

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA ALTRÃO ALVES

**USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e  
arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2019

AMANDA ALTRÃO ALVES

**USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e  
arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **Trabalho de Conclusão de Curso**

### **USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável**

**por**

**Amanda Altrão Alves**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h 20min do dia 26 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Marcelo Rodrigo Carreira**  
( UTFPR )

**Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes**  
( UTFPR )

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Goia Rosa de  
Oliveira**  
(UTFPR)  
**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela vida, saúde, força, sabedoria e serenidade ao longo de toda essa trajetória. Sei que foi Ele quem me guiou por todos os caminhos que trilhei.

Aos meus pais, Xisto e Adriana, por nunca medirem esforços para que eu pudesse escolher e seguir uma profissão. Agradeço ao amor incondicional, ao apoio e incentivo que sempre me deram. Sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus familiares, irmã, tias, avôs e avós; por sempre torcerem e rezarem por mim, por estarem presentes nos momentos mais difíceis e por celebrarem as conquistas comigo.

À todos os meus amigos, o meu obrigada por todo apoio e parceria durante todos esses anos e por serem a minha segunda família quando estive longe de casa. Sem vocês, essa caminhada não teria sido tão leve e divertida.

À todos os meus professores, por serem exemplos de profissionais e por moldarem a profissional que serei em breve. Em especial à minha orientadora, professora Fabiana, que compartilhou seu tempo e conhecimento comigo e foi essencial para a minha formação.

À UTFPR e à Campo Mourão, lugares onde amadureci, aprendi, fiz amizades e fui muito feliz ao longo desses cinco anos. Sempre levarei as lembranças dessa etapa no meu coração.

## RESUMO

ALVES, A. A.. **USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável.** 2019. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

Visando a alta demanda de recursos devido à expansão do setor da indústria civil, bem como a necessidade de buscar alternativas sustentáveis para a construção, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar estudos existentes na literatura em relação às propriedades do material bambu, bem como suas diversas aplicações. O bambu, nesse contexto se apresenta como uma matéria prima de baixo custo, baixa energia de produção, alto desempenho e destaca-se por ser um material leve e resistente – quando comparado a outros materiais da construção civil. Além disto, seus processos de pré fabricação contribuem para um canteiro de obras mais limpo e racionalizado, com uma otimização de tempo e recursos. Foram analisados diversos ensaios com o material e seus resultados foram correlacionados à estudos teóricos e à obras na construção civil que utilizam-se deste material. Além disto, buscou-se ressaltar as qualidades do material quanto à sustentabilidade, renovabilidade, resistência e alta diversidade de espécies. No Brasil o bambu ainda não é amplamente utilizado, mas em países como China, Indonésia e Japão existem obras relevantes produzidas com o material. Uma barreira para a utilização do bambu é a falta de normativas específicas para o material, porém a tendência recente é que se desenvolvam mais pesquisas acerca do material, contribuindo para a difusão do conhecimento do mesmo, bem como a viabilização e aplicação em obras.

**Palavras-chave:** Bambu; Obras; Construção Civil;

## **ABSTRACT**

**ALVES, A. A.. USE OF BAMBOO IN CIVIL CONSTRUCTION: structural and architectural applications for a sustentainable development.** 2019. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

Aiming at the high resource demand due to the expansion of the civil industry sector, as well as the need to seek sustainable alternatives for construction, the present work has as main objective to analyze existing studies in the literature regarding the properties of bamboo material, as well as its characteristics and several applications. Bamboo, in this context, presents itself as a low cost raw material, low production energy, excellent performance and stands out for being a light and resistant material - when compared to other construction materials. In addition, its prefabrication processes contribute to a cleaner and streamlined construction site, with time and resource optimization. Several tests with the material were analyzed and their results were correlated to the theoretical studies and the construction works that use this material. In addition, we sought to emphasize the qualities of the material regarding sustainability, renewableness, resistance and high species diversity. In Brazil bamboo is not yet widely used, but in countries such as China, Indonesia and Japan there are relevant works produced with the material. A barrier to the use of bamboo is the lack of specific rules for the material, but the recent trend is that more research on the material is developed, contributing to the dissemination of knowledge of the material, as well as the feasibility and application in works.

