda*, *G. angustifolia*, *D. asper*, *D. giganteus* e *A. amabilis*.

Os bambus com idade entre 4 e 7 anos foram cortados no mês de agosto, no período da manhã, na fase de lua minguante, que se trata do período em que as plantas acumulam menos seiva, diminuindo a possibilidade de atrair o caruncho ou outros tipos de insetos. O corte foi realizado logo acima do primeiro nó, próximo da base, de tal forma que não permitisse o acúmulo de água nos entrenós remanescentes, evitando, dessa forma, a contaminação do bambuzal.

Depois de cortados, os colmos foram mantidos no bambuzal na posição vertical por 21 dias. Após esse período foram transportados para o Laboratório de Estruturas da UEL (Universidade Estadual de Londrina) e estocados em local protegido (Figura 19), com uma separação entre as espécies. Cada colmo foi dividido em duas partes de, aproximadamente, 6 m, devidamente identificados na superfície externa, para que fosse possível reconhecer os colmos do mesmo colmo e da mesma espécie.



Figura 19: Estocagem dos colmos de bambu no laboratório de estruturas da UEL. Foto: Carbonari.

Por falta ainda de normalização específica no Brasil, neste trabalho adotaram-se para os ensaios os preceitos da norma internacional ISO/TC165 N314 (1999).

Resistência à compressão paralela às fibras

Seguindo as recomendações da ISO/TC165 N314 (1999), cada corpo de prova (CP) foi cortado com uma altura aproximadamente igual ao seu diâmetro externo, tendo sido lixados de forma a manter as faces paralelas entre si e sem reentrâncias, para que houvesse uma distribuição uniforme das tensões normais às paredes do CP durante os ensaios de compressão paralela às fibras.

Tanto a altura quanto os diâmetros externos e internos de cada CP foram medidos com auxílio de um paquímetro digital com sensibilidade de 0,01 mm. Como as seções transversais dos bambus não são perfeitamente circulares, e a espessura pode variar ao longo da altura, portanto foram realizadas quatro medidas dos referidos diâmetros em cada face (superior e inferior) do CP. Esses valores foram utilizados para determinar a área média da seção transversal.

Os ensaios foram realizados em uma Máquina Universal com capacidade máxima de 300 kN, em conjunto com uma prensa servo-hidráulica com capacidade máxima de 2000 kN (Figura 20), com uma taxa de incremento de carga constante de 0,01 mm/s, e sensibilidade de $\pm 1\%$.

Figura 20: Máquina universal e prensa servo-hidráulica, utilizadas nos ensaios.
Foto: Carbonari.



O CP foi colocado de modo que o centro da cabeça móvel da máquina de ensaio coincidissem com o centro de gravidade da seção transversal. A resistência à compressão paralela às fibras foi obtida dividindo-se a carga máxima que o CP resistiu pela área de sua seção transversal. A área média foi obtida a partir dos diâmetros interno e externo médios de cada uma das faces.

Foram utilizados três CPs para cada uma das posições no colmo (base, intermediário e topo). Por não apresentarem diferenças significativas da resistência à compressão paralela às fibras entre si ao longo da altura do colmo, cada valor médio e o respectivo intervalo de confiança apresentados na Tabela 1 referem-se a 9 CPs ensaiados ao longo do colmo (3 da base, 3 intermediários e 3 do topo).

ESPÉCIE DE BAMBU	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	
	Com Nó	Sem Nó
<i>D. asper</i>	51,15 \pm 5,2%	49,84 \pm 4,5%
<i>B. beecheyana</i>	50,16 \pm 6,8%	48,20 \pm 5,1%
<i>D. giganteus</i>	48,27 \pm 3,5%	46,32 \pm 3,2%
<i>B. oldhamii</i>	72,17 \pm 6,1%	70,04 \pm 3,8%
<i>B. tulda</i>	75,18 \pm 7,0%	72,75 \pm 4,8%
<i>G. angustifolia</i>	45,45 \pm 4,3%	42,17 \pm 3,1%
<i>B. nutans</i>	47,63 \pm 4,7%	47,38 \pm 4,4%
<i>B. vulgaris</i>	50,40 \pm 6,7%	48,42 \pm 5,6%
<i>A. amabilis</i>	38,35 \pm 5,4%	38,20 \pm 6,7%

Tabela 01: Valores médios da resistência à compressão paralela às fibras das espécies de bambus ensaiadas e seus respectivos desvios-padrão

Com base nos valores indicados na referida tabela, concluiu-se que a presença ou não do nó não afetou significativamente os valores da resistência à compressão paralela às fibras dos CPs.

Porém, a resistência à compressão paralela às fibras variou significativamente entre as espécies ensaiadas, variando de 38 MPa a 75 MPa. Os valores mais elevados foram obtidos para as espécies *B. oldhamii* e *B.tulda*, superando os 70 MPa.

Se for considerada a relação entre a resistência à compressão paralela às fibras e a massa específica, todas as espécies de bambu ensaiadas superaram o concreto e o aço, demonstrando a eficiência superior desse material, como pode ser comprovado pela Figura 21.

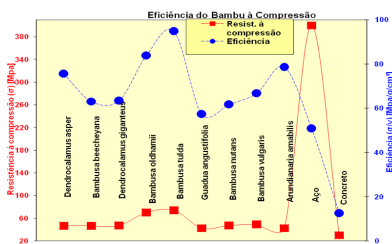


Figura 21: Eficiência do bambu em relação ao concreto e ao aço por meio da relação Resistência à compressão paralela às fibras / Massa específica.

Resistência à tração paralela às fibras

Para os ensaios de tração axial do bambu foram retirados cilindros de 20 cm, com e sem nó, a cada 2 m do colmo, onde foram extraídas ripas (taliscas) na direção paralelas às fibras, com largura de 12 mm e espessura da parede do colmo. Dependendo da espécie de bambu, as ripas foram subdivididas em duas partes, classificando-as como fibras internas e externas. Isso permitiu avaliar não só a influência da presença do nó, como também a posição das fibras em relação à parede do bambu.

Em seguida, as ripas foram lixadas até que apresentassem espessura uniforme de, aproximadamente, 2 mm. Após isso, foram demarcadas nas extremidades do CP regiões de 5 cm de comprimento (Figura 22), que permitiam fixar os mordentes da prensa. A parte central da ripa, de onde foi obtida a resistência à tração paralela às fibras do CP, possuía 5 cm de comprimento, 3 mm de largura, e 2 mm de espessura. A parte de transição da ripa, com 2,5 cm de comprimento, possuía largura variável, de 12 mm a 3 mm (parte central).



Figura 22: Corpo de prova de bambu utilizado nos ensaios de tração paralela às fibras. Foto: Carbonari.

Com o CP devidamente marcado, a próxima etapa foi lixá-lo minuciosamente para garantir que a área da seção transversal na região de estrangulamento fosse a mais constante possível e evitar que ocorresse alguma anomalia durante o ensaio. A norma ISO/TC165 N314 (1999) recomenda descartar resultados obtidos nos quais a ruptura ocorra fora da região central, pois, nestes casos, provavelmente o CP rompeu por cisalhamento. O artifício utilizado para evitar as rupturas por cisalhamento foi o de realizar um acabamento abaulado nas extremidades do CP para que os mordentes fossem forçados a fazer a ancoragem de forma centrada, mantendo, dessa forma, uma boa distribuição da carga pela região.

Antes do ensaio, foram feitas três medidas de largura e espessura (direção tangencial e radial às fibras) na região de estrangulamento, para permitir o cálculo da área média da seção transversal onde geralmente ocorre a ruptura.

Os ensaios experimentais para determinar a resistência à tração paralela às fibras foram realizados em uma Máquina Universal com capacidade de aplicação de 300 kN de força, da marca EMIC, modelo DL 30000, e uma célula de carga da mesma marca com capacidade máxima de 5 kN, a uma velocidade de carregamento controlada de 0,01 mm/seg.

Para o ensaio à tração foram utilizadas as seguintes espécies: *B. nutans*, *B. oldhamii*, *B. tulda* e *D. giganteus*.

Foram utilizados quatro CPs para cada uma das posições no colmo (base, intermediário e topo), dois para avaliar a resistência à tração paralela às fibras internas e dois para as fibras externas. Por não apresentarem diferenças significativas da resistência à tração paralela às fibras entre os CPs ao longo do colmo, cada valor médio e respectivo intervalo de confiança apresentados na Tabela 2 referem-se a seis CPs para cada tipo de posição das fibras (externa e interna).

A diminuição da resistência à tração paralela às fibras observada nos CPs da parte interna da parede do bambu, conforme se verifica na Tabela 2, se deve à baixa concentração de fibras naquela região do colmo, enquanto que o nó, além de também reduzir significativamente a resistência à tração, proporciona uma ruptura frágil e abrupta, o que não ocorre em CPs sem nós, os quais vão se rompendo fibra por fibra, apresentando, dessa forma, maior ductilidade. Além disso, na referida tabela verifica-se que o desvio-padrão dos valores obtidos dos CPs com nós se mostrou mais elevado do que aqueles referentes aos CPs sem nó.

ESPÉCIE DE BAMBU	FIBRA INTERNA		FIBRA EXTERNA	
	Com Nó	Sem Nó	Com Nó	Sem Nó
<i>D. giganteus</i>	52±16,1%	133±5,7%	186±12,6%	203±4,4%
<i>B. oldhamii</i>	79±14,5%	133±7,1%	134±17,7%	229±7,5%
<i>B. tulda</i>	82±16,8%	172±6,6%	168±21,8%	211±6,6%
<i>B. nutans</i>	69±17,8%	150±5,5%	135±18,2%	244±5,8%

Tabela 02: Valores médios da resistência à tração (MPa) das espécies ensaiadas.

Para efeito de comparação com o aço, foi utilizada a resistência à tração paralela às fibras média da parede do colmo, entre as fibras interna e externa, para CPs com nó. Na Tabela 3, são indicados os valores das resistências médias do aço e das espécies de bambu ensaiadas à tração paralela às fibras (f_T) para CPs com nó, além das respectivas massas específicas (ρ), e as relações entre a resistência a tração e a massa específica (f_T / ρ), de cada material.

MATERIAL	f_T (MPa)	ρ (g/cm ³)	f_T / ρ
<i>D. giganteus</i>	119	0,75	159
<i>B. oldhamii</i>	106	0,84	126
<i>B. tulda</i>	125	0,78	160
<i>B. nutans</i>	102	0,77	132
Aço CA-25	250	7,85	32

Tabela 03: Eficiência das espécies de bambu e do aço (Resistência à tração paralela às fibras / Massa específica)

Assim como se verificou nos valores obtidos da resistência à compressão paralela às fibras das espécies de bambus ensaiadas, a relação entre a resistência à tração paralela às fibras e suas massas específicas resultaram em valores muito superiores aos do aço, de 4 a 5 vezes mais elevadas. Nessa comparação pode-se, portanto, considerar que o bambu seja um tipo de “aço vegetal”.

Resistência à flexão estática

No ensaio de flexão estática foram utilizadas duas espécies de bambu, *D. giganteus* e *B. nutans*, extraídas do bambuzal do IAPAR/Londrina. Foram obtidos os diagramas carga x deslocamento, possibilitando a determinação da tensão de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade à flexão (MOE), informações que são fundamentais para o projeto de uma estrutura.

Para este ensaio não foi utilizada a recomendação da ISO/TC165 N314 (1999), segundo a qual o colmo de bambu estaria sujeito a duas cargas concentradas, com apoios nas extremidades. A metodologia proposta neste trabalho utilizou o colmo engastado em uma extremidade e livre na outra, sendo sujeito a uma carga concentrada na extremidade livre, tornando o ensaio mais simples e preciso na obtenção do módulo de elasticidade à flexão do bambu. A proposta do elemento engastado-livre permite utilizar-se apenas uma carga aplicada, propiciando a obtenção de melhor simulação da vinculação, e menor comprimento do elemento, resultando em uma menor variação do diâmetro e da espessura do bambu ao longo do comprimento.

Para a obtenção do comprimento do colmo de bambu a ser utilizado no elemento engastado-livre, proposto neste trabalho, adotou-se a recomendação da ISO/TC165 N314 (1999), onde a extensão do elemento bi-apoiado deveria ser de 30 vezes o seu diâmetro externo médio. Igualando a flecha máxima obtida entre a sugestão da referida norma (ele-

mento bi-apoiado) e a deste trabalho (engastado-livre), obteve-se que o comprimento deste último deveria ser de 11,3 vezes o diâmetro externo médio do colmo, conforme se pode verificar no esquema da Figura 23.

$$y_1 = \frac{23PL_1^3}{1296EI} \quad L_1 = 30 \times D_e$$

$$y_2 = \frac{PL_2^3}{3EI} \quad L_2 = x \times D_e$$

Igualando y_1 e y_2 : $\frac{23P \times (30 \times D_e)^3}{1296EI} = \frac{P \times (x \times D_e)^3}{3EI}$

Logo $x \cong 11,3$, então $L_2 \cong 11,3D_e$

Figura 23: Adequações da norma ISO/TC165 N314 (1999) para o ensaio de flexão estática.

Na Figura 23, P é a carga aplicada nas vigas bi-apoiada e engastada-livre; y_1 e y_2 são os deslocamentos verticais máximos das vigas bi-apoiada e engastada-livre, respectivamente; L_1 e L_2 são os comprimentos dos vãos das vigas bi-apoiada e engastada-livre, respectivamente; e EI é a rigidez à flexão das vigas.

A aplicação da carga no colmo engastado-livre foi realizada por meio de um conjunto constituído de um macaco hidráulico e de outro mecânico. Isso foi necessário devido à grande flecha que o bambu apresenta até ocorrer a sua ruptura, superando o alcance do equipamento. Para a aquisição dos dados, fez-se uso de dois deflectômetros (tipo LVDT) analógicos com a finalidade de monitorar os giros no engaste, e uma célula de carga com capacidade máxima de 50 kN. Foi utilizado um papel milimetrado para a medição da flecha, como forma alternativa de medida dos deslocamentos verticais, devido às limitações de medida dos deflectômetros disponíveis. Os detalhes do ensaio estão mostrados na Figura 24-a.

Como forma de evitar que o engaste sofresse esmagamento das paredes do colmo de bambu durante o ensaio de flexão estática, o primeiro entrenó do colmo da região do engaste foi preenchido com concreto (Figura 24-b). Para isso, foi utilizada uma mistura pronta para graute, que consiste em um saco de 25 kg de material seco, com a adição de 3 litros de água, conforme instruções do produto. Além disso, foi adicionada 7,5 kg de brita 0 (30% em massa). Os ensaios foram realizados após decorridos 28 dias da concretagem.



Figura 24: (A) Detalhes do ensaio de flexão estática para o colmo engastado-livre; (B) Detalhe do primeiro entrenó concretado junto ao engaste.

Foto: Carbonari.

O ensaio se desenvolveu com a aplicação inicial de 10% da carga de ruptura estimada, seguido da leitura dos extensômetros e da flecha correspondente. Este processo se repetiu sucessivamente com a adição de 10% da carga, a cada tomada de dados, até ocorrer a ruptura do colmo.

Foram instalados extensômetros junto ao engaste, de forma que se permitisse descontar a parcela da flecha causada pelo pequeno mas considerável giro no engaste. O engaste perfeito é uma idealização teórica e com as diferenças entre as medidas lidas, pode-se calcular o ângulo de giro do engaste e a inclinação correspondente que resulta em um acréscimo nos deslocamentos da extremidade do CP, o qual deve ser desconsiderado nos cálculos de módulo de elasticidade (MOE).

Após a conclusão do ensaio, o colmo utilizado foi fatiado em três partes (no engaste, no meio, e no balanço), de forma a obter com maior precisão os diâmetros externos (D_e) e internos (D_i) médios que representam o elemento ensaiado.

Admitindo-se um comportamento elástico e linear do colmo, e utilizando as equações da resistência dos materiais, a partir da carga de ruptura (P_{Rupt}) obtida do ensaio de flexão obtém-se a tensão de ruptura média (σ_{Rupt}) por meio da Equação (1):

$$\sigma_{Rupt} = \frac{115 D_e^2}{D_e^4 - D_i^4} P_{Rupt} \quad \text{Equação (1)}$$

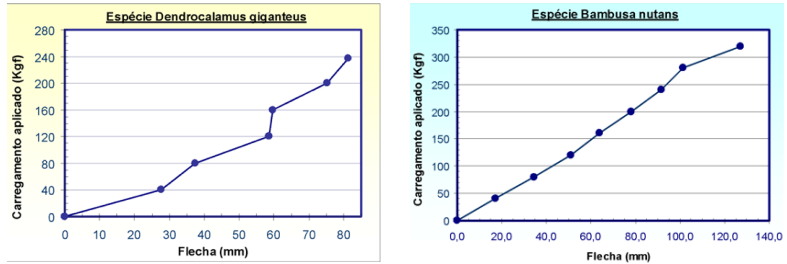
O módulo de elasticidade à flexão foi obtido diretamente no diagrama carga x deslocamento do ensaio, na faixa entre 10 e 50% da carga de ruptura, utilizando os conceitos da resistência dos materiais (comportamento elástico e linear).

Observou-se nos ensaios que a ruptura do colmo dos bambus ensaiados ocorreu primeiramente na região tracionada da seção do colmo, na região do engaste.

O colmo da espécie *D. giganteus*, com 1,26 m comprimento, 10,31 cm de diâmetro externo médio, e 8,78 cm de diâmetro interno médio, rompeu com uma carga de 2,34 kN, indicando uma tensão de ruptura de 58,5 MPa. O módulo de elasticidade à flexão calculado foi de 5,3 GPa. Na Figura 25-a, pode ser visto o diagrama carga x deslocamento do referido colmo, obtido no ensaio de flexão estática.

Na Figura 25-b, está indicado o diagrama carga x deslocamento obtido no ensaio à flexão do colmo da espécie *B. nutans*. Com uma carga de ruptura de 3,5 kN, obteve-se que o colmo apresentou uma tensão de ruptura de 60 MPa. Por meio do referido diagrama chegou-se a um módulo de elasticidade à flexão de 3,4 GPa. O comprimento do elemento neste ensaio foi de 1,10 m, com um diâmetro externo médio de 9,81 cm, e um diâmetro interno médio de 7,30 cm.

Figura 25: (a) Diagrama carga x deslocamento do colmo da espécie *D. giganteus*; (b) Diagrama carga x deslocamento do colmo da espécie *B. nutans*.



Os comportamentos quase linear entre carga e flecha mostrados nos diagramas da Figura 25 reforçam que a metodologia experimental utilizada nos ensaios foi satisfatória. O ensaio proposto neste trabalho (elemento engastado-livre) ocupa um menor espaço no laboratório, já que o comprimento do colmo de bambu diminuiu em mais de 50% em relação ao elemento bi-apoiado recomendado pela ISO/TC165 N314 (1999), tornando o ensaio alternativo mais simples, prático e rápido.

Para uma conclusão mais precisa dos valores obtidos para as duas espécies de bambu ensaiadas torna-se necessário realizar-se um maior número de ensaios. Mas, de maneira preliminar, pode-se concluir que o bambu possui uma alta resistência aliada a uma elevada flexibilidade. Estas características estão associadas às ações impostas pela natureza, já que no bambuzal os colmos de aproximadamente 25 m devem resistir à ação do vento.

Módulo de Elasticidade no ensaio de compressão paralela às fibras

Para a obtenção do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras foram utilizadas três espécies de bambus presentes no IAPAR/Londrina: *D. asper*, *B. beecheyana* e *D. giganteus*. A metodologia utilizada foi baseada nas recomendações da ISO N314 (1999).

Os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaios, com capacidade máxima de 300 kN, em conjunto com uma prensa servo-hidráulica com capacidade de 2000 kN, que permite um incremento de carga constante, mantendo uma sensibilidade de $\pm 1\%$.

Para medir as deformações dos CPs, durante o ensaio do módulo de elasticidade longitudinal, foram utilizados extensômetros eletrônicos (Figura 26), com configuração dupla de sensores independentes, utilizando uma caixa de equalização para obter o sinal da deformação média, com uma deformação máxima mensurável de 2,5 mm, e resolução de 0,0001 mm.



Figura 26: Detalhe do ensaio de módulo de elasticidade.
Foto: Carbonari

Utilizou-se a mesma metodologia do ensaio de resistência à compressão paralela às fibras, Para o ensaio do módulo de elasticidade foram utilizados três CPs para cada uma das posições no colmo (base, intermediário e topo). Por não apresentarem diferenças significativas entre os CPs ao longo do colmo, cada valor médio e o respectivo intervalo de confiança, apresentados na Tabela 4, referem-se à média de nove CPs (três para cada região do colmo).

Os resultados obtidos do módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras e do respectivo intervalo de confiança, para cada espécie ensaiada, são apresentados na Tabela 4.

ESPÉCIE DE BAMBU	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)	
	Com Nó	Sem Nó
<i>D. asper</i>	23,30±8,5%	24,80±6,7%
<i>B. beecheയാna</i>	20,70±7,3%	19,70±5,5%
<i>D. giganteus</i>	21,90±6,4%	21,80±7,2%

Tabela 04: Módulos de Elasticidade obtidos no ensaio à compressão paralela às fibras.

Comparando-se os valores apresentados na Tabela 4, para a mesma espécie, observa-se que a presença do nó não afetou significativamente o valor do módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras, assim como já havia sido observado no ensaio da resistência à compressão das espécies de bambu ensaiadas.

Verificou-se também na referida tabela que os valores médios dos módulos de elasticidade das espécies estudadas situaram-se entre 20 GPa e 25 GPa, sendo superiores ao da maioria das madeiras, sendo muito próximos ao do concreto, porém sendo muito inferiores ao do aço.

3.2.2. Considerações quanto aos ensaios do bambu em laboratório

No que se refere à obtenção das propriedades mecânicas de várias espécies de bambu, pode-se afirmar que:

- Quanto a resistência à compressão paralela às fibras, os valores obtidos para as espécies ensaiadas de bambu variaram de 38 MPa a 75 MPa;
- Já para a resistência à tração paralela às fibras, os valores médios obtidos das várias espécies ensaiadas, considerando os corpos de prova com nó, situaram-se entre 102 MPa e 125 MPa;
- Considerando a relação entre as resistências, tanto à compressão como à tração das espécies, ambas na direção paralela às fibras, e suas respectivas massas específicas, todas as espécies de bambu ensaiadas apresentaram valores superiores de eficiência em relação ao concreto e ao aço;
- Os valores relativamente baixos obtidos dos módulos de elasticidade à flexão (de 3,4 GPa a 5,3 GPa) comprovam a alta flexibilidade do bambu, compatível com o comportamento resistente e flexível que possui o bambuzal quando sujeito à ação do vento. O módulo de elasticidade à flexão influi diretamente no dimensionamento de elementos, tais como lajes e vigas;

- Os módulos de elasticidade obtidos no ensaio de compressão paralela às fibras das espécies estudadas situaram-se entre 20 GPa a 25 GPa, sendo superiores aos da maioria das madeiras de floresta plantada, e sendo próximos ao do concreto convencional.

A metodologia utilizada para ensaio permitiu avaliar as propriedades mecânicas de algumas espécies de bambu. Com base nos resultados obtidos, observou-se que o bambu é um material extremamente eficiente, com baixo peso e altas resistências, tanto à tração quanto à compressão, quando tomadas paralelas às fibras, porém com uma deficiência natural em relação ao seu módulo de elasticidade à flexão.

3.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E ENSAIOS DE CAMPO

3.3.1. Ensaio não destrutivo (END) aplicados ao bambu

Conforme destacado nos itens precedentes, os ensaios destrutivos aplicados ao bambu ainda apresentam relativa dificuldade na execução dos corpos de prova, dificuldade essa evidenciada ainda pela falta de norma específica aprovada pelas instâncias competentes (ABNT).

Dessa forma, surge outra possibilidade para avaliar o comportamento de peças de bambu – a utilização de ensaios não destrutivos (END), já de uso consagrado para o aço, o concreto e a madeira. Tal conceito, aplica-se a uma série de ensaios que visem avaliar um determinado material “sem que sejam alteradas suas propriedades originais”.

3.3.2. Ensaio de campo

Tal tipo de ensaio pode ser aplicado a colmos de bambu destinados à montagem de estruturas. O método baseia-se no princípio de que, se um colmo retilíneo for apoiado em dois cavaletes (portanto, cujo vão é conhecido), ao aplicar-se uma carga constante (um balde cheio de areia, por exemplo) no meio do vão, quanto menor for a deflexão sofrida pelo colmo (“barriga”) mais rígido (e, portanto, mais resistente) será o colmo. O ensaio pode ser aplicado a colmos recém cortados, ou a um lote de colmos de mesmo teor de umidade). Porém, mesmo para colmos tortuosos, pode-se pensar em sua utilização em estruturas curvilíneas, tais como componentes de pontes, caso esse em que o bambu já seria “pré-tensionado”.

3.3.3 Moiré de sombra

Conforme detalhado por Beraldo *et al.* (2007), após efetuar-se uma montagem obedecendo uma configuração específica (Figura 20a), coloca-se uma tela plástica (Figura 20b) defronte o corpo de prova, previamente pintado de cor branca – pode-se observar a presença inicial de franjas na tela. Aplicam-se, então, carregamentos sucessivos – portanto, conhece-se a tensão à qual o corpo de prova se encontra submetido. Um software específico para tratamento de imagens efetua a subtração dos *pixels*, de forma que se conheça a “tensão em cada ponto do corpo de prova”. Na Figura 21, observa-se a descontinuidade na distribuição das tensões que ocorre na parte superior, devido à presença de um nó presente no corpo de prova.

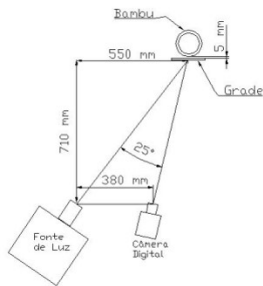


Figura 20: (A) Montagem experimental; (B) Franjas de Moiré.
Foto: Beraldo.

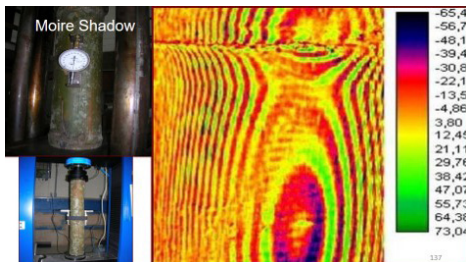


Figura 21: Distribuição das tensões no corpo de prova. Efeito do nó do bambu.
Foto: Beraldo.

3.3.4. Frequência de ressonância

Tal método é aplicável apenas em escala laboratorial, pois pressupõe que o corpo de prova tenha comprimento “infinito”, ou seja, que o comprimento seja muito mais elevado dos que as demais dimensões (largura e espessura). Pode-se aplicar, portanto, na avaliação do comportamento de taliscas (ripas) de bambu.

Nas posições $0,224 \cdot L$ (L = comprimento do corpo de prova), correspondentes às frequências naturais de vibração, colocam-se dois apoios de borracha (Figura 22a). A seguir, aplica-se um impacto em uma extremidade do corpo de prova e, na extremidade oposta, coloca-se um microfone. Um software específico (www.fakooop.com) interpreta os sinais e indica claramente um pico – denominado de frequência de ressonância ($f = 6591$ Hz), conforme Figura 22b.

Exemplo: a Velocidade de Propagação do Ultrassom (VPU) na direção paralela às fibras do bambu é dada por:

$$VPU = 2 \cdot f \cdot L, \text{ sendo } L = 0,367 \text{ m. Portanto, } VPU = 4833 \text{ m/s}$$

O corpo de prova tinha densidade de 1021 kg/m^3 , portanto, tem-se que o módulo de elasticidade dinâmico (E_d), será de:

$$E_d = d \cdot (v^2), \text{ ou seja, } E_d = 24 \text{ GPa.}$$



Figura 22: (A) Montagem experimental; (B) Resultado da frequência de ressonância.
Foto: Beraldo.

3.3.5. Considerações aos ensaios de campo

Conforme pode-se observar a caracterização físico-mecânica do bambu requer, na maioria dos casos, o apoio de laboratórios especializados e de equipamentos relativamente sofisticados. No entanto, tais recursos não se encontram disponíveis para a maioria dos usuários.

Então a questão que se coloca é: como avaliar de forma simples um colmo de bambu para que o mesmo possa ser destinado, por exemplo, a uma determinada construção?

Da mesma forma que já existe para as madeiras, algumas espécies de bambus mostram maior potencial para a construção sendo, portanto, mais valorizados por suas características geométricas (retidão, uniformidade de diâmetro, distância uniforme entre os nós etc.) e mecânicas (maiores resistência à compressão paralela às fibras e em flexão estática).

Enquanto ainda não houver a normatização das estruturas de bambu no Brasil, com a conseqüente exigência do atendimento às especificações a serem apresentadas pelos colmos de determinadas espécies de bambus, recomenda-se que os usuários e/ou fornecedores de colmos de bambus atendam a alguns quesitos práticos, a saber:

Apenas colmos maduros devem ser utilizados em aplicações estruturais, devido ao risco de ocorrer falha mecânica em colmos imaturos, aliado à variação dimensional ocasionada pela retração, com a conseqüente perda de rigidez nas ligações bambu-bambu;

Em locais de comercialização de colmos (ainda muito limitados no Brasil), pode-se efetuar uma montagem experimental simples visando à classificação dos colmos por meio de um ensaio de campo. Colocam-se dois cavaletes espaçados de 3-4 m, por exemplo; a seguir, sobre eles se coloca o colmo e, na região central, se coloca pendurado no colmo um determinado peso (balde com areia, por exemplo). Quanto maior for a deflexão observada, provavelmente menos rígido seria o colmo, desde que a comparação seja feita na mesma condição de umidade.



CAPÍTULO 4

INSETOS E PRAGAS QUE ATACAM O BAMBU

Fabiano Ostapiv
Joana D'arc Pedroso da Silva Ostapiv

Muitos insetos podem atacar o bambu nos bambuzais, comer suas folhas, fazer furos nos brotos e nos colmos e outros podem atacar severamente os produtos acabados, produzidos com a madeira do bambu. Insetos podem sugar a seiva de diferentes tecidos e órgãos da planta. Formigas, besouros, borboletas e aranhas podem usar as cavidades internas dos colmos para fazer seus ninhos e depositar seus ovos. Assim, a preservação dos bambuzais e dos produtos feitos com esta matéria prima é uma questão biológica, econômica e de engenharia fundamental para a racionalização da produção e uso da planta.

Os bambus apresentam baixa durabilidade natural. E vários fatores favorecem a degradação deste material são: A não produção de toxinas naturais durante sua vida, Liese (2004), e os elevados teores de amido e açúcares na composição de seus tecidos que atraem muitos tipos de insetos herbívoros, Wang *et al.* (1998).

De um modo geral, o ataque de insetos a um bambuzal reduz o vigor das plantas e a produtividade de colmos e brotos do bambuzal. O ataque sobre o produto final pode destruí-lo completamente, transformando a madeira de bambu em pó. Seja qual for a forma do ataque de insetos eles podem causar perdas econômicas consideráveis.

Insetos e pragas podem causar danos no bambuzal de quatro modos distintos:

- Removendo fluidos e biomassa da planta;
- Causando danos mecânicos a planta;
- Injetando substâncias tóxicas na planta;
- Transmitindo doenças para a planta.

Os resultados da ação severa dos insetos é que a planta pode perder folhas, murchar os brotos e galhos e os colmos podem morrer, diminuindo a vitalidade e a produtividade do bambuzal atacado. Na Figura 01 são mostrados besouros mastigadores na forma adulta e larva que podem causar danos consideráveis em bambuzais. Dependendo da espécie apenas uma larva é capaz de inutilizar um colmo.



Figura 01: Besouro conhecido como Broca do bambu na fase adulta *Rhinastus sp* e larva não identificada, encontrados dentro de colmos de *Merostachys multiramea* em Pato Branco, Paraná, 2017.
Fotos: J.P.S. Ostapiv.

Na Figura 02 são mostrados dois tipos de insetos que atacam o bambu na floresta. Além dos insetos há muitos outros artrópodes invertebrados que são pragas reais ou potenciais para os bambuzais, como ácaros e aranhas.



Figura 02: Besouros que atacam bambuzais em galho de *Guadua angustifolia bicolor* e *Chlorophorus* sp (tigre do bambu) em colmo de *Phyllostachys edulis*, em Tatuí, São Paulo, 2017.
Fotos: J.P.S.Ostapiv.

Existem poucos estudos sobre pragas e doenças nos bambuzais brasileiros e a recomendação de Hidalgo-López (2003) é que quando a infestação de fungos e bactérias for muito severa deve-se queimar os colmos, galhos e folhas afetados.

Vários insetos podem viver na superfície ou no interior oco dos colmos de bambu, as principais pragas dos bambuzais que vivem na superfície dos colmos são pequenos percevejos da Ordem *Hemiptera*. De um modo geral os insetos atacam mais os colmos jovens, com menos de 3 anos, por terem maior teor de umidade que os colmos mais velhos. No entanto, colmos muito velhos que apresentam rachaduras, furos e sinais de decomposição são utilizados pelos insetos como abrigo e tem papel importante nos ataques de insetos aos bambuzais. Daí a importância em manejar os bambuzais e eliminar o excesso de colmos velhos, doentes ou em decomposição.

Assim como os colmos, as folhas de bambu têm uma vida limitada. Se não houver ataque de pragas ou doenças as folhas têm vida de 1 a 5 anos, dependendo da espécie. Os ataques de pragas geralmente acontecem nas folhas jovens. Na Figura 03 é mostrado um ataque de insetos às folhas de *Bambusa dissimulata* que se apresentam sem as pontas.

Os ataques às folhas se devem principalmente as lagartas de borboletas e mariposas e também grilos e gafanhotos tanto na forma de ninfa como adulta. Wang *et al.* (1998), relatam que em ataques severos destes insetos, principalmente os dos gêneros *Ceracris* e *Hyeroglyphus*, em bambuzais de *P. pubescens* muitas plantas chegaram a ficar completamente desfolhadas e morreram.



Figura 03: Ataque de insetos e em folhas de *B. dissimulador*.

Foto: J.P.S. Ostapiv.

4.1. O CASO DE ATAQUE DE INSETOS NUMA TOUCEIRA DE *BAMBUSA TULDOIDES*

O *B. tuldoides* é uma das espécies de bambu mais disponíveis no Brasil, estabelecido em todas as regiões brasileiras. É um bambu originário da China, utilizado tradicionalmente no dia a dia de comunidades originárias e propriedades rurais, especialmente nas pequenas e médias. Os usos mais comuns desta espécie são a construção de casas, cercas, estacas na roça, artesanatos, móveis, estufas, galinheiros, chiqueiros e galpões, entre outros.

Uma moita ou touceira de *B. tuldoides* pode conter milhares de colmos e produzir uma grande quantidade de biomassa. No entanto, devido ao ataque de insetos a touceira perde vitalidade e produtividade, apresentando elevada taxa de mortandade de colmos.

Inicialmente os insetos furam o colmo para sugar a seiva e depositar ovos no interior do colmo. A partir daí outros insetos aproveitam o espaço para entrar no colmo e construir ninhos ou colônias. Junto com eles entram também água das chuvas, fungos e bactérias que apodrecem o colmo chegando a matá-lo.

Nas Figuras 04, 05, 06 e 07 são mostrados os resultados de ataques de insetos numa touceira da Coleção de Bambus da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento dos Agronegócios do Bambu, no município de Tatuí, Estado de São Paulo, onde aproximadamente 25% dos colmos vivos da touceira apresentavam sinais de ataque de insetos.

Figura 04: Parte externa da touceira de *B. tuldooides* com grande número de colmos mortos e apodrecidos, possivelmente devido ao ataque inicial de insetos e depois de fungos apodrecedores.
Foto: J.P.S. Ostapiv.



Figura 05: Colmos perfurados por insetos ocasionando perda de seiva e apodrecimento do colmo.
Fotos: J.P.S. Ostapiv.



Enquanto na Figura 05 são mostrados diversos detalhes de perfuração e apodrecimento dos colmos de *B. tuldooides*, na Figura 06 são mostrados pequenos insetos sobre um colmo e material depositado no interior dos colmos para construção de ninhos.