**Keywords:** Bamboo; Construction; Construction;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Representação da quantidade de energia necessária para produzir uma tonelada de material
- Figura 2 – Distribuição geográfica do bambu
- Figura 3 – Utilização de bambu em andaimes
- Figura 4 – Seção de um colmo de bambu e suas denominações
- Figura 5 - Seção transversal do colmo de *D. asper*
- Figura 6 – Processo de fabricação de BLC na China
- Figura 7 – Restaurante Ting XI Bamboo, China
- Figura 8 – Sangkep, Indonésia
- Figura 9 – Maquete do projeto de Sangkep
- Figura 10 – Vista lateral da Millenium Bridge em Bali, Indonésia
- Figura 12 – Bambu Indah Eco Resort
- Figura 11 – Arcos da passarela Millenium Bridge em Bali, Indonésia
- Figura 13 – Bambu Indah Eco Resort
- Figura 15 – Sharma Springs Residence
- Figura 14 – Bambu Indah Eco Resort
- Figura 16 – Túnel de acesso à residência
- Figura 17 – Interior da residência
- Figura 18 – Centro Cultural Max Feffer – Pardinho, São Paulo
- Figura 19 – Cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro
- Figura 20 – Corte transversal do projeto da cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro
- Figura 21 – Corte longitudinal do projeto da cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro
- Figura 22 – Tekôa, no Ekôa Park em Morretes, Paraná
- Figura 23 – Estrutura do espaço Tekôa
- Figura 24 – Projeto do pavilhão do Sesc, em Paraty
- Figura 25 – Pavilhão do Sesc, em Paraty
- Figura 26 – Gazebo Sombra Verde em Singapura
- Figura 27 – Detalhe construtivo das ligações em PLA e bambu
- Figura 28 – WarkaWater em comunidade na Etiópia

Figura 29 – WarkaWater 2

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Espécies prioritárias de bambu.

Tabela 2 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guadua Angustifolia*.

## LISTA DE SIGLAS

AIRLAB	Laboratório de Pesquisa de Inteligência Arquitetônica
BLC	Bambu Laminado Colado
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
END	Ensaio Não Destrutivo
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LBL	Laminated Bamboo Lumber
NMBA	National Mission On Bamboo Applications
PVC	Policloreto de Vinila
PUC	Pontifícia Universidade Católica
RBB	Rede Brasileira do Bambu
USGBC	United States Green Building Council
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>2</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>3</b>
<b>4 O BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1 Contexto da indústria de construção civil</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2 Aplicação do bambu na construção civil</b> .....	<b>7</b>
<b>4.3 Espécies</b> .....	<b>8</b>
<b>4.4 Características gerais</b> .....	<b>11</b>
4.4.1 Características físicas .....	11
4.4.2 Características mecânicas .....	14
<b>4.5 Países e suas utilizações</b>	
Erro! Indicador não definido.	
4.5.1 China .....	17
4.5.2 Indonésia .....	19
4.5.3 Brasil .....	26
<b>4.6 Tecnologia e inovação</b> .....	<b>34</b>
4.6.1 Conectores impressos em 3D .....	34
4.6.2 WarkaWater .....	35
<b>5 DURABILIDADE</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1 Secagem</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2 Tratamentos</b> .....	<b>39</b>
5.2.1 Tratamentos Não Químicos .....	40
5.2.2 Tratamentos Químicos .....	41
5.2.3 Tratamento Por Pressão .....	43
<b>6 ENSAIOS</b>	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
<b>6.1 Ultrassom</b>	
Erro! Indicador não definido.	
<b>6.2 Frequência de ressonância</b>	
Erro! Indicador não definido.	

### 6.3 Moiré de Sombra

Erro! Indicador não definido.

<b>7 METODOLOGIA</b>	<b>DE</b>	<b>PESQUISA</b>
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.		
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....		<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....		<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da globalização e a crescente urbanização das cidades, acompanhados pelo crescimento populacional, a indústria da construção civil tem crescido vertiginosamente nos últimos anos. Adjacente ao desenvolvimento do setor, surgem debates quanto à sustentabilidade no crescimento da indústria. O setor é o maior consumidor individual de recursos naturais, gera poluição, desperdiça energia para a produção e transporte de materiais e é responsável pelo grande acúmulo de entulho produzido nos canteiros de obra (JOHN, 2002). Dado este cenário, faz-se necessário o estudo de novas técnicas construtivas e novos insumos, a fim de contribuir para um desenvolvimento mais sustentável do setor.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi então posto como aquele que: satisfaz às necessidades das gerações atuais, sem hipotecar a capacidade das gerações futuras de satisfazer às suas próprias (CASSA, 2001). Para atender o mercado e a crescente demanda por recursos, o bambu se apresenta como um material extremamente renovável, de baixa energia de produção e beneficiamento; portanto um material que atende às necessidades humanas sem causar impactos ambientais negativos.

Apesar de amplas possibilidades, ainda é baixo o nível de utilização do bambu no Brasil, em virtude da falta de conhecimento tecnológico e científico especificamente desenvolvido nesta área, além de visão estratégica de exploração econômica racional (BERALDO; AZZINI, 2004), porém novos estudos buscam analisar e ressaltar as potencialidades do bambu, a fim de transformar essa realidade.

Uma de suas vantagens é a grande variabilidade de espécies, sendo cada uma destas indicadas para fins específicos na construção e em diversos outros setores. Essa grande variedade de espécies torna o bambu uma excelente matéria prima para quaisquer fins, sejam eles estruturais ou arquitetônicos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Explorar conhecimentos acerca do uso de bambu na construção civil, bem como questões técnicas, estruturais e culturais sobre o uso do mesmo. Além disso, explorar suas características e propriedades, demonstrando assim a importância deste material para um desenvolvimento eco eficiente do setor da indústria civil.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar materiais alternativos para a construção civil quanto à sustentabilidade em matérias primas e técnicas construtivas;
- Identificar as propriedades físicas e mecânicas do bambu;
- Sistematizar informações sobre usos e aplicações do material na indústria da construção civil;

### 3 JUSTIFICATIVA

A história da indústria da madeira é marcada pelo aumento do seu consumo e pelo processo contínuo de seu ajustamento em face às mudanças de suprimentos de recursos florestais sempre crescentes em mercados competitivos (APAWOOD, 2005) e também marcada pela diminuição da oferta e pelo encarecimento da madeira maciça (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, 2008).

Youngquist et al. (1993) expõe variados materiais lignocelulósicos disponíveis em diversos lugares do mundo, eficaz para compor com a madeira ou substituí-la na produção de painéis e elementos estruturais, capaz de atender as demandas do mercado com qualidade, como é o caso do bambu.

Florestas nativas de madeira levam cerca de 50 anos entre seu plantio e colheita, enquanto que o bambu pode ser colhido com 3 anos de plantio. Além disto, o bambu apresenta diversas vantagens sobre o uso da madeira, como propriedades mecânicas e qualidade de fibra superiores às diversas espécies de madeira incluindo o pinus e o eucalipto (KUSAK, 1999) e maior produtividade por hectare se comparado ao pinus e eucalipto (OSTAPIV, 2007).

Neste contexto, o presente trabalho visa expor as propriedades do bambu e suas diversas possibilidades de utilização, a fim de disseminar conhecimentos acerca desta planta que tem potencial altamente sustentável na indústria da construção civil, seja como substituta de matérias primas industrializadas ou compondo com estas.

## 4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A princípio, foi realizada uma revisão sistemática integrativa. Este método consistiu em estudar experimentos e análises anteriores e sintetizar seus resultados para estabelecer uma evidência científica. Desta forma, com a combinação de dados experimentais e teóricos, estabeleceram-se novas análises sobre o tema e sobre o objeto de estudo.

Durante a pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as propriedades do bambu, bem como suas características físicas e mecânicas. Foram analisadas e comparadas diversas espécies do bambu, sendo cada uma delas ideal para um fim específico na construção civil.

Além disto, analisaram-se usos e aplicações do material em diversas obras ao redor do mundo. Visto sua ampla utilidade, percebemos seu uso como estrutura principal (arcos, vigas e pilares), bem como em estrutura de apoio para construções (como por exemplo, em andaimes).

Foram estudadas também na literatura técnicas de tratamento para aumentar a durabilidade do bambu, visto que este é um material natural e tende a degradar-se caso não seja tratado. A questão da degradação é tanto um ponto negativo quanto positivo – representa a sustentabilidade desta matéria prima.

Analisou-se também a sustentabilidade do bambu, bem como sua viabilidade de aplicação no setor da indústria civil, dado o alto consumo de recursos naturais causada pelo setor.

## 5 O BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

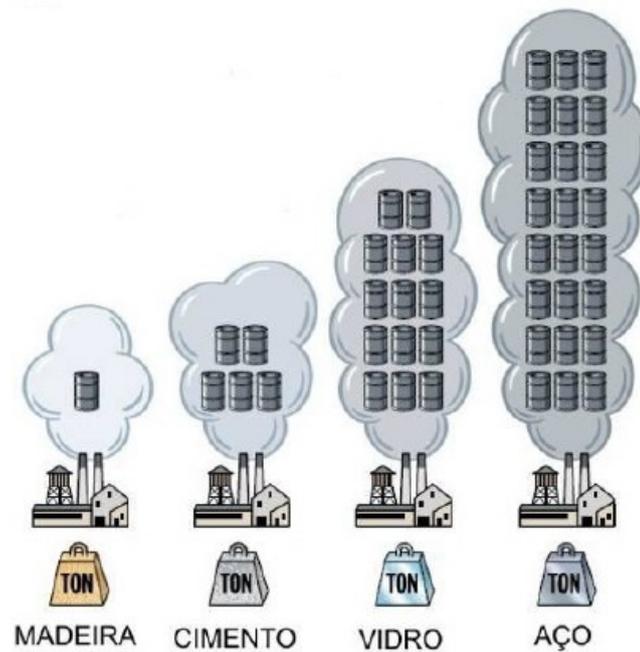
### 5.1 Contexto da indústria de construção civil

A urbanização em larga escala da sociedade e a necessidade de atender às crescentes demandas por moradia contribuíram para o crescimento do setor da indústria civil. Em contrapartida, esse crescimento apresenta pontos negativos como a utilização irracional de recursos renováveis e não renováveis. Para SJÖSTROM (apud JOHN, 2000) a construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta. Além disto, o setor da construção civil é o maior gerador de resíduos sólidos urbanos, cerca de 62% da massa total (FERNANDEZ et al, 2015).