Figura 06: Furos, apodrecimento e morte dos colmos de *B. tuldooides*.
Fotos: J.P.S. Ostapiv.





Material introduzido no bambu por insetos

Pequenos insetos que vivem no exterior dos colmos

Material produzido por insetos no interior do colmo

Figura 07: Apodrecimento da parede de colmo, insetos na parte externa, revestimento interno do oco de um gomo de bambu feito por aranha. **Fotos:** J.P.S. Ostapiv.

Vários tipos de insetos usam o interior dos colmos de bambu como moradia, na Figura 08 é mostrada uma espécie de aranha que fez uma teia na parte interna do colmo, logo após um furo existente na parede de um colmo de *B. tuldooides*, montando uma armadilha para insetos que procuram entrar por ali em busca de proteção e alimento.



Teia de aranha no acesso furado do "gomo" de um colmo

Aranha que vive dentro do colmo de *B. tuldooides*

Figura 08: Revestimento interno feito pela aranha que o usa como moradia. **Fotos:** J.P.S. Ostapiv.

4.2. ATAQUE DE INSETOS NA ESPÉCIE *BAMBUSA VULGARIS*

Esta espécie de bambu é usada no Brasil para produção de biomassa para energia e celulose, também é usada na construção rural. No entanto esta é uma das espécies de grande porte mais suscetível ao ataque de insetos.

Segundo Hidalgo-López (2003), no Brasil há relatos de plantações de *B. vulgaris* afetadas por uma doença causada pela *Tomentella bambusina*, cujo sintoma inicial é o amarelamento dos colmos, levando a morte dos colmos. Os brotos e colmos jovens sofrem mais severamente, tornando-se completamente ressecados. Os rizomas e as raízes também são afetados. Para controlar pode-se cortar e queimar os colmos afetados, abrir espaço no interior da touceira para aumentar a luminosidade e melhorar a ventilação. Além disso, pode ser feita a fertilização do solo para aumentar a resistência da planta e melhorar o combate à doença.

4.3. O CASO DE ATAQUE A PRODUTOS ACABADOS, ELEMENTOS MODULARES DE BAMBU E MADEIRA

Segundo Wang *et al.* (1998) na Ásia foram reconhecidas mais de 800 espécies de insetos que podem causar algum dano aos bambus. Destas espécies existem umas 50 que são as que tem o maior potencial de dano, especialmente nos produtos finalizados. O maior causador de perdas econômicas é um tipo de caruncho pequeno chamado *Dinoderus minutus*, da família *Bostrichidae*, mostrado na Figura 09 e 10 e muito encontrado no Brasil. Este inseto também é popularmente conhecido como o caruncho do bambu.

Este besouro adaptou-se em diversas regiões do mundo. Na forma adulta ou de larva alimenta-se principalmente do amido presente no tecido parenquimático da madeira de bambu, podendo destruí-la quase que completamente. Devido a diferença na concentração de amido, o ataque deste tipo de inseto é maior na região do parênquima e menor na região dos feixes de fibras. Na Figura 09 é mostrada que a região mais fibrosa do diafragma de um colmo de bambu e permaneceu um pouco mais preservada, enquanto o material básico no entorno dos feixes de fibras deste diafragma foi quase todo transformado em pó.



Figura 09: Ataque severo de *D. minutus* na região do diafragma de um colmo de *Dendrocalamus asper*.
Foto: J.P.S. Ostapiv.

Colmos de bambu estocados, ou produtos finalizados não tratados, são muito suscetíveis ao dano causado por estes insetos. Eventualmente cupins podem atacar a madeira do bambu. No entanto, como discutem vários pesquisadores como Singh e Bhandari (1998), a maior incidência de ataques é devida ao besouro *D. minutus*. Estes insetos penetram no interior dos colmos de bambu principalmente pelas extremidades cortadas dos colmos e dos galhos, também por lascas e fissuras. Uma vez dentro da parede do colmo os besouros cavam galerias através do tecido mais mole e rico em amido (parênquima), transformando-o em pó.

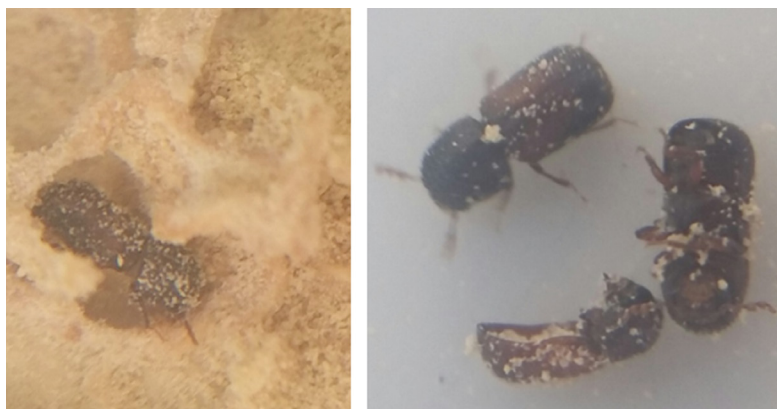


Figura 10: Detalhes do besouro *D. minutus*, coberto de pó da madeira de bambu.
Fotos: J.P.S. Ostapiv.

Apesar de o bambu ser atrativo para muitos insetos, essa atratividade pode diminuir após o período de brotação, quando os bambus apresentam uma maior concentração de compostos fenólicos, produzidos pelo metabolismo secundário da planta. Estes compostos podem ter efeito repelente sobre várias espécies de insetos entre eles o caruncho do bambu, como sugerem Silveira *et al.* (2017).

Se não forem adotadas medidas para preservar o material tais como: a seleção de espécies menos suscetíveis a ataques de insetos, o uso apenas de colmos maduros (com a idade adequada), a colheita dos colmos na época mais adequada, o tratamento inicial dos colmos na mata, a aplicação de outros tratamentos posteriores (como calor e banhos químicos) e o armazenamento adequado, de preferência na posição vertical e em local ventilado. Então é muito fácil que 40% dos colmos ou produtos finais armazenados possam ser danificados e inutilizados num período de 8 a 10 meses como o caso dos produtos apresentado na Figura 11.

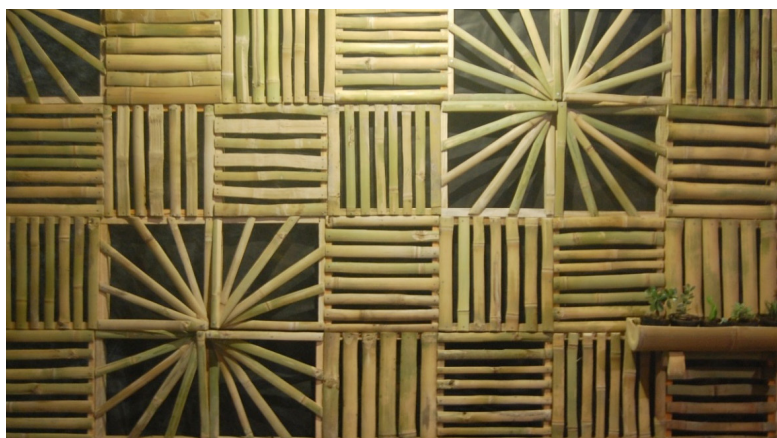
Segundo Hidalgo-Lopez (2003), na maioria das espécies de bambu a região da base e do meio do colmo são mais suscetíveis ao ataque de insetos do que as partes superiores onde a dimensão dos feixes fibrovasculares e a concentração de amido são menores.

Figura 11: Ataque severo de *D. minutus* em produto de bambu modular ripado não tratado, de *D. asper* e *B. vulgaris*. Um ano após a instalação, vista da parte interna das ripas.
Foto: Ostapiv.



Um painel bonito de bambu modular, como o apresentado na Figura 12, pode ser destruído num curto período de tempo se não forem tomadas medidas para prevenir o ataque de insetos e fungos degradadores.

Figura 12: Painel montado na Semana Farroupilha na UTFPR-PB em setembro de 2016. Vista frontal, parte externa das ripas de bambu.
Foto: Ostapiv.



4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

Apesar da importância do tema, pouca atenção é dada ao estudo de pragas e doenças em bambuzais, incluindo aí o Brasil onde existem poucos estudos na área.

A necessidade de entender melhor, acompanhar e controlar as infestações de insetos, doenças e outras pragas nos bambuzais é essencial. São conhecimentos vitais para dar segurança aos produtores que queiram investir em florestas de bambus.

A falta destes conhecimentos técnicos é um fator limitante para o estabelecimento mais rápido, eficiente e seguro de uma cadeia produtiva do bambu que seja economicamente significativa no Brasil.

A close-up photograph of several horizontal bamboo stalks. The stalks are light brown and show signs of weathering and insect activity, with several ants visible on the surface. The lighting is dramatic, highlighting the texture of the bamboo.

CAPÍTULO 5

CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU

ALEXANDRE OLIVEIRA VITOR
LISIANE ILHA LIBRELOTTO
PAULO CESAR MACHADO FERROLI

A cadeia produtiva pode ser entendida como o conjunto de etapas que compõem o ciclo de vida de um produto, de seu nascimento até seu renascimento. Do berço ao berço, como é entendida sob a ótica da sustentabilidade. Melhor ainda se definida como uma cadeia de valor, ou seja, a identificação dos pontos onde há a agregação de valor ao produto. Se pensarmos no tema deste livro, onde exatamente se agrega valor à produção do bambu?

Como um material dito alternativo, o bambu, no Brasil, implica em diversificação de matérias-primas. Na construção civil, por exemplo, resolver o problema no déficit habitacional contando apenas com o sistema construtivo vigente baseado no uso do cimento implicaria em um grande impacto ambiental e na escassez de recursos sem sequer chegar perto da solução do problema.

O projeto e a construção com novos materiais é um requisito para a sustentabilidade na construção. Entretanto, grande parte destes materiais não possuem suas cadeias produtivas desenvolvidas ou requerem a difusão e propagação do conhecimento dentro de suas etapas.

Imagine que você quer empregar o bambu no projeto de uma habitação ou em um mobiliário. Poderia ser qualquer outro produto. Você primeiro precisaria saber qual dentre as mais de mil variedades de bambu, você usaria. Para esta definição você precisaria conhecer, quais destas variedades estão disponíveis perto de você, qual delas tem as propriedades desejadas para seu produto, como a durabilidade, o melhor tratamento, a resistência, a disponibilidade do material na quantidade desejada.

Parece fácil, mas garantimos que não é! Do total de variedades, apenas cerca de um quarto são endêmicas no Brasil, ou seja, podem ser encontradas aqui. A Lista das Espécies da Flora do Brasil cita 258 espécies de bambus nativos, distribuídos em duas tribos, *Olyreae* e *Bambuseae*, e 35 gêneros (Filgueiras *et al.*, 2004 e 2015). O número de bambus endêmicos no Brasil é alto: são 12 gêneros (34%) e 175 espécies (68%).

A identificação da espécie depende de um conhecimento mínimo como diâmetro, características da planta (cor, espinhos, folhas, altura). Depois cada uma delas deverá apresentar variação na resistência, na densidade entre outras características. Outras variáveis como a idade do bambu, que depende de um controle do crescimento na touceira, precisam ser obtidas, pois tem relação direta com a resistência do material.

Então a tarefa de projetar e utilizar o bambu está longe de ser uma tarefa simples se quisermos assegurar o desempenho do material, como determinam as normas técnicas, a exemplo da NBR 15575 (ABNT, 2010) no âmbito da edificação, que estabelece três níveis de desempenho: mínimo, intermediário e superior. É preciso conhecer a cadeia produtiva, nos pontos onde ela está mais desenvolvida e fortalecer os pontos onde existem lacunas além de um amplo trabalho de disseminação do conhecimento sobre o material e seus usos.

Na verdade, o bambu difere-se do aço ou do cimento por exemplo. Para estes pode-se ir até a loja de material de construção e adquirir o material selecionado e identificado pela sua resistência, composição e fabricação com informações disponíveis na embalagem, em catálogos técnicos, em sites de fornecedores, em livros de materiais que ensinam os tipos, as formas de dosagens, o peso específico, suas propriedades detalhadas e com uma ampla variedade de normas técnicas que estabelecem seus usos e critérios de dimensionamento.

Tal realidade está longe de ser concretizada para o bambu no Brasil, ou mesmo para outros materiais como as madeiras, por exemplo. Imagine se pudéssemos obter esses materiais em embalagens com rótulos, que assegurem a espécie, o produtor, o local de produção, a regularidade da extração, as idades, o tipo de tratamento e época da colheita e todas as informações necessárias para o projeto e utilização do material com segurança.

Ainda outra questão está relacionada com o projeto utilizando o bambu. Tomemos como exemplo o projeto arquitetônico e seu detalhamento, ou mesmo o projeto estrutural de uma habitação. Como representar o diâmetro do material? Que tolerâncias empregar nas peças, visto que elas terão variação dimensional? Como especificar o comprimento de uma barra roscada de ligação, quando o diâmetro exato da peça que será utilizada ainda é desconhecido? Desta forma o projeto de uma habitação em bambu requer a simultaneidade, no que se pode chamar de engenharia simultânea. Ao mesmo tempo tende a exigir a presença do projetista em obra, para detalhamento e acompanhamento da execução. Sem dúvida uma quebra de paradigma, mas que se torna mais viável, principalmente quando pensarmos no uso da tecnologia BIM.

Para o bambu, a cadeia produtiva envolve o plantio ou o mapeamento das florestas existentes. A extração possui condições de realização que envolvem desde aspectos regulatórios até a sazonalidade da melhor época do ano, para garantir menor presença da seiva no colmo e conseqüentemente, melhor resultado do tratamento. Condições de manejo, tratamento, secagem e estocagem, comercialização, disponibilização ao consumidor, transporte, beneficiamento de sub-produtos (fasquias, tiras, laminados, compensados, aglomerados), possibilidade de ligações, detalhes e técnicas construtivas, disponibilidade de mão de obra para o projeto e construção que dominem o emprego do material, equipamentos para beneficiamento, normas técnicas orientativas, requisitos e cuidados de manutenção e por fim, possibilidades de reuso devem ser amplamente divulgadas. A figura 1 ilustra a cadeia produtiva do bambu.

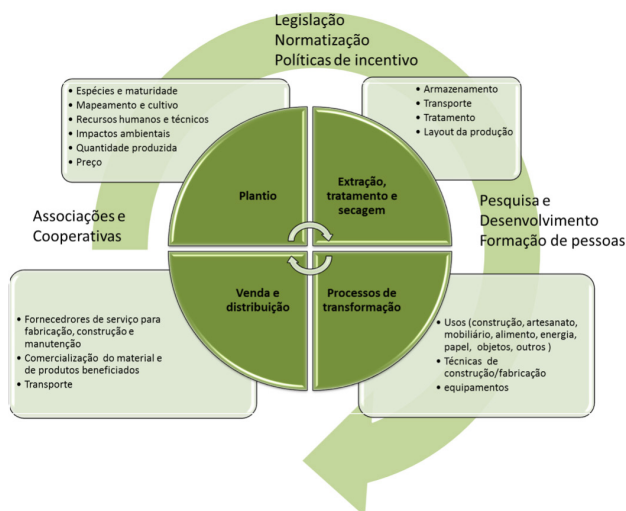


Figura 01: Cadeia produtiva do bambu.
Foto: Librelotto (2018)

5.1. PRODUÇÃO NO LOCAL DO CULTIVO

No Brasil temos um clima favorável a produção do bambu, que possui baixo impacto ambiental e pode contribuir com a recuperação de áreas degradadas, recuperando solos, contendo a erosão e auxiliando no aumento da umidade relativa do ar (que por sua vez contribui para a manutenção da vegetação nativa e contribui na questão da água).

A silvicultura, como uma ciência que se dedica ao estudo dos métodos naturais e artificiais de regenerar e melhorar os biomas florestais e que compreende o estudo botânico das espécies (identificação, caracterização e prescrição da utilização das madeiras.), se preocupa também com a produção do bambu no viveiro, plantação e identificação de touceiras naturais.

Isto posto, o princípio da cadeia se dá quando o bambu nasce pela brotação espontânea ou pela produção de mudas e plantio. Quando chega à maturidade para o fim pretendido é colhido, secado e tratado, podendo passar ou não por processos de transformação para sua utilização.

A produção do bambu requer dados sobre o plantio de mudas e comercialização de varas, espécies, locais disponíveis para plantio ou mapeamento das touceiras, mão de obra disponível e treinada para o manejo, estudos para formação do preço de comercialização de varas brutas e de mudas, entre outras tantos mecanismos necessário para o incremento do uso deste material no Brasil.

5.1.1 Plantio, silvicultura e mapeamento de florestas e touceiras

Local de cultivo e preparo do solo - O bambu se adapta bem ao calor e umidade. Algumas espécies aceitam climas frios e secos. Assim, o local de cultivo para a ampla maioria das espécies pode ser próximo a cursos d'água em locais com boa drenagem.

O plantio deve ser feito na estação das chuvas e o solo exige pouco preparo. O bambu requer muito espaçamento entre as mudas, que pode variar conforme a espécie (5 a 10 metros entre fileiras e 3 a 5 metros entre as mudas)

Manejo - A área do bambuzal deve ser mantida limpa de outras vegetações rasteiras e os resíduos de folhas podem ser mantidos como adubos. As touceiras devem ser raleadas e as varas mais antigas de bambu que não forem aproveitadas devem ser retiradas. O corte deve ser realizado rente ao nó no primeiro ou segundo diafragma, cuidando para não formar copos que possam servir para acúmulo de água o que poderá apodrecer a raiz e comprometer a touceira.

Mudas - A produção de mudas pode ser realizada a partir de varas recém-cortadas. Realiza-se o corte dos colmos cerca de 10 ou 15 cm acima e abaixo do nó e mantém-se um galho e poucas folhas da planta para que continue a realizar a fotossíntese.. Um colmo produzirá diversas mudas.

As mudas serão introduzidas em vasos com terra até aproximadamente a altura do nó. A figura 2 mostra a imagem de produção de mudas no Sítio Vagalume, em Rancho Queimado - SC em Dezembro de 2018.



Figura 02: Produção de mudas de bambu no durante Vivência no Sítio Vagalume e posterior brotação.
Foto: Librelotto e Marques (2018).

Outro método, semelhante, envolve o cultivo em sacos plásticos, com medidas aproximadas de 8 x 13 cm. Mistura-se terra fértil (adubada) com casca de arroz onde será introduzido um colmo cortado a cerca de 10 cm do nó, com a presença de uma gema que produzirá o enraizamento da planta. A muda deve ser extraída de varas com 3 a 4 anos de idade.

5.1.2. Corte

O clima seco diminui a possibilidade de ataque de insetos e fungos, refletindo em uma maior durabilidade do material. Logo, é aconselhável a extração durante os meses mais secos do ano. Diz a crença popular que é aconselhável à extração durante a lua minguante, em função das forças gravitacionais entre Terra e Lua, quando a umidade e nutrientes das plantas são menores. Já a ciência aponta resultados que dizem ser irrelevantes as diferenças apresentadas entre as fases da lua, assim como uma visão de administração da produção, diz que o trabalho noturno apresenta adicionais ao custo da mão de obra, além de insalubridade e periculosidade ao trabalho humano, assim como a sazonalidade da colheita imperia um equilíbrio da produção.

Logicamente, pensando em uma cadeia produtiva, na aplicação de leis trabalhistas e na necessidade de uma maior quantidade de produtos, observar estes períodos de extração torna-se inviável para a produção.

O manejo das touceiras é essencial para a cadeia produtiva e para a produção do bambu em quantidade e idades corretas conforme usos específicos. A idade das peças deve ser entre 3 e 5 anos, que é quando atinge a maturação. Na seleção, deve-se tomar como critério a modificação da coloração das peças para um tom mais amarelado como também a presença de líquen na parede externa do bambu. Deve-se dar preferência às peças que oferecerem resistência ao corte e que ainda não apresentem sinais de infestação por manchas de secagem no topo das peças (sinais de apodrecimento que surgem em bambus com idade acima de 6 anos).

As peças que apresentarem características atípicas ou de decomposição devem ser retiradas das touceiras, como providência para evitar dificuldades à rebrotas.

Outra medida a ser tomada para coibir o apodrecimento dos rizomas, é evitar o acúmulo de água nos colmos como já mencionado anteriormente e lembrar que o corte não deve ser realizado com machado ou facão, o que causa trincos e rachaduras tanto na peça retirada quanto nos talos que permanecerão na mata/plantação.

5.1.3. Cura e tratamento

Para evitar o ataque dos insetos e pragas, é necessário observar cuidados ao longo da cadeia produtiva. Tais cuidados envolvem desde a seleção de espécies de bambu menos susceptíveis até a cura (que pode ser realizada na mata), o tratamento, secagem e estocagem do material. A cura e tratamento serão objeto do próximo capítulo desta obra e portanto, detalhados com maior ênfase no capítulo 6.

5.1.4. Secagem

Uma das maiores causas de defeitos e variações dimensionais no bambu é a variação dimensional decorrente de umidade. Através do processo de secagem é possível reduzir a incidência de defeitos de 10 a 15%. A secagem ainda traz benefícios como melhoria do acabamento e maior aderência aos materiais de proteção externa, pois permite melhor fixação pela penetração por ancoragem, além de diminuir o peso das peças.

As peças mais exigidas estruturalmente, além de secas, devem corresponder aos colmos maduros, e devem ser impermeabilizadas. A impermeabilização pode ser feita de várias formas e pode ser simultânea ao tratamento ou com proteções externas na forma de emulsões, tintas e vernizes. Por vezes em conjunto com a pintura externa pode-se agregar areia fina, o que vai proporcionar maior rugosidade e melhorar a aderência dos materiais em contato com as superfícies tratadas.

Os tempos de secagem variam conforme a solicitação das peças. Para peças sujeitas a flexão recomenda-se a secagem durante 3 ou 4 semanas. A secagem de peças roliças, segundo Galvão (1967), leva 51 dias para atingir um estado de equilíbrio entre os colmos maduros com o ambiente natural. Para estacas rachadas o tempo de secagem é de 14 dias, sob abrigo e em época seca.

O processo de secagem pode ocorrer ao ar livre, ao fogo ou em estufas.

- **Seco ao ar livre.** Ao ar livre a secagem não tem um tempo exato a ser prescrito, o que se tem é uma aproximação que ficará entre os valores de 6 a 12 semanas, tempo necessário para secar, adquirir resistência e evitar fissuras.

A secagem deve ser protegida das intempéries, evitando-se o ataque de fungos e insetos. Enfim, deve-se garantir a qualidade ambiental para que nada possa afetar o processo ou as peças. A figura 3 mostra a secagem do bambu na vertical.

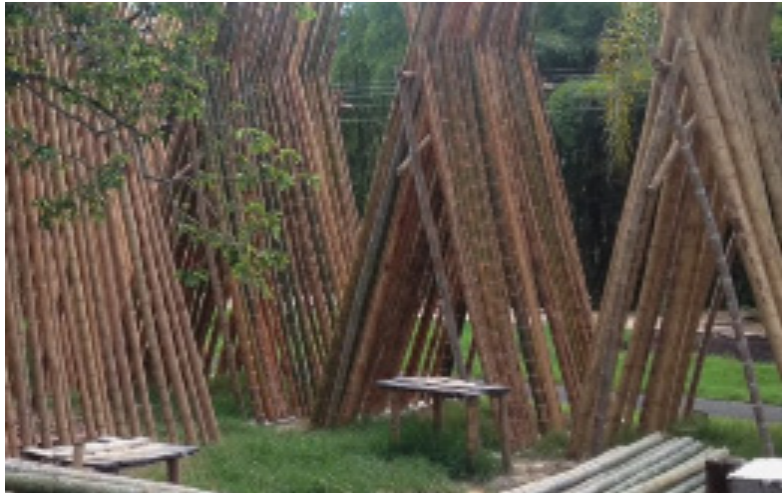


Figura 03: Secagem vertical do Bambu.

Fonte: Extraído do vídeo Guadua Bamboo (2018) por Librelotto (2019).

Outra forma de dispor os bambus para secagem é conhecida como entabamento. No entabamento (figura 4) as peças ficam dispostas na horizontal, com uma distância mínima de 30 cm do chão. Os bambus são postos em camadas sobrepostas umas às outras. As camadas intermediárias são postas perpendicularmente as peças postas a secar, e se deve observar que nesta camada os bambus possuam o diâmetro maior que o diâmetro das novas peças empilhadas para que se preserve o espaço entre elas.. O espaço a ser observado entre as novas peças a secar é correspondente a metade do diâmetro destas.



Figura 04: Entabamento.

- **Secagem ao fogo.** A secagem pode ser realizada com maçaricos, como mostra a figura 5. Este procedimento propicia a redução do amido e dos açúcares presentes no colmo.



Figura 5: Processo de secagem utilizando maçarico.
Fonte: Librelotto (2019).

A secagem pode ser realizada ainda em fornos ou tanques (recipientes sob ação do calor). Ao fogo, o bambu elimina água e outras substâncias pela face externa, as quais devem ser removidas até mesmo com um simples pano.

Durante o processo é preciso ter atenção para que o calor não seja excessivo a ponto de causar contração excessiva, gerando danos a peças; e também, deve-se observar para que o calor se distribua uniformemente na peça, girando-a sobre o braseiro.

Antes de iniciar o processo é recomendado que a umidade da peça seja reduzida à aproximadamente 50%.

O processo de secagem ao fogo é eficaz, e além de eliminar os resíduos do bambu, pode ainda ser utilizado para endireitar peças que tiveram uma má formação. Em contrapartida, é um processo que pode desencadear falhas e defeitos como: fissuras superficiais e nas extremidades; fendilhamento generalizado; deformações e mudança no coloração.

A figura 6 mostra um procedimento de secagem ao fogo utilizando um tonel e tubo metálico. O tonel possui uma abertura inferior para entrada de ar que deverá alimentar o fogo. O bambu deverá passar por dentro do tubo onde é submetido a altas temperaturas.

Figura 06: secagem ao fogo utilizando tonéis.
Fonte: Tratamento de Bambu, Carpintaria Capiau. Tecnologia Caipira (2018)



- **Secagem em estufas.** Para a secagem do bambu é possível utilizar o mesmo processo de secagem em estufa utilizado para madeira. É um processo que oferece maior rapidez e controle sobre a umidade.

5.2. PEÇAS PRODUZIDAS COM BAMBU

O Bambu possui diversos usos, que variam de baixo grau de transformação até produtos complexos. Um questionamento que podemos realizar é o quanto se agrega de energia incorporada em um material natural, a partir do momento que aumentamos o seu grau de transformação. Assim, pode-se pensar em produtos / usos primários (como o bambu roliço e produtos naturais fracionados); Produtos semi-elaborados (esteiras, pisos e laminados); produtos de maior valor agregado (esquadrias, painéis, treliças para coberturas, entre outros).

O bambu pode ser utilizado roliço, em sua forma natural, em tiras ou fasquias que podem ser combinadas de várias maneiras como a produção de esteiras, painéis vazados, cestas, em ripas, em lâminas, planificado ou em fragmentos para produção de industrializados na forma de aglomerados, laminados ou compactados de micropartículas. A seguir descreve-se um pouco melhor estes usos.

Bambu roliço – É a simples utilização das peças em seu estado natural. Sua principal aplicação é em estruturas. As ligações feitas entre as peças roliças devem ser o mais próximas aos nós para garantir maior segurança às conexões. Em geral trabalhados nos encaixes com cortes do tipo boca de peixe.

Bambu em tiras – utilizadas para compor outras peças como esteiras e entramados. As tiras simples são divisão da peça roliça em frações do diâmetro, através de uma faca especial. As tiras são utilizadas principalmente em composições de painéis. A figura 7 mostra o módulo de um painel trançado a partir do corte de tiras.



Figura 07: Processo manual de trançar tiras de bambu, formando painéis ou esteiras.
Fonte: KASKA (2018).

Bambu planificado ou esteirinhas, esterilhas (esterillas) – Utilizado como elementos de vedação. O processo de transformação do bambu roliço em bambu planificado é feito com o auxílio de um machado. Inicialmente golpeia-se a vara de bambu na região dos nós criando diversas trincas por toda sua extensão. Após desestruturar o bambu roliço, evitando a propagação das trincas até os extremos da peça, abre-se a vara em seu sentido longitudinal e retira-se a primeira camada interna do bambu para formar uma tábua, dando origem ao bambu planificado (figura 8). Não devem ser confundidas com as esteiras trançadas visualizadas na figura 7.



Figura 08: Bambu planificado.
Foto: Vitor (2018).

Podem ainda ser produzidas peças de Bambu Laminado Colado, ou pela utilização de fragmentos ou pela formação de aglomerados de bambus que serão melhor explicados no capítulo que abordará os processo de transformação.

5.3. COMPONENTES PARA CONSTRUÇÃO DE BAMBU

Na edificação, o bambu pode ser utilizado na produção de diversos componentes, com maior ou menor grau de processamento: na cobertura, em esquadrias, pisos, elementos de vedação simples ou compostos como as paredes em taipa, o bahareque ou mesmo o bambucreto.

Na construção de edificações o bambu pode ser utilizado com diversos fins, como:

- Pilares
- Vigas e treliças
- Painéis de vedação verticais (Taipas, esterilhas, bambucreto, painéis com calfíte)
- Painéis decorativos
- Esquadrias
- Estrutura de telhados
- Telhas
- Escadas
- Ligações e conexões
- Construção de galpões
- Casas de vegetação, viveiros e abrigos de animais
- Galpões
- Cercas
- Postes
- Elementos e componentes laminados
- Elementos e componentes planificados

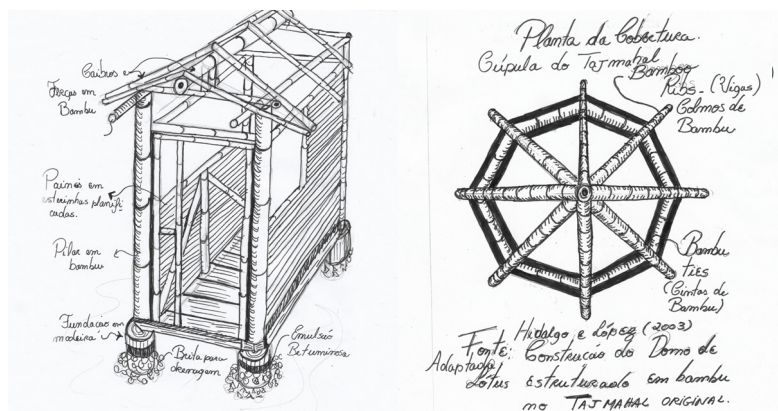


Figura 09: Possibilidade de usos do bambu nas construções.
Fonte: Librelotto (2019).

5.3.1. Coberturas

Reproduzindo a semelhança com telhas do tipo capa e canal, o bambu pode ser cortado longitudinalmente, eliminando-se o nós, constituindo-se como calhas ou canais (com a parte interna voltada para cima) e capas (com a parte externa). A parte interna exposta apresenta baixa durabilidade, assim como pode haver dificuldade de encaixe longitudinal devido a forma cônica da peça (figura 10).

O Governo do Miamar desenvolveu e testou uma solução de telhado de baixo custo. As telhas de bambu, agrupadas em feixes foram imersas em água por 7 a 10 dias. Em seguida, essas telhas foram retiradas e secas ao ar por um período de 72 a 144 horas. As telhas secas foram completamente imersas em um tambor aberto e fervidas com óleo bruto na proporção de 4 galões de óleo cru para 500 pedaços de telhas. Depois de ferver por 8 horas, as telhas são colocadas para escorrer e secar.

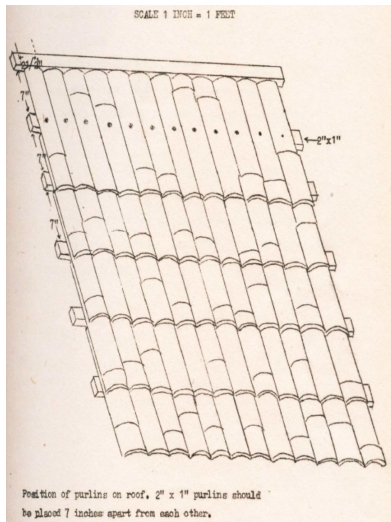


Figura 10: Foto telhado em bambu, capa e canal.
Fonte: Ministry of Forestry Miamar (2019).

Nas coberturas o bambu ainda pode ser utilizado na forma de subcoberturas (esteiras trançadas ou bambu planificado) ou forros internos de alto valor agregado (figura 11). Muitos usos podem ser associados a esta forma, desde substituição das telhas pela esteira (que necessita de tratamento superficial) ou até o próprio bambu roliço, compondo pergolados.



Figura 11: Foto forro em esteiras de bambu trançado utilizado em residência paulista.
Foto: Pupo (2018).

5.3.2. Painéis de fechamento

Os elementos verticais de fechamento podem ser constituídos por esteiras trançadas, entrelaçados ou amarrados a bambus roliços, painéis em taipa de mão cuja trama utiliza o bambu ou mesmo, com o bahareque, onde utiliza-se o bambu na forma planificada com as esteirinhas colocadas na horizontal (figura 12 ilustra possibilidades de emprego de painéis decorativos). A estrutura principal pode ser também em madeira ou até mesmo em concreto e aço, o que não elimina a possibilidade de se utilizar o bambu.

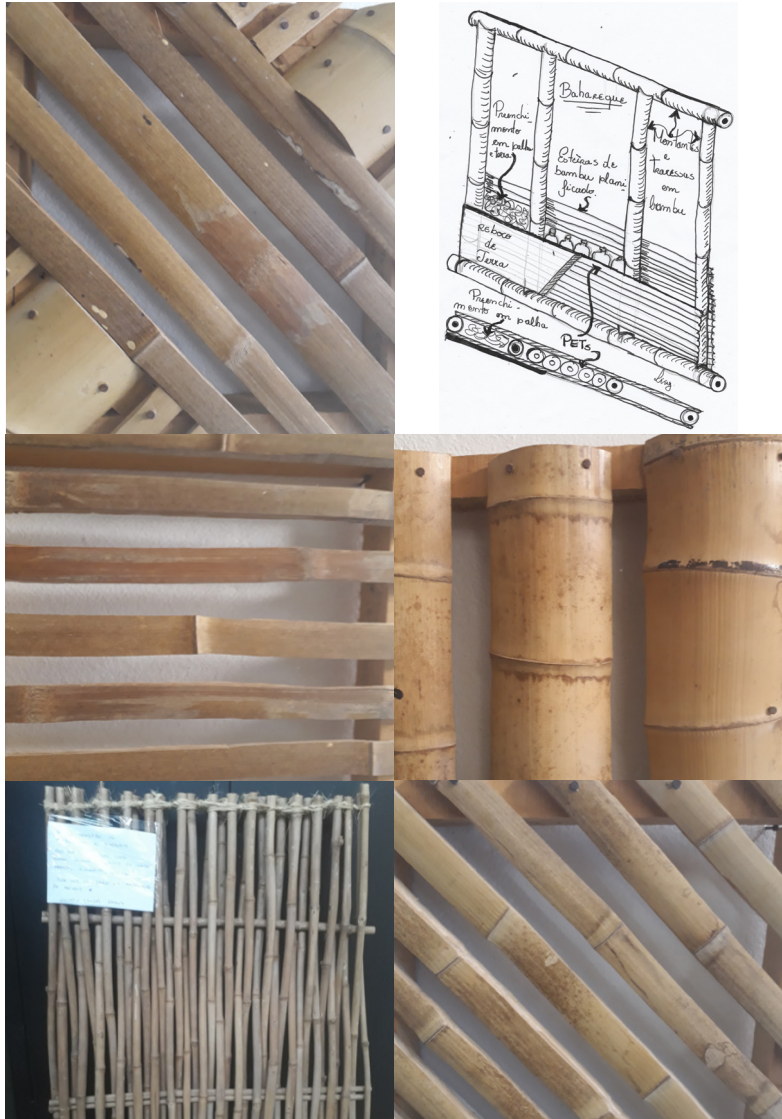


Figura 12: Amostras de composição de painéis como elementos decorativos, madeira e bambu pertencentes à Materioteca da UFSC (Ligações pregadas e bambus roliços entrelaçados). Doação Ostapiv e Salamon (2018).
Foto: Librelotto (2019).