Visto isso, a utilização do bambu como matéria prima é uma viável alternativa pois este é um material natural, de baixo custo, alta qualidade e altamente renovável. Para atingir sua altura máxima, que pode ser de até 30 m, a planta leva somente de 3 a 6 meses, o que a torna uma das plantas com a maior taxa de crescimento do planeta (PEREIRA e BERALDO, 2008).

Liese (1985 *apud* Nunes, 2005) relata que devido à sua característica específica de desenvolvimento vegetativo, o bambu se diferencia das demais espécies como rápido sequestrador de carbono, sendo o recurso natural e florestal que menos leva tempo para ser renovado. Na figura 1 vê-se uma representação da quantidade de energia necessária para produção de diversos materiais. Por analogia à madeira, nota-se que o bambu é um material que consome baixos níveis de energia para ser produzido e processado.

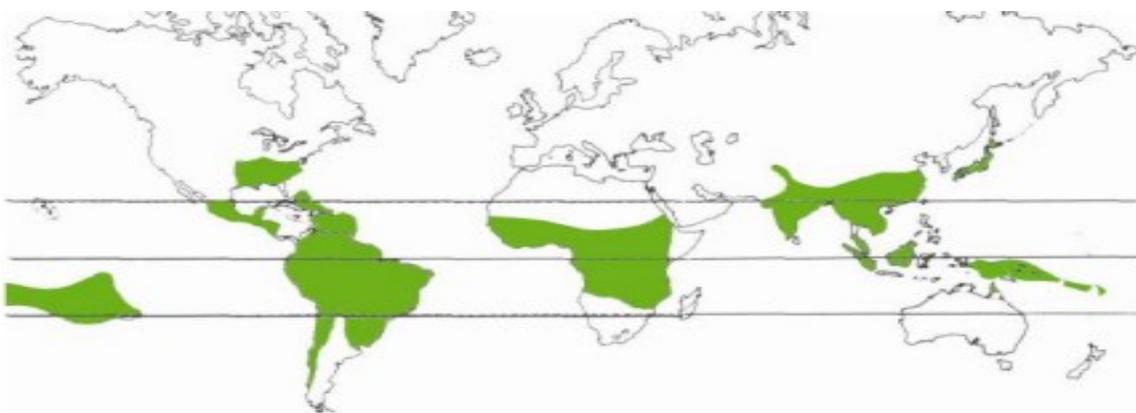
**Figura 1 – Representação da quantidade de energia necessária para produzir uma tonelada de material.**



Fonte: Área de proteção ambiental - APAWOOD (2005)

Além disto, por apresentar fácil adaptação climática e em diferentes tipos de solo, o bambu se desenvolve em diversos continentes, mas pode ser observado preferencialmente em locais de clima tropical como no hemisfério sul. Na figura 2, pode-se observar a sua distribuição geográfica.

**Figura 2 – Distribuição geográfica do bambu.**



Fonte: López (2003)

## 5.2 Aplicação do bambu na construção civil

Nos primórdios, seu uso era associado à fabricação de arcos e flechas, embarcações e utensílios domésticos, porém esses usos se modificaram com o aprimoramento das técnicas para utilização do material e maior conhecimento das suas propriedades (SILVA, 2005). Na figura 3, pode-se observar uma utilização ainda rudimentar do bambu para fabricação de andaimes na construção civil, em Hong Kong na China.

**Figura 3 – Utilização de bambu em andaimes.**



**Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).**

Com o aperfeiçoamento do seu uso, suas características, tais como flexibilidade e altas resistências, passaram a ser mais exploradas. Desta maneira, esta matéria prima passou a ser utilizada em construções, podendo ser empregado como elemento estrutural, tanto em pilares e treliças, como até mesmo em pontes (CLARK; LONDONO; RUIZ-SANCHEZ, 2015).

No Brasil, existem inúmeras espécies de bambu, atestadas por alguns pesquisadores (GHAVAMI e MARINHO, 2002), como material de grande potencial,

baixo custo, fácil de ser trabalhado, caracterizando-se, portanto, como uma opção viável, além de se tratar de recurso auto-sustentável.

Algumas limitações quanto à sua geometria, variações dimensionais e durabilidade dificultam a utilização do material, porém estudos vêm fomentando o seu uso, através da confirmação do grande potencial econômico e social desta matéria prima (SILVA, 2005). Para Sharma *et al.* (2014), a vantagem de se processar o bambu é padronizar as seções para elementos estruturais e conexões. O bambu na sua forma natural é um material leve e de resistência que pode ser comparada ao aço e ao concreto, contudo sua aplicabilidade é restringida por ser um material de seções e propriedades heterogêneas.

Na Ásia, Colômbia, e Equador, existe produção em grande escala de “parquetes”, painéis, móveis, papel e tecidos provenientes do bambu. Na Índia, China e Colômbia esta planta está inclusa em vários programas governamentais de fomento e pesquisas relacionados ao seu cultivo e aproveitamento industrial (SILVA, 2005).

A produção recente de um derivado do bambu chamado Plywood (compensado de bambu), estendeu sua utilização para pisos, paredes e coberturas; ampliando assim o mercado. Segundo Rivero *et al.* (2003), os painéis mais utilizados e produzidos são: contraplacados, painéis de partículas de bambu e o laminado colado de bambu, também conhecido na China como LBL (*Laminated Bamboo Lumber*).

### 5.3 Espécies

O bambu é uma planta nativa das regiões das Américas, Ásia, África e Oceania, sendo introduzida na Europa. A inserção deste no contexto nacional se deu por meio de imigrantes advindos de vários continentes, justificando o grande número de espécies encontradas no país. As espécies *Dendrocalamus* e *Bambusa* são de origem asiática e foram trazidas pelos imigrantes portugueses e a espécie *Phyllostachys*, originária da China, foi trazida por imigrantes asiáticos. Apenas algumas espécies de bambu ocorrem naturalmente no Brasil, sendo denominadas por taboca (BERALDO *et al.*, 2003).

Os bambus pertencem à família das gramíneas (Poaceas) e a subfamília Bambusoideae que por sua vez se divide em dois grandes grupos: bambus

herbáceos e os bambus lenhosos (SILVA, 2005). Os herbáceos são mais utilizados como plantas ornamentais, e apresentam porte inferior. Já os lenhosos são de porte mais elevado, assemelhando-se com as árvores em termos de morfologia como raízes, colmo, formação de galhos e folhas, propriedades e resistência. No Brasil a maior parte das espécies nativas é ornamental, e a grande maioria das espécies aqui plantadas tem origem oriental. A principal exceção é o *Guadua*, originário da América, e que ocorre na Amazônia (Acre e Pará), no Pantanal e em Foz do Iguaçu (PEREIRA E BERALDO, 2008). Outras denominações para esses grupos são entouceirantes (para os lenhosos), já que estes se apresentam agrupados em moitas e se desenvolvem em regiões tropicais; e alastrantes (para os herbáceos), que se apresentam individualmente e desenvolvem-se em regiões de clima temperado.

A grande variedade de gêneros de bambu torna sua identificação uma difícil tarefa, pois a espécie possui um ciclo de floração irregular. Para auxiliar na caracterização de gêneros e espécies, conta-se com ferramentas modernas de análise comparativa de DNA por meio de marcadores moleculares e da comparação do material coletado com banco de dados genômicos.

Londoño (2004) relata um total de 90 gêneros e 1.200 espécies de bambus distribuídos pelo mundo. Já Kumar (2002) relata a existência de cerca de 1575 espécies; Kaley (2000), 1200 espécies distribuídas em 75 gêneros e a NMBA, (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2004), 111 gêneros e 1600 espécies. As principais espécies e suas possíveis aplicações podem ser observadas na tabela 1, na qual foram classificadas pelo INBAR (1998) de acordo com critérios de plantio, colheita e processamento.

**Tabela 1 - Espécies Prioritárias de Bambu**

Espécie	Alturas dos Colmos (m)	Diâmetro dos Colmos (cm)	Espessura das Paredes (cm)	Comprimento do Entrenó (cm)	Usos
<i>Bambusa balcooa</i>	20 a 24	8 a 15	2 a 2,5	30 a 45	Construções, casas e pontes
<i>Bambusa bambos</i>	15 a 30	15 a 18	1 a 1,5	20 a 40	Estrutural, material de construção e placa de bambu (Plybambou)
<i>Bambusa blumeana</i>	15 a 25	6 a 10	0,5 a 3	25 a 60	Construção, laminado de bambu
<i>Bambusa Tulda</i>	até 30	5 a 10	0,4 a 0,7	40 a 70	Estruturas de madeira de qualidade média, construção
<i>Bambusa vulgaris</i>	8 a 20	5 a 10	0,7 a 1,5	25 a 35	Construção, andaimes
<i>Dendrocalamus asper</i>	20 a 30	8 a 20	1,1 a 2	20 a 45	Estrutural, útil para construção pesada em comunidades rurais
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	24 a 60	10 a 20	2,5	40 a 50	Bambu gigante, utilizado na indústria de laminado colado
<i>Gigantochloa apus</i>	8 a 30	4 a 13	1,5	36 a 45	Múltiplos usos, como ripas e laminados, materiais de construção e fins estruturais
<i>Gigantochloa levis</i>	até 30	5 a 16	1 a 1,2	45	Estrutural
<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>	7 a 30	5 a 13	2	35 a 45	Estruturas de madeira, materiais de construção, tubulações de água
<i>Melocanna bacifera</i>	10 a 20	5 a 7	0,5 a 1,2	20 a 50	Coberturas em construções de casas