O bahareque pode ser considerado como uma versão da taipa de pilão. Na estrutura criada com bambu permanece um espaço entre as peças, o qual poderá ser preenchido com barro ou barro e palha ou outros materiais de enchimento. A estrutura além de preenchida (para aumentar a inércia térmica) deve ser rebocada com argamassas de cimento ou de terra.

A figura 13 (a e b) mostra um painel de pet-a-pique produzido por Lluvia Perdomo no Grupo de Pesquisa Virtuhab da UFSC.



Figura 13: Painel PET-à-pique Lluvia Perdomo - Grupo de Pesquisa Virtuhab em duas faces com tramas e ligações encaixadas. **Foto:** Librelotto (2019).

Pode-se citar aqui outros painéis para uso não só na construção civil, tanto como revestimentos e objetos, quanto para mobiliários. A Figura 14 mostra alguns destes, como painéis compostos com partículas de bambu na forma de aglomerados.



Figura 14: Chapas de material aglomerado de bambu, escova de dentes em bambu e colmo preenchido pertencentes à Materioteca UFSC. Doações: Alves at. al. (2015) e Jaramillo (2018). **Foto:** Librelotto (2019).

Outra versão semelhante são os painéis de quinha, também muito próximos a taipa-de-mão, que utiliza bambus entrelaçados como ossatura para revestimento em barro ou outro material, como a terra, palha, cimento cal e areia, dentre outros.

5.3.3. Ligações em peças de bambu

É importante considerarmos, como vimos nos capítulos anteriores, ao falarmos de ligações entre peças de bambu, que esse material possui uma baixa resistência ao cisalhamento. Mas também que, em contrapartida, a presença de nós junto aos encaixes aumenta a sua resistência.

Outro motivo de atenção é quando nos extremos das peças não existirem nós, aumenta-se as chances de ocorrer um esmagamento do colmo. Uma solução simples é a colocação de uma parte de bambu ou madeira roliça, no local de encaixe, ou o preenchimento do colmo. A figura 13 apresenta o preenchimento do colmo com resíduo do próprio material que pode vir a ser uma solução interessante para evitar o esmagamento.



Figura 13: Amostra pertencente a Materioteca UFSC de colmo de bambu preenchido com resíduo. Fonte: Alves et. al. (2015). Foto: Librelotto (2019).

A estrutura molecular do bambu o recomenda para uso na sua posição longitudinal. Ao bambu, quando utilizado em vigas, não podem ser feitas alterações que modifiquem esta estrutura, dificultando a realização de encaixes através de cavas ou outras forma que provoquem danos a peça e comprometam a seção resistente.

Tipos de ligações

As ligações podem ser confeccionadas utilizando-se elementos parafusados, com barras roscadas ou entarugadas (figura 14) e podem conter encaixes. Podem ser realizadas amarrações, existindo na literatura amplas possibilidades de ligações por amarração das peças. O uso de pregos deve ser evitado pela possibilidade de cisalhamento das peças, reservando-se seu uso apenas para elementos submetidos a pequenos esforços.



Figura 14: Ligação entre peças de bambu com tarugos de madeira de Lluvia Perdomo e Ligação parafusada com apoio de chapas metálicas em geodésica de Sumara Lisboa - Grupo de pesquisa Virtuhab. **Foto:** Librelotto (2019).

Proteções como o uso de garrafas PET, borrachas ou silicone nas extremidades do bambu evitam a penetração de água e insetos no interior das peças. Para melhorar a rigidez das ligações pode-se realizar o preenchimento do colmo com materiais como concreto, madeira e resinas, já testados no reforço das ligações.

Considerando dificuldades no encaixe das peças, oriundas principalmente da caracterização física do bambu, observa-se que os melhores resultados para ligações podem ser alcançados com a utilização de peças parafusadas, com barras roscadas, fixadas em colmos preenchidos com aglomerante (normalmente de base cimentícia).

5.4. A TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL DO BAMBU

Os processos de transformação do bambu requerem processamentos para os diversos usos, tais como: construção civil, artesanato, mobiliário, energia, papel e celulose e outros. O processo e equipamentos necessários para a transformação do bambu serão abordados em capítulo específico. A figura 15 ilustra algumas possibilidades de produtos feitos a partir do bambu transformado.



Figura 15: Objeto petisqueira feita em BLC (Bambu Laminado Colado), bainhas de bambus coletadas no sítio Çarakura que ao serem prensadas por conformação à quente podem originar pratos ecológicos. Amostras pertencentes à Materioteca UFSC. Doação: Jaramillo (2018) e sítio Çarakura. **Fotos:** Librelotto (2019).

O Bambu pode ser utilizado em uma grande infinidade de produtos, que vão desde a alimentação até mobiliários. O uso do bambu associado à produtos de alto valor agregado e design diferenciado será abordado em capítulo específico. A figura 16 mostra a produção de sombrinhas a partir de tiras de bambu, a bicicleta exposta no ENSUS 2018 - VI Encontro de Sustentabilidade em Projeto na Universidade Federal de Santa Catarina pelo engenheiro Henrique Coutinho e a geodésica de bambu também montada durante o evento com orientação de Fabiano Ostapiv e Celso Salamon.



Figura 16: Bicicleta em bambu (Henrique Coutinho), Geodésica em bambu (Salamon e Ostapiv), Sombrinha, Fotos: Librelotto (2018)

5.5. COMERCIALIZAÇÃO E CONSUMO

O fortalecimento da cadeia produtiva do bambu no Brasil, requer não só o conhecimento das espécies, plantio, estudo das propriedades e características específicas destas, mas também o desenvolvimento e adaptação de maquinário para produção industrial.

- Comercialização - A cadeia requer agentes de ligação, elos capazes de promover a comercialização, que promovam ao consumo consciente, que sejam capazes de prestar assistência técnica e que saibam utilizar o material em novos produtos. Desta forma pode-se consolidar uma rede de distribuição para comercialização dos componentes fabricados.

Alguns aspectos específicos sobre a cadeia produtiva são relativos ao Projeto de edificações, mobiliário e construção - nas edificações o projeto deve envolver habitações sustentáveis modulares, considerando os princípios da construtibilidade, manutenibilidade e racionalidade construtiva.

Deve ainda considerar no layout a flexibilidade e funcionalidade dos ambientes. Por habitação sustentável entende-se o uso de materiais de baixo impacto ambiental, facilmente obtidos na região, que não provoquem danos à saúde humana ou de animais, economicamente viável e que de preferência possa desenvolver social e economicamente a região onde será implementada.

O projeto arquitetônico deste tipo de edificação, utilizando o bambu como material, requer o entendimento de suas potencialidades e de seus usos nos componentes. Sobretudo implica em uma nova cultura projetiva, onde o projeto passa a ser simultâneo ao processo executivo, dada ainda a incipiência de mão de obra e produtores que possam garantir o fornecimento nas condições necessárias de resistência e durabilidade, exigirá a participação do profissional projetista simultaneamente ao processo executivo, até como um agente de transferência da tecnologia.

Ainda o uso do bambu, quer seja na construção civil, quer seja na confecção de produtos ou alimentação exige a elaboração de normas técnicas que possam respaldar o processo de projeto e produção.

Para a construção civil foram elaboradas normas estrangeiras e o Brasil ainda não promulgou o documento normativo, que encontra-se em discussão. No Brasil, segundo Beraldo (2018), a elaboração de norma técnica específica para o bambu está em andamento, conforme publicado no Boletim 161 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para tanto, reuniões bimestrais têm ocorrido nas instalações da Universidade Presbiteriana Mackenzie, contando com a participação de representantes de universidades, de institutos de pesquisa, de produtores rurais e de setores envolvidos com a comercialização de artigos derivados do bambu. Devido à falta de normas regulamentadoras brasileiras quanto à utilização do bambu roliço, sua prática, atualmente, é restrita a propriedades rurais.

Entretanto esse panorama se modifica mundialmente. Em 1999 o International Network for Bamboo and Rattan, INBAR (1999), a partir dos resultados de pesquisas mundiais propôs normas para os ensaios de caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos bambus. As normas foram analisadas pela International Conference of Building Officials (ICBO) e publicadas no relatório AC 162: Acceptance Criteria for Structural Bamboo, em março de 2000 (ICBO, 2000). Em 2004, a International Organization for Standardization (ISO), em cooperação com o INBAR, desenvolveu e publicou três padronizações para construções de bambu, as quais representaram uma importante iniciativa para uma padronização internacional do material (ISO, 2004a, 2004b, 2004c). Apesar da existência dessas normas, elas não fornecem fundamentação teórica suficiente sobre o verdadeiro potencial do bambu, para que construtores, engenheiros e arquitetos possam desenhar e construir com este material (Harries *et al.*, 2012).

Conforme Ghavami e Marinho (2005) para ensaios com bambu na sua forma natural (cilíndrica), recomenda-se usualmente a utilização das normas ISO N 313 (Bamboo Structural Design), ISO 314 (Physical and Mechanical Properties) e ISO 315 (Testing Material).

No Mundo, há várias normas que podem ser encontradas utilizando o guia de buscas da World Standards Index. Da relação de normas, foram excluídas as normas relativas à fabricação de palitos descartáveis (pauzinhos/varetas/hashis) e do bambu em conserva para alimentos. Vitor (2018) destaca que países como China, Colômbia, Equador, Índia e Peru, possuem o bambu como matéria-prima local e notável conhecimento tradicional sobre sua utilização, tomaram a frente criando um campo de normas construtivas para estruturas em bambu (Gatão *et al.* 2014). Destacamos as seguintes iniciativas de normatização:

- Na China, a norma JG/T 199 (CSA, 2007) categoriza métodos físicos e mecânicos para colmos roliços de bambu utilizados em construções;

- Na Colômbia, o código para estruturas sismo-resistentes inclui um capítulo para estruturas construídas com a espécie de bambu mais conhecida na Colômbia, o *Guadua* (*Guadua angustifolia Kunth*) (ICONTEC, 2010). Além desta normatização, a Colômbia possui a norma NTC 5407, que diz respeito a ligações estruturais com *Guadua angustifolia Kunth* (ICONTEC, 2006, apud Gatão *et al.* 2014) e a norma NTC 55255, que consiste em métodos e testes para determinar características físicas e mecânicas da mesma espécie de bambu (ICONTEC, 2007, apud Gatão *et al.* 2014);

- No Equador, o Capítulo 17 da Norma Ecuatoriana de la Construcción conta com a utilização do *Guadua angustifolia Kunth* na construção (INEN, 2011, apud Gatão *et al.* 2014) para o processamento, seleção, construção e manutenção. Existe também a norma GPE INEN 42, que promove aspectos sobre o bambu como material construtivo;

- Na Índia, a seção 3B do National Building Code of Índia (NBCI) (BIS, 2010, apud Gatão *et al.* 2014) fornece os limites de resistência para três classes de bambu, espécies comumente encontradas na Índia. A IS 15912: Structural design using bamboo – code of practice prevê os requerimentos mínimos para o desenho estrutural utilizando o bambu (BIS, 2012, apud Gatão *et al.* 2014). Como complemento, a IS 6874: Method of tests for bamboo pode ser utilizada para determinar as propriedades físicas e mecânicas de um colmo roliço de bambu.

- No Peru, o código de construção com bambu foi aprovado em 2012 (ICG, 2012, apud Gatão *et al.* 2014). Este código apresenta o design e construção com bambu para estruturas sismo-resistentes.

- Nos Estados Unidos da América, a norma ASTM D5456: Standard specification for evaluation of structural composite lumber products (ASTM, 2013, apud Gatão *et al.* 2014) é a primeira a reconhecer o bambu laminado colado como um produto estrutural, como também apresenta o processo de manufatura e testa diversos métodos. Na norma estadunidense, o bambu laminado colado é tratado como equivalente à madeira laminada colada.

- ISO 22156-2004 Bamboo - Structural design - aplica-se ao uso de estruturas de bambu, ou seja, estruturas feitas de bambu (bambu roliço, bambu dividido, bambu laminado colado) ou painéis de bambu unidos

com adesivos ou fixadores mecânicos. Baseia no projeto considerando o estado limite e no desempenho da estrutura. Preocupa-se com os requisitos de resistência mecânica, manutenção e durabilidade das estruturas.

- ISO/TR 22157-2 – Parte 2 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties -- Manual de Laboratorio

- ISO/TR 22157-1 – Parte 1 Determination Of Physical And Mechanical Properties - Part 1: Requirements Este padrão é organizado para fornecer requisitos claros para testes padrão a serem realizados para determinar as propriedades do bambu como material de construção ou engenharia.

- LY/T 1072-2002 - Bamboo thin bamboo strip accumulates plywood technology condition. Este padrão especifica os requisitos técnicos do bambu utilizado em contraplacados (Plywood), regras e itens de inspeção, embalagem, transporte e armazenamento.

- DB51/T 1789.1-2014 - Bamboo product – partes 1 a 7 contendo uma série de especificações para ensaios de produtos em bambu. -

- DB51/T 1813-2014 - Bamboo weaving production technology procedures Planar bamboo weaving – tecnologia de produção para tecelagem com bambu

Outras normas também foram encontradas para cultivo, planejamento do cultivo e de jardins utilizando algumas espécies de bambu. Ainda, foram encontradas diversas normas em Chinês (sem tradução para outras línguas), referente a tecnologias de fabricação de componentes em bambu.

A padronização de normas estruturais e códigos construtivos reflete o crescente interesse da sociedade e do governo em promover o desenvolvimento industrial do bambu como um material sustentável. A implantação de políticas que incentivem o cultivo do bambu nas comunidades locais de países tropicais em vias de desenvolvimento é essencial, porque representam os primeiros passos no processamento e criação da cadeia produtiva do bambu como material estrutural.

Além do desenvolvimento de códigos padronizados mundiais, é necessária uma crescente demanda por materiais fabricados a partir do bambu. Para tanto, a coordenação participativa do governo com a indústria, através de experimentações e análises acadêmicas, é fundamental para a implantação do bambu como material construtivo. A congruência e participação destes agentes garante, com agilidade e eficiência, a transformação do bambu em um produto industrial de valor comercial, possibilitando a utilização deste recurso vegetal e removendo a conotação pejorativa do bambu na construção civil.

No Brasil estão sendo realizados esforços para disseminação e desenvolvimento da cultura do bambu. Desta forma foram instituídas as redes e ONGs:

- ABC – Agência Bambu do Conhecimento;
- ABMTENC – Associação Brasileira em Materiais e Tecnologias Não Convencionais;
- Agabambu – Associação Gaúcha do Bambu,
- APROBAMBU – Associação Brasileira dos Produtores de Bambu, fundada em 2013;
- BambuBR – Associação Brasileira do Bambu, fundada em 2018;
- BambuSC- Associação Catarinense do Bambu, fundada em 2005;
- Bambuzal Bahia, fundada em 2005;

- RBG – Rede Bambu Goiás, criada em 2013;
- RBB – Rede Brasileira do Bambu
- REBASP – Rede do Bambu de São Paulo.

Ainda, pode-se cadastrar grupos/centros de pesquisa e projetos tratando do tema:

- Casa Ecológica - Instituto de Pesquisa da Amazônia (INPA);
- CCT Bambu – Centro de Capacitação Tecnológica em Bambu;
- CERBAMBU Ravena – Centro de Referência do Bambu e das Tecnologias Sociais;
- CPAB – Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu – UnB;
- CPRA – Centro Paranaense de Referência em Agroecologia;
- Grupo de Pesquisa VirtuHab – UFSC;
- Programa de Desenvolvimento Integrado do Bambu, Mato Grosso do Sul;
- Projeto Bambu - UNESP Bauru;
- Projeto Cantoar – Canteiro, Oficina de Arquitetura e Fibras Naturais - FAU/UnB;
- TIBA – Instituto de Tecnologia Intuitiva e Bioarquitetura.

Como também outras instituições, como:

- BAMCRUS – Bambuzeria Cruzeiro do Sul, fundada em 1999;
- Ebiobambu – Escola de Bioarquitetura e Centro de Pesquisa e Tecnologia Experimental em Bambu, Visconde Mauá – RJ;
- Incomum – Instituto de Desenvolvimento Comunitário Sustentável;
- Instituto Ibiosfera.

- **Manutenção** - medidas de substituição de peças, reaplicação de tratamentos exigirão uma flexibilidade construtiva para a manutenção e durabilidade do produto/edifício.

- **Reaproveitamento de sub-produtos/reciclagem** - formas de utilização dos resíduos de poda (biodiesel e biomassa, por exemplo), galhos, resíduos de tratamento, bancos de dados projetuais para trabalhos em BIM (Building Information Modelling), dados de inventário de materiais e equipamentos entre outras tantas informações, ainda são necessários para o desenvolvimento e consolidação da cadeia produtiva do material.

5.6. A CADEIA PRODUTIVA NO PROTÓTIPO DA UFSC

5.6.1. Conhecendo o protótipo

Grande parte dos materiais que empregamos na construção civil tradicionalmente não são renováveis e produzem impactos no ambiente desde a fabricação até o descarte sob forma de resíduo. A escolha dos materiais de construção possui um peso expressivo sobre o impacto ambiental de um empreendimento. O posicionamento de fachada em relação à nascente/poente do sol, uso de aparelhos energeticamente eficientes, adoção de equipamentos economizadores de água, o aproveitamento da iluminação natural e estratégias de ventilação natural também são técnicas de uma arquitetura sustentável e de extrema

importância na manutenção e ocupação da residência. A produção de energia através de fontes renováveis, assim como a redução da demanda, tem como resultado a otimização do desempenho energético da edificação, tendo como consequência a redução do consumo mensal de energia.

A arquitetura vernácula, pelo resgate de soluções projetuais e das tecnologias construtivas empregadas, pode ser uma importante estratégia para a produção de moradias com um ciclo de vida de menor impacto, na quantidade necessária para solução do déficit habitacional e com responsabilidade econômica, social e ambiental.

Dotada de técnicas bioclimáticas passivas e com utilização de materiais locais em suas construções, a arquitetura vernácula baseia-se em métodos construtivos tradicionais que adotam tipologias regionais adequadas ao ambiente no qual se encontram. Diferentemente dos sistemas construtivos tradicionais, que consagram a arquitetura universal, a arquitetura vernácula pode ser chamada de sustentável pois utiliza materiais com baixa energia incorporada.

Este tipo de arquitetura é resultado dos conhecimentos passados de geração a geração e suas práticas, consideradas milenares, continuam a ser estudadas por profissionais contemporâneos. No âmbito científico, com o propósito de elucidar a potência construtiva dos materiais naturais e evitar a correlação atribuída à utilização dos mesmos nas chamadas “casas de pobre”, muitos artigos e teses científicas vêm sendo desenvolvidas.

No contexto de infraestrutura civil, materiais convencionais como o aço e o concreto foram aceitos através de décadas de análises e experiências, as quais evoluíram para a padronização das práticas. Ainda hoje estes materiais continuam sendo testados e refinados pelo trabalho contínuo de universidades, laboratórios e organizações profissionais. (Harries *et al.*, 2012)

Para adaptar e implementar o bambu como um material de construção, normas construtivas precisam ser redigidas. Para tanto, a necessidade de estudos acadêmicos e de engenharia vêm crescendo e, com isso, gerando um novo campo de estudo com ênfase na caracterização do material e de suas propriedades mecânicas. A padronização e a codificação internacional de normas construtivas têm como intuito promover o uso do bambu de maneira segura e eficaz, classificando-o como um produto estrutural renovável.

Como forma de testar a viabilidade técnica da construção com bambu em Santa Catarina, Vitor (2018) propôs a construção de um protótipo, com 2,4 metros quadrados de área construída, que foi projetado de forma modular, utilizando três espécies de bambu diferentes. A fundação foi isolada, feita com troncos roliços de pinus auto clavado e a superestrutura composta por quatro modelos de painéis de vedação pré-moldados em bambu (ao estilo bahareque). Todos os serviços foram executados em sistema de mutirão sob coordenação do pesquisador, em parceria com a Machetaria e Grupo de Pesquisa VirtuHab/ Labrestauro/ MATEC da UFSC. A construção foi realizada nas dependências do Departamento de Arquitetura da UFSC, ser-

vindo como um modelo de estudo para a comunidade universitária. Este protótipo fez parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de graduando em Engenharia Civil (Vitor, 2018). Foi realizado detalhamento da estrutura em bambu para o protótipo e um memorial descritivo sucinto.

Para execução do protótipo foram realizados serviços complementares de locação, escavação, corte e preparo de materiais. Procedeu-se com a locação da obra pelo método de gabarito com reutilização de madeiras de caixaria, envolvendo todo o perímetro da obra. As escavações foram executadas manualmente com a utilização de ferramentas manuais simples, como pás, enxadas e cavadeira. O terreno foi compactado com socador manual.

Os pinus autoclavados foram impermeabilizados com três demãos de tinta asfáltica respeitando o tempo de secagem recomendado pelo produtor, sob os quais executou-se um lastro com 5 centímetros de brita e 5 centímetros de concreto para fundação (traço 1:2:3). Foi fixado, como espera para amarração, antes de atingir a pega do concreto, um vergalhão de aço CA 50 com 3/8" (\varnothing 10 mm) de 10 centímetros no centro da escavação, conforme delimitado pelo gabarito, para posterior travamento das sapatas (Figura 17a).

No centro de cada sapata foi fixado 1 vergalhão de 0,40 m em aço CA 50 com 3/8" (\varnothing 10 mm), sendo 0,20 m inserido na sapata e 0,20 m em espera para os pilares dos painéis pré-moldados. Para fixação das vigas baldrame às sapatas foram utilizados vergalhões de 0,40 m em aço CA 50 com 5/16" (\varnothing 8 mm) conforme o projeto de fundações (figura 17b).

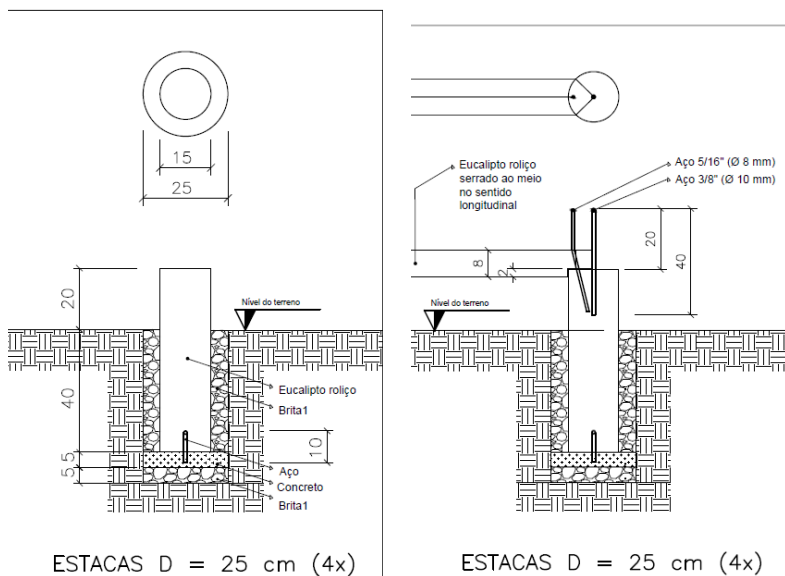


Figura 17a e 17b: Detalhes das fundações.
Fonte: Elaborada por Vitor (2018).

Seguiu-se a colocação e corte das vigas baldrame, pré-fabricação dos painéis compostos por duas variedades de bambu: *Dendrocalamus asper* para os pilares e *Bambusa tuldooides* para as outras peças dos painéis modulares de bambu. Para confecção dos painéis foram utilizadas barras roscadas 5/16" (Ø 8 mm), arruelas e porcas e aplicação de três demãos de stain impregnante em todos os bambus aparentes da estrutura de vedação, obedecendo o tempo de secagem do produto. Nos painéis pré-moldados de bambu serão fixados comprimentos de bambu planificado (*Bambusa oldhamii*) com a face interna do bambu voltado para o exterior. O bambu planificado será instalado somente no exterior da casa com auxílio de parafusos espaçados em no máximo 8 centímetros e interligado com arame

A estrutura de cobertura foi realizada com bambu *Dendrocalamus asper* para as empenas e *Bambusa tuldooides* para caibro, ambos fixados com barras roscadas 5/16" (Ø 8 mm), arruelas e porcas.

Os bambus foram selecionados, colhidos, tratados e estocados para secagem conforme especificações técnicas. Para tanto, empregou-se três espécies diferentes de bambu de acordo com a função (*Bambusa oldhamii* - para as esterilhas ou esteirinhas; *Dendrocalamus asper* - para a estrutura principal e *Bambusa tuldooides* - para composição dos painéis). Os materiais utilizados para o tratamento dos bambus, para os serviços preliminares e para a execução da infraestrutura foram: tanque para tratamento (tonel soldado), tonel para tratamento horizontal por inunção dos entrenós com bórax e ácido bórico, piscina horizontal para tratamento por imersão em octaborato de sódio, pá de corte, cavadeira, carrinho de mão, fita métrica, madeira de caixaria, mangueira de nível, nível de bolha, fio de nylon, prumo de centro, martelo, marreta, esmerilhadeira, serra circular, serra fita, plaina, pincel, furadeira, lápis, jogo de serra copo, broca de mourão, serra de arco, grossa, formão, martelo, marreta, alicate, barra roscada, arruela e porca. Os softwares utilizados para os projetos de fundação e arquitetônico foram, respectivamente, AutoCAD e Revit.

A Tabela 1 apresenta o detalhamento da estrutura de bambu do módulo do protótipo.

Devido a necessidade de se proteger o bambu contra a umidade do solo e também à água da chuva, o tipo de fundação escolhida foi a de sapata simples amarrada com viga baldrame, elevando a construção a 30 centímetros acima do nível do terreno.

A matéria prima utilizada para execução das sapatas e das vigas baldrame é pinus e, por estar exposta à umidade e às intempéries, alguns cuidados foram tomados a fim de prolongar a vida útil da fundação: todas as peças de pinus foram compradas já tratadas em autoclave; as quatro sapatas a serem enterradas foram impermeabilizadas com 3 demãos de tinta asfáltica impermeabilizante e apoiadas sobre lastro fino de concreto.

A tabela 2 apresenta as imagens da execução do protótipo in loco, com todas as suas etapas. Toda a execução exigiu um trabalho minucioso de preparação dos materiais, cortes e encaixes, assim como a pré-montagem utilizando um gabarito para posterior montagem in loco.

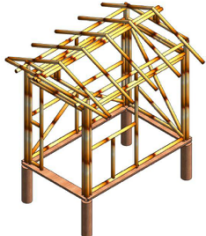
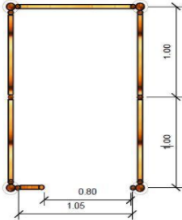
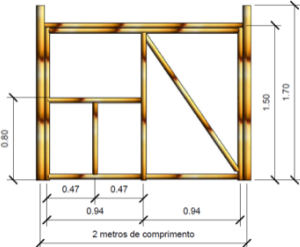
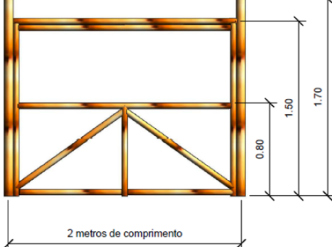
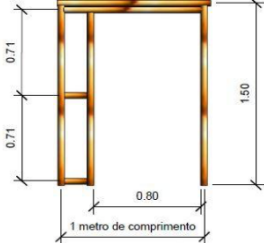
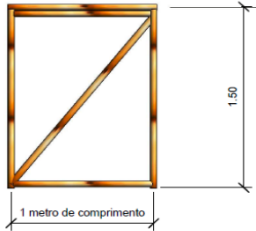
<p>Perspectiva</p> 	<p>Módulo em planta</p> 
<p>Painel oeste</p> 	<p>Painel leste</p> 
<p>Painel Norte</p> 	<p>Painel sul</p> 

Tabela 01: Detalhamento da estrutura.

<p>Seleção do bambu de acordo com as idades</p>	<p>Locação do protótipo pelo método do gabarito</p>	
		
<p>Locação da fundação</p>	<p>Camada de brita sobre lastro fino de concreto</p>	
		
<p>Execução da fundação: sapatas e vigas baldrame em madeira</p>		
		
<p>Confecção das ligações entre as peças de bambu.</p>		
		
<p>Fixação dos painéis sobre a fundação</p>		
		
<p>Estrutura da cobertura e impermeabilização dos painéis</p>		
		

Tabela 02: Procedimentos executivos do protótipo.
Foto: Vitor (2018)

O fechamento dos painéis foi realizado com bambu planificado da espécie *Bambusa oldhami*. Devido à má aderência entre a parte externa do colmo e o reboco, o bambu planificado foi fixado às paredes com sua parte interna aparente (do lado externo do protótipo), deixando o interior do colmo aberto para a futura aplicação do reboco à parte externa da casa.

Com a altura final da cumeeira calculada para que a cobertura tenha 20 graus de inclinação, os caibros foram fixados às terças e às vigas da cumeeira conferindo um telhado de duas águas. A opção por haver projetado duas vigas da cumeeira ao invés de uma foi justamente pensando na fixação dos caibros à estrutura de cobertura. Ao optar por duas terças, tornou-se possível o encontro do topo de cada caibro, eliminando o conflito entre o cruzamento de barras roscadas e facilitando a fixação do futuro tapume de OSB. Os caibros foram fixados através de comprimentos de barra roscada e travados com porcas e arruelas.

5.6.2. A cadeia produtiva para a construção do protótipo

A cadeia produtiva para a construção do protótipo na UFSC, exigiu a participação do projetista durante todo o processo. Desta forma o profissional atuou também como um agente de transferência do conhecimento.

A obtenção do material e seleção se deu pela Identificação de touceiras e fornecedores das espécies utilizadas: CCB UFSC, Sítio Vagalume e campus UFSC.

Preparo da matéria prima

Foram realizadas três colheitas. No dia 01 de agosto de 2018 foram extraídos alguns colmos de bambu da espécie *Dendrocalamus asper*, localizados no Centro de Ciências Biológicas (CCB) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para futura construção de uma pérgola sobre o bicicletário do CCB, projeto de extensão executado pelo grupo de pesquisa Virtuhab ministrado pelas acadêmicas Sumara Lisboa e Andrea Jaramillo. Desta colheita, foram disponibilizadas algumas sessões de diversos colmos de bambu.

No dia 06 de setembro de 2018 foram extraídos 15 colmos de bambu da espécie *Bambusa tuldoides* (figura 18), localizados na Fazenda Experimental da Ressacada – do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSC, sob tutela de Marcelo Venturi e auxílio de Gustavo Kath Ackermann.

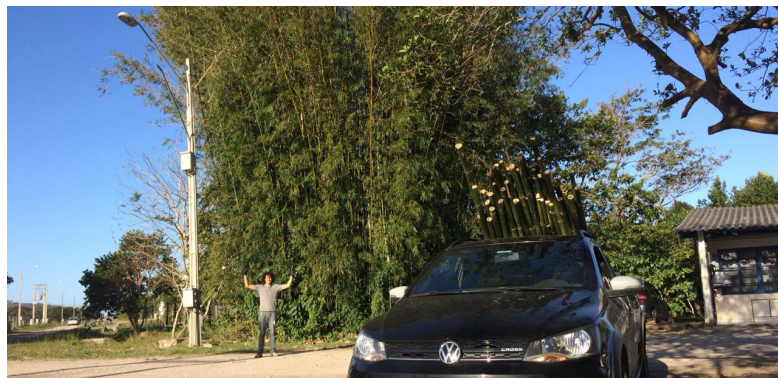


Figura 18: Colheita de *Bambusa tuldoides*.
Foto: Vitor (2018)

Todos os colmos de bambu deste bambuzal possuem marcação com a terminologia do ano em que nasceu como broto (Figura 19), ou seja, os colmos com a marcação “3” nasceram em 2013, os colmos com a marcação “4” nasceram em 2014 e assim por diante. Para a construção do protótipo, foram coletados colmos de bambu com de marcação “3, 4 e 5” (Figura 19), ou seja, bambus com 3 a 5 anos de idade, na qual o material adquire maior resistência mecânica, portanto, indicado para construção civil.



Figura 19: Colmos de *Bambusa tuldooides* numerados conforme data de nascimento.
Foto: Vitor (2018).

No dia 30 de setembro de 2018 foram extraídos 5 colmos de bambu da espécie *Bambusa oldhamii*, localizados no sítio vagalume, sob tutela de Marcos Marques e auxílio de Amadeus Novaes. Foi realizada seleção visual para estimar a idade dos colmos de bambu, optando por aqueles que aparentavam ter de 2 a 3 anos de idade, faixa etária sugerida por Lopez (1981) como a melhor para fabricação de *esterillas* (bambu planificado).

O bambu foi planificado no próprio local utilizando um machado para trinca-lo e uma pá de corte para retirar a parte interna dos nós (Figura 20). O bambu planificado será utilizado como fechamento dos painéis modulares.



Figura 20: Processo de planificação do bambu.
Foto: Vitor (2018)

No Tratamento, os colmos de *Dendrocalamus asper* foram impregnados por inundação dos entrenós com pentaborato de sódio. Para este tratamento, furou-se a parede interna dos nós superiores até o penúltimo nó, de maneira a coligar os entrenós do colmo, salvo o último, formando um “copo”.

Após esta etapa, o bambu foi colocado em posição vertical dentro de um contentor e seu interior foi preenchido com pentaborato de sódio. Esta solução foi fabricada utilizando dois produtos, ambos facilmente encontrados em lojas de agropecuária devido a seu uso comum como fertilizante foliar. De acordo com autores como Jorg Stamm, Gernot Minke e diversos técnicos do INBAR, para fabricação do pentaborato de sódio é suficiente utilizar 2,5% de borax e 2,5% de ácido bórico em uma solução de água previamente aquecida para facilitar diluição. Foram necessários 50 litros de água para preencher o interior dos colmos de bambu, ou seja, foi diluído 1,5 kg de cada produto para produção do pentaborato de sódio.

Após transcorridos 15 dias de tratamento, foi perfurado o último nó de cada colmo para escoamento e armazenamento do líquido para futuro reuso (Figura 21).



Figura 21: Preservação por inundação dos entrenós.
Foto: Vitor (2018)

Os colmos de *Bambusa tuldooides*, imediatamente após a colheita, foram separados conforme sua utilização em projeto e direcionados ao tratamento por imersão em “octaborato de sódio”. Para este tratamento, deve-se furar as paredes internas dos nós, de maneira a coligar os entrenós do colmo, formando um “canudo” e permitindo a penetração do produto no interior dos colmos de bambu. Foi utilizado um vergalhão de aço como broca para a furadeira, perfurando todos os nós internos do bambu (Figura 22).



Figura 22: Preparação de *bambusa tuldoides* para tratamento.
Foto: Vitor (2018)

Após esta etapa, os colmos de bambu foram imersos, na posição horizontal, dentro de uma piscina com o “octaborato de sódio” previamente dissolvido em água (Figura 23). O “octaborato de sódio” é uma solução de fácil dissorção, portanto, não foi necessário pré aquecimento da água. A proporção utilizada foi de 10%.



Figura 23: Tratamento por imersão em octaborato de sódio.
Fonte: Vitor (2018)

Após transcorridos 10 dias de tratamento, os colmos de bambus foram retirados da piscina e estocados para secagem.

Os colmos de *Bambusa oldhamii* foram tratados por imersão em “octaborato de sódio”, imediatamente após passarem pelo processo de planificação do bambu, reaproveitando a solução previamente preparada para tratamento dos bambus da espécie *Bambusa tuldoides*. Neste caso, por se tratar de bambu planificado, não foi necessário perfurar as paredes internas dos nós, pois o bambu já estava aberto e apto ao tratamento.

Após 10 dias de tratamento, os colmos abertos foram retirados da piscina e estocados para secagem.

Para secagem e estocagem, os colmos de *dendrocalamus asper* foram estocados na horizontal, após escoamento total do produto utilizado para o tratamento, em local coberto, seco e ventilado conforme a Figura 24.



Figura 24: Secagem e estoque dos colmos de *Dendrocalamus asper*.
Foto: Vitor (2018)

Após serem retirados da piscina de tratamento, os colmos de *Bambusa tuldooides* passaram 5 dias secando em pé antes de serem realocados para secagem na horizontal em local coberto, seco e ventilado. Optou-se pela secagem vertical em primeiro momento para que o produto pudes-se escoar por inteiro, evitando a formação de bolsas d'água no interior dos colmos. Este cuidado foi levado em consideração com a finalidade de evitar uma maior concentração do produto utilizado no tratamento em uma faixa longitudinal específica do colmo, concluindo o tratamento com uma secagem homogênea.

O bambu planificado de *Bambusa oldhamii*, após tratamento, foi deixado na posição vertical para escoamento total do produto e depois foram estocadas horizontalmente em local coberto, seco e ventilado.

5.6.3. A viabilidade da construção e considerações sobre a cadeia produtiva

O gasto total para a execução do protótipo em bambu de 2.4 m² foi de R\$434,64.

Através da análise do orçamento, observou-se que os gastos com a fundação foram baixos, sendo a compra e o corte das madeiras os subitens mais caros. Interpretou-se, também através do orçamento, que os gastos incorridos com a infraestrutura chegam a quase 50% do valor total da obra.

O valor de execução do protótipo, quando dividido pela sua área, retrata o investimento necessário para se executar 1 m² do empreendimento. O custo unitário por metro quadrado para construção do protótipo, sem considerar as etapas de reboco, cobertura e piso, foi de R\$ 181,10 (equivalente a cerca de 10% do CUB médio do mês de fevereiro de 2019). É esperado, o custo seja maior pois não foram incluídos os gastos com o tratamento dos bambus nem com o reboco, piso e cobertura, assim como toda a mão de obra envolvida.

Para fabricação dos painéis modulares em bambu, foram gastos apenas 71 reais e 28 centavos, referentes à quantidade de fixações realizadas através de peças metálicas, barra roscada, arruelas e porcas. Os painéis do protótipo foram projetados e construídos para uma altura de 1,50 metro, no entanto poderiam ter sido fabricados com 2 metros de altura sem alterar o preço total. Isto porque seriam realizadas a mesma quantidade de encaixes e fixação, consequentemente o mesmo número de peças metálicas.

Nota-se, portanto, o elevado potencial econômico em utilizar o bambu como material construtivo quando o mesmo pode ser colhido e tratado próximo ao empreendimento sem gastos com transporte.

Quanto ao impacto social, tendo em vista que o déficit habitacional brasileiro superou, em 2015, a carência de 6 milhões de moradias (Damata Pimentel *et al.*, 2018), é de extrema necessidade a construção de novas habitações para aqueles que não têm o acesso através dos mecanismos normais do mercado imobiliário. A proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em questão, além de cumprir com o requisito social de produzir moradias para aqueles que não as possuem, possui como ideal a capacitação da comunidade através de cursos, exposições e, principalmente, através do trabalho na construção de suas próprias moradias em sistema de mutirão. Ao construir a própria casa, o morador aprende sobre sua manutenção e a utilizá-la adequadamente, eliminando a necessidade de contratar um profissional para realizar as futuras ampliações da habitação.

O uso do bambu como material construtivo é de cunho social por se tratar de um material comum e de fácil acesso. Em adição, o usuário, além de construir sua própria casa, torna-se mão de obra especializada e capacitada, gerando, portanto, nova fonte de renda. O empoderamento da comunidade, através de oficinas e cursos de capacitação sobre o uso do bambu, proporciona a criação de artesãos capazes de transformar peças de bambu em móveis e utensílios domésticos com alto valor agregado. Uma vez conhecidos os cuidados básicos e necessários à correta manipulação e utilização deste recurso vegetal, o artesão torna-se livre para novas ideias e possibilidades para o uso do bambu.

No que se refere às questões ambientais, ao utilizar uma matéria prima natural como o bambu, reduz-se a necessidade da utilização de materiais processados semelhantes àqueles convencionalmente empregados na construção civil. Ao construir através do método proposto, extingue-se a necessidade dos tijolos de alvenaria para vedação e diminui-se drasticamente a quantidade de aço, cimento e areia empregada na construção. Estes materiais resultam de diferentes tipos de processamento, que utilizam muita energia para sua fabricação e emitem grande quantidade de gás carbônico para a atmosfera.

5.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

A cadeia produtiva do bambu no Brasil ainda é incipiente e seus elos necessitam ser fortalecidos. O trabalho de disseminação do conhecimento sobre o material tem se intensificado, mas ainda existem poucos fornecedores e a mão de obra capacitada para atuar em construções ainda está indisponível. No setor de mobiliário existe maior oferta de pessoas com capacitação técnica para a produção com o material.



Figura 25: Protótipo finalizado da casa bambu.
Fonte: Jaramilo (2019)

Frente à realidade habitacional brasileira, onde a carência por moradias é comum, a proposta de construção de uma moradia edificada em estrutura de bambu, quando utilizado material local e sem custos elevados de extração, restringe a utilização de materiais convencionalmente empregados na construção civil e diminui o valor total do empreendimento. Além de baratear a obra, reduz-se o emprego de materiais cujo processamento e descarte impactam negativamente o meio ambiente.

O bambu, por ser um material de fácil manipulação e presente em todo território brasileiro, pode ser facilmente incorporado aos costumes da comunidade. Cursos e oficinas pontuais sobre as diversas aplicações do bambu são capazes de introduzir e capacitar os trabalhadores quanto ao uso adequado deste recurso vegetal. O primeiro passo para a ampliação da cadeia produtiva é criação e capacitação de novos produtores rurais, conscientizando-os sobre os cuidados necessários para se obter boas varas de bambu para comercialização. Cuidados estes que se estendem desde a extração da matéria prima até o tratamento e secagem correta do material.

Mas de nada adianta bambus tratados para pronta entrega caso não exista demanda suficiente. Portanto faz-se por necessário fomentar as diversas aplicações do bambu com intermédio de pesquisas acadêmicas e aplicações práticas que possibilitem a expansão do número de profissionais interessados a trabalhar com bambu em todas as suas formas. A importação de novas tecnologias que utilizem o bambu tanto ao natural quanto processado e industrializado é de extrema importância para a ampliação do mercado consumidor para além daquele associado à construção civil.

Através da construção do protótipo e da realização do Trabalho de Conclusão de Vitor (2018) o potencial do bambu como material construtivo para habitação foi elucidado e demonstrado e, através do estudo de viabilidade apontou para o potencial do bambu como matéria prima sus-

tentável para construir moradias populares. A viabilidade construtiva da técnica adotada por ele, conhecida como bahareque, foi comprovada e facilmente compreendida durante a confecção das paredes modulares em bambu pelos trabalhadores voluntários que, ao replicarem a técnica tornaram-se mão de obra especializada. Além de capacitar uma mão de obra de jovens estudantes.

O protótipo edificado por Vitor (2018), no qual o autor entrevistou em praticamente todas as etapas da cadeia produtiva - da colheita à construção - fica exposto na Universidade Federal de Santa Catarina para visitação pública, e como um experimento, pode servir como subsídio a futuras pesquisas e que possam fomentar a ampliação da cadeia produtiva do bambu no Brasil.



CAPÍTULO 6

TRATAMENTO E PRESERVAÇÃO DOS COLMOS

GILBERTO CARBONARI
LISIANE ILHA LIBRELOTTO

Considerando o clima tropical brasileiro, o bambu não tratado apresenta uma baixa durabilidade, devido basicamente ao ataque de insetos e fungos. Uma parte das células que compõem o bambu, denominadas de parênquima, possui como fonte de reserva um polímero de amido, que se torna um grande atrativo ao caruncho e aos fungos.

Assim como outros materiais orgânicos utilizados em sua forma natural, um dos principais problemas que podem ser verificados no bambu é o ataque de insetos. O processo de cura serve para reduzir as possibilidades de ataques pela redução da seiva e da concentração de amido no bambu.

Uma maneira simples de obter essa redução pode ser conseguida pela simples transpiração das folhas e/ou realização de tratamentos. Os tipos de tratamentos e formas de se efetuar sua aplicação variam bastante, quanto à toxicidade e procedimentos e serão objeto de estudo neste capítulo.

6.1. TIPOS DE TRATAMENTOS

Os processos de tratamento são utilizados para garantir uma maior durabilidade das peças de bambu, condicionadas a diversas situações. Entre as possibilidades de tratamento e suas variações, destacam-se o tratamento no local, por substituição da seiva, mantendo-se a transpiração das folhas, o tratamento sob pressão hidrostática, e a sua evolução - o Boucherie e a impregnação por imersão.

Tratamento por transpiração das folhas ou substituição de seiva (cura na mata) - A peça é simplesmente cortada e mantida na posição vertical (isolada do solo), até que cesse a saída do excesso de seiva. Após a saída da seiva, as peças ainda com os ramos e folhas são imersas, no próprio local, em uma solução aquosa e quimicamente preparada para proteção do bambu. Essa solução é armazenada em um tanque com profundidade entre 30 e 60 cm, e juntamente com as peças, e permanecerá em repouso por um prazo de 1 ou 2 semanas (Figura 1).

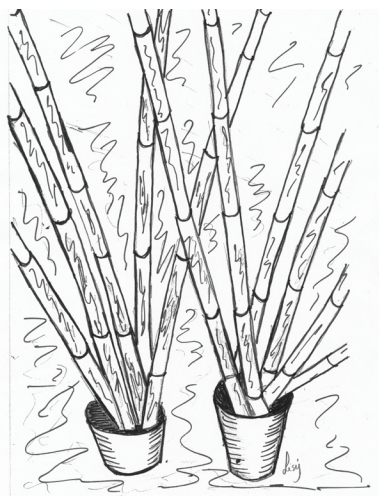
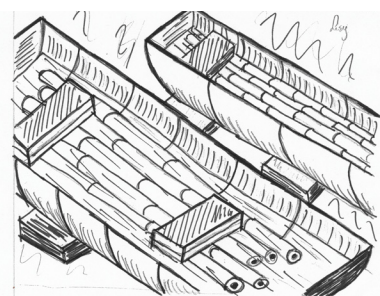


Figura 01: Cura na mata com tanino (*) em procedimento realizado pelo Instituto Taipal em 2011. Ilustração: Librelotto. **Fonte:** TAIPAL (2011)

Cura por imersão simples e tratamento industrial - Na cura por imersão simples, que pode ser visualizada na figura 2, as peças são postas dentro de um tanque e são simplesmente mergulhadas em água ou em soluções preservantes para tratamento durante 4 a 8 semanas. A finalidade da cura por imersão é eliminar a seiva do bambu e ao mesmo tempo degradar parcialmente o amido.

De acordo com o fim a que se destinam as peças, será observado o tempo de cura. Acima de 6 semanas submerso o bambu se torna mais leve e quebradiço. Em contraponto, quanto maior for o período de cura, maior também será a proteção contra o ataque de insetos, respeitados os tempos limites de retenção do agente impregnante.

Figura 02: Cura por imersão em tanques.
Ilustração: Librelotto.



Para melhor impregnação das soluções de tratamento deve-se perfurar os nós do bambu, como indicado na Figura 3. A superfície do colmo deve ser limpa com jatos de água pressurizados para preservar ao máximo o melhor aspecto da peça e proceder-se à remoção de sujeiras e de resíduos para que não haja a contaminação da solução.

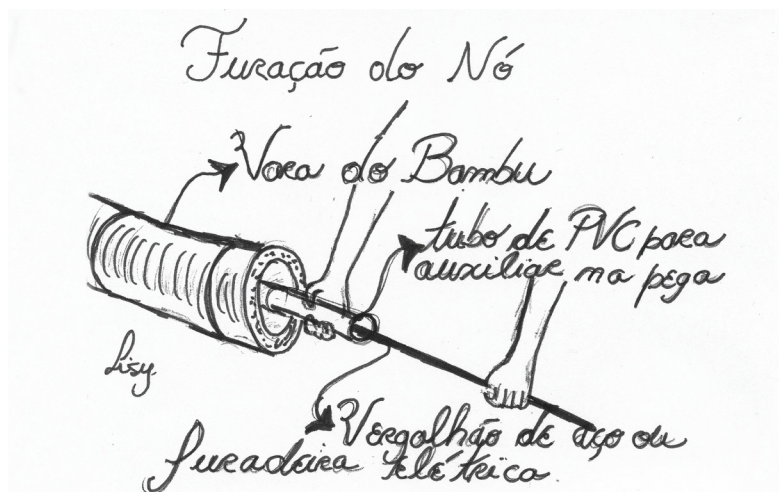


Figura 03: Perfuração dos nós.
Ilustração: Librelotto.

A Figura 4 mostra o tratamento por imersão em tanques com soluções de bórax e ácido bórico realizada para peças que foram utilizadas na execução de módulo - protótipo na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



Figura 04: tratamento por imersão em tanque para confecção de protótipo na UFSC. **Foto:** Vitor (2018).

Outra possibilidade consiste no tratamento no próprio local, escavando-se uma vala no solo. Forra-se a vala com uma lona que é posteriormente preenchida com a solução preservante.

Tratamento por pressão hidrostática - Versão aprimorada do tratamento por imersão, é um processo de substituição de seiva pelo emprego de pressão hidrostática. A seiva corre de um recipiente posicionado acima do bambu e é retirada pela outra extremidade da peça. O tratamento pode durar entre 5 e 6 dias. O tratamento por hidrostática nada mais é do que a aplicação de princípios físicos. Desta versão mais simples deriva-se outra forma de tratamento mais eficaz, o Método Boucherie.

Tratamento sob pressão (Boucherie) - O líquido que substitui a seiva vem de um reservatório sob pressão (Figura 5) O tempo de aplicação pode variar dependendo do comprimento das peças. Este método é mais eficaz em peças novas, recém cortadas e com alto teor de umidade, facilitando o tratamento por substituição da seiva.



Figura 05: Tratamento por Boucherie. **Fonte:** Beraldo *et al.* (2003).

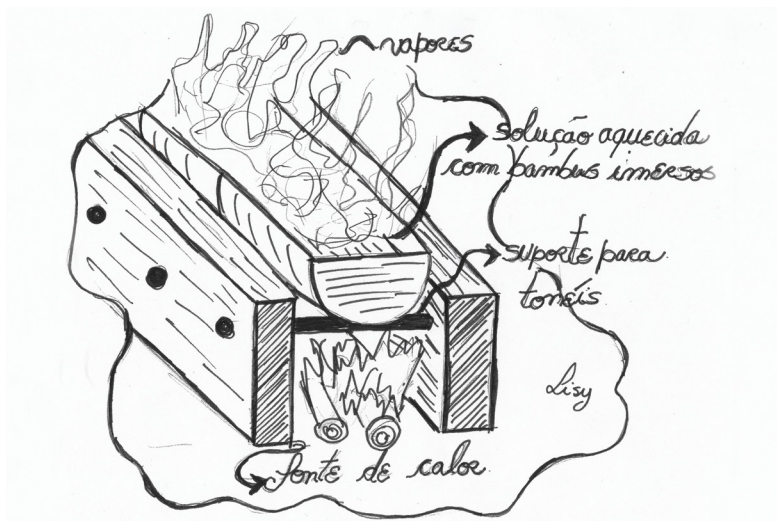


Figura 06: Tratamento por imersão, banho a quente.
Ilustração: Librelotto.

Tratamento industrial ou banho a quente - Depois de secas ao ar, as peças são submersas em soluções preservantes dentro de tanques abertos. Aplica-se aos tanques a temperatura de 90 °C e, posteriormente, os bambus são postos em tambores abertos sobre o fogo, conforme a Figura 6.

O banho a quente é eficaz por reduzir o teor de amido dentro das peças. Isso ocorre devido ao fato de que em peças submersas em água com temperatura acima de 65 °C elimina-se o amido juntamente com a água.

Esse processo produz melhores resultados quando as peças possuem um teor de umidade inferior a 20%. Furando os bambus nos nós se pode evitar rachaduras. Sua absorção, no período de 1 semana, pode ser a mesma que no processo de impregnação, porém se for aumentado o tempo para 5 semanas, pode-se atingir uma absorção 2 vezes maior do que no processo da autoclave.

Tratamento em autoclave - Testado por vários pesquisadores para uso no bambu, foi observado que o autoclave é uma alternativa pouco eficiente. Os principais preservantes utilizados neste tratamento são: o tanino, o bórax e ácido bórico, produtos químicos à base de CCA e de CCB e soluções derivadas destas com uso de peróxido de hidrogênio e água para tratamento por imersão a quente (Figura 7).



Figura 07: Equipamento autoclave.
Fonte: Fhaizer Autoclaves (2019).

Tratamento a vapor - um conjunto de tonéis soldados é conectado a um recipiente fechado com água. Aquece-se o recipiente com água cujo vapor é direcionado aos tonéis, onde estão depositados os colmos de bambu. O processo ocorre durante duas horas. O vapor serve para retirada da seiva, sendo necessária ainda a posterior aplicação de preservantes.

6.2. TRATAMENTO NATURAL COM TANINO

Desde que foram tratados os primeiros colmos de bambu de várias espécies, em julho de 2013, aqueles tratados com tanino ainda não apresentaram a presença de ataque de carunchos e de fungos, enquanto que as de referência não tratadas foram atacadas logo após 6 meses após o corte. As pesquisas envolveram testes em laboratório visando à detecção de infestação de insetos, a análise visual e de imagens obtidas com microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Um dos maiores problemas desse material é sua grande suscetibilidade ao ataque de microrganismos e de parasitas, como o caruncho e os fungos (GARCIA, 2005). Esses ataques inviabilizam a sua utilização em aplicações de longo prazo, pois comprometem sua resistência mecânica e sua durabilidade.

A saída viável para eliminar o problema é promover o tratamento do material com produtos que inibam a ação dos referidos micro-organismos. Devido à superfície externa do bambu ser praticamente impermeável, é menos eficiente utilizar as mesmas técnicas utilizadas para tratar as madeiras em geral (em autoclave).

6.2.1. Por que a ideia inovadora de usar o tanino como tratamento do bambu?

O tanino é um preservativo natural que algumas plantas possuem para aumentar a sua vida útil, evitando o ataque de micro-organismos. Taninos são polifenóis de origem vegetal. Eles inibem o ataque às plantas por herbívoros vertebrados ou invertebrados, pela diminuição da palatabilidade, dificuldades na digestão, produção de compostos tóxicos a partir da hidrólise dos taninos e também por micro-organismos patogênicos.

Os taninos são muito utilizados em todo o mundo, especialmente na indústria dos curtumes, no processo de transformação de peles (putrescíveis) em couros (não putrescíveis) para curtir o couro para confecção de sapatos, bolsas, dentre outros. O Brasil, a África do Sul e a China são os grandes produtores mundiais.

No Brasil, a produção se concentra no Rio Grande do Sul, através de reflorestamentos com Acácia Negra (*Acacia mearnsii*). A casca de carvalhos é tradicionalmente a principal fonte de taninos para esta indústria, apesar de atualmente serem utilizados também compostos inorgânicos.

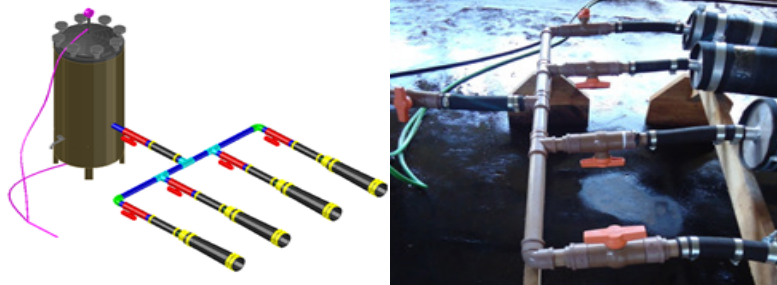
Existem diversas espécies vegetais que produzem taninos: Quebra-chó; Barbatimão; Angico; Mangue; Castanheiro europeu; Castanheiro americano; Aroeira; Caju; Jurema preta; etc. A sua utilização não se restringe apenas aos curtumes, pois são também utilizados em processos de saneamento; em processos de purificação de líquidos (combustíveis/gasolina); em processos de perfuração de poços (viscosidade da lama), dentre outros.

Pelas razões descritas surgiu a ideia inovadora de injetar o tanino nos tecidos do bambu para impedir o ataque dos insetos e fungos. Em 15/08/2013 foi realizado o depósito do pedido de patente da Invenção “Tratamento do Bambu com Tanino”, sob o número do protocolo: BR 10 2013 020788 8, por meio da AINTEC/UEL (Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil). A pesquisa teve início em novembro de 2012, e foi financiada pelo CNPq/VALE S.A., processo nº 455036/2012-8, chamada Nº 05/2012 - FORMA-ENGENHARIA.

6.2.2. Como é possível injetar o composto de água+tanino nos tecidos do bambu?

No caso das madeiras em geral, os tratamentos são realizados em autoclaves, onde os compostos químicos são introduzidos no interior da madeira pela superfície externa dos elementos por pressão. Esse processo é menos eficiente para o bambu, pois a superfície externa dos colmos é praticamente impermeável, impossibilitando a entrada de qualquer líquido. A única possibilidade para permitir o tratamento das varas e Bambu é a utilização do Método Boucherie Modificado, onde o composto água+tanino é impregnado no interior do bambu por meio das paredes do colmo, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 08: Equipamento utilizado no tratamento do bambu pelo Método Boucherie Modificado: (A) Esquema geral; (B) Foto com detalhes das conexões.
Fonte: Carbonari.



Um compressor aplica pressão na autoclave (Figura 8-a) e o composto de água e tanino é forçado a sair pela tubulação para tratar um conjunto de colmos de bambu. No caso da Figura 8, são tratados simultaneamente 4 colmos, podendo esse número aumentar, se necessário. O processo de injeção é muito simples e rápido, graças às características favoráveis da microestrutura do bambu, onde as células parenquimáticas (Figura 8-a) são microtubos que se estendem por todo o comprimento do colmo, sem interrupção nos nós. Durante o tratamento, a solução de água+tanino passa pelos poros capilares de uma extremidade à outra do colmo, expulsando assim a seiva, conforme ilustrado na Figura 9-b.

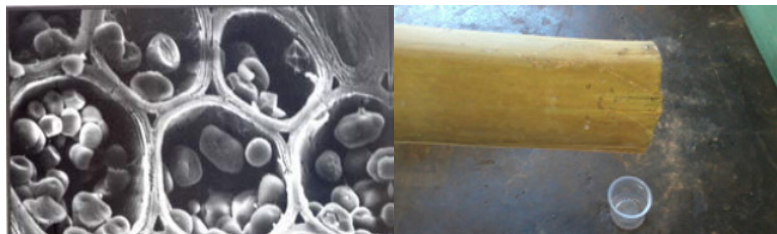


Figura 09: (A) Corte transversal das células parenquimáticas dos colmos de bambu, com grãos de amido em seu interior (Fonte: Liese, 1998); (B) Detalhe do colmo de bambu expelindo o produto composto passante do tratamento. **Fonte:** Carbonari.

A seiva do bambu contém extrativos (açúcares, amido), razão do ataque, especialmente por carunchos, que encontram nesse amido o seu alimento. Ao mesmo tempo que a impregnação do composto água+tanino expulsa uma quantidade elevada da seiva, as moléculas do tanino se aderem às fibras internas do bambu, reagindo quimicamente com as moléculas remanescentes de açúcares (amido), formando um novo composto, que não é atrativo para os insetos.

6.2.3. Comprovação da eficiência do tratamento segundo o estado dos colmos de bambu

O grupo de pesquisa da Universidade Estadual de Londrina tem trabalhado com bambu desde 2008, investigando suas propriedades mecânicas. A cada 6 meses era necessário colher novas amostras do bambuzal, pois neste pequeno período de tempo já se observava um ataque intenso dos insetos, especialmente o caruncho, destruindo as fibras internas dos colmos, e reduzindo com isso a sua resistência mecânica (Figura 10).



Figura 10: (A) Bambu não tratado atacado pelo caruncho (Fonte: Autor); (B) *Dinoderus minutus*, caruncho do bambu (Fonte: Liese, 1998).

Conforme se observa na Figura 10-a, o ataque dos carunchos *Dinoderus minutus* (Figura 10-b) nos colmos de bambu não tratados é devastador. Além de se alimentar dos açúcares do amido, eles destroem as fibras, comprometendo as propriedades mecânicas e a própria integridade dos colmos. Desde 2013, onde foram tratados os primeiros colmos, não se observa o pó característico da ação dos carunchos (Figura 10-a) nos colmos tratados, alocados no ambiente do laboratório, conforme pode-se comprovar na foto da seção transversal indicada na Figura 10-a.

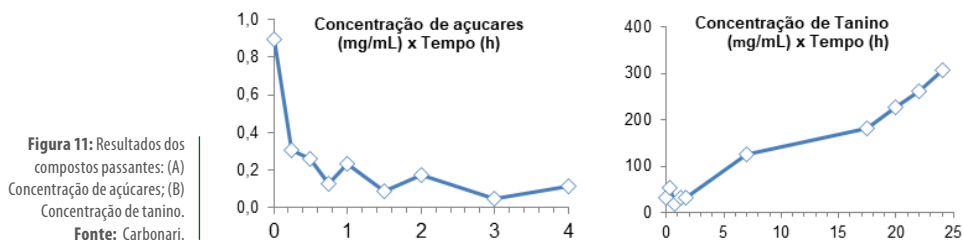
6.2.4. Comprovação da eficiência do tratamento segundo análise do composto passante coletado na saída dos colmos de bambu

A determinação dos teores de açúcares totais no líquido efluente dos colmos de bambu foi realizada no Laboratório de Bioquímica, pelo método

do fenol-sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956). O método consiste na formação do derivado hidroximetilfurfural a partir de hexoses, ou furfural a partir de pentoses, pela reação do ácido sulfúrico com os mono e oligossacarídeos, desidratando-os, que então condensam-se com o fenol formando um complexo de coloração amarela. A quantificação de açúcares nos extratos foi feita por espectrofotometria a partir da leitura da absorvância a 490 nm, com os resultados expressos em mg/mL. Os resultados foram calculados utilizando-se uma curva padrão de glicose.

A quantificação dos fenóis totais foi realizada através do método de Folin-Denis, o qual envolve a redução do reagente por compostos fenólicos da amostra com a formação de um complexo azul no qual a sua intensidade aumenta linearmente a 760 nm (SWAIN e HILLIS, 1959). Em 0,5 mL de amostra foi adicionado 0,5 mL do reagente de Folin-Denis. Posteriormente, adicionou-se 3 mL de água destilada. Após 1 hora, 1 mL da solução de carbonato de cálcio saturada foi adicionada. As amostras positivas desenvolveram coloração azul intensa e sua leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760 nm, com os resultados expressos em $\mu\text{g/mL}$. Os resultados foram calculados utilizando-se uma curva padrão a partir de concentrações crescentes do Tanino comercial Natur N.

Após aplicar a metodologia indicada acima, foram obtidos os resultados da solução passante nos colmos de bambu, que estão indicados nas Figuras 11-a e 11-b.



Com base no gráfico da Figura 11-a, pode-se comprovar que uma grande quantidade de amido foi retirada do interior da microestrutura dos colmos de bambu, na primeira hora do tratamento (de, aproximadamente, 80%).

Após análise dos resultados obtidos na Figura 11-b, comprova-se que uma grande quantidade de tanino ficou aderida nas fibras internas do bambu durante a fase inicial do tratamento. À medida que aumentou o tempo de passagem da solução no colmo de bambu, aumentou a concentração de tanino na solução passante, o que comprova a saturação de tanino aderido nas fibras do bambu.

6.2.5. Análise de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) nos bambus tratados e não tratados, logo após o corte e após dois anos de cortados
Para a análise de microscopia, as amostras foram secas por ponto crítico com CO_2 , montadas em suporte metálico, fixadas com uma mistura de esmalte incolor e grafite e cobertas com ouro por vácuo em equipamento FL9496 SCD-030. Observações e gravações de imagem

foram feitas pelo MEV JEOL JSM-6360LV, no Laboratório de Microanálises e Microscopia Eletrônica da Universidade Estadual de Londrina. Com o objetivo de identificar a presença ou não de moléculas de açúcares no interior da microestrutura do bambu, presentes na seiva, foram analisados pelo MEV corpos de prova de bambus recém cortados do bambuzal, tratados e não tratados. Na Figura 12, estão indicadas as seções longitudinais da amostra tratada (Figura 12-a) e não tratada (Figura 12-b), vistas no aumento de 800X.

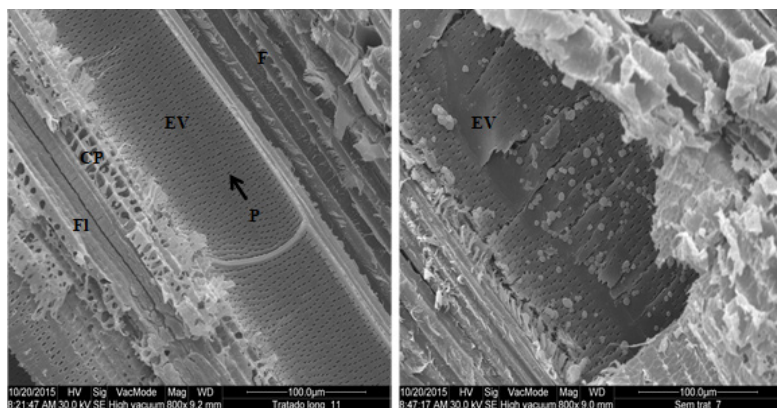


Figura 12: Eletromicrografia de varredura na espécie *Dendrocalamus giganteus*. a) Amostra tratada com tanino (800X). b) Amostra não tratada (800X). EV-elemento de vaso, P-pontuações, CP-células parenquimáticas, FI-floema, e F - fibras.
Fonte: Carbonari.

Conforme se pode observar, a secção longitudinal da Figura 12-a evidencia o elemento de vaso sem a presença de grãos de amido em amostra tratada com tanino, enquanto que na amostra não tratada da Figura 12-b se evidencia o elemento de vaso com grãos de amido.

Com o objetivo de observar melhor o tamanho e a forma das moléculas de açúcar, na Figura 13 estão visualizadas as amostras tratadas e não tratadas, com aumento de 1500X (Figura 13-a) e 8000X (Figura 13-b).

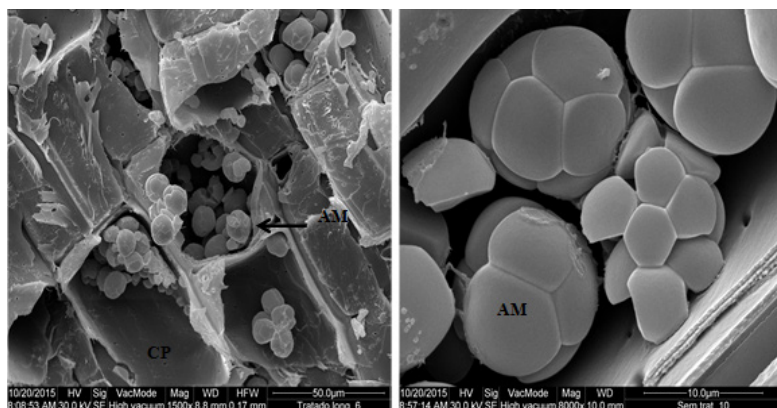


Figura 13: Eletromicrografia de varredura em células parenquimáticas da espécie *D. giganteus* em amostras tratadas e não tratadas. a) Aumento 1500X. b) Aumento de 8000X. AM: amido, CP: células parenquimáticas.
Fonte: Carbonari.

Nas imagens das Figuras 13-a e 13-b, observa-se que o tratamento não conseguiu extrair os grãos de amido presentes no interior das células parenquimáticas, o que justifica a necessidade da presença do tanino no tratamento aquoso dos colmos de bambu, já que o mesmo atua eficientemente nos elementos de vasos (Figura 14-a), com poder adstringente, repelindo o ataque dos organismos xilófagos (fungos e carunchos).

Proporcionalmente, a maior quantidade de seiva está localizada nos elementos de vaso, pois possuem maior diâmetro e servem de transporte dos açúcares desde a base até o topo dos colmos de bambu, sem interrupção nos nós. As células parenquimáticas (CP) recebem os grãos de amido por meio das pontuações (P) dos elementos de vaso (EV), conforme imagem da Figura 14-a. Os menores grãos de amido que conseguem passar pelas pontuações dos elementos de vaso são agrupados formando esferas (Figura 14b), que permitem deslocar pela seiva com maior facilidade ao longo dos colmos de bambu.

Com o objetivo de comprovar microscopicamente a eficiência do tratamento natural com tanino na preservação dos colmos de bambu frente ao ataque de insetos, na Figura 15 estão visualizadas as imagens do MEV de amostra tratada (Figura 14-a) e não tratada (Figura 14-b), da espécie *D. giganteus*, após dois anos do corte.

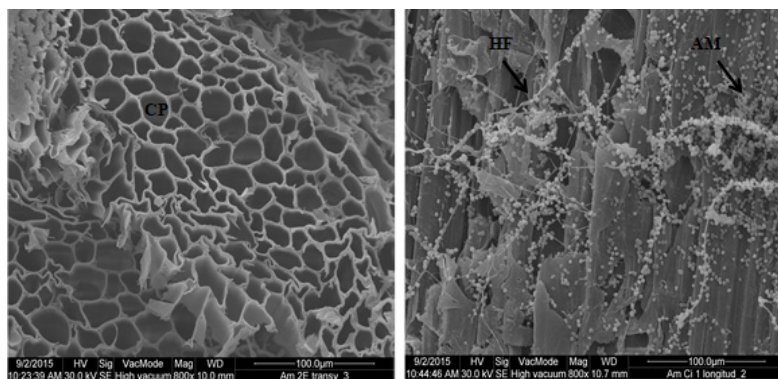


Figura 14: Eletromicrografia de varredura em *D. giganteus* após dois anos do corte. a) Amostra tratada com tanino (400X). b) Amostra não tratada (800X). CP: células parenquimáticas, HF: hifas fúngicas, AM: amido.

Fonte: Carbonari.

Conforme observa-se nas imagens da Figura 14, os elementos de vaso da amostra tratada com tanino estão isentos de grãos de amido e do ataque de insetos (Figura 14-a), enquanto que na amostra não tratada (Figura 14-b) se evidencia a presença do hifas fúngicas aderidas aos grãos de amido.

6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

O inseto que provoca a maior destruição das fibras do bambu é o caruncho, por ele ter um tamanho muito maior que o diâmetro dos elementos principais de vaso da microestrutura do bambu. Como os açúcares (amido) são os atrativos, o caruncho necessita destruir as fibras do bambu para ter acesso a esse alimento, gerando um pó característico nos colmos atacados pelo referido inseto (Figura 10-a).

Com o objetivo de mostrar o nível de destruição que o caruncho provoca no interior dos colmos de bambu não tratados, na Figura 15 são mostradas imagens de amostras atacadas pelo referido inseto, com um aumento de 50X.

Na Figura 15-a, é possível identificar a diferença entre os diâmetros dos feixes de vaso (FV), por onde transitam os açúcares (seiva) desde a base até o topo do bambu, e a galeria (G), provocada pelo caruncho em busca do alimento. A destruição dos tecidos é inevitável, evidenciada pela presença de um resíduo característico (Figuras 10-a e 10-b), e a consequente perda das propriedades mecânicas dos colmos de bambu.

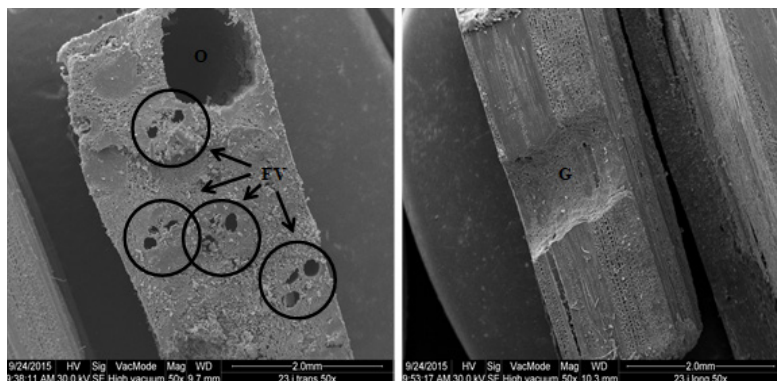


Figura 15: Eletromicrografia de varredura em *D. giganteus*. A) Amostra evidenciando o orifício da galeria feito pelo caruncho, e os feixes vasculares em amostra não tratada (50X). B) Detalhe da galeria feita pelo caruncho (50X). G: galeria, FV: feixe vascular. **Fonte:** Carbonari.