**Fonte: INBAR (1998).**

## 5.4 Características gerais

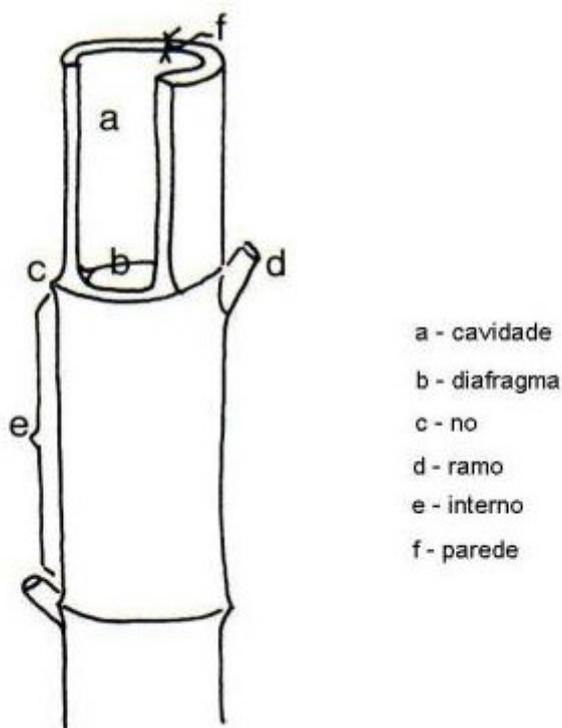
O cultivo e manejo do bambu apresentam diversas vantagens, dentre elas pode-se destacar: a rapidez no desenvolvimento (UEDA, 1987); baixo custo de manejo e investimento em capital (REUBENS, 2010); não necessita do replantio, pois na mesma touceira produz novos colmos (KIGOMO, 2007); capacidade de propagação e regeneração (KIGOMO, 2007); resistência, pois consegue se desenvolver em solos de baixa fertilidade e climas adversos (REUBENS, 2010).

Além disto, sua disponibilidade local pode ainda gerar trabalho e renda aos moradores de regiões rurais onde o material pode ser encontrado, auxiliando o desenvolvimento destas regiões (CLARK; LONDONO; RUIZ-SANCHEZ, 2015).

### 5.4.1 Características físicas

O bambu é constituído de uma parte subterrânea, que são os rizomas, e uma parte aérea, que são os colmos, folhas e ramificações. Em seu habitat natural pode crescer a partir de sementes ou rizomas (JANSSEN, 2000). Os rizomas reproduzem-se espontaneamente entre si e encontram-se conectados em um único ponto. Desta maneira há uma interconexão em que todos os indivíduos deste grupo são descendentes (clones) do rizoma primordial, e até certa altura são interdependentes. É do rizoma que partem os colmos, parte aérea do bambu que pode ser vista na figura 4, caracterizada por seu formato oco, cilíndrico e agrupado em entrenós. A distância dos entrenós e dos diâmetros internos e externos da parede do colmo (f) variam de acordo com a espécie e região em que se encontra o plantio. Os diafragmas (b) são anéis que interligam os entrenós e são responsáveis por evitar a flambagem lateral do tubo.

Figura 4 – Seção de um colmo de bambu e suas denominações.



Fonte: Janssen (2000)

#### 5.4.1.1 Teor de umidade

De acordo com Janssen (2000) o bambu apresenta propriedades mecânicas diretamente influenciadas pelo teor de umidade do colmo. Essas propriedades dependem principalmente do teor de fibras que é o fator responsável por sua resistência, além de depender da densidade e idade do colmo. Logo, a colheita e secagem corretas influenciam positiva ou negativamente nos resultados de resistência do bambu, portanto são importantes alguns cuidados no manuseio do material.