Existem diversas formas de tratamento para o bambu que impactam em maior ou menor grau no meio ambiente. O paradoxo é que as técnicas menos impactantes de um modo geral revelam-se também menos eficientes em termos de durabilidade.

O tratamento utilizando tanino mostra-se promissor. A análise da microestrutura dos colmos de bambu evidencia a eficiência do tratamento natural com tanino, pois mesmo que os grãos de amido permanecem no interior das células parenquimáticas dos colmos tratados, a presença do tanino nos elementos de vaso inibe o ataque dos insetos, graças ao poder adstringente do tanino.

An aerial photograph showing a vast field of bamboo processing stacks. The stacks are arranged in a grid-like pattern, with each stack consisting of numerous bundles of bamboo poles. The bamboo has a warm, golden-brown hue, and the stacks are set against a dark, almost black background, likely the ground or a shadowed area. The perspective is from directly above, looking down on the stacks.

CAPÍTULO 7

PROCESSOS DE MANUFATURA PARA O BAMBU

CELSO SALAMON
FABIANO OSTAPIV

7.1. INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DO BAMBU

O bambu é uma planta com diversas utilidades práticas, sendo usado como material de construção e na alimentação humana a milhares de anos. No mundo de hoje é usado em uma grande quantidade de produtos, tanto artesanais como industrializados.

Os colmos de bambu podem ser utilizados em sua forma natural, tubular ou podem ser manufaturados em elementos primários de diversas formas tais como: ripas, lâminas, partículas e pós (micro partículas do material). A obtenção destes elementos pode ocorrer com distintos graus de processamento mecânico através de processos industriais primários.

Estes elementos processados podem ser então recortados, colados, prensados misturados e combinados entre si ou com vários outros tipos de materiais tais como: plásticos, fibras, arames, cimentos, resinas e argilas, entre outros.

Deste modo podem ser obtidos diferentes tipos de painéis e produtos reconstituídos tendo como matéria prima base o bambu. É possível produzir uma grande variedade de produtos finais tais como: objetos de decoração, móveis, estruturas, pranchas de skates, brinquedos, bicicletas, barcos, aviões, casas, pontes, etc.

Um dos gargalos para a maior utilização do bambu no Brasil é, justamente, a falta de desenvolvimento de equipamentos, ferramentas e acessórios adequados para o processamento primário dos bambus lenhosos brasileiros. Uma vez que não é possível utilizar o processamento convencional, desenvolvido para a indústria madeireira, de modo eficiente e seguro.

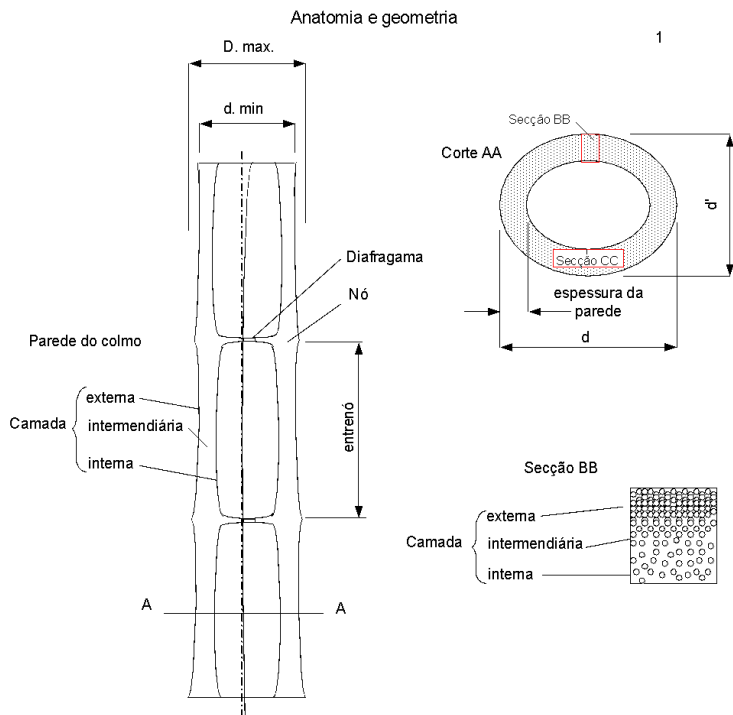
A principal diferença no processamento dos bambus em relação às árvores se devem às características morfológicas distintas destas plantas. Enquanto os bambus apresentam a forma de tubos vegetais ovalizados, com a região central geralmente vazia, os troncos de árvores são maciços. Além disso, nos bambus o material da região externa do colmo é mais denso, duro e resistente que o material da parte interna. Estas diferenças levam a lógica de processamento primário distinta para o material.

Na Figura 1 é possível observar que uma ripa de bambu, retirada ao longo do comprimento de um colmo, na posição “BB”, que terá portanto material da região interna, intermediária e externa, será diferente de uma ripa retirada de uma região mais central da parede do colmo, posição “CC”. Esta diferença do material ao longo da espessura da parede se deve principalmente ao gradiente de distribuição dos feixes de fibras no bambu conforme discutida no Capítulo 2.

Neste capítulo foram abordados de forma simplificada alguns processos primários de transformação dos colmos em elementos regulares. Além disso, foram apresentadas sugestões e formas de implementação destes processos. Não houve a pretensão em abordar todos os processos de fabricação ou ser taxativo quanto a otimização das soluções encontradas, pois entendemos que a criatividade, a disponibilidade de matéria prima, equipamentos e energia, a experiência do trabalhador, bem como

o conhecimento das diferentes tecnologias disponíveis no mercado, permite que as pessoas possam obter resultados finais similares, ou melhores, usando processos distintos.

Ao final foram apresentados exemplos de equipamentos e produtos desenvolvidos e como estes foram fabricados usando os recursos disponíveis. Mais do que soluções prontas, o objetivo do trabalho é trazer ao leitor alguns elementos necessários para análise que o permitam explorar as oportunidades de desenvolvimento numa área promissora e em expansão, tanto no Brasil como no mundo.



7.1.1. Processos de fabricação relevantes para o bambu

Cada espécie de bambu tem potencialidades e características particulares, enquanto algumas espécies podem ser muito adequadas devido ao seu valor ecológico outras apresentam características adequadas ao uso industrial, como discutido no Capítulo 1.

Os critérios de escolha de uma espécie de bambu a ser usado em um produto podem ser devido a sua estética, forma, tamanho e geometria do colmo, há casos em que o que define a escolha pode ser a resistência mecânica dos colmos e em outros, a disponibilidade da matéria prima. Assim um mesmo produto final pode ser produzido com diferentes espécies de bambu, porém umas espécies serão mais adequadas que outras.

Por exemplo, para fabricar assoalhos de bambu em escala industrial são necessários mais de 20 processos de fabricação distintos, numa planta industrial complexa, cara e que exige investimento inicial alto, como discutiu Ostapiv (2007). Torna-se inviável para uma fábrica de pisos de bambu, usar espécies que não tenham estética ou resistência mecânica adequadas, assim como usar colmos jovens que apesar de belos ainda não possuem o máximo de sua resistência a mecânica.

Após instalada a indústria de pisos, esta precisa processar grandes volumes de colmos para garantir o retorno financeiro. Os colmos precisam chegar na fábrica em volume suficiente e nos padrões mínimos exigidos. Para isso são necessárias grandes áreas de bambuzais plantados e bem manejados e somente um pedaço dos colmos maduros poderá ser usado na produção dos pisos. O restante do colmo, que tem menor diâmetro e pouca espessura de parede, precisa ser usado em outros produtos, a serem fabricados com outros processos produtivos, muitas vezes em outras fábricas.

Ou seja, para viabilizar uma fábrica de pisos de bambu, além do alto investimento, é necessário estabelecer e consolidar toda uma cadeia produtiva, desde os bambuzais até a venda e assistência técnica para o produto final, tudo isso suportado por uma boa rede logística. Esta mesma análise pode ser feita em relação à fabricação de vários outros produtos como papel, aglomerados, MDF, casos em que só será alcançada a viabilidade econômica em empreendimentos de grandes proporções.

Para chegar nas condições produtivas mais complexas, o desenvolvimento de equipamentos e técnicas para processamentos primários dos colmos de bambu é fundamental, pois permite o desenvolvimento e a fabricação de produtos mais simples, com investimentos e mecanização mais baixos. O desenvolvimento das técnicas primárias auxilia na disseminação do uso do bambu, na capacitação da mão de obra e na ampliação e viabilização tecnológica da cadeia produtiva.

7.1.2. Processamento inicial do bambu (processos primários)

São várias as etapas no processamento de um colmo de bambu. Essas etapas variam, dependendo do tipo de produto final que se deseja. As etapas iniciais ou primárias são pontos críticos na manufatura dos colmos de bambu. Se forem bem-feitas o processamento terá menor desperdício, será mais seguro e confiável. Muitas empresas de bambu tornam-se inviáveis e fecham suas portas por não terem bons processos primários de transformação dos colmos, gerando enormes desperdícios de matéria-prima e risco para a saúde e segurança do trabalhador.

Normalmente as etapas no processamento inicial dos colmos de bambu são:

- Corte transversal do colmo utilizando serras manuais ou motorizadas, (destopamento).
- A partir daí os colmos podem ser usados em várias aplicações como estruturas de estufas, geodésicas etc., ou transformados em ripas, lâminas, cavacos, pós).
 - No caso da produção de ripas, os colmos destopados são:
 - Seccionados longitudinalmente por meio de facas simples ou múltiplas que podem ser acionadas de forma manual ou motorizada, sendo que as ripas não terão nenhuma superfície regular;

- Seccionados longitudinalmente por meio de uma serra circular dupla, tipo refiladeira, caso em que as ripas terão duas superfícies laterais, regulares e paralelas;
- Após obtidas as ripas nos processos anteriores, são retirados os fragmentos de diafragmas das ripas usando ferramentas manuais como facões, ou máquinas tipo serra circular ou serra fita;
- Com as ripas sem diafragmas é feito o fresamento destas, numa fresadora quatro faces, para obtenção de ripas com as todas as faces planas e regulares.
 - Para a obtenção de lâminas.
 - Laminação por torneamento dos colmos;
 - Planificação dos colmos usando ferramentas manuais ou máquinas.
 - Para obtenção de pós ou cavacos.
 - Trituração do colmo em picadores para obter partículas pequenas (cavacos) ou micropartículas (pós) dependendo da aplicação.

Ainda deve ficar claro ao leitor que uma das etapas iniciais muito importante, anterior ou posterior as etapas anteriormente descritas, é o tratamento dos colmos ou do material processado, assunto este abordado em outros capítulos.

Na Figura 2, é apresentada, de forma resumida, uma visão global de diversos processos de transformação do bambu em produtos primários, base para ampla gama de aplicações em produtos finais. É importante estudar e experimentar os diversos processos iniciais para otimizar a fabricação de produtos de bambu, aumentando a eficiência, segurança e diminuindo o tempo de processamento.

Deve se observar na Figura 2 que da parte inferior para cima aumenta o grau de industrialização e os investimentos necessários para se obter os produtos indicados.

Por questões de segurança alimentar e energética é estratégico para países populosos como a China, o uso dos bambus para alimentação humana e geração de energia térmica, na base da cadeia produtiva. Uma vez que estes usos auxiliam na subsistência tanto dos camponeses como da população em geral.

Havendo disponibilidade de bambus adequados ao uso, incorporando conhecimento técnico e científico na cadeia produtiva como um todo, podem ser desenvolvidos processos e tecnologias apropriadas para os diferentes tipos de produtos e de bambus, com maior ou menor grau de industrialização, até que possam ser obtidos produtos sofisticados de alto valor agregado cuja produção pode ser feita em larga escala.

Analisando a parte inferior da Figura 2, vemos que é possível usar ferramentas manuais simples para destopar, rachar, serrar e laminar colmos de bambu que podem ser utilizados em estruturas, no concreto ou como fechamento de paredes de habitações. Já para fabricar papel, painéis tipo MDF ou assoalhos em larga escala é necessário alto investimento, aporte de tecnologias e desenvolvimento de uma ampla e intrincada rede de fornecedores de produtos e serviços e o mercado.

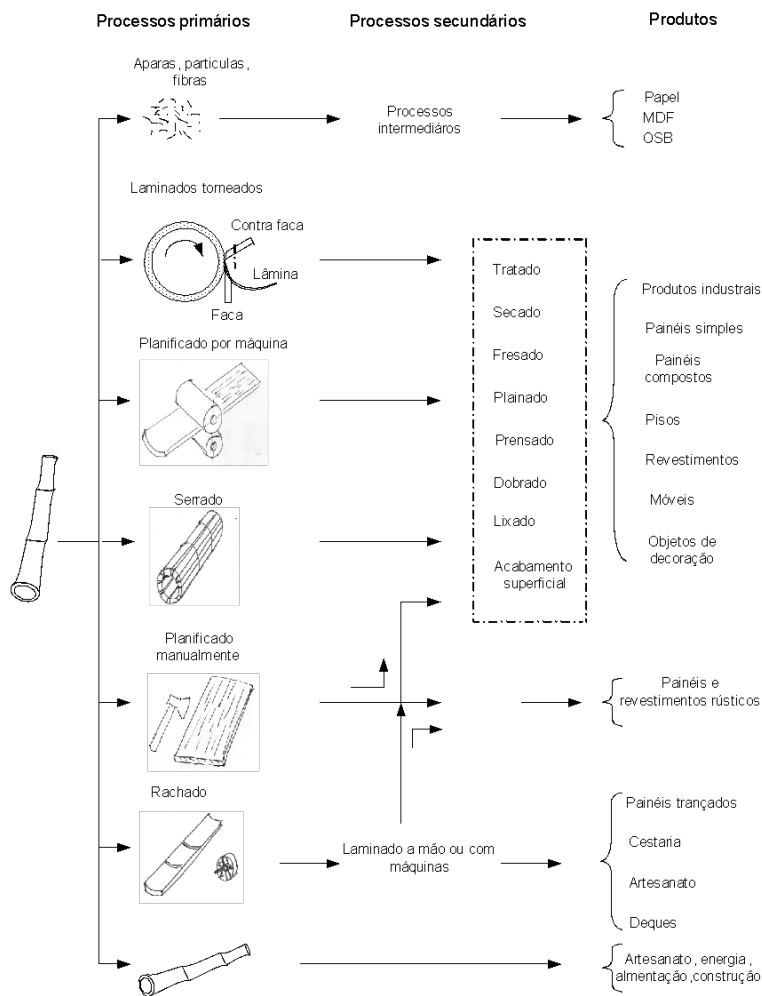


Figura 02: Processos primários, principais usos e produtos para os colmos de bambu.
Fonte: Salamon.

7.2. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS BÁSICOS MAIS COMUNS

Para viabilizar os processos iniciais anteriormente citados e possibilitar a fabricação de produtos de bambu, o processamento inicial dos colmos (em alguns produtos todo o processamento) está estruturado principalmente a partir de:

7.2.1. Ferramentas e dispositivos manuais e elétricos

Ferramentas manuais de uso geral para madeiras e produtos similares tais como facões simples ou especializados, serras, formões, machadinhas, enxós.

A planificação de colmos apresentada na Figura 3 exemplifica o uso de ferramentas manuais. Nesta figura é apresentado de forma esquemática o uso de machados e enxadas e facões para produzir uma peça plana a partir de um colmo.

Ferramentas elétricas manuais tais como serras fita e circular, furadeiras, serra copo, brocas simples e específicas.

Com ferramentas manuais ou elétricas facilmente são produzidos cortes no comprimento, encaixes, tiras com razoável planicidade e repetibilidade permitindo a construção de móveis, objetos de decoração, cercas, utensílios domésticos, estruturas diversas (entre estas geodésicas), painéis, balaios, deques entre tantos outros.

Com algumas ferramentas básicas é possível empreender pequenos negócios com custo razoavelmente baixo e desenvolver conhecimento prático (*know how*) usando bambu como matéria prima. A produção de deques, painéis modulares e bengalas cabem bem como exemplo de produtos de valor agregado, poucos processos intermediários e baixo investimento de ferramental. Ao final deste capítulo alguns exemplos de produtos e seus processos.

7.2.2. Ferramentas e processos manuais especializados

Para trabalhar o bambu, mesmo que manualmente recomenda-se o uso de ferramentas e processos específicos e direcionadas a determinada operação facilitando e viabilizando maior produção com qualidade no produto final.

Corte com faca múltipla (Faca estrela), facões específicos, dispositivos operados manualmente.



Figura 03: Faca múltipla (estrela) em uso e detalhe.

Fonte: Salamon

Na Figura 3, é apresentada uma ferramenta de corte múltiplo, popularmente denominada faca estrela pela sua geometria que lembra uma estrela, sendo aplicada manualmente para subdividir um colmo longitudinalmente em ripas com larguras bem próximas umas das outras. Este dispositivo racha o colmo em um número de segmen-

tos proporcional ao número de facas de corte, seguindo as fibras do bambu, produzindo ripas com razoável paralelismo. Na Figura 3, à direita, apresenta-se uma imagem detalhada de uma faca estrela e a partir desta imagem um serralheiro ou mecânico pode reproduzi-la aumentando ou diminuindo o número de cortes ou diâmetro desta adequando-a aos colmos disponíveis localmente. Até a produção de dispositivos básicos como este se apresenta como possibilidade para empreender na área, já que não existe uma cadeia de fornecedores consolidada no Brasil.

Também, na China e demais países onde é usual e milenar o uso de bambu, além de um conjunto de facas estrela para atender ampla gama de largura de ripas, existem muitos tipos de facões e pequenos dispositivos especializados para o trabalho com bambu. Estas ferramentas específicas facilitam e viabilizam para os pequenos empreendedores a fabricação de muitos produtos diferenciados.

7.3. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS ESPECIALIZADOS

A medida que um empreendimento comece a se ampliar e o mercado justifique a necessidade de aumento de produção e haja disponibilidade financeira para investimento e amplo fornecimento de matéria-prima existe a possibilidade do uso de equipamentos especializados.

A seguir, são apresentados alguns dos equipamentos de grande valia para processar bambus ou com potencial para se tornar expressivo na cadeia produtiva desta matéria-prima.

7.3.1. Faca múltipla (estrela) mecanizada

Este equipamento nada mais é que uma faca múltipla (faca estrela) mecanizada, sendo seu acionamento usualmente feito por motor elétrico/redutor/correntes ou sistema hidráulico. Existe a possibilidade de acionar o dispositivo de corte contra o colmo ou movimentar o bambu contra a faca fixa. Nos equipamentos apresentados na Figura 3 o colmo é posicionado e empurrado contra as facas de corte sendo subdividido de acordo com a quantidade de facas sendo usada. Em função do produto e diâmetro do colmo o operador substitui a faca com número adequado de cortes.

Neste ponto cabe uma observação importante relativo à segurança para quem quer empreender ou ampliar sua produção. A legislação brasileira referente a segurança de máquinas e equipamentos é bem completa e abrangente, sendo que as duas máquinas apresentadas na Figura 4, retiradas de catálogos de fabricantes da Índia e China, não atendem plenamente às normas brasileiras, sendo necessário uma adequação. Este assunto fundamental, segurança de máquina e processo, será apenas sinalizado neste capítulo.

Os autores argumentam que, esta ferramenta mecanizada não se justifica para pequenos empreendimentos e baixa produção pois encarece a implementação deste. A associação de empreendedores ou artesãos com produtos afins pode viabilizar equipamento comum que atenda a todos e com baixo custo.

Figura 04: Faca de corte múltiplo mecanizada. Esquerda, acionamento hidráulico. Direita, acionamento por corrente. **Fonte:** Garnet Tools (esquerda); Henan Gelgoog (direita)



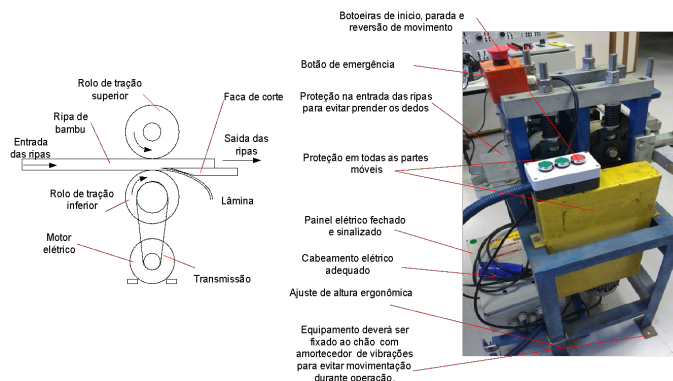
7.3.2. Faqueamento longitudinal

Este dispositivo tem por função subdividir uma ripa de bambu (talisca) em lâminas finas ou tiras com razoável regularidade, que posteriormente podem ser combinadas de forma trançada ou em paralelo formando painéis, cestaria, forros, biombos, telhas e produtos similares. É considerado um dos equipamentos básicos para o desenvolvimento da cadeia produtiva para o bambu.

Depois de dividir radialmente um colmo em ripas com facão ou faca estreita, estas ripas são posicionadas na entrada do dispositivo e rolos as empurram contra uma faca de corte produzindo uma lâmina com baixa espessura com dimensão proporcional ao ajuste prévio da faca. As ripas são passadas repetidamente pelo equipamento enquanto for possível obter lâminas mais finas.

Apesar de ser utilizado o nome faqueamento, esta operação subdivide o colmo rachando este em camadas finas (tiras ou lâminas) enquanto que o faqueamento de madeiras maciças é uma operação onde se obtém lâminas precisas devido à presença de uma contra faca. Para se obter uma lâmina de bambu faqueado conforme feito para as madeiras, primeiramente deve ser fabricado um bloco usando os processos disponíveis como serramento, fresamento, plainamento entre outros e depois este bloco pode ser faqueado como se fosse uma madeira maciça. Neste caso já não é um processo primário e sim intermediário.

Figura 05: Laminador longitudinal. À esquerda conceito e à direita protótipo com indicação de elementos de segurança operacional. **Fonte:** Salamon.



A partir das lâminas obtidas fazendo uso de qualquer das técnicas citadas é possível trançar estas formando esteiras ou utilizá-las de outras formas permitindo a fabricação de uma série de produtos artesanais. Prensando diversas camadas destas esteiras com cola (de forma plana ou com relevos) obtém-se placas que podem ser usadas como forros, partes de móveis, *snowboards*, telhados (depois de impermeabilizadas externamente), revestimento de habitações entre outros. A Figura 6 à esquerda apresenta uma amostra de placa trançada e à direita pranchas de surfe de alto valor agregado revestidas com bambu, produzidas no Havaí-USA.



Figura 06: Placa de bambu trançado desenvolvida por Salamon (esquerda) e usos como revestimento de prancha de surfe por Gary Young, Hawaí (direita).

O equipamento da figura 5, utilizado para teste de conceitos, apresenta vários elementos implementados no protótipo relativos à segurança operacional e ergonomia no sentido de atender as normas e legislação brasileira relativa a máquinas e equipamentos.

7.3.3. Corte com serra refiladeira dupla (serra paralela)

O equipamento apresentado na figura 7 à esquerda é uma serra refiladeira dupla popularmente denominado serra paralela. Esta nada mais é que uma adaptação de serra de bancada tradicional acrescentando mais uma serra e um dispositivos para guiar o colmo. Em cada passagem do colmo pelas serras é produzida uma ripa com duas faces (laterais) regulares. Após várias passagens do colmo pelas serras basta quebrar os diafragmas para se obter ripas que limpas dos restos do nó externo e do diafragma já podem ser usadas em produtos ou ainda serem fresadas/plainadas ou mais uma vez serradas obtendo-se 4 faces regulares.

Figura 07: Protótipo de serra dupla desenvolvida com materiais reciclados e colmo serrado.
Fonte: Salamon



Este processo é muito utilizado, porém o seu rendimento é questionável por vários autores. Em média menos de 25% do colmo é transformado em uma ripa regular, isto é, 75% são sobras que devem ter outras aplicações. Sugere-se aos leitores interessados em usar este processo para obter ripas de bambu, desenvolver produtos de alto valor agregado que justifiquem o baixo rendimento e desenvolver produtos ou aplicações para as sobras.

O equipamento apresentado na figura 7, adaptado a partir de uma serra de bancada foi usado para teste de conceito, não é conveniente ser replicado conforme apresentado, pois não atende as exigências das normas brasileiras relativas à segurança de máquinas.

Estudos voltados ao processamento do bambu avaliaram aspectos para desenvolver uma serra CNC (Comando numérico computadorizado) para a produção de ripas, onde os diversos movimentos são automatizados. Como opção para empreendimentos que não tem produção para justificar uma serra refiladeira dupla específica (simples ou automatizada) sugere-se avaliar o uso de uma *Router* CNC de médio e ou grande porte adaptada com uma serra e dispositivo para fixar os colmos. Este dispositivo pode ser uma calha onde o operador gira o colmo após os cortes ou pode ser automático (quarto eixo). A produção apesar de não ser alta se justifica pela precisão, facilidade e segurança do processo.

Também cabe observar a tendência do desenvolvimento de serras refiladeiras duplas com movimentação dos colmos em processo de forma semi automatizada (movimento de tração efetuado por motor elétrico) e dispositivos de proteção resultando em maior segurança e menor esforço para o operador.

7.3.4. Planificação por fendilhamento longitudinal e compressão

Este processo de planificação de um colmo é realizado há muito tempo por artesãos que utilizam ferramentas manuais para obter peças planas chamadas nos países da América espanhola de esterilhas. Na Figura 8, é mostrado o método. O colmo é aberto e fendilhado no sentido do comprimento; a seguir, é retirado material da parte interna sem valor estrutural. Nesta região o material é menos denso, tem menor resistência mecânica e maior concentração de amido. Finalmente as esteiras produzidas são mantidas abertas e secadas ao ar livre. O tratamento pode ser feito antes e ou depois da produção das esteiras.

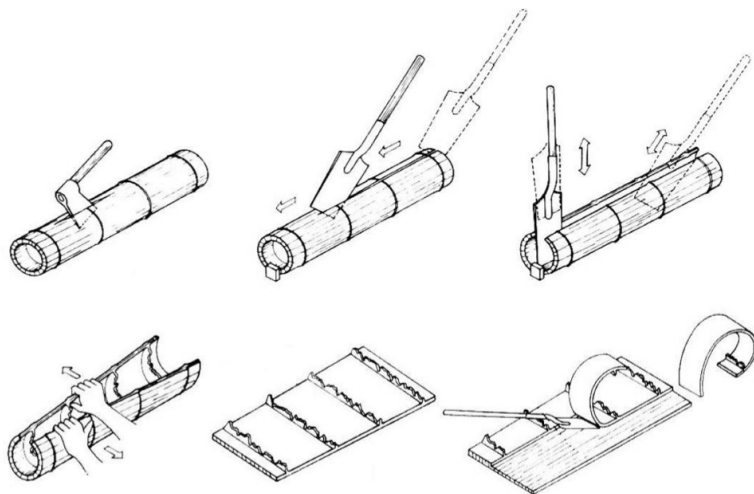


Figura 08: Processo de planificação manual de colmos de *Guadua*.

Fonte: *Guadua bambu* Colômbia

Há uma tendência atual de mecanização do processo de produção destas esteiras ou colmos planificados. Neste caso a mecanização torna o trabalho mais simples, seguro e com menor esforço laboral. O trabalho como um todo torna-se mais humanizado por preservar melhor a saúde do trabalhador.

Apesar de relativamente simples e de substituírem o processo de produção de esteiras realizado com ferramentas manuais, os equipamentos para planificação de colmos de bambu são pouco disponíveis no mercado.

No equipamento (protótipo) apresentado na Figura 9, meio colmo de bambu é passado repetidas vezes por rolos que vão criando fendas internas maiores e pequenos sulcos externos, produzindo uma peça final plana. Para produção em maior escala é só aumentar o número de conjuntos de rolos conformadores, dispendo-os em sequência, de maneira que o colmo seja totalmente aberto em uma única passagem pelo equipamento.

Para colmos de bambus de maior espessura, após retirar os diafragmas do colmo, é possível abrir fendas internas com fresas ou serras com dentes com formas especiais obtendo com pouco esforço final peças com boa planicidade.

Figura 09: Planificador experimental desenvolvido na UTFPR. Conceito (esquerda), protótipo (direita).
Fonte: Salamon

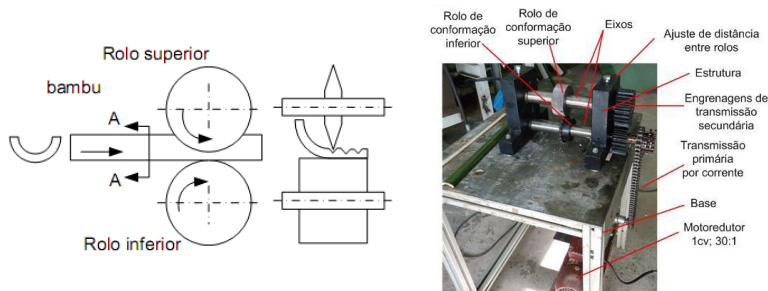


Figura 10: Bambu Aurea; colmo, meio colmo e planificado por dispositivo mecânico.
Fonte: Salamon



Considera-se este processo como promissor para produção de peças planas com pouco processamento e alto rendimento, se comparado a peças obtidas a partir de serra/fresa. O colmo da espécie *Phyllostachys aurea* apresentado na figura 10, foi previamente tratado e após aberto já poderia ser utilizado para revestir paredes, forros necessitando apenas ser raspado internamente e regularizado nas laterais com serra caso necessário.

Ainda comparando este processo com outros, nos experimentos e protótipos a produção de esterilhas ou colmo planificado tem se mostrado mais eficiente na proporção de produto final em relação à matéria-prima inicial do colmo, já que segundo Stam (2006), a produção de ripas a partir de colmos cerrados, fresados e aplainados tem uma eficiência em torno de 27% do volume. Também se usamos a referência de Salamon (2009), a produção de lâminas pelo processo de torneamento de colmos regulares pode facilmente ultrapassar estes 27% de eficiência volumétrica, chegando a 50%. Ainda a laminação apresenta menor número de etapas no processo se comparado a ripa serrada, fresada, aplainada. Já o processo de esterilha manual ou planificação mecânica aproveita praticamente todo o colmo sendo descartadas apenas as partes sem resistência mecânica.

Como comentado para o protótipo de serra refiladeira, o equipamento apresentado na figura 9 é experimental e foi utilizado para teste de conceito do processo (em condições controladas) e para ser reproduzido em parte ou no conjunto deve ser adaptado para atender as normas brasileiras de segurança de máquinas.

7.3.5. Fresadora/plaina

Fresadoras e plainas são dispositivos de usinagem com a função de regularizar as laterais de uma ripa de bambu. Conceitualmente as fresadoras são máquinas para desbaste (remoção de muito material) e as plainas são equipamentos para acabamento superficial (remoção de pouco material), e isto é decorrente da geometria das ferramentas entre outros fatores. A evolução de ferramentas e processos tem levado a situações onde o acabamento superficial realizado pela fresadora é tão eficiente que dispensa a função posterior de plainamento. Normalmente, em um processo produtivo de ripas são associadas e posteriores à serra paralela ou faca estreita. Quanto maior o número de faces processadas na mesma operação mais rápida será a produção. Por ter um custo expressivo, as fresadoras e ou plainas de 4 faces demandam maior investimento, logo sua aplicação é limitada em empreendimentos com baixa produção e ou artesanais. Com uma tupia manual ou de bancada e dispositivo guia é possível fazer a função de uma fresadora (uma face) e o mesmo se aplica às plainas.

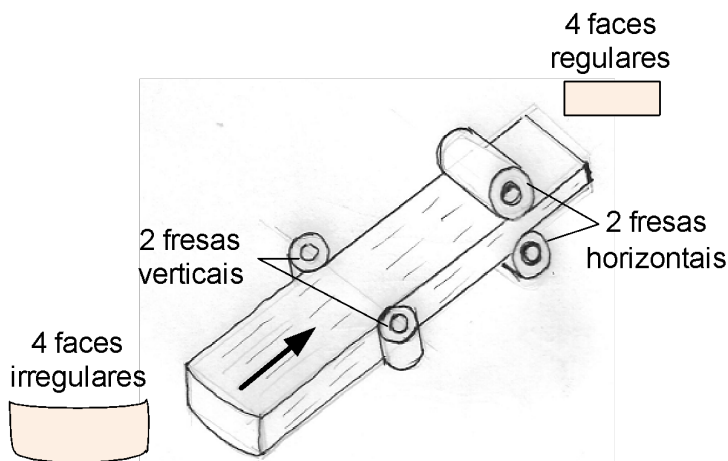


Figura 11: Conceito de fresadora de quatro faces.

Para obtenção de ripas regulares, os processos de fresamento e ou plainamento são substituídos de várias formas em função do produto final, da disponibilidade de equipamentos, conhecimento do empreendedor e quantidade a ser produzida.

Em um caso verificado, a função da serra refiladeira e fresadora de quatro faces foi substituída pela instalação duas serras e guias em uma tupia de bancada, passando a ripa (previamente extraída do colmo usando um facão) em dois sentidos de modo a obter 4 faces serradas, com razoável acabamento. Depois de secas as ripas podem ser finalizadas com plaina e lixa. Em outra situação analisada o artesão racha as ripas com facão e regulariza as quatro faces com lixeira minimizando o uso de equipamentos em sua linha de produção. Outro utiliza serra refiladeira e na sequência plaina desengrossadeira para obter ripas regulares.

Normalmente estas soluções alternativas funcionam bem para pequenas produções e produtos de alto valor agregado.

Tendo a ripa regular disponível é possível desenvolver uma ampla gama de produtos como blocos, painéis, pisos ou a canoa apresentado na Figura 12. Esta canoa foi confeccionada pelo entusiasta e pesquisador autônomo de Itajaí, SC, Marcelo Cadori, que utilizando tupia manual e dispositivos guia acrescentou encaixes macho-fêmea em ripas de bambu obtidas pelo processo de serramento/fresamento. Depois de moldadas as peças, a canoa recebeu acabamento de resina epóxi, originando um produto diferenciado e de alto valor agregado.



Figura 12: Ripas serradas, fresadas e plainadas. Canoa e remos confeccionados a partir de ripas de bambu com encaixe macho fêmea.
Fonte: Marcelo Cadori.

Apesar desta técnica tradicional serramento/fresamento/plainamento para obtenção de ripas com faces regulares e planas ser muito difundida mundo afora, recebe críticas pelo baixo rendimento de produto final em relação à matéria-prima inicial, conforme já tratado no item serra refiladeira.

7.3.6. Laminação por torneamento

Esse processo consiste em fazer girar um colmo fixo pelas pontas ou entre rolos e aproximar deste uma faca com aresta de corte larga de modo que se obtenha de forma contínua lâminas finas (pequena espessura) e com a largura da faca. Estas lâminas depois de tratadas e secas podem revestir peças ou combinadas com adesivos formar um material tipo compensado, ou ainda se combinadas com outros materiais formar placas compostas como apresentadas na Figura 15, à esquerda.

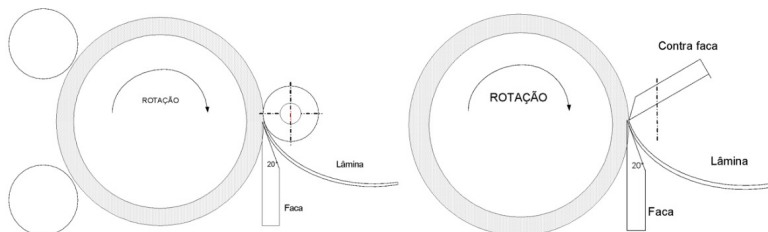


Figura 13: Esquerda: Laminação sem centros (colmo fixo entre 3 rolos). Direita: Laminação com garras (colmo fixo pelas pontas)
Fonte: Salamon (2009)



Figura 14: Lâminas obtidas por torneamento.

Fonte: Salamon (2009)

Pelo processo de laminação por torneamento é possível uma lâmina contínua de baixa espessura entre 0,3 a alguns milímetros. As lâminas da Figura 14 foram obtidas com 1 mm de espessura e 1100 mm de largura a partir de colmos da espécie *D. asper*.

Apesar de ser possível em uma única etapa transformar o colmo em lâminas regulares largas e de baixa espessura, este processo tem alguns fatores limitantes tais como custo do equipamento, a geometria irregular e a variabilidade dos colmos bem como ter disponibilidade de colmos com boa espessura de parede.

Lâminas delgadas e largas permitem a elaboração de ampla gama de produtos como as amostras de placas compostas (lâmina de bambu com fibras de coco seca, grimpã de pinheiro, fibra de tururi) e revestimento da prancha de surfe apresentadas na Figura 15.



Figura 15: Placas compostas combinando bambu laminado por torneamento com outros materiais. Prancha de surf revestida com bambu laminado.

Fonte: Salamon

7.3.7. Maquinário industrial para madeira

As máquinas para processar madeiras como serras esquadrejadeiras, serra fita, serra meia esquadrias, plainas, desengrossadeiras, prensas, tornos, lixadeiras de cinta e disco, já estão bem evoluídas, tem ampla dispo-

nibilidade no mercado e opções que iniciam com custo acessível podem ser usadas na fabricação de peças e produtos de bambu. Para exemplificar, com uma serra fita e um pouco de experiência é possível fabricar utensílios domésticos (colheres, grafos, pás) bem como variada gama de artesanato ou peças com baixa industrialização.

O desenvolvendo dispositivos específicos facilita o uso destes equipamentos projetados para a manufatura de madeiras para o processamento de bambu.

Uma boa sugestão para quem quer empreender com bambu e não tem conhecimentos técnicos de marcenaria, é fazer um curso na área, principalmente relacionado à marcenaria tradicional com ênfase em marçhetaria e, na sequência, aplicando e adaptando as técnicas usuais para madeiras maciças ao bambu.

7.3.8. Outros processos básicos de interesse para transformar bambu em produtos industrializados

Curvar bambu por aquecimento

Assim como ocorre para as madeiras, no intuito de se obter forma estética ou determinada função em um produto, o colmo inteiro, varas, taliscas ou ripas e lâminas de bambu podem ser curvados usando calor proveniente de vapor, de resistência elétrica e de maçarico a gás

Neste processo o material é todo aquecido ou só uma parte específica deste, facilitando seu curvamento e permanência na forma final. Após o aquecimento do material é necessário um dispositivo para prensar(ou curvar) no formato do produto final e manter o material fixo até o resfriamento da peça.

Tal como para as madeiras a temperatura, tempo de aquecimento e resfriamento no gabarito depende de fatores, tais como o grau de curvatura e a espessura do material.

O maçarico ou bico a gás é comumente usado por fabricantes de móveis de colmos inteiros, sendo que o calor proveniente deste também é usado para tratar e dar tonalidades específicas ao produto. Geralmente é usado de forma pontual, aquecendo somente a parte que se deseja dobrar.

O uso de resistência elétrica para aquecer e permitir dobrar ripas ou lâminas de bambu é um processo mais elaborado demandando materiais (resistência elétrica, controlador de temperatura), conhecimentos técnicos bem como instalação de maior complexidade se comparado ao método maçarico e vapor(para pequenas instalações). Por outro lado este método permite, depois de instalado e definido o processo, um controle fácil, preciso e com repetibilidade o que é conveniente para fabricação de produtos continuados.

O uso do vapor como meio de aquecimento é utilizado em pequena e grande escala de produção. Na figura 16 é apresentado de forma resumida este método para experimentos e pequenas produções. Uma caixa de madeira ou outro material bom isolante térmico, como um tubo de PVC, com um furo na parte inferior para entrada de vapor (que pode ser produzido por uma chaleira) e um furo para saída do vapor e condensado acomoda as peças posicionadas por uma porta de acesso. É conveniente

instalar suportes para as peças de modo que todas as laterais desta entrem em contato com o vapor e sejam aquecidas uniformemente. Quando aquecida, a peça é retirada pela tampa móvel e dobrada manualmente ou com auxílio de dispositivos. Quando estiver no formato final a peça deve ser fixada e permanecer imóvel até que haja o resfriamento. Solta ou retirada do gabarito a peça pode alterar um pouco sua forma, tendendo voltar a forma original, logo isto deve ser previsto no projeto do produto final e compensado curvando um pouco mais que o necessário ou ainda ancorando a peça dobrada em pontos fixos.

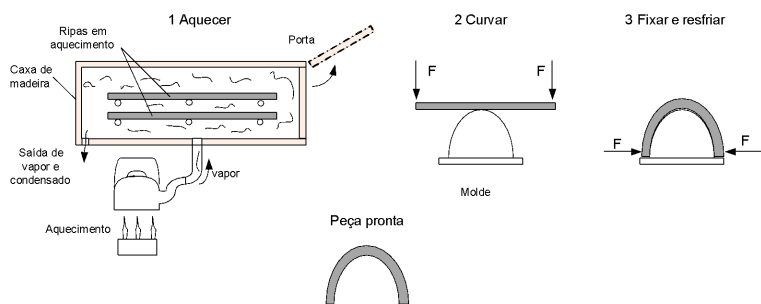


Figura 16: Processo de curvamento de ripa aquecida por vapor e dispositivo mecânico.

O uso de vapor para instalações industriais com objetivo de grande produção de peças é bem mais complexo que o sistema apresentado esquematicamente na figura 16 e sugerido como possibilidade para protótipos e pequenos empreendimentos, sendo necessário usar caldeiras e instalações que exigem projeto e inspeção de profissionais habilitados.

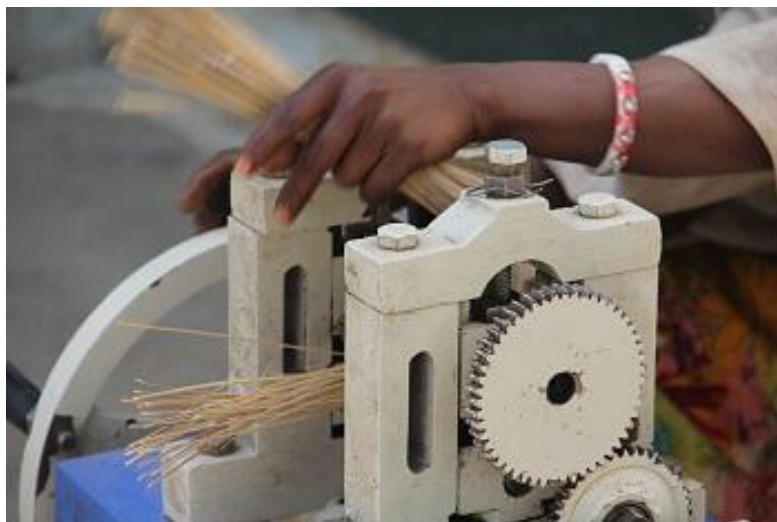
Na indústria de produtos continuados usam-se dispositivos hidráulicos e pneumáticos e para protótipos ou pequenas produções a força de dobramento e fixação no gabarito podem ser obtidas de forma manual com auxílio de sargentos, alavancas e cunhas.

Apesar do aquecimento de madeiras e bambu para obtenção de peças curvas ser usado de longa data por artesãos e indústria moveleira, ainda há um amplo espaço para desenvolvimento de novos produtos ou releitura de produtos atuais. Uma peça ou produto de bambu ou madeira curvada por calor, produz menos sobras e tende a ser mais resistente que a mesma peça obtida por usinagem convencional (como fresamento). A fresa ou serra produz aparas (sobras) e corta as fibras no sentido do comprimento diminuindo a resistência da peça.

Obtenção de peças roliças e retangulares de pequena seção

Os artesãos japoneses, chineses e indianos tradicionais usam diversificados dispositivos específicos para a produção de pequenas séries de lâminas, peças roliças, tiras, varetas, palitos etc. para desenvolver seus produtos artesanais ou semi industrializados como o equipamento com acionamento manual apresentado na Figura 17.

Figura 17: Dispositivos especializados para obtenção varetas e peças de pequena seção transversal.
Fonte: NIF-National Innovation Foundation, India



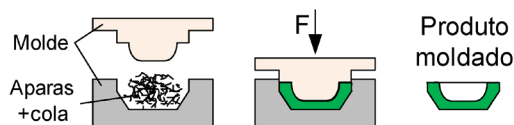
No Brasil não há uma sólida cadeia de fornecedores de pequenos ou mesmo equipamentos industriais bem como seus processos que atendam, facilitem e viabilizem o desenvolvimento de empreendimentos pequenos ou industriais na área. Observa-se o esforço de alguns empreendedores, a maioria das vezes individuais, desenvolvendo equipamentos no sentido de preencher esta lacuna. Na maioria dos negócios na área, observa-se que com criatividade, experiência principalmente na produção de máquinas para madeira, o empreendedor desenvolve seus próprios dispositivos/equipamentos/processos para facilitar seu trabalho com bambu.

Diferentemente do Brasil, desenvolver e explorar esta ampla faixa de oportunidades para gerar renda e subsistência na base da cadeia de processos como apresentado na figura 2 é fundamental e estratégico para países como China e Índia.

Prensar as aparas e sobras com adesivos

Um processo ainda muito pouco usado no Brasil é o reaproveitamento de aparas e sobras para desenvolver produtos prensados em moldes como o estrado de máquina apresentado na figura 18. O bambu picado e misturado com cola e outras fibras como coco seco é introduzido em um molde e compactado pela ação de uma força que pode ser obtida por hidráulica, pneumática ou dispositivo mecânico resultando em produtos não planos com função estética ou estrutural, com perfil simples ou complexo.

Figura 18: Estrado de máquina moldado a partir de aparas de bambu e outros materiais prensada com adesivo.
Fonte: Salamon



7.4. EXEMPLOS DE PRODUTOS/PROCESSOS DE FABRICAÇÃO PARA O BAMBU

A seguir, para ilustrar o processo associado a determinado produto e disponibilidade de recursos, são apresentados alguns produtos e como foram obtidos passando pelos diversos processos por profissionais com formação e condições diferenciadas de equipamentos e matéria-prima.

Em Joinville Santa Catarina, funciona uma marcenaria escola pública municipal denominada Centro XV voltada ao ensino dos métodos tradicionais para desenvolver produtos de madeiras maciças e derivados. Esta é uma das poucas, senão a única unidade de ensino do tipo no Estado

Em colaboração com os autores e pesquisadores da UTFPR, o professor e marceneiro responsável Professor Mario Jorge desenvolve protótipos de peças de bambu ampliando as possibilidades de aprendizagem de seus alunos e futuros empreendedores.

Os experimentos e protótipos desenvolvidos têm demonstrado que a qualificação e domínio de técnicas tradicionais para madeiras maciças e placas processadas (MDF, compensados), bem como equipamentos disponíveis, permitem com ajustes e dispositivos adequados fabricar produtos únicos de bambu, com alto grau de acabamento e valor agregado.

A imagem 19 apresenta nas laterais, ripas obtidas a partir de serra refiladeira, plainamento e acabamento por lixamento e ao centro duas peças de colmo aberto com dispositivo planificador mecânico e posterior aplainamento e lixamento.

Bambu planificado e plainado

Ripas, serradas,
fresadas, plainadas e
lixadas



Figura 19: Ripas serradas e plainadas, colmo planificado e plainado/lixado.
Fonte: Salamon

A combinação destas ripas e bambu planificado e posteriores processos de colagem, plainamento, lixamento bem como acabamento com resina epóxi permitiram a obtenção da placa apresentada em primeiro plano na figura 20.

Também a partir das ripas apresentadas na figura 19 foram confeccionados blocos que depois usando serra manual, furadeira (serra copo) e lixadeira permitiram a confecção do suporte para garrafas de vinho, apresentado na figura 21.

A partir dos processos usados para obter os blocos e a placa resinada podem ser fabricados móveis de diversos níveis de acabamento, forma e dimensões substituindo parte das madeiras nobres ou produtos composto com estas. No alto da Figura 20 à esquerda também pode ser visto um suporte de garrafas que foi confeccionado com Angelim com as técnicas tradicionais e outro com ripas de bambu. Desta forma, professor da marcenaria escola onde foram desenvolvidos estes produtos demonstra a seus alunos a possibilidade do bambu como elemento para compor com as madeiras no desenvolvimento de novos produtos e ou releitura dos atuais feitos somente com madeiras maciças.



Figura 20: Placa resinada e suporte para garrafas em bambu e Angelim.

Fonte: Salamon



Figura 21: Suporte para garrafas em bambu usando técnicas de marchetaria.

Fonte: Salamon

A embalagem diferenciada (Figura 22) para instrumentos musicais de pequeno porte (flauta, oboé etc.) elaborada pelo artesão Adonias Motta a partir de colmo de bambu mossô, é um bom exemplo para estudo de possibilidades de processos de fabricação. Analisando este produto observa-se que depois de serrado próximo aos diafragmas e com o comprimento adequado, as laterais foram processadas em uma plaina e posterior lixamento. A partir daí a peça foi dividida ao meio (serra fita ou manual), retirado o diafragma intermediário (formões), instaladas dobradiças (furadeira e parafusadeira) e acabamento com cera. Internamente podem ser usados diversos tipos de acabamento com tecidos para melhor acondicionar os instrumentos. Analisadas as diversas operações que o artesão utilizou para a obtenção desta peça conclui-se que com poucos equipamentos e com processos diferentes, porém conhecimentos e habilidades, é possível desenvolver este produto ou similares com boa estética e valor agregado. As possibilidades de acabamento como forração e gravação a laser de desenhos ou nomes podem ainda tornar a peça mais exclusiva e com maior valor agregado.



Figura 22: Embalagem para instrumentos musicais e equipamento base para sua fabricação.
Fonte: Salamon

Ainda esta embalagem apresentada na figura 22 bem como produtos similares também poderiam ser obtidos a partir de uma *router* CNC com quarto eixo e fresa de topo. Estas máquinas antigamente só utilizadas em grandes empresas, estão ficando acessíveis e muito utilizadas em pequenos e médias empresas pela sua versatilidade.

7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

Este capítulo teve por objetivo ilustrar de uma forma global alguns entre os diversos processos utilizados para transformar os colmos de bambu em produtos acabados e instigar o leitor a buscar soluções inovadoras e viáveis para desenvolver seus produtos.

Muitos equipamentos e processos não foram citados, como a fabricação de esteiras, palitos de dente, pentes, escovas, cerveja, e espetinhos entre tantos outros (estima-se 4500 produtos de bambu), que podem vir a ser ótimas oportunidades para empreender.

Produtos artesanais ou industriais requerem menor investimento e na maioria das vezes processos mais simplificados sendo possível empreender com baixo custo de equipamentos e processos.

Produtos com mais industrialização como é o caso de assoalhos e painéis com acabamento mais apurado necessitam de maior investimento e eficiente controle dos processos. No caso de um assoalho, a resistência mecânica ao desgaste é tão importante quanto a estética e acabamento superficial e isto demanda amplo controle do processo desde a escolha da espécie e colheita do colmo na melhor condição até o revestimento superficial final. Também cabe lembrar que produtos com muita industrialização requerem grande escala de produção para viabilizar o empreendimento.

Outros produtos, que a princípio parecem bem simples e elementares, como quadros de bicicleta, mas que sofrem carga contínua e cíclica (o peso do ciclista e a força exercida a cada pedalada ou quando se passa por um terreno irregular as peças sofrem esforço em várias direções) demandam projeto bem elaborado, controle da matéria prima, dos processos de fabricação e ao final, ensaios para verificar a resistência mecânica do conjunto garantindo a qualidade do produto.

Tem se a expectativa que os resultados obtidos com os experimentos, protótipos, análise de alternativas de fabricação de produtos elaborados por terceiros, bem como novos projetos, acabem transformando a marcenaria citada anteriormente (Centro XV em Joinville SC) em um centro de excelência para o bambu como já é para madeiras maciças. Seria de grande valia para o “mundo do bambu” o surgimento de centros de formação de mão de obra e desenvolvimento de tecnologias afins. Outros ramos da tecnologia, diferentemente do processamento de bambu, estão se difundindo rapidamente com espaços criativos, espaços *makers e fab labs*.

Também é necessário desenvolver uma cadeia produtiva (assunto abordado em outro capítulo) sólida e abrangente que atenda às várias demandas para quem quer empreender usando bambu e derivados como matéria prima base. Uma reclamação/observação generalizada, principalmente por parte de marceneiros, é que para desenvolver produtos e empreender com madeiras existe uma sólida cadeia de fornecedores de matéria prima em diversos graus de acabamento e para o caso do bambu, a maioria das vezes, tem que ser realizado todo o processo produtivo desde a aquisição de colmos, produção das ripas, tratamento secagem até a obtenção do produto final.

É oportuno lembrar que para atender as demandas da sociedade que sinalizam para o consumo de produtos resultado de trabalho mais humanizado, processos limpos e eficientes bem como atender as exigências legais relacionadas à segurança e ergonomia do trabalho é necessário desenvolver e aprofundar vários aspectos a partir dos conceitos e visão global dos processos aqui apresentados.

Para desenvolver, adquirir equipamentos e tecnologias de processos de fabricação e ou reproduzir os equipamentos apresentados neste livro para demonstrar os processos, é recomendado consultar profissional qualificado e habilitado para atender as necessidades técnicas e exigências legais apresentadas nas normas brasileiras referentes a segurança de máquinas e equipamentos.



CAPÍTULO 8

USOS E PRODUTOS DE BAMBU

SILVIA SASAOKA
GABRIEL FERNANDES DOS SANTOS
TOMAS QUEIROZ FERREIRA BARATA
MARCO ANTÔNIO DOS REIS PEREIRA

8.1. INTRODUÇÃO AO USO DO BAMBU COMO MATERIAL PARA O DESIGN

Nas últimas décadas houve uma crescente demanda por materiais novos no campo do design, desafiando a competência de designers na seleção de insumos para criação de artefatos. Parte dessa demanda ocorre por uma transição para a sustentabilidade socioambiental, o que implica numa construção de novos valores, na expansão da percepção sobre a consequência de nossas escolhas e na mudança de atitude, dos indivíduos, das empresas e do poder público. E na busca por produtos e serviços que minimizem o impacto gerado ao ambiente.

Enquanto isso, estudos atuais sobre os materiais enfatizam como estes afetam não só a forma e a função mas a própria percepção do design final. Diante dessa diversidade de materiais e abordagens tornam-se necessários critérios que operem sob a égide da sustentabilidade: partir do conhecimento das propriedades inerentes, dos processos de fabricação e dos impactos no meio ambiente (KARANA; PEDGLEY; ROGNOLI, 2015). Por esse motivo é que a transição da cadeia de suprimentos de materiais tradicionais para aqueles renováveis é inadiável também para diminuir o impacto das crises climáticas no mundo.

A contribuição do design para a construção de um futuro sustentável inicia-se na formação dos designers com uma nova visão e proposição para mudanças culturais e tecnológicas que venham impactar na sociedade e na economia (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

Este capítulo apresenta onze produtos desenvolvidos em bambu, com design elaborado por alunos em projetos de extensão universitária, iniciação científica e pós-graduação. Esta produção é resultante da parceria entre dois laboratórios de pesquisa: o Laboratório de Experimentação com Bambu do Projeto Bambu, coordenado pelo Professor Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira, da Faculdade de Engenharia, com o Laboratório Didático de Materiais e Processos- (LDMP), coordenado pelo Professor Dr. Tomás Queiroz Ferreira Barata, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, ambos sediados na UNESP campus Bauru.

Em 2018 o LDMP completou 40 anos de atividades no curso de Design da FAAC/UNESP e atualmente é o local das disciplinas Oficina de Madeira, Modelagem e Oficina de Materiais Plásticos. No laboratório são desenvolvidos modelos e protótipos para as disciplinas de projeto, para os Trabalhos de Conclusão de Curso e para os concursos de Design, nacionais e internacionais. Além destes apoios, no LDMP também são acolhidas atividades de pesquisa e de extensão universitária desenvolvidas na UNESP campus Bauru. Em ambos laboratórios a metodologia de projeto adotada enfatiza o coletivo na criação e na produção, envolvendo grupos de alunos e professores no desenvolvimento de produtos de bambu em sua forma natural, em bambu laminado colado, BLaC, e em BLaC curvado.

O Projeto Bambu, iniciado em 1990, atua na estruturação da cadeia produtiva do bambu investigando e empregando este material no design de novos produtos e disseminando o conhecimento junto à comunidade local. Nas pesquisas realizadas por meio desta parceria entre os la-

boratórios, foi produzida uma ampla gama de produtos, entre os quais acessórios de moda, bicicletas, skates, mobiliário, sistemas construtivos e revestimentos de parede e piso. Neste capítulo são apresentados dez produtos selecionados dentre sessenta e dois catalogados. As informações completas dos produtos podem ser encontradas no site do Projeto Bambu e liame: <https://bambu-unesp-bauru.github.io>

O bambu tem qualidades que se diferenciam de outras espécies florestais por ser uma cultura perene, versátil, renovável, com produção anual de colmos, rápido crescimento, excelente sequestrador de CO₂, alto rendimento por área e fácil cultivo e exploração. Assim sendo, o bambu possui o potencial de colaborar para a redução da exploração sistemática e predatória de florestas nativas e atender ao elevado déficit de madeiras reflorestadas. Dessa forma, esta planta apresenta-se como uma alternativa a madeira.

O bambu, como matéria prima para a produção de novos produtos, oferece ótimas condições de resistência a esforços físicos e mecânicos pois dispõe de fibras fortes e resistentes, capazes de suportarem cargas diversas. O engenheiro mecânico Rubio Luna (2007), membro fundador da Sociedad Colombiana del Bambú, em seus estudos com o gênero de bambu *Guadua*, relata que, exceto o aço, nenhum outro material possui o mesmo resultado da relação de seu peso com a sua resistência. As propriedades das fibras permitem o desenvolvimento de diversas técnicas de laminação entre outras tecnologias, desde a utilização no seu estado natural às formas processadas e industrializadas (PEREIRA e BERALDO 2016).

As espécies *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris* existentes no Brasil são adequadas à produção do bambu laminado colado (BLaC), no entanto, é limitado o acesso a equipamentos necessários para o desenvolvimento de tecnologias de laminação (PEREIRA, 2012).

8.2. APLICAÇÕES DO BAMBU NO DESIGN

O bambu quando comparado com qualquer outro tipo de planta é o que têm maior e variada participação junto a evolução da cultura humana (FARRELY, 1984 apud PEREIRA e BERALDO, 2016). Esta relação lhe rendeu o título de “planta dos mil usos”, Sabe-se que no final da década de 80, somente na China, já haviam sido registrados mais de 4 mil diferentes usos tradicionais para o bambu (HSUING, 1988 apud PEREIRA e BERALDO, 2016). No final da década de 90 estimou-se que o uso extensivo do bambu contribuía para a subsistência de mais de 1 bilhão de pessoas (SASTRY, 1999 apud PEREIRA e BERALDO, 2016).

Na cultura asiática o bambu participa ativamente na vida cotidiana das pessoas, sendo investigado amplamente e explorado comercialmente. A aplicação do bambu é recorrente na produção de utensílios, mobiliário, abrigos, edificações, carvão, chapas, alimentos e fármacos. O bambu também pode ser aplicado nos contextos do artesanato, paisagismo e meio ambiente. Nas últimas décadas cresceu a variedade de produtos comerciais e industrializados de bambu no mercado global, sendo mais representativos aqueles que o empregam na forma de laminados, como por exemplo, pavimentos e mobiliário (MARSH e SMITH, 2016).

Com o processamento do colmo de bambu são desenvolvidas chapas, laminados, OSB e compósitos. E ainda, os colmos podem ser processados para produzirem papel, esteira, palitos de carvão e carbono ativado. Desta gama de aplicações destaca-se o processamento do colmo de bambu na forma de laminado, matéria prima que permite o desenvolvimento de objetos como componentes de habitação, mobiliário, lambris, painéis, pisos e cabos para ferramentas (PEREIRA, 2016). Para melhor visualização destas diferentes aplicações do bambu, ver a Figura 1 adaptada de Pereira e Beraldo (2016).



Figura 01: Organograma de possibilidades de utilização do bambu. **Fonte:** Adaptado de Pereira e Beraldo, 2016, p.155.

8.3. PROCESSAMENTO DO COLMO DE BAMBU

As técnicas envolvidas na cadeia produtiva do bambu (abordadas em capítulo anterior) são designadas em função do processamento de matéria prima pretendido. Este estudo aborda o processamento do colmo de bambu nas duas categorias abaixo:

Processamento artesanal: compreende o trabalho manual com o colmo de bambu utilizando-se, principalmente, de técnicas tradicionais locais para a produção de artesanato. Caracteriza-se pelo uso do bambu *in natura* e seu valor comercial é proporcional à sua excelência. No entanto, há pouco reconhecimento do valor do trabalho artesanal no Brasil. O artesanato pode ser reproduzido em pequena ou grande escala.

Processamentos semi-mecanizado, mecanizado ou industrial: frente de trabalho que exige grandes volumes de colmos de bambu. As técnicas empregues no processamento do colmo são possíveis com o auxílio de equipamentos e maquinário, recursos similares aos encontrados em uma fábrica de móveis. No Brasil ainda pouco se explora o processamento do bambu, limitando o potencial que os seus laminados apresentam. Sob uma perspectiva de mercado, Marsh e Smith (2016) propuseram que os produtos desenvolvidos com processamento industrial possam ser distintos da seguinte forma: processamento premium para pavimentos e móveis laminados; processamento de valor médio para espetos e placas; e processamento a granel de baixo valor para carvão vegetal e celulose para papel.

As pesquisas realizadas com a parceria do Laboratório de Experimentação com Bambu do Projeto Bambu e com o Laboratório Didático de Materiais e Processos apresentaram como um de seus resultados, a geração de produtos feitos somente em bambu processado na forma de BLaC, curvo ou não, e produtos compostos por bambu *in natura* e BLaC.

8.4. APLICAÇÃO DO BLAC OU BAMBU LAMINADO COLADO NO DESIGN DE PRODUTOS

O bambu laminado colado é ainda pouco explorado no Brasil por ser um material desenvolvido de forma usinada que exige desenvolvimento tecnológico. Segundo Pereira e Beraldo (2016, p.231), estudos comprovam que este material pode ser utilizado em artefatos industrializados e domésticos devido às suas características físicas e mecânicas. Os produtos em BLAC como pisos, mobiliário e acessórios de decoração tem alto valor agregado e entram no mercado brasileiro importados de países como China, Índia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Taiwan e Filipinas, onde reside tanto a tradição cultural milenar como a promoção da pesquisa e da indústria de produtos de bambu.

A tecnologia requerida para confecção do BLAC consiste no aparelhamento de colmos maduros com idade mínima de três anos. Primeiramente, os colmos de bambu recém colhidos são limpos e destopados em campo com moto serra ou serrote. Na oficina o desdobro dos colmos em ripas é iniciado com cortes transversais que definirão os comprimentos das lâminas empregues na confecção das placas de BLAC, fator dependente das propostas de projetos a serem seguidas. Com estas seções de colmos de bambus em natural são refiladas em ripas no sentido longitudinal com o uso de serras duplas espaçadas entre si, determinando dessa forma a largura das ripas a serem obtidas. Depois do colmo de bambu já refilado faz-se a separação manual das ripas a partir da quebra dos seus diafragmas, bastando arremessá-lo contra o chão para que o choque quebre os diafragmas e individualize as ripas. As ripas obtidas ainda possuem um estado bruto do material empregue na confecção das placas de BLAC, tendo casca e resquícios de parênquimas. O processamento destas ripas brutas em lâminas aparelhadas inicia-se com o uso de serra circular, removendo as saliências presentes nas regiões dos nós e diafragmas, casca e parte interna, respectivamente. Em seguida, as ripas são imersas em tanque com solução de água e 8% de octaborato de sódio, para tratamento contra insetos xilófagos (PEREIRA E BERLDO, 2016). A secagem deste material tratado pode ocorrer ao ar ou em túnel de vento, seguindo para o beneficiamento inicial das ripas em lâminas por meio de plaina duas faces adaptadas para o bambu. Nesta etapa do processo as ripas são transformadas em lâminas com suas quatro faces aparelhadas. Finalmente, com as lâminas obtidas são confeccionadas as placas de BLAC (PEREIRA E BERLDO, 2016). As lâminas coladas umas às outras paralelamente ou lateralmente formam uma superfície manufaturada a partir de uma sobreposição de uma ou mais camadas. Este processo é realizado com prensas manuais ou hidráulicas, dependendo do projeto seguido e dos maquinários disponíveis. No Laboratório de Experimentação com Bambu são encontrados todos os maquinários descritos anteriormente (refiladora dupla, serra circular de bancada, serra plaina de duas faces, colagem e prensagem das ripas em equipamento autoral e plaina desengrossadeira).

A placa de aglomerado é feita de partículas de bambu prensadas e aglutinadas à base de resinas orgânicas de origem vegetal e inorgânicas. Esta técnica é explorada, entre outras pesquisas, na composição com objetos que utilizam o bambu laminado colado (BLaC). Este processo é realizado em maquinário do Laboratório de Experimentação com Bambu através da coleta de resíduos obtidos na produção do bambu laminado colado (BLaC). Com a coleta de resíduos nos diversos momentos da transformação do colmo de bambu em lâminas aparelhadas têm-se o material para picagem e peneiramento em malhas com aberturas diversas. A separação dos resíduos picados por tamanho possibilita a confecção de placas diversas, influenciando nas características físico-mecânica e estética da placa final. Com os resíduos picados e classificados agrega-se a resina, mistura-se bem com auxílio de maquinaria e então faz-se a prensagem com prensa hidráulica. Finalmente, a placa de aglomerado bruta recebe o acabamento com lixamento com ferramentas ou manualmente.

Na etapa de montagem das peças feitas com bambu em natural ou processado, utiliza-se a cavilha de bambu com cola branca PVA, servindo como componente de junção entre os elementos que compõem as peças. A ligação aparafusada também é usada para unir os elementos das peças por meio de rosca. Em geral, feita com parafusos, barras roscadas, porcas e arruelas.

Como base inicial para documentação arquivística e digitalização, no ano de 2018 foi realizado o inventário, registro fotográfico em estúdio e catalogação de um grupo de objetos com dados redigidos pelos autores e por participantes do grupo Taquara. Esses documentos foram classificados e ordenados digitalmente permitindo o acesso e a difusão da informação pela internet através do domínio <https://bambu-unesp-bauru.github.io>

Os onze produtos aqui apresentados foram desenvolvidos, a partir dos conhecimentos investigados e aplicados, por alunos e pesquisadores do Projeto Bambu em parceria com o LDMP. Todos têm em comum o uso da espécie de bambu *Dendrocalamus asper* colhido na área agrícola da Unesp Campus de Bauru e na sua manufatura, a técnica do BLaC realizada no Laboratório de Experimentação com Bambu – FEB/UNESP/Bauru.

8.4.1 Chaise quatro estações

Autor: Bruno Perazzelli Farias Ramo

Ano: 2010

Dimensões: 95 cm X 68 cm X 189 cm

Definição: É uma cadeira espreguiçadeira para interior ou varanda. Técnica de bambu laminado colado e estruturado em ripas contínuas com curvatura em 360°. O processo de curvatura de peças de bambu laminado colado (BLaC) é obtido através da utilização de moldes aquecidos eletricamente, com foco na confecção de mobiliário em escala industrial. Esta peça participou da mostra de design brasileiro e sustentabilidade “Design Brasil Século XXI” no Centro Cultural do Liceu de Artes e Ofícios em 2018 (Figuras 2,3 e 4).



Figura 02: Chaise Quatro Estações

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 03: Chaise Quatro Estações- lateral

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 04: Chaise Quatro Estações- detalhe

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.2. Andador Ortopédico Curvado

Autores: Fábio Moisés e Breno Giordano Barelli

Ano: 2006

Dimensões: 55 cm x 79 cm x 42 cm

Definição: Produto ortopédico utilizado para ajudar adultos com dificuldades de locomoção. Este protótipo tem suporte em formato curvo de bambu laminado colado (BLaC) composto por três estruturas semicirculares e quatro retas, sendo duas verticais e duas diagonais. As peças de bambu são conectadas por chapas de metal e parafusos e os quatro pés contam com envoltório de borracha antiderrapante. O processo de curvatura do bambu laminado colado (BLaC) é obtido através da utilização de molde aquecido (Figuras 5, 6 e 7).



Figura 05: Andador-curvado

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 06: Andador-curvado -detalhe conexão

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 07: Andador-curvado- detalhe encaixe

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.3. Cadeira curvada

Autor: Arthur Mizutani

Ano: 2013

Dimensões: 52 cm x 70 cm x 52 cm

Definição: Assento individual com encosto e pés em bambu laminado colado (BLaC) curvado, unidos por barras roscaadas e espaçadores em bambu in natura; braço da cadeira em BLaC curvado, fixado no encosto por barra rosqueada. O processo de curvatura utiliza molde aquecido (Figuras 8, 9 e 10).



Figura 08: Cadeira-curvada
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 09: Cadeira-curvada lateral
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 10: Cadeira-curvada detalhe
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.4. Banquinho caboclo

Autor: Gabriel Fernandes dos Santos

Ano: 2010

Dimensões: 33 cm x 37 cm x 30 cm

*Definição: Banco com assento triangular em bambu laminado colado (BLaC) e chapa de aglomerado de fibras de bambu e resina poliuretana à base de óleo de mamona. O assento é sustentado por três pés de bambu in natura da espécie *Guadua angustifolia* e são fixados no assento por cavilhas de bambu. Pode ser utilizado em ambientes internos e externos. Inspirado no universo rural mineiro, o banquinho evoca o trabalhador da roça em descanso na porta de sua casa (Figuras 11 e 12).*



Figura 11: Banquinho caboclo

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 12: Banquinho caboclo - detalhe

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.5. Protebam

Autor: João Victor Gomes dos Santos

Ano: 2016

Dimensões: 40 cm x 30 cm x 7cm

Definição: Prótese do tipo endoesquelética (modular) para amputações do tipo transtibial (abaixo do nível do joelho) em substituição de membro inferior. Prótese articulada de perna e pé em bambu laminado colado (BLaC) curvado, encaixe na perna na altura do joelho, ajustável à altura da pessoa e ao ângulo de pisada. Soquete de biocompósito a base de fibras de bambu e resina poliuretana à base de mamona. Técnica hand lay-up em molde positivo do membro residual. Diferente dos produtos atuais do mercado, que apresentam elevado custo e materiais sintéticos que emitem resíduos tóxicos e não são biodegradáveis. O sistema de produção permite sua reprodução em locais desprovidos de tecnologia. Ensaios mecânicos foram realizados de acordo com a ISO 10328/2016. Apresenta resistência mecânica e vida útil de até 2 anos (Figuras 13, 14, 15 e 16).

Figura 13: Protebam
Fonte: Foto de João Victor Gomes dos Santos, 2016



Figura 14: Protebam - detalhe 1
Fonte: Foto de João Victor Gomes dos Santos, 2016



Figura 15: Protebam - detalhe 2
Fonte: Foto de João Victor Gomes dos Santos, 2016



Figura 16: Protebam - detalhe 3
Fonte: Foto de João Victor Gomes dos Santos, 2016



8.4.6. Rigid Flat Foldable Arc

Autora: Thaís Regina Ueno Yamada

Ano: 2015

Dimensões: 73 cm x 30 cm x 1 cm

Definição: Estruturas modulares de bambu laminado colado (BLaC) presas por dobradiças de metal e parafusos. Dobráveis tipo flat foldable (se tornam planas), permitem diferentes configurações para usos diversos e economia de espaço. Este produto explora técnicas do origami e kirigami, artes tradicionais que empregam dobras e cortes para a construção de formas elaboradas a partir de planos simples. Esta técnica pode ser uma ferramenta para a resolução de problemas comuns da sociedade moderna permitindo redução de custos de produção, transporte e armazenamento além do aumento de possibilidades formais que trazem versatilidade e flexibilidade de uso como vantagens adicionais. O emprego de tecnologias de prototipagem também facilita a produção tornando o processo mais rápido e econômico em consumo de energia, tempo e geração de resíduos, além da preservação e fidelidade da geometria das peças que podem ser modeladas e testadas virtualmente. Esta peça participou da mostra de design brasileiro e sustentabilidade “Design Brasil Século XXI” no Centro Cultural do Liceu de Artes e Ofícios em 2018 (Figuras 17, 18 e 19).