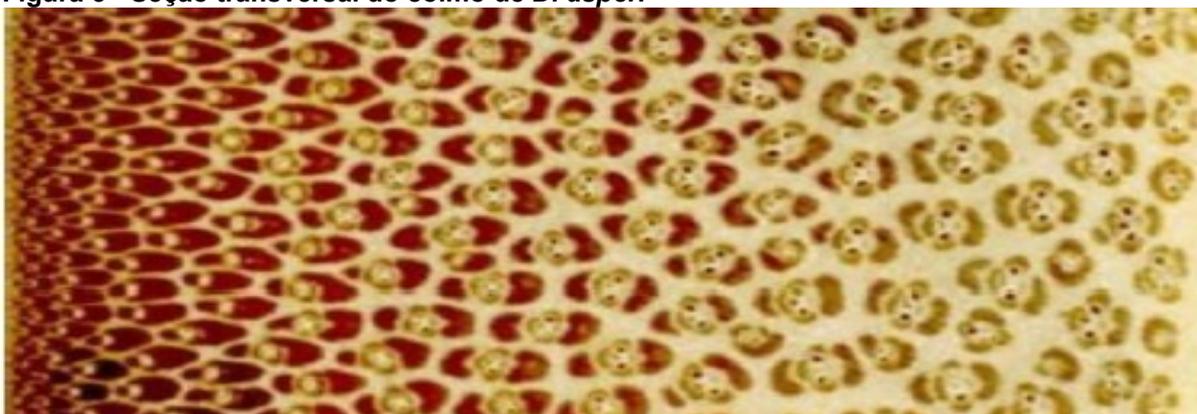
Durante a colheita do bambu é importante seguir algumas regras, que iniciam na escolha da estação propícia para a sua colheita (quando a sua concentração de amido é menor), escolha correta da espécie, armazenagem das varas em lugar seco e sem contato direto com o solo, além dos cuidados durante o transporte (JANSSEN, 2000).

Após o corte do colmo é necessário um período de um a quatro meses de secagem ao ar, para que sua umidade fique entre 10 e 15%, reduzindo sua massa e melhorando suas propriedades mecânicas (RIVEIRO e BERALDO, 2003).

#### 5.4.1.2 Densidade

Os valores de densidade no colmo do bambu variam de acordo com a região da parede do mesmo e tem efeito significativo na sua resistência. Segundo Azzini e Filho (1987), as regiões de maior densidade são a parte externa e o topo de um colmo. Isso se justifica, pois nas partes internas e na base há um maior percentual de tecido parenquimatoso e conseqüentemente, menor percentual de fibras e tecidos condutores, responsáveis pela densidade do material. A diferença entre as densidades das partes interna e externa tendem a diminuir no ápice do colmo, quando há uma maior presença de fibras. A diferença entre os tecidos na parte externa e interna de uma parede pode ser notada na figura 5, na qual a parte mais densa se caracteriza por ser mais escura e de feixes menos espaçados.

**Figura 5 - Seção transversal do colmo de *D. asper*.**



Fonte: Geroto (2014)

Outros fatores que influenciam a densidade de um colmo são a umidade, o clima e a temperatura da região em que se localiza a touceira. Quanto mais úmido, tropical e quente é a região, maior será a quantidade de tecido parenquimatoso e conseqüentemente, menor a densidade. Em condições de seca, clima árido e temperatura baixa, há uma menor presença de tecido parenquimatoso e uma maior presença de feixes vasculares, resultando em uma maior densidade do colmo.

#### 5.4.1.3 Variações dimensionais

O bambu começa a se retrair desde o início da secagem, e a higroscopicidade dos extrativos presentes nas células de parênquima é a principal responsável pela absorção de água pelo colmo seco (LIESE 1985 apud PEREIRA E

BERALDO, 2008). O bambu apresenta variações dimensionais acentuadas quando é sujeito a variação em seu teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras do ar (em torno de 20%) (PEREIRA E BERALDO, 2008). As dimensões das espécies possuem variedades que podem ser aproveitadas comercialmente pelo porte e espessura do colmo, como é o caso da espécie *Dendrocalamus giganteus* (PEREIRA, 2006).

Para Mahdavi, Clouston e Arwade (2012), quando se expõe o bambu a processos industriais buscando resolver inconformidades geométricas e de ligações, identificam-se problemas quanto à custo, mão de obra especializada e equipamentos sofisticados.

#### 5.4.1.4 Condutividade térmica

A condutividade térmica do bambu para uma mesma transmissão de calor é 15% menor do que para a madeira com as mesmas condições de umidade. Para uma transmissão de calor longitudinal, a condutividade é 25% menor. (GHAVAMI E MARINHO, 2001). Isso se deve ao fato de que o interior do colmo é oco, permitindo assim maior isolamento entre as camadas internas e externas deste. Do ponto de vista construtivo isto é uma vantagem, pois proporciona conforto térmico aos usuários de uma construção de bambu conforto térmico.

#### 5.4.2 Características mecânicas

Moizés (2007) relata diversos problemas na determinação das características mecânicas dos colmos, pois o bambu foi erroneamente considerado uma espécie de árvore. Geralmente, não se considera que o bambu é uma gramínea gigante que possui resistência mecânica variável ao longo do colmo (da base até o topo) e transversalmente na parede do colmo. O bambu se apresenta como um material anisotrópico (PEREIRA E BERALDO, 2008), ou seja, seu comportamento é diretamente influenciado pelo eixo considerado nas diferentes direções principais.