Figura 17: Rigid Flat Foldable Arc - estrutura aberta

Fonte: Foto de Thaís Regina Ueno Yamada, 2015



Figura 18: Rigid Flat Foldable Arc

Fonte: Foto de Thaís Regina Ueno Yamada, 2015



Figura 19: Rigid Flat Foldable Arc - estrutura fechada

Fonte: Foto de Thaís Regina Ueno Yamada, 2015

8.4.7. Ocala - Linha de óculos de sol em bambu laminado colado

Autora: Giulianna de Moraes Godinho

Ano: 2016

Dimensões: 5 cm x 13,5 cm x 13,5 cm

Definição: Óculos de sol para proteção dos olhos. Armação constituída por bambu laminado colado (BLaC) com corte a laser e acabamento manual. Elaboração de friso para lente e lixamento. Adição de lentes solares de policarbonato em ótica especializada. Criação da Ocala Eco Fashion, marca que explora novos materiais sem desprezitar o meio ambiente (Figuras 20, 21 e 22).



Figura 20: Óculos Ocala de bambu
Fonte: Foto de Giulianna de Moraes Godinho, 2016



Figura 21: Óculos Ocala de bambu - detalhe
Fonte: Foto de Giulianna de Moraes Godinho, 2016



Figura 22: Óculos Ocala de bambu - embalagem
Fonte: Foto de Giulianna de Moraes Godinho, 2016

8.4.8. Banco com assento redondo de bambu

Autora: Cristiane Gaion

Ano: 2004

Dimensões: 40 cm X 42 cm X 43 cm

Definição: Banco de assento redondo e três pés curvos montados, com conexões simples diretamente na parte inferior do assento e feito sob prensagem de ripas de placas bambu laminado colado (BLaC). E curvatura por moldagem aquecida. O banco é um estudo sobre a aplicação do bambu com a técnica do BLaC baseado no icônico Stool 60 criado em 1933 por Alvar Aalto e que ainda hoje é confeccionado na fábrica A, em Turku, Finlândia (Figuras 23, 24 e 25).



Figura 23: Banco assento redondo de bambu

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 24: Banco assento redondo de bambu - detalhe

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 25: Banco assento redondo de bambu - detalhe

Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.9. Mesa de centro em BLaC e aglomerado

Autora: Bruno Pezzarelli Faria Ramos

Ano: 2010

Dimensões: 100 cm x 30 cm x 60 cm

Definição: Mesa de centro retangular com tampo de oito partes em ripas de bambu laminado colado (BLaC) com placa de vidro. Os quatro pés da mesa são confeccionados prensagem de placas de BLaC. As oito placas que compõem a parte central da mesa são chapas produzidas com partículas de bambu e pó de casca de café (Figuras 26, 27 e 28).



Figura 26: Mesa de centro em BLaC e aglomerado
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 27: Mesa de centro em BLaC e aglomerado-lateral
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 28: Mesa de centro em BLaC e aglomerado-detalle
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.10. Quadro de Triciclo em BLaC

*Autores: Gabriel Fernandes dos Santos, Rodrigo Presotto Rosa, Erica Nonaka
Ano: 2012*

Dimensões: 100 cm x 30 cm x 60 cm

Definição: Veículo individual para passeio movido por pedais, produzido com bambu laminado colado (BLaC) curvo e conexões metálicas. O quadro de triciclo é baseado em linhas estruturais orgânicas. Por meio de prensagem, a curva das ripas utiliza moldes planejados, projetados e confeccionados. As estruturas em bambu laminado colado (BLaC) curvo que formam o quadro do triciclo são integrados por conectores metálicos por meio de orifícios onde são instaladas barras roscadas com arruelas e porcas autotravantes (Figuras 29 e 30).



Figura 29: Quadro de Triciclo em BLaC com rodas
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 30: Quadro de Triciclo em BLaC- estrutura
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018

8.4.11. Palmilha plataforma em BLaC

Autor: Flávio Ventura

Ano: 2008

Dimensões: 8 cm x 6 cm x 21.5 cm

Definição: Palmilha para calçado feminino desenvolvido através de prensagem de ripas bambu laminado colado (BLaC), corte, acabamento com lixa, colagem, molde a quente das lâminas de bambu. A plataforma em BLaC para sandália tem três perfurações para colocação das tiras e tem salto de bambu in natura (Figuras 31, 32 e 33).

Figura 31: Palmilha plataforma em BLaC
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 32: Palmilha plataforma em BLaC- detalhe
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



Figura 33: Palmilha plataforma em BLaC- detalhe
Fonte: Foto do acervo do Projeto Bambu, 2018



8.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

A aplicação do bambu no desenvolvimento de produtos pode contribuir para a redução dos impactos ambientais e sociais e preservação do meio ambiente, se utilizado em prática projetual a partir de uma visão sistêmica do produto. Para isso, é necessário que os designers reconheçam as qualidades e processos possíveis para projetar com o material, a fim de avaliar as etapas e os componentes incorporados aos produtos durante sua vida útil, no pós uso e descarte.

O uso do bambu encoraja novos comportamentos e visões que envolvem o discurso da sustentabilidade. Atualmente, é aplicado em produtos e construções entre outros sistemas de objetos produzidos com bambu processado em alta ou baixa tecnologia. Neste estudo, a técnica do bambu laminado colado (BLaC) apresenta o atributo de uma nova estética de material que se insere na categoria de produtos ambientalmente sensíveis, “verde” e aparente naturalidade de beleza sustentável. Além de suas propriedades sensoriais de calor, suavidade e leveza proporcionada pelo material, está afinado com as diretrizes de conformidade ambiental: recurso abundante, baixo custo, promotor de inclusão social e produtiva, ao estimular a tecnologia local e maior sequestrador de carbono, entre outras atribuições.

O mercado mundial do bambu cresce progressivamente; no entanto, no Brasil ainda é pouco valorizado entre consumidores brasileiros, por seu conhecimento ser restrito à produção artesanal de objetos do cotidiano. O uso do material industrializado exige desenvolvimento de tecnologias em núcleos produtivos, e a pesquisa científica é necessária para produzir e difundir esse conhecimento.

A documentação do acervo do Laboratório de Experimentação com Bambu do Projeto Bambu da UNESP Bauru, testemunha e realiza a extração da informação contida no acervo, de modo a apoiar as pesquisas científicas em bambu. A criação de um site para esse fim sem o uso de recursos financeiros, demandou um trabalho coletivo, voluntário, de profissionais e alunos para a execução da programação, registro e domínio, organização do conteúdo, catalogação dos produtos, tratamento de imagens, design gráfico e finalização. Os documentos classificados e ordenados digitalmente permitem o acesso amplo e a difusão da informação pela internet para a comunidade científica e para o público em geral.



CAPÍTULO 9

CONSTRUÇÃO COM BAMBU NO BRASIL

ANDREA JARAMILLO BENAVIDES
SUMARA LISBÔA

O bambu é um material milenar que pode ser utilizado na construção de múltiplas formas: desde complexas estruturas até simples fechamentos, seja de forma natural ou industrializada. Como visto nos capítulos anteriores, graças à resistência mecânica do material, há inúmeras possibilidades de aplicação do bambu na construção, tanto de forma roliça, esteiras ou taliscas, quanto dos laminados e outros subprodutos.

Neste capítulo apresentamos dez edificações construídas com colmos de bambu nas cinco regiões do Brasil (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul), podendo-se nelas observar algumas possibilidades arquitetônicas e construtivas utilizadas, valorizando o trabalho de projetistas, construtores, calculistas e artesãos.

Agradecemos aos projetistas e usuários destas obras, que colaboraram com nossa pesquisa por meio de entrevistas e disponibilizando as informações que fizeram possível a realização deste capítulo.

9.1. EDIFICAÇÕES EM BAMBU NO BRASIL

No Brasil, a utilização do bambu como um material na construção civil ainda é incipiente e existem poucos exemplos de aplicações. Muitos arquitetos e engenheiros estão juntando esforços para ampliar a cadeia produtiva do bambu no país, de forma a garantir um adequado manejo do bambuzal, o preparo dos colmos, o tratamento preservante e a correta manutenção para garantia de durabilidade.

Há quase vinte anos, Cardoso Junior (2000) apresentou uma pesquisa pioneira, focada na divulgação da construção com bambu, onde pesquisou algumas edificações feitas com este material em vários países da América Central e do Sul, incluindo o Brasil, e abordou aspectos técnico-construtivos.

Quase vinte anos depois, neste capítulo resgatamos a importância de registrar e aprender com as experiências dos projetistas e construtores que trabalham com este material. Mostramos algumas obras construídas no Brasil, onde o bambu foi usado de forma estrutural, com uma visão focada principalmente na parte arquitetônica e construtiva. São apresentados dados gerais de cada edificação, mencionando as espécies de bambu utilizadas, sua origem e tratamentos, até o detalhamento construtivo das edificações.

9.1.1. Região Centro Oeste

9.1.1.1. Memorial da cultura indígena – Mato Grosso do Sul

“A oca construída em Campo Grande é a primeira obra significativa feita em bambu do país” (GHAVAMI apud CORREIO DO ESTADO, 1999).

O Memorial funciona como um Centro Cultural, estando localizado na aldeia Indígena Urbana Marçal de Souza. É um espaço composto por duas edificações, que aproxima os visitantes com a história e a realidade da comunidade indígena como um local de exibição e venda da sua arte. (Figura 1)

Figura 01: Memorial da cultura indígena em Campo Grande.
Fonte: Rubens Cardoso Jr., 2000.



Identificação do edifício (nome): Memorial da Cultura Indígena

Ano de construção: 1999

Proprietário: Prefeitura Municipal de Campo Grande

Área construída: 340 m²

Localização: Rua Terena s/n. Aldeia Indígena Urbana Marçal de Souza, Campo Grande, MS.

Projeto arquitetônico: Arq. David Rees Dias

Projeto estrutural: Eng. Edson de Melo Sartori e Arq. Rubens Cardoso Jr.

Projeto hidro sanitário, elétrico e telefônico: Eng. Helena Cisotto Sartori

No. de pessoas e tempo de construção: 34 pessoas; 88 dias

A forma circular com coberturas curvas do projeto arquitetônico está inspirada nas habitações indígenas do Brasil. O projeto original incluía: um mezanino, uma área de exposição, recepção, banheiros, acervo e área para oficinas.

O projeto inicial foi em estrutura metálica, mas que foi então construída em bambu para ajustá-lo ao orçamento disponibilizado pela prefeitura da cidade e para aproveitar o recurso disponível nas proximidades. As espécies de bambu utilizadas foram *Dendrocalamus asper* e *Guadua angustifolia*, provenientes de Terenos e Dourados, respectivamente.

Os colmos de bambu foram tratados pelo método de Boucherie modificado e por fogo. Nos colmos de *Guadua spp* se experimentou também o tratamento com bomba a vácuo, mas que não se mostrou efetivo pois a pressão acabou fissurando os colmos.

As fundações foram executadas em sapatas isoladas de concreto e a cobertura foi executada em palha de bacuri trançada. A estrutura foi composta por colmos de bambu ligados entre si com elementos metálicos assim como nas fundações (Figura 2).



Figura 02: Detalhes construtivos.
Fonte: Rubens Cardoso Jr., 2000.

Conforme informações encontradas na página web da Prefeitura de Campo Grande, essa edificação sofreu processos de degradação entre 2012 e 2016. O espaço foi totalmente revitalizado pela Prefeitura em parceria com o Governo do Canadá entre 2017 e 2018.

9.1.1.2. Centro de educação SINPRO – Distrito Federal

O Centro de Referência em Educação Ambiental é um espaço eco-pedagógico previsto para divulgar a sustentabilidade na rede pública do Distrito Federal. Está composto por quatro edificações com fundações em concreto armado; as paredes estruturais foram feitas em taipa de pilão, e em algumas vedações utilizou-se pau a pique. A estrutura das coberturas foi executada em bambu e o telhado em madeira do tipo cavaco. (Figura 3)



Figura 03: Centro de educação SINPRO, Distrito Federal.
Fonte: Arq. Sérgio Pamplona e Eng. Frederico Rosalino.

Identificação do edifício (nome): Centro de Referência em Educação Ambiental do Sindicato dos Professores do Distrito Federal - SINPRO

Ano de construção: 2012 - 2013. Inaugurado em 13 de junho de 2015

Proprietário: Sindicato dos Professores do Distrito Federal – SINPRO/DF

Área construída: 1011 m²

Localização: Núcleo Rural Alexandre Gusmão, Chácara 02, S/n - Lote 125 - Brazlândia, Brasília

Projeto arquitetônico: Arq. Sérgio Pamplona <https://arquinatura.wordpress.com/>

Cálculo estrutural e execução das coberturas em bambu: Eng. Frederico Rosalino da Silva - Bioestrutura Engenharia <https://www.bioestrutura.com.br/>

A primeira edificação é o prédio central cuja função é a de abrigar reuniões e capacitações; a segunda é o prédio multiuso que apoia às funções da primeira. Na terceira encontram-se os sanitários e a última é um espaço externo coberto para reuniões, chamado de “Oca”. Nestes edifícios são utilizadas estratégias como aproveitamento de água de chuva, coberturas verdes e tratamento de esgoto.

As coberturas das quatro edificações foram projetadas e executadas com estruturas em bambu da espécie *Dendrocalamus asper*, porque possuem colmos de maior diâmetro, apresentando menor quantidade de rachaduras depois da construção neste clima e por se encontrarem parcialmente disponíveis nas proximidades (Figura 4). Sua procedência foram de “garimpos” na região de Brazlândia/DF e também de bambuzais no Estado de São Paulo.

Figura 04: Detalhes construtivos da cobertura.
Fonte: Bioestrutura Engenharia, 2018.



O tratamento do bambu foi por meio de imersão em solução de octaborato dissódico tetra hidratado. Para as ligações dos colmos foi prevista a padronização da maior quantidade em encaixe tipo “boca de peixe”. Também foi importante adotar a modulação que viabilizou a pré-fabricação da maioria dos elementos da estrutura para posterior montagem. Quase todas as ligações foram feitas com barras rosqueáveis em aço.

Os colmos foram lixados e receberam revestimento com *Stain*, para maior proteção contra raios solares, umidade e fungos, evitando também as fissuras de retração.

Nas vedações executadas em pau a pique, foram utilizados os resíduos dos colmos de bambu provenientes da estrutura das coberturas. Bambus roliços serviram como montantes e na produção de ripas das tramas. (Figura 5)

Figura 05: Detalhes construtivos das paredes.
Fonte: Pamplona e Rosalino, 2016.



9.1.2. Região Norte

9.1.2.1. Parque Ambiental Padre Paolino Baldazari – Acre

A construção deste parque foi no intuito de aproveitar a área verde no centro da cidade e construir-se uma área de convivência. O nome do parque foi em homenagem ao Padre Paolino que fez um trabalho comunitário reconhecido por todos. A primeira edificação corresponde ao Memorial cuja função é a de abrigar exposições, reuniões e capacitações; a segunda, a Secretaria do parque que apoia às funções do parque; a terceira, são os sanitários e, a última, a Escola Ambiental. (Figura 6)



Figura 06: Edificações no Parque Ambiental Padre Paolino Baldazari non Acre. **Fonte:** Celina Llerena, 2018.

Identificação do edifício (nome): Coberturas do Portal, Banheiro e Memorial, Secretaria de Estado de Infraestrutura e Obras Públicas – SEOP, e Escola Ambiental

Ano de construção: 12/2009 a 3/2010

Proprietário: Governo do Estado do Acre

Área construída: Aproximadamente 774 m²

Localização: Avenida Orleir Cameli, Sena Madureira

Projeto arquitetônico: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Obras Públicas - SEOP sob a coordenação do Secretário de Obras Eduardo Vieira e do arquiteto Elson Magalhães

Projeto arquitetônico das coberturas, projeto de estrutura e execução das

coberturas em bambu: Arquiteta Celina Llerena - <https://www.ebiobambu.com.br/>

Outros membros da equipe: Divino Ivair de Carvalho, Rafael de Carvalho e Gilmar Santos

Construtora: Expedito C. Cavalcanti

Número de pessoas e tempo de construção: 3 técnicos bambuzeiros e 5 serventes que foram capacitados nas técnicas de construção com bambu

As espécies utilizadas foram *Guadua angustifolia* Kunt, *G. sarcocarpa* e *G. superba*, sendo que esta última espécie, segundo a pesquisadora Dalva Graciano Silêncio, apoiada nos conhecimentos do pesquisador colombiano Oscar Hidalgo-López, ainda não foi identificada oficialmente. Os bambus *Guadua* spp. foram retirados nas imediações e margens do Rio Purus, no município de Sena Madureira, muitos pertencendo à coleção Seringal Valparaíso e Seringal Silêncio, tendo sido escolhidos pela própria arquiteta (Celina Llerena). Segundo ela, foram dias e quilômetros percorrendo de barco toda a região à procura de bambus maduros.

Os bambus foram deixados para secar na floresta durante um mês. Eles receberam tratamento pelo método de impregnação nos entrenós. Para este tipo de tratamento os furos foram feitos em direções diferentes e injetada a solução de octaborato dissódico tetra hidratado, como componente principal mais Piretróide, DDPV - inseticida organofosforado - e água. Após esse tratamento, os colmos foram colocados num “pendural” debaixo de um sombreado.

Octaborato - atua como inseticida de ação residual prolongada e fungicida porque elimina os protozoários que, no aparelho digestivo dos xilófagos, convertem a celulose em proteína causando o que poderia chamar-se de uma indigestão impedindo assim a continuidade do ataque à celulose e causando sua morte por inanição.

Piretróide - ação de choque (*knock-down*), possui baixa toxicidade e se decompõe com o passar do tempo, não afetando assim o meio ambiente.

Diclorvós ou DDVP - ação de choque, servindo para desalojar os insetos fazendo-os entrar em contato com o inseticida de ação residual.

A arquiteta foi contratada para projetar e executar as coberturas em bambu das construções semi-prontas, sendo que não poderia nem alterar a altura e nem a largura da mesma, por isso utilizou-se de estudos em maquetes (Figura 7). Nos detalhes construtivos, como a inclinação do telhado, considerou-se a cobertura em palha, a qual requer 70% de inclinação para ser impermeável, e da existência de grandes beirais para proteção dos colmos.

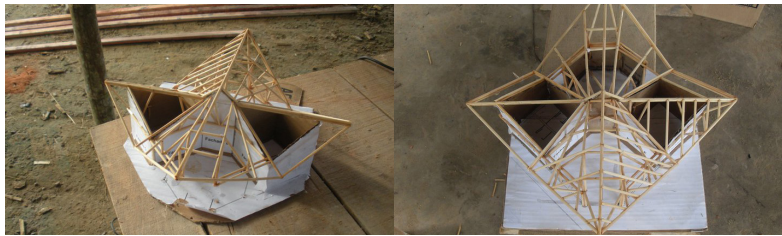


Figura 07: Estudo em maquete.
Fonte: Celina Llerena, 2018.

Para cobertura se utilizou a palha da palmeira, muito usada nas habitações rurais desde a época da colonização e facilmente encontrada para futura manutenção. E o forro e testeira foram confeccionados com o bambu aberto em esteiras. Nos vãos livres, sem as paredes de alvenaria, os colmos foram fixados sobre madeira Carapanaúba. A arquiteta explicou que a escolha de pilares em madeira foi para evitar demasiada manutenção, pois o bambu degrada rapidamente quando em contato com o sol e por falta de manutenção. (Figura 8)

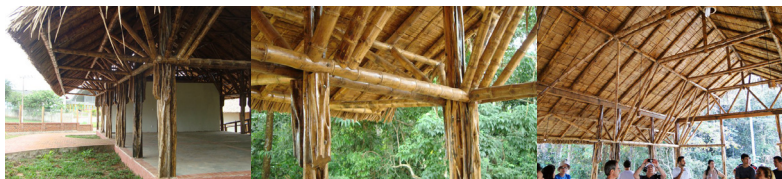


Figura 08: Pilares de Carnaúba.
Fonte: Celina Llerena, 2018.

Com as alvenarias prontas foram fixadas as coberturas (Figura 9). Utilizaram-se para as ligações dos colmos encaixes tipo “boca-de-peixe”, de “caimán” e de tubarão. Para ancorar e chumbar os colmos nas vigas de concreto foram feitos furos em ambos, para colocação de barras roscadas metálicas de 3/8”, embebidas em adesivo epóxi de alta resistência. Para a impermeabilização dos bambus e para a proteção solar foi utilizado Stain, com duas demãos, para inibir o aparecimento de rachaduras e fungos.



Figura 09: Fixação das coberturas nas alvenarias.
Fonte: Celina Llerena, 2018.

9.1.2.2. Quiosque de bambu, Rio Branco – Acre

A reforma do Parque Tucumã fomentou o interesse do Governo em pesquisar e aplicar construções com uso de espécie de bambu nativa da região, denominada *Guadua spp*, popularmente chamada e conhecida como Taboca, sendo uma das maiores matérias-primas disponíveis no Estado. Segundo Murad (2011), o *Guadua spp* é uma espécie gigante entouceirante, arborescente, de elevado porte, com espinhos nas gemas, lenhoso, com elevadas propriedades mecânicas – para uma fibra natural – e grande durabilidade natural dos colmos. A expressão “spp” após o nome do gênero representa que o mesmo tem diversas espécies, e esta ainda não é conhecida.

Com a necessidade de congregar à obra do parque, um espaço para venda de lanches, foi idealizado o quiosque em bambu. (Figura 10)



Figura 10: Quiosque de bambu no Rio Branco.
Fonte: Pedro Devani e Sérgio Vale/Agência de Notícias do Acre, 2018.

Identificação do edifício (nome): Quiosque de bambu - Parque do Tucumã

Ano de construção: 2013 -2014

Proprietário: Governo do Estado do Acre

Área construída: Aproximadamente 360 m²

Localização: localizado entre a área da Universidade Federal do Acre – UFAC e a faixa de domínio da BR 364, na cidade de Rio Branco

Projeto arquitetônico: arquitetas Carolina Sgorla e Marlúcia Cândida

Projeto estrutural e execução das coberturas em bambu: engenheiro civil Flávio Calixto, do Departamento de Estradas e Rodagem do Acre - DERACRE

Outros membros da equipe: Engenheiro agrônomo Elias Melo de Miranda e o designer Bruno Imbroisi, ambos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/ Acre; tecnólogo Dixon Gomes e engenheiros florestais Suelem Pontes e Daniel Nascimento, membros da Fundação de Tecnologia - FUNTAC/Acre; engenheiro Danilo Cândida, da empresa Bambu Carbono Zero, São Paulo/SP; e, Gilberto Bessa, gerente da obra

O envolvimento de pesquisadores locais e profissionais experientes com o uso do bambu no Brasil foi de extrema importância na colaboração e elaboração do projeto e execução da obra. As arquitetas responsáveis conduziram as reuniões para juntos sanarem as dúvidas que surgiram em relação ao cálculo estrutural, ao tipo de tratamento que seria o mais eficiente para a preservação dessa espécie. Assim, também houveram capacitações dos técnicos envolvidos no projeto e a equipe executora das obras do Quiosque. Essas ações foram importantes para entender mais detalhadamente o bambu, agregar conhecimento de outras regiões, incentivar a utilização dessa matéria-prima, além de possibilitar a adaptação e utilização dessas técnicas à realidade climática do Acre.

Para a realização deste quiosque, a equipe desenvolveu uma maquete física (figura 11) e se baseou na técnica de testes de carga e de cálculos da Norma Colombiana para o bambu *Guadua* e nos cursos realizados no Centro Especializado de Bambu - CERBAMBU, localizado em Ravena/ Minas Gerais, com o bambeiro Lúcio Ventania.



Figura 11: Estudo em maquete.
Fonte: Carolina Sgorla, 2018.

Seguindo também os ensinamentos das construções colombianas feitos por Simon Velez, foi priorizado a proteção das bases dos pilares com estrutura de concreto, que recebeu uma chapa de $\frac{3}{8}$ " e barras dobradas que conectaram quatro, cinco e seis bambus no pilar central sustentando a cobertura.

O desenho das conexões foram elaborados pela arquiteta Carolina e pelo *designer* Bruno e o gerente Gilberto. A aplicação da telha de cavaco de madeira teve a intenção de harmonizar a obra com os materiais aplicados em seu entorno, assim como, proceder-se ao resgate histórico das construções regionais. Foram realizados ao longo da construção vários testes de carga, e com isso foram adicionados alguns pilares em alguns pontos para reforçar o apoio da cobertura. (Figura 12)



Figura 12: Estrutura do quiosque.
Fonte: Carolina Sgorla, 2018.

9.1.3. Região Nordeste

9.1.3.1. Estandes de feira – Paraíba

Os estandes serviram de oportunidade para empresas de energia elétrica e instituições de P&D divulgarem inovações tecnológicas, trocar experiências e discutir a regulamentação vigente da energia elétrica. O bambu foi escolhido como matéria-prima devido ao seu caráter sustentável, à velocidade de montagem das estruturas e às diversas possibilidades plásticas e estéticas. (Figura 13)



Figura 13: Estandes de feira em bambu na Paraíba.

Fonte: Celina Llerena, 2018.

Identificação do edifício (nome): Evento CITENEL + SEENEL 2017, IX Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica e o V Seminário de Eficiência Energética no Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Ano de construção: 2017

Proprietário: ANEEL e ENERGISA

Área construída: 1.455 m²

Localização: Centro de Convenções de João Pessoa Rodovia PB-008, Km 5, s/n - Polo Turístico Cabo Branco, João Pessoa

Projeto arquitetônico: Estudo preliminar arquiteta Viviane Teles

Projeto de adequação a tecnologia de bambu e Projeto Executivo: arquiteta Celina Llerena e Luiz Vicente Fasciotti

Outros membros da equipe: Thiago Anísio, Rodrigo Gonzalez e Liano Dornelles
Número de pessoas e tempo de construção: 29 pessoas, sendo capacitados 15 alunos acompanhados pela professora Germana Rocha, do Departamento de Arquitetura, da Universidade Federal da Paraíba; 16 dias.

Para as estruturas foram utilizadas basicamente ripas de *Phyllostachys pubescens*, provenientes de São Paulo, sendo 9 dias para confeccionar as ripas e 7 dias para montagem dos stands. (Figura 14)



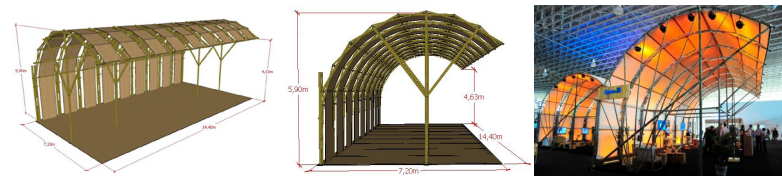
Figura 14: Fabricação e montagem das estruturas.
Fonte: Celina Llerena, 2018.

As ripas foram cortadas e separadas por tamanho para usos diversos de acordo com o que foi especificado para cada um dos 4 tipos de estandes (Figura 15). A escolha por ripas ocorreu pelo fato de serem muito leves e flexíveis. Estas foram amarradas com cordas, com abraçadeiras plásticas e/ou pinadas.

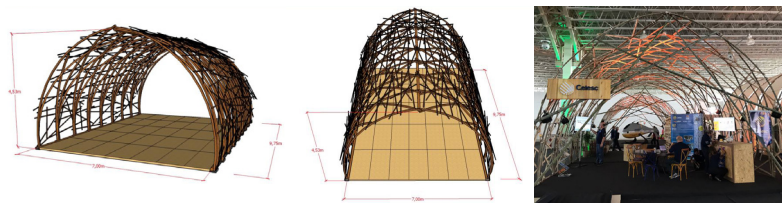
2 unidades com diâmetro de 14,80 m



4 unidades de 7,20 x 14,40 m



6 unidades 7,20 x 9,6 m



2 unidades 41,50 x 3,40m

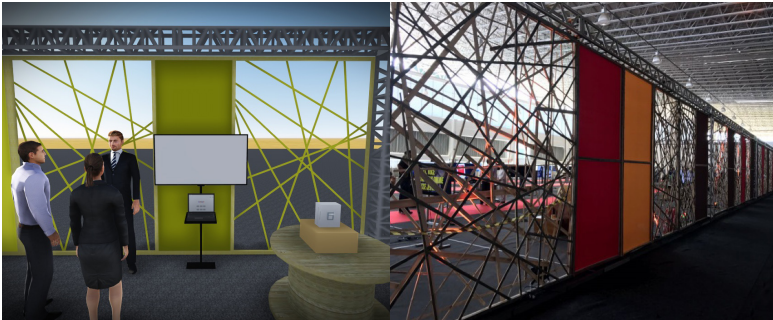


Figura 15: Projeto arquitetônico das estruturas dos estandes.

Fonte: Celina Llerena, 2018.

Para as coberturas de dois tipos de estandes foi utilizado tecido suplex.

9.1.3.2. Estrutura em bambu com forma de folha – Bahia

Nesta fábrica construída em bambu, a fibra do coco é utilizada para fazer em fogo baixo a desidratação do coco ralado, que após a prensagem dele se obtém o óleo de coco. (Figura 16)



Figura 16: Estrutura com forma de folha na Bahia.
Fonte: Cláudio Maia, 2018.

Identificação do edifício (nome): Fábrica de Óleo de Coco

Ano de construção: 2018

Proprietário: Arnaud de Laage de Meux

Área construída: 104m²

Localização: Sítio Paraiso Verde, Ilhéus

Projeto arquitetônico: Arq. Jules de Laage

Projeto estrutural e execução das coberturas em bambu: Engenheira Raquel Maia e Cláudio Maia, CMAR Construções Alternativas - <https://cmarconstrucoes.wordpress.com/>

Número de pessoas e tempo de construção: 6 Pessoas em 45 dias, mas devido às chuvas e a um contratempo com falta de energia elétrica, e por ser a obra em uma área rural, totalizaram 90 dias

Para a estrutura principal foi utilizado o bambu *Guadua spp* o qual foi submetido ao tratamento por octaborato para aumentar sua durabilidade. Na fundação foram utilizadas sapatas e vigas baldrame de concreto, para as ligações dos bambus foram utilizados elementos metálicos tipo “Ligação Velez” (Figura 17). Na cobertura foram utilizadas chapas em OSB estrutural, cujas juntas foram impermeabilizadas com manta plástica e acabamento final com pintura verde.



Figura 17: Detalhes construtivos.
Fonte: Cláudio Maia e Jules de Laage, 2018.

9.1.4. Região Leste

9.1.4.1. Centro de Cultura Max Feffer – São Paulo

O Centro de Cultura Max Feffer tem como principal importância abrigar atividades culturais do “Projeto Pardinho” do Instituto Jatobás. Com a preocupação pela sustentabilidade, priorizou-se o uso do bambu em uma construção de grande porte; além disso, teve-se cuidados para alcançar índices de conforto ambiental com soluções de baixa tecnologia. (Figura 18)



Figura 18: Centro de Cultura Max Feffer em São Paulo.
Fonte: Amima, 2018.

Identificação do edifício (nome): Centro de Cultura Max Feffer

Ano de construção: 2008

Proprietário: Prefeitura Municipal de Pardinho

Área construída: 1.651 m²

Localização: Rua Nicanor Teodoro Rosa, Pardinho - SP

Projeto arquitetônico: Arquiteta Leiko Hama Motomura - AMIMA

Outros membros da equipe: Maurício Alito, Carolina Maihara, Thais Cunha, Marcelo Nunes, Danielle Muhle

O edifício possui dois pavimentos e o bambu foi utilizado apenas como cobertura de uma grande praça suspensa localizada no pavimento superior. Para esta cobertura foi utilizada a espécie *Guadua chacoensis*, cujo tratamento foi por imersão numa solução com água e pentaborato de sódio. Pela grande quantidade de material necessário na construção

houve a necessidade em importar a peças oriundas de mata nativa no Paraguai. Após tratamento e secagem foi aplicado *Stain* para garantir a proteção contra a umidade. Salienta-se a necessidade de reaplicar o produto anualmente.

A esta estrutura, com forma sinuosa, foi associada a madeira roliça de eucalipto e telhas translúcidas e de fibras vegetais na cor branca. O que impressiona na construção é a variação do comprimento dos colmos utilizados nas mãos francesas e os ângulos de ligação. (Figura 19)



Figura 19: Detalhes da mão-francesas e união dos colmos de bambu a estrutura de madeira. **Fonte:** Amima, 2018.

Os colmos receberam braçadeiras metálicas nas extremidades para prevenir o fendilhamento. Os bambus dispostos em formato “V” sustentam os colmos que suportam as telhas as quais são fixadas em longarinas metálicas. As soluções de ligações foram previstas para facilitar a manutenção quando se mostrar necessária a substituição das peças de bambu, como também para alcançar a forma ondulada.

9.1.4.2. *Cúpula do anfiteatro Junito Brandão – Rio de Janeiro*

Esta cúpula é uma estrutura espacial leve de bambus e membranas acrílicas, cujo projeto foi inspirado em formas orgânicas da natureza, tendo sido construída para cobrir um espaço ao ar livre, destinado para apresentações artísticas e atividades de lazer. Contou com o auxílio financeiro da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ. (Figura 20)



Figura 20: Cúpula do anfiteatro Junito Brandão no Rio de Janeiro. **Fonte:** Bambutec, 2018.

Identificação do edifício (nome): Anfiteatro Professor Junito Brandão PUC - RIO

Ano de construção: 2014

(área terreno)

Proprietário: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Área construída: 200 m²

Localização: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Rua Marquês de São Vicente 225, Gávea.

Projeto arquitetônico: Bambutec Design. <http://bambutec.com.br/>

Projeto estrutural e execução da estrutura em bambu: Bambutec Design

Equipe: Mario Seixas, João Bina, Patrick Stoffel, José Luiz Mendes Ripper, Luís

Eustáquio Moreira, Khosrow Ghavami, Selma Fraiman, Bruno Lopes Lima

Número de pessoas e tempo de construção: 8 profissionais envolvidos, 12 meses de projeto e fabricação de peças, 25 dias de montagem

Nesta estrutura, foram utilizados bambus tubulares da espécie *Phyllostachys aurea* e *P. pubescens*, cuja origem foram florestas cultivadas nos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Foram selecionados colmos maduros na plantação. O tratamento dos colmos foi realizado pelo método de defumação e de têmpera superficial. Após a secagem, as peças foram impermeabilizadas com verniz e resina de poliuretano à base de óleo de mamona.

A estrutura é composta por módulos pré-fabricados e montados *in loco* sobre fundações em concreto armado, que a isolam do chão (Figura 21). Foram desenvolvidas conexões flexíveis, que permitem a mobilidade dos elementos estruturais durante a sua construção no terreno inclinado, propiciando baixo desgaste mecânico das peças.

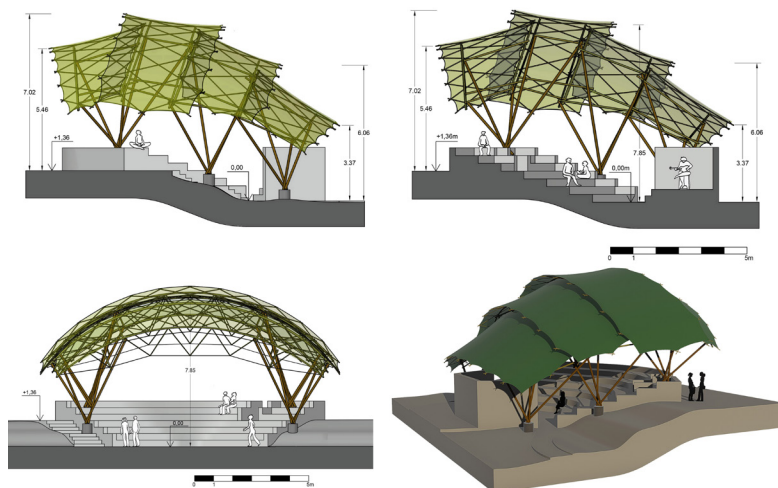


Figura 21: Maquete digital.
Fonte: Bambutec, 2018.

As ligações dos elementos de bambu foram realizadas em cabos de poliéster, cabos de aço e bio compósitos. E, para a cobertura foram utilizadas lonas acrílicas tensionadas. (Figura 22)

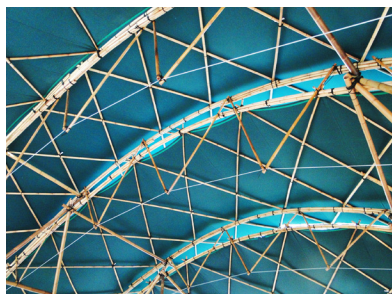


Figura 22: Estrutura de bambu na cúpula do anfiteatro.
Fonte: Bambutec, 2018.

9.1.5. Região Sul

9.1.5.1. Espaço para oficinas sobre educação ambiental – Paraná

Esta edificação pertence à área de oficinas do Ekôa Park, uma reserva natural privada onde são desenvolvidas atividades de turismo, entretenimento, lazer, educação ambiental, oficinas e desenvolvimento profissional. Todas estas atividades são focadas na conservação do patrimônio natural e da biodiversidade. As construções do local foram feitas em materiais naturais e reciclados, sob os princípios da permacultura. (Figura 23)



Figura 23: Espaço para oficinas sobre educação ambiental em Morretes.
Fonte: Tomaz Lotufo, 2018; Andrea Jaramillo, 2018.

Identificação do edifício: Local para oficinas Ekôa Park

Ano de construção: 2016

Proprietário: Ekôa Park <http://www.ekoapark.com.br/ekoa/>

Tempo de construção: aproximadamente dois meses (incluindo a pré fabricação)

Área construída: 405 m²

Localização: Estrada da Graciosa, KM 18.5, São João da Graciosa, Morretes- PR.

Projeto arquitetônico: arquiteto Tomaz Lotufo <http://www.bioarquiteto.com.br/contato/>

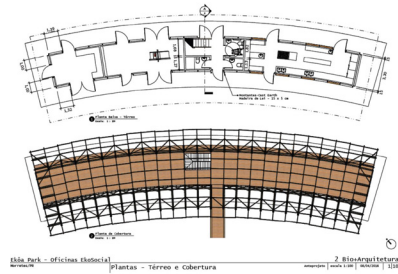
Execução: Lúcio Ventania, Iberê Sansara, Walmir Matias, Flávio Santos – Cerbambu

Ravena <https://www.cerbambu.org.br>, Sandro Ribeiro Gonçalves.

Outros membros da equipe: Zé do Bambu

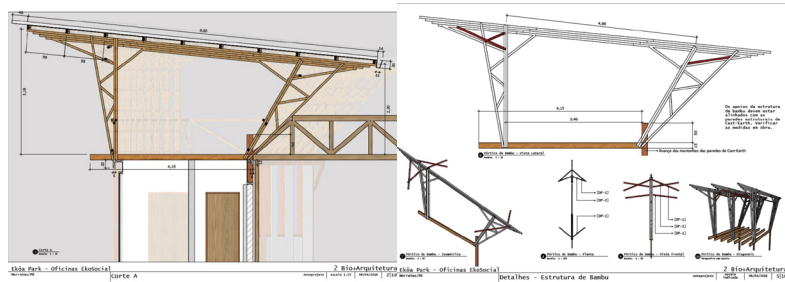
Foi utilizado bambu da espécie *Phyllostachys aurea* para a estrutura do segundo andar do edifício, onde se encontra a cozinha e o espaço para o desenvolvimento de oficinas de Pedagogia Prática no parque (Figura 24). Esta espécie de bambu é utilizada por artesãos da região na elaboração de móveis e de outros objetos. Com este antecedente, um dos objetivos do projeto foi o de estimular o uso deste material em outras aplicações, neste caso, a construção.

Figura 24: Plantas do edifício de oficinas do Ekôa Park.
Fonte: Tomaz Lotufo, 2018.



Partindo das características dos colmos de bambu, no projeto foram propostos componentes estruturais compostos por várias peças e utilizando pórticos triangulados para uma maior resistência mecânica. O módulo do pórtico estrutural foi dividido em três peças para a pré-fabricação: dois pilares e uma viga, cada um delas é composta por vários colmos. (Figura 25)

Figura 25: Detalhe do módulo estrutural.
Fonte: Tomaz Lotufo, 2018.



Os componentes de bambu foram pré fabricados pela equipe do Lúcio Ventania, no ateliê de Cerbambu, localizado em Minas Gerais (Figura 26). Utilizou-se a pré-fabricação e também fomentando pequenas cooperativas que vendem este material com um valor agregado: tratado e como componente estrutural. O bambu foi tratado com fogo, utilizando-se maçarico, que é a mesma técnica utilizada para a elaboração de móveis e de artesanatos.

Figura 26: Pré-fabricação dos elementos estruturais.
Fonte: Cerbambu Ravena, 2018.



As ligações dos colmos de bambu foram feitas com parafusos metálicos (figura 27). Em relação à proteção do bambu contra os agentes de degradação, o projeto arquitetônico previu a proteção do bambu por meio dos amplos beirais.



Figura 27: Detalhes construtivos.
Fonte: Andrea Jaramillo, 2019.

Destaca-se nesta obra o potencial social do trabalho com bambu, salientado pelo Arq. Tomaz Lotufo: “O bambu pode ser vendido *in natura*, mas também em peças estruturais compostas feitas em pequenas cooperativas”.

9.1.5.2. Espaço agroecologia – Paraná

Essa estrutura foi construída através uma parceria entre o setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - UFPR com o Centro Paranaense de Referência em Agroecologia - CPRA, como parte do projeto de extensão “Feira de Produtos Orgânicos: ações de apoio às agriculturas de base ecológica”. O espaço é utilizado para a realização de uma Feira de Alimentos Orgânicos, ações de formação e divulgação no campo da agroecologia, atividades culturais e de extensão da UFPR. (Figura 28)



Figura 28: Espaço Agroecologia na UFPR em Curitiba.
Fonte: Andrea Jaramillo, 2018.
Luciano de Almeida, 2018.

Identificação do edifício: Espaço Agroecologia

Ano de construção: 2017

Proprietário: Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Paraná (UFPR)

Área construída: 200 m² (25 m x 8 m)

Localização: Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Rua dos Funcionários, 1540,

Bairro: Juvevê. 80035-070 – Curitiba, Paraná. www.agrarias.ufpr.br

Projeto: Centro Paranaense de Referência em Agroecologia (CPRA). Estrada da Graciosa, 6960 - Jardim das Nascentes, Pinhais – PR CEP 83327-055. www.cpra.gov.br

Execução: Nailton de Lima e Valcir Inácio Wilhelm (projeto e maquete /CPRA) e José Alves de Oliveira (marceneiro/Agrárias/UFPR)

Outros membros da equipe: trabalhadores da equipe de manutenção da UFPR

Número de pessoas e tempo de construção: 3+ trabalhadores temporários

Nos pilares foi utilizado bambu da espécie *Phyllostachys pubescens* (mossô) proveniente de Campina Grande do Sul - PR; nas travessas e treliças usou-se *Phyllostachys aurea* (cana-da-índia) fornecida pela Fazenda Canguiri da UFPR, Pinhais - PR. A diferença dos diâmetros entre estas espécies de bambu na estrutura faz parte da composição formal e estética, dando à edificação características únicas. Todos os colmos foram submetidos ao tratamento com fogo, antes da aplicação na construção.

Na fase de projeto, para uma melhor compreensão do comportamento estrutural e a disposição dos elementos construtivos, foi elaborada uma maquete de estudo de um módulo da estrutura. (Figura 29)



Figura 29: Estudo em maquete da estrutura e sapatas.
Fonte: Luciano de Almeida, 2018.

Os pilares de bambu foram compostos por três colmos unidos entre si por uma peça de madeira; todos foram protegidos do contato direto com o solo por meio de fundações isoladas de concreto e uma laje (Figura 30). Os beirais protegem a estrutura da incidência direta dos raios solares e da chuva.



Figura 30: Detalhes construtivos.
Fonte: Andrea Jaramillo, 2018.

As conexões foram realizadas utilizando-se elementos metálicos: parafusos, porcas e arruelas. Para a união dos elementos de bambu, a maioria dos cortes foram retos; no entanto, dependendo do tipo de ligação entre os colmos, também foram utilizadas tipo boca-de-peixe e em poucos elementos de menor diâmetro foram cortados com tipo bico de flauta.

9.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

Embora o uso do bambu na construção no Brasil seja ainda incipiente, em todas as regiões é possível encontrar edificações e estruturas com várias funcionalidades nas quais se aplica este material. Na maioria, se observam os cuidados com o tratamento do bambu antes de sua disposição na obra e aos detalhes construtivos como ampla cobertura e alicerce alto, promovendo assim maior desempenho. Como são obras recentes ainda é prematuro falar do tempo de durabilidade dos colmos.

Observa-se a versatilidade do bambu sendo utilizado em edificações de diferentes características arquitetônicas e construtivas e com usos temporários e permanentes. Há projetos que têm foco ambiental mais voltado à permacultura, que resgatam o uso do bambu associando-o principalmente a outros materiais naturais, obtendo edificações com formas orgânicas cuja linguagem arquitetônica única e natural. Em outros projetos o bambu é combinado com materiais modernos gerando uma composição contemporânea em espaços com muitos contrastes.

Em certas regiões do país foi possível identificar um maior número de construções com bambu em comparação de outras, pela maior disponibilidade da matéria prima. O fornecimento de colmos de bambu maduros e tratados é um fator fundamental para potencializar o uso do material na construção.



CAPÍTULO 10

PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ANTONIO LUDOVICO BERALDO
LISIANE ILHA LIBRELOTTO
ANDREA JARAMILLO BENAVIDES

Muitas espécies de bambu já foram identificadas e outras tantas ainda estão sendo catalogadas pelos especialistas. A introdução de espécies de bambus em regiões de climas diversos, tem produzido adaptações das plantas que suscitam dúvidas aos especialistas sobre o seu enquadramento em espécies já existentes ou em novas classificações. De qualquer forma, conhecer as espécies de bambus existentes em nosso país torna-se primordial para que os consumidores possam ter segurança quanto à adequação de determinada espécie para uma finalidade específica.

Embora o bambu possa ser comparado estruturalmente às madeiras de boa qualidade, apresenta características que podem impedir a sua utilização de forma adequada. O variado comprimento do internódio e da espessura da parede do colmo, além do fator da idade do colmo, fazem com que ocorra muita variabilidade nos resultados de suas propriedades. Suas características enquanto um material natural representam um desafio aos projetistas porque implicam na quebra de um paradigma e a inserção de uma nova cultura de projetar, onde o design deve ser simultâneo ao processo de produção para que o detalhamento executivo seja exequível pela produção e com informações suficientes sobre comprimentos, diâmetros, necessidade de ajustes e tolerâncias.

Espera-se que, com a aprovação da norma específica para o bambu, ora em elaboração junto à ABNT, sejam padronizados os procedimentos dos ensaios, de forma a ser possível conduzir os diferentes ensaios de forma sistemática, permitindo ao projetista um melhor conhecimento das características do bambu. Outras normativas ainda se fazem necessárias de forma a abordar o dimensionamento, desempenho mínimo e características comportamentais de espécies prioritárias, condições de fornecimento e critérios para a produção nacional de alimentos, reaproveitamento de subprodutos, contraplacados e bambus engenheirados (como o laminados colado, compensados e aglomerados). Produtos específicos como os palitos e hashis, alvos de normas específicas em outros países, também precisam ser enfocados no Brasil.

Para que apresente durabilidade semelhante a da construção tradicional ou dos materiais usualmente empregados em objetos de design, deve ser protegida dos insetos e pragas que comprometem sua integridade. Muito ainda tem que ser estudado no tocante às possibilidades de tratamentos a serem aplicados ao bambu, e principalmente sobre a eficiência dos mesmos, conforme a espécie de bambu e as condições de seu uso, de forma a assegurar uma maior durabilidade. Sabe-se que alguns tratamentos químicos ainda apresentam baixa eficiência, pois alguns compostos utilizados nas soluções preservantes podem ser lixiviados. Uma aposta promissora volta-se para o resgate do emprego do tanino, aliado às tecnologias inovadoras para sua aplicação.

Em função da grande quantidade de espécies disponíveis, requer conhecimento mínimo para identificação das espécies. Sua produção necessita de controle da colheita, acompanhamento das idades para assegurar a resistência mínima para as funções requeridas ou mesmo critérios de seleção dos colmos, embalagens, inspeção e ensaios para assegurar a qualidade do material.

A disseminação da cultura do bambu deve ocorrer em vários pontos da cadeia produtiva. Do conhecimento das espécies as características próprias, dados de resistência, domínio de técnicas de projeto, ligações, produção e novos equipamento para o processamento e transformação.

O emprego do bambu para as edificações pode contribuir para a redução do impacto ambiental das edificações no momento em que seja utilizado em sua forma natural, quando necessitará de menos energia incorporada ao processo produtivo. Mesmo que o uso do bambu venha acompanhado pela incorporação de químicos, e que o bambu tenha que ser submetido a processos de transformação, o material pode ainda colaborar na redução de impactos ambientais, como um alternativa de material renovável e disponível localmente.

Os usos do bambu na construção vão desde aplicações estruturais simples ou mistas, em materiais compósitos com ou sem adição de químicos (bambu + terra ou bambu + cimento), com maior ou menor grau de transformação. No caso do Brasil identificou-se que, para a construção de edificações, o bambu é utilizado principalmente em formato roliço. Vários tipos de espécies são aplicadas em construções em todas as regiões do país.

Nas edificações apresentadas no capítulo 9, os colmos de bambu foram aplicados em estruturas variadas, em combinação com materiais como o aço, o concreto, a terra, entre outros. Isto mostra a disponibilidade do recurso em todas as regiões do país e a versatilidade que o bambu possui.

A elaboração e publicação da norma de construção com bambu no Brasil será um grande incentivo para que este setor continue evoluindo no caminho da consolidação do bambu como um material construtivo aceito no mercado, tal como são os materiais convencionais.

Dentro desta caminhada, os projetistas de arquitetura, engenharia e design, podem começar a explorar nas possibilidades de criar formas mais orgânicas e de combinar a aplicação do bambu com novas tecnologias em edifícios mais contemporâneos.

Por outro lado, dentro da parte construtiva, infinidades de ligações entre os colmos já foram desenvolvidas e outras tantas possibilidades se apresentam para o bambu. Inovações tecnológicas por meio da laminação, aglomeração e prensagem também são apostas para o desenvolvimento de componentes para revestimentos de pisos, paredes, esquadrias, forros e coberturas. Paralelamente, catalogar as edificações em bambu existentes, acompanhar o desempenho do material (estrutural, térmico, acústico, funcionalidade, durabilidade, impacto ambiental, entre outros), representa uma oportunidade para os pesquisadores.

Não é sem motivo que o bambu desponta como um dos materiais mais promissores da atualidade, dada sua grande quantidade de usos e vantagens ambientais, como armazenagem de carbono, leveza e resistência. Um material que tem rápido crescimento e tanta diversidade de aplicação não pode ser ignorado por projetistas. Enfrentar este desafio é a nossa missão enquanto designers, engenheiros, arquitetos e ambientalistas, que em comum temos a necessidade de produzir cada vez mais para uma população crescente, preservando ao máximo aquilo que temos em comum - **NOSSO PLANETA!**

A photograph of a bamboo forest where the green stalks are covered in white graffiti. The graffiti includes names like 'LIZ', 'SARA', 'DAMYAN', and 'LIZ', along with dates such as '2018' and '2019'. The text is written in various styles, some in capital letters and some in lowercase. The background is a soft-focus forest of similar bamboo stalks.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 1 - OS PRINCIPAIS BAMBUS NO BRASIL

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P.L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação In: DRUMOND, P.M.; WIEDMAN, G. (Org.). Bambus no Brasil – Da Biologia à Tecnologia. ICH-Instituto Ciência Hoje, p. 10-27, RJ, 2017.

HIDALGO-LÓPEZ, O. Bambu su Cultivo y Aplicaciones en: Fabricación de Papel, Ingeniería, Artesanía. Estudios Técnicos Colombianos Ltda., Cali, Colombia, 1974.

HIDALGO-LÓPEZ, O. Bamboo the gift of the gods. Bogota. D’Vinni Ltda. 553p. Colômbia, 2003.

PEREIRA, M.A.R.; BERALDO, A.L. Bambu de corpo e alma. Editora Canal 6, 2ª ed. Bauru, SP, 2016, 348 p.

SILVA, J.C.B.V.; LIMA, N.; OLIVEIRA, V.M. Estufa ecológica – Uso do bambu em bioconstruções. Cartilha, CPRA, Curitiba, 2011, 32p.

SILVA, V. M.; COSTA, C. D. P.; BRUN, E. J.; OSTAPIV, F. Espécies potenciais, usos e manejo do bambu no município de Dois Vizinhos, Paraná. In: IV Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR, v.4, 2014, Anais... Cornélio Procopio - PR, 2014.

SANTOS, M. C. P.; SOUZA, E. A. B.; BRUN, E. J.; COSTA, C. D. P.; SILVA, V. P.; PONCIANO FILHO, V. V.; POCOJESKI, E.; LIMA, R. R. M. Condução, Manutenção e Monitoramento da unidade demonstrativa de bambu na UTFPR Dois Vizinhos, PR. In: VI Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR, v6, 2016, Anais... Francisco Beltrão - PR, 2016.

TOMBOLATO, A.F.C.; GRECO, T.M.; PINTO, M.M., Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo no Brasil. Revista Brasileira de horticultura ornamental, v.18, n2, p.105-114, 2012.

XINGCUI, D. Bamboo research in China. Hangzhou: CBRC - China National Bamboo Research Center, p. 47-61, Hangzhou, 2006.

ZHOU F.C. The 20th century in retrospect for bamboo trade and prospects for the 21st century. v.1, p.1-6, CBRC - China National Bamboo Research Center, Hangzhou, 2003.

CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS BAMBUS

LONDOÑO, X. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 2002.

LUIS, A.G.; NOGUEIRA, J.S.; RIBEIRO, D.G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae). In: DRUMOND, P.M.; WIEDMAN, G. (Org.). Bambus no Brasil – Da Biologia à Tecnologia. ICH-Instituto Ciência Hoje, p. 42-59, RJ, 2017.

HIDALGO-LÓPEZ, O. Bamboo the gift of the gods. Bogota. D’Vinni Ltda. 553p. Colômbia, 2003.

CAPÍTULO 3 - PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS, MECÂNICAS DO BAMBU E ENSAIOS PARA SUA DETERMINAÇÃO

ALVES, J. D. Concreto alternativo para obras rurais. 44° Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, MG, 2002, 12 p.

BARROS, B. R.; SOUZA, F. A. M. Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo, 2004.

Beraldo, A. L. Método de preparação de materiais lignocelulósicos para análise macroscópica. PI 9905465-5. Patente concedida. 2017.

Beraldo, A. L.; Rivero, L. A. Bambu Laminado Colado. *Floresta e Ambiente*. 10(1), p. 36-46, 2003.

Beraldo, A. L.; Albiero, D.; da Silva Maciel, A. J.; Dal Fabbro, I. M.; Rodrigues, Técnica de Moiré aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú guadua. *Maderas. Ciencia y tecnología*, v. 9, n. 3, p. 309-322, 2007.

Cultivo e Manejo do Bambu. Disponível em: http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2002-2/Bambu/tratamento.htm. Acesso: 2002.

EMIC – Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, <www.emic.com.br>, 2010.

FAKOOP. Produtos. Disponível em: <www.fakoop.com>. Acesso em: Janeiro de 2019.

FARRELY, D. *The Book of Bamboo*. Sierra Club Books, São Francisco, 1984, 202p.

Ferrari, M. H. F.; Beraldo, A. L.; Costa, M. S.; Villas-Boas, F.; Franco, M. L.; Clerici, M. T. S. Physicochemical and structural properties of starch from young bamboo culm of *Bambusa tuldooides*. *Food Hydrocolloids*, 87, p. 101-107, 2019.

GHAVAMI, K. ; HOMBEECK, R. V. Application of bamboo as a construction material. Part I-Mechanical properties and water repellent treatment of bamboo Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: Latin American Symposium, Rational Organization of Building applied to Low-cost Housing, 1982, São Paulo. Rational Organization of Building Applied to Low-cost Housing. Sao Paulo : IPT, v. 1. p. 49-65, 1981.

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R. D. Desenvolvimento de Materiais de Construção de Baixo Consumo de Energia Usando Fibras Naturais. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 001, n. 0, p. 1-19, 1992.

GHAVAMI, K. Um material alternativo na Engenharia, *Revista Engenharia e Construção Civil* nº 492. São Paulo: Ed. Técnica Ltda., 1992.

GHAVAMI, K. Madeira ecológica para habitações de baixo custo. SEMINÁRIO NACIONAL DE BAMBU, ANAIS, UnB, Brasília, DF, p. 111-123, 2006.

ISO/TC165 N314 - International Organization For Standardization. Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo, 1999, 20 p.

Mary, W.; Kenmochi, C. S.; Cometti, N. N.; Leal, P. A. M. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. *Engenharia Agrícola*, 27, p. 100-108, 2007.

PEREIRA, M. A. dos R.; BERALDO, A. L. *Bambu de Corpo e Alma*. Ed. Canal 6, Bauru/SP, 1a Edição, 222p., 2007.

SASTRY, C. B. *Timber for the 21st Century*. Online. Inbar, 1999. Disponível em: <<http://www.inbar.int/>>. Acesso em: 2019.

CAPÍTULO 4 - INSETOS E PRAGAS QUE ATACAM O BAMBU

HIDALGO-LÓPEZ, O. Bamboo the gift of the gods. Bogotá. D’Vinni Ltda. 553p. Colômbia, 2003.

LIESE, W.; “Preservation of a bamboo culm in relations to its structure”. In: Symposium International Guadua. Anais... Colômbia, 2004.

SILVEIRA, E.S.; ROEL, A. R.; BRITO, V.H.S.; PISTORI, H.; CEREDA, M.P. “Influencia de espécies de bambu como alimento no crescimento populacional e na preferência alimentar do caruncho do bambu” In: DRUMOND, P.M.; WIEDMAN, G. (Org.). Bambus no Brasil – Da Biologia à Tecnologia. ICH-Instituto Ciência Hoje, p.130-144, RJ, 2007.

SINGH, P.; BHANDARI, R. S. “Insect pest of bamboos and their control. Indian Forester, n°10, p.670-713, 1988.

WANG, H.J.; VARMA, R.V.; & XU, T.S. Insect Pests of Bamboos in Asia: An Illustrated Manual. INBAR Technical Report No. 13. INBAR, New Delhi, 1998.

CAPÍTULO 5 - CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2010

ALVES, Ana Laura et al. Uso sustentável de bambu em Design-Estudo de caso de protótipos de sousplat com uso de resíduo de bambu. *Projetica*, v. 6, n. 2, p. 98-109, 2015.

BAMBOO GUADUA. Disponível em: <http://www.projetoebambu.com/blogcafe/?page_id=88>. Acesso: (2018)

Bambu Show Brasil. Disponível em: <<http://bambushow.blogspot.com/>>. Acesso: 2018.

BERALDO, Antonio. A vez do bambu na construção civil – Normas para ensaios e estruturas, 2018. Disponível em: <<http://apuama.org/vez-do-bambu-na-construcao-civil-normas-para-ensaios-e-estruturas/>> Acesso em: 30 agosto 2018.

BONDUKI, N. G.; ROLNIK, R.; AMARAL, A. São Paulo: Plano Diretor Estratégico - Cartilha de Formação. São Paulo: Caixa Econômica Federal, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm> Acesso em: 11 julho 2018.

CSA. Chinese Standards Agency JG/T199: testing methods for physical and mechanical properties of bamboo used in building. Beijing, China: Chinese Standards Agency; 2007

DE LA CONSTRUCCIÓN, Norma Ecuatoriana. Peligro Sísmico/Diseño Sismo Resistente. Código: NEC-SE-DS, Quito, Ecuador, 2015.

DENALDI, Rosana. Política de urbanização de favelas: evolução e impasses, 2003. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Fa-

culdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: < http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2003_Políticas_urbanizacão_impases.pdf> Acesso em: 12 julho 2018.

FILGUEIRAS, T.S., GONÇALVES, A.P.S. A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 18(1): 7-18. 2004.

FILGUEIRAS, T.S. et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). *Journal of Systematics and Evolution*, v. 53, n. 2, p. 117-137, 2015.

GALVÃO, Antonio Paulo M. Tratamento preservativo do bambu pelo processo do banho frio. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 24, p. 19-33, 1967.

GATÓO, A., Sharma, B., Bock, M., Mulligan, H., Ramage, M.H., 2014. Sustainable structures: bamboo standards and building codes. *Proceedings of the ICE – Engineering Sustainability* 167, 189-196

Harries, Kent A. ; Sharma, Bhavna ; Richard, Michael. Structural use of full culm bamboo : the path to standardization, 2012. In: *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*. 2012 ; Vol. 1, No. 2. pp. 66-75

INBAR. The International Network on Bamboo and Rattan. International model building code for bamboo. 1999.

ISO (2004a). ISO 22156: 2004 (E): Bamboo – structural design. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO (2004b). ISO 22157-1: 2004 (E): Bamboo – determination of physical and mechanical properties – part 1: requirements. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO (2004c). ISO 22157-1: 2004 (E): Bamboo – determination of physical and mechanical properties – part 2: laboratory manual. ISO, Geneva, Switzerland.

KASKA Palygrounds e Madeiras Ecológicas. Disponível em: <<https://www.kaskamadeira.com.br/produtos/esteira-de-bambu-tratada/>>. Acesso: 2018

LOPEZ, Oscar Hidálgo. Manual de construcción com bambú, 1981. Universidad Nacional de Colombia. Estudios Técnicos Colombianos, Ltda. 71p.

Ministry of Forestry. Forest Department. Use of Bamboo Shingles as Low Cost Roofing Material. Disponível em : <<https://www.forestdepartment.gov.mm/sites/default/files/Research%20Books%20file/17%2881-82%29.pdf>> Acesso: março de 2019.

Organização Mundial do Bambu. Disponível em: < <http://www.worldbamboo.net>>. Acesso: Junho de 2017.

VITOR, Alexandre. Oliveira. PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) EM ESTRUTURA DE BAMBU: PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2018.

CAPÍTULO 6 - TRATAMENTOS E PRESERVAÇÃO DOS COLMOS

Instituto Taipal. Cura na mata com tanino. Disponível em <<http://ipdtaipal.blogspot.com/2011/06/colheita-de-bambus-em-maio-de-2011.html>>

DUBOIS, M. GILLES, K. A. , HAMILTON, J. K. , REBERS, P. A. , SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analitical Chemistry*, 28, 3, p.350-356, 1956.

BERALDO, Antonio Ludovico et al. Desempenho de um dispositivo para efetuar o tratamento químico de colmos de bambu: avaliação por ultra-som. Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2003.

FHAIZER. Equipamento para autoclave. Disponível em: <<http://fhaizer.com/sua-autoclave-chegou-e-agora/>>. Acesso: Fevereiro de 2019.

GARCIA, C. M. Management of Powder-post Beetles, *Dinoderus minutus* F. in Freshly Cut Bamboo. Doctor of Philosophy dissertation submitted to Oregon State University. February, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO/TC165 N314. Determination of Physical and Mechanical properties of Bamboo, 20 pp., 1999.

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

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolics constituents of prumus domestica: the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 10, p. 63-8, 1959.

CAPÍTULO 7 - PROCESSOS DE MANUFATURA PARA O BAMBU

FRDI. Bamboo veneering machine fabricated. Products Research and Development Institute (FPRDI)-Department of Science and Technology (DOST). www.frdi.org. Acesso em julho de 2008.

GARNET TOOLS, catálogo online, Bamboo hydraulicsplittermachine, <<https://www.garnetindia.com/>>. Acesso em: 22 de fev. 2019

GARY YOUNG Surfboards, Hawaii, www.bamboosurfboardshawaii.com;

GUADUA BAMBU, Colombia, <<https://www.guaduabamboo.com/>> Acesso em 17, fevereiro 2017

HIDALGO, LOPEZ O. Bambú – su cultivo y aplicaciones em: fabricación de papel, construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía. Estudios Tecnicos Colombianos Ltda., Colombia, 318p, 1974.

MARINHO, N.P. (2007a). Análise da Viabilidade de Produção de Móveis com Painéis e/ou Chapas Laminadas de Bambu Visando a geração de Trabalho e Renda. Curitiba, PR. Trabalho de Diplomação. Curso Superior de Tecnologia em Móveis do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-2007.

MARINHO, N.P.; CASAGRANDE, E. F. J.; SALAMON, C. (2007b). Revisão de Métodos para Obtenção de Laminas para Fabricação de Painéis Laminados

de Bambu com Baixa mecanização. Relatório PIBIC-CNPq. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Unidade Curitiba - 2007

OSHIMA, Bruno Setsuo França; OLIVEIRA SILVA, Sidnei de. Projeto mecânico e implementação de protótipo de serra CNC para bambu. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso requisito parcial a obtenção do grau de Tecnologia Mecânica Modalidade Mecatrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná unidade Curitiba. Curitiba 2011.

OSTAPIV, F.;(2007). Análise e melhoria do processo produtivo de tábuas de bambu *Phyllostachys pubescens* com foco em pisos Dissertação de mestrado PPGEM, UTFPR campus Curitiba - 2007.

SALAMON. C. Ensaios para viabilizar a laminação do bambu *Dendrocalamus giganteus* em operações de torneamento sem centros. 2009. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

SALAMON, Celso; OSTAPIV, Fabiano. Planificação de colmos de bambu para produção de painéis. *Mix Sustentável*, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 73-83, set./mar, 2017

STAMM, JÖRG. Laminados de Guadua. Conferência de JörgStammenla Universidad Tecnológica de Pereira del 16 abril 2000.

VALE, J. L.; TRINKEL, R. R.(2006).Dispositivo para Laminar Bambu. Curitiba, PR. Monografia de Conclusão do Curso. Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - 2006.

YU, XIAOBING. Bamboo: Structure and Culture. Utilizing bamboo in the industrial context with reference to its structural and cultural dimensions. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. Phil.) im Fachbereich Kunst und Design der Universität Duisburg-Essen, 2000.

CAPÍTULO 8 - USOS E PRODUTOS DE BAMBU

KARANA, E.; PEDGLEY, O.; ROGNOLI, V. On Materials Experience. *Design Issues*, v. 31, n. 3, p. 16–27, 2015.

LUGT, P. VA. DER et al. Environmental Assessment of Industrial Bamboo Products-Life Cycle Assessment and Carbon Sequestration. In: 10TH WORLD BAMBOO CONGRESS. Korea: 201

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis. São Paulo: Edusp, 2002.

MARSH, J.; SMITH, N. New Bamboo Industries and Pro-Poor Impacts: Lessons from China and Potential for Mekong Countries. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

PEREIRA, M. A. D. R. Projeto Bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. Bauru: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2012.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. 2. ed. Bauru: Canal6 Editora, 2016, 352p.

RUBIO-LUNA, G. Arte y Mañas de la Guadua – Una guía sobre el uso productivo de un bambú gigante. Bogotá, Colômbia: Editor Infor Art., 2007.

CAPÍTULO 9 - CONSTRUÇÃO COM BAMBU NO BRASIL

AMIMA. Centro de Cultura Max Feffer. Disponível em: <<http://www.amima-arquitetura.com.br/projetos/institucional/centrodeculturamaxfeffer>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ARCHDAILY. Bamboo Amphitheater Space Structure / Bambutec Design. Archdaily, (on line). 11 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/889335/bamboo-amphitheater-space-structure-bambutec-design>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BALLESTÉ, Joan Font. Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.16.2018.tde-21122017-103248. Acesso em: 2018-12-10.

BAMBUTEC. Anfiteatro PUC - Rio. Disponível em: <<http://bambutec.com.br/anfiteatro-puc-rio/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BIOESTRUTURA ENGENHARIA LTDA. Bioestrutura engenharia: projetos. 2018. Disponível em: <<https://www.bioestrutura.com.br/copia-pesque-pague-bica-dagua>>. Acesso em: 10 set. 2017.

CARDOSO JUNIOR, Rubens. Arquitetura com Bambu. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/arquitetura_com_bambu_rubens-cardoso-filho.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

CERBAMBU. CERBAMBU RAVENA: Centro de Referência do bambu. Disponível em: <<https://www.cerbambu.org.br/>>. Acesso em: 11 out. 2018.

CORREIO DO ESTADO. Campo Grande, 04 set. 1999.

MOSO. From bamboo plant to product. 2018. Disponível em: <<https://www.moso.eu/en>>. Acesso em: 10 set. 2018.

DE ALMEIDA, Luciano; RIZZI, Nivaldo. Construção de Bambu UFPR. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <andresalome@gmail.com>. em: 12 set. 2018.

EKÔA PARK (Paraná). Home: Encontre sua natureza. Disponível em: <<http://www.ekoapark.com.br/ekoa/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

INSTITUTO JATOBÁS. Centro Max Feffer. Disponível em: <<http://www.institutojatobas.org.br/site/centro-max-feffer/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

LAAGE, Jules de. Entrevista concedida à Sumara Lisbôa via internet / Florianópolis (SC). 2018.

LLERENA, Celina. Entrevista concedida à Sumara Lisbôa via internet / Florianópolis (SC). 2018.

LOTUFO, Tomaz. Entrevista concedida à Andrea Jaramillo Benavides no Ekôa Park / Morretes (PR). 2018.

MAIA, Cláudio. Entrevista concedida à Sumara Lisbôa via internet / Florianópolis (SC). 2018.

MEIRELLES, Simone. Notícias Portal UFPR: Espaço Agroecologia é inaugurado na UFPR. 2017. Disponível em: <<http://www.ufpr.br/portalufr/noticias/espaco-agroecologia-e-inaugurado-na-ufpr/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

PAMPLONA, Sérgio. Arquinatura: Chácara do Professor – Sinpro: obras avançam. 2011. Disponível em: <<https://arquinatura.wordpress.com/2013/08/27/chacara-do-professor-sinpro-obras-avancam/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

PAMPLONA, Sergio; ROSALINO, Frederico. Centro de Referência em Educação Ambiental do SINPRO: uso da terra em múltiplas formas. In: TERRA BRASIL, 6., 2016, Bauru. Anais Terra Brasil 2016 . Bauru, 2016. p. 1 - 13.

SEIXAS, Mario. Capítulo de livro sobre construções de bambu no Brasil. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <andresalome@gmail.com>. em: 31 jul. 2018.

SEIXAS, M.; BINA, J.; STOFFEL, P.; RIPPER, J.L.M.; MOREIRA, L.E.; GHAVAMI, K. Active bending and tensile pantographic bamboo hybrid amphitheater structure. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures, Vol. 58 nº 193, 2017. DOI: 10.20898/j.ias.2017.193.872

SEM MUROS ARQUITETURA INTEGRADA. Oficina Ekôa Park. 2017. Disponível em: <<https://www.semmuros.com/oficina-ekoa-park>>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVA, Frederico Rosalino da. Processo de execução de grandes obras em bambu: o estudo de casa do Centro de referência em educação ambiental do SINPRO - DF. Revista Varau, Brasília, v. 1, n. 3, p.38-47, jan. 2015. Disponível em: <<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/CAU/issue/archive>>. Acesso em: 20 out. 2018.

SGORLA, Carolina. Entrevista concedida à Sumara Lisbôa via internet /Florianópolis (SC). 2018.

SINPRO. SINPRO inaugura o Centro de Referência em Educação Socioambiental. 2015. Disponível em: <<http://www.sinprodf.org.br/sinpro-convida-para-inauguracao-do-centro-de-referencia-em-educacao-socioambiental/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SOUZA, Eduardo. Cúpula treliçada de bambu cobre anfiteatro na PUC-RJ. Archdaily (on line). 11 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/883191/cupula-trelicada-de-bambu-cobre-anfiteatro-na-puc-rj>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BAMBU

CAMINHOS PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Este livro foi produzido a partir da iniciativa de construção de uma rede de pesquisa em bambu. Desta forma, colaboraram na construção coletiva do material, pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR), Universidade Estadual de Londrina (UEL), UNESP (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Em uma linguagem acessível apresenta o conteúdo voltado ao entendimento das características biológicas do bambu, suas propriedades e etapas da cadeia produtiva como forma de estimular o desenvolvimento produtivo sustentável no Brasil.