Janssen (2000) ressalta ainda uma propriedade mecânica que é o maior potencial construtivo do material bambu que é sua massa específica aparente, sendo o valor médio encontrado de 700 a 800 kg/m<sup>3</sup>. Riveiro e Beraldo (2003)

encontraram ainda uma média de 810 kg/m<sup>3</sup> para o *D. giganteus* analisados sem a presença de nós e 880 kg/m<sup>3</sup> para as amostras com a presença de nós.

#### 5.4.2.1 Resistência à tração paralela

A resistência à tração paralela é a capacidade de suportar esforços de tração no eixo longitudinal das fibras, propriedade elevada dos bambus e que para algumas espécies pode atingir até 370 MPa. Isto faz do bambu um material atrativo para substituir o aço, principalmente quando for considerada a razão entre sua resistência a tração e sua massa específica aparente, relatada anteriormente. Na maioria das vezes a resistência a tração do bambu com ou sem nó, situa-se entre 40 e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 e 18 GPa (PEREIRA E BERALDO, 2008). O módulo de elasticidade para a tração se refere à deformação de alongamento do material.

Ferreira (2007) nos ensaios de tração paralela às fibras do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* obteve um resultado de 130 MPa, superando até importantes madeiras brasileiras utilizadas como elementos estruturais.

Nesse ensaio, a dificuldade encontrada é ponderar a pressão, pois quando muito elevada acaba por romper a ligação das garras com o corpo de prova e quando muito sutil, ocasiona o deslizamento do colmo.

#### 5.4.2.2 Resistência à compressão paralela

A resistência à compressão paralela às fibras é a capacidade do material de suportar esforços de compressão na direção longitudinal das fibras, porém em sentido contrário. O módulo de elasticidade do material se refere à deformação de encurtamento do material em relação às tensões de compressão aplicadas.

Para determinar o módulo de elasticidade devem-se realizar ensaios de compressão. Nestes ensaios, adere-se um sensor que mede as deformações (extensômetro) na parede do colmo. Porém, quando este é aderido próximo a um nó ou à camada externa, há variações na taxa de deformação do material. Geralmente a camada interna se deforma mais que a externa, pela maior presença de tecidos parenquimatosos na região; o que resulta em um valor de resistência nas camadas

externas de 2 a 3 vezes superior que a média da espécie, pois a camada interna interfere negativamente nos resultados.

O diagrama de deformação, em ensaio de compressão paralela, apresenta comportamento praticamente linear, com resistência à compressão paralela situando-se na faixa de 20 a 120 MPa e módulo de elasticidade à compressão paralela variando de 2,6 a 20 GPa (PEREIRA e BERALDO, 2008).

#### 5.4.2.3 Resistência à flexão

A resistência à flexão, ao contrário da resistência à compressão paralela e a resistência ao cisalhamento; não tem correlação quanto à altura dos colmos.

O ensaio de flexão no bambu gera tensões de compressão paralela à parte superior do colmo e tensões de tração paralela à parte inferior. Usualmente as tensões causadas pelos ensaios de flexão são suportadas nesta direção. Porém, o condicionante deste ensaio é a força de ligação entre suas fibras, já que durante o ensaio são aplicadas forças concentradas, o que pode gerar tensões perpendiculares às fibras. Desta forma, a falha do material se dá pela aplicação de tensões perpendiculares, na qual o bambu apresenta valores inferiores na resistência.

Outra característica notável do material é que este não sofre deformações permanentes quando tem cargas aplicadas durante longos períodos de tempo, ou seja, não apresenta flechas decorrentes de sua fluência, característica muito comum na madeira (JANSSEN, 2000).

#### 5.4.2.4 Resistência ao cisalhamento

O bambu por ser um material natural e, portanto heterogêneo, apresenta para as mesmas condições de ensaio (temperatura, umidade, idade dos colmos), valores discrepantes de resistência ao cisalhamento. De acordo com Ghavami e Marinho (2002), a resistência ao cisalhamento não difere ao longo do colmo, mas a presença de nós nos corpos de prova desfavorece sua resistência. Tal fato pode ser observado na tabela 2, na qual foram realizados experimentos com a *Guadua Angustifolia* em diversos trechos do colmo, com e sem a presença de nós.

**Tabela 2 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guadua angustifolia***

Parte do bambu	Tensão de cisalhamento $\tau$ (MPa)
Base sem nó	1,67
Base com nó	2,20
Centro sem nó	1,43
Centro com nó	2,27
Topo sem nó	2,11
Topo com nó	2,42
Valor médio	2,02
Variação	1,43 - 2,42

**Fonte: Adaptado de Ghavami e Marinho (2002).**

Além disto, Janssen (2000) afirma que o bambu possui maior resistência ao cisalhamento que a madeira maciça, característica importante para as ligações.

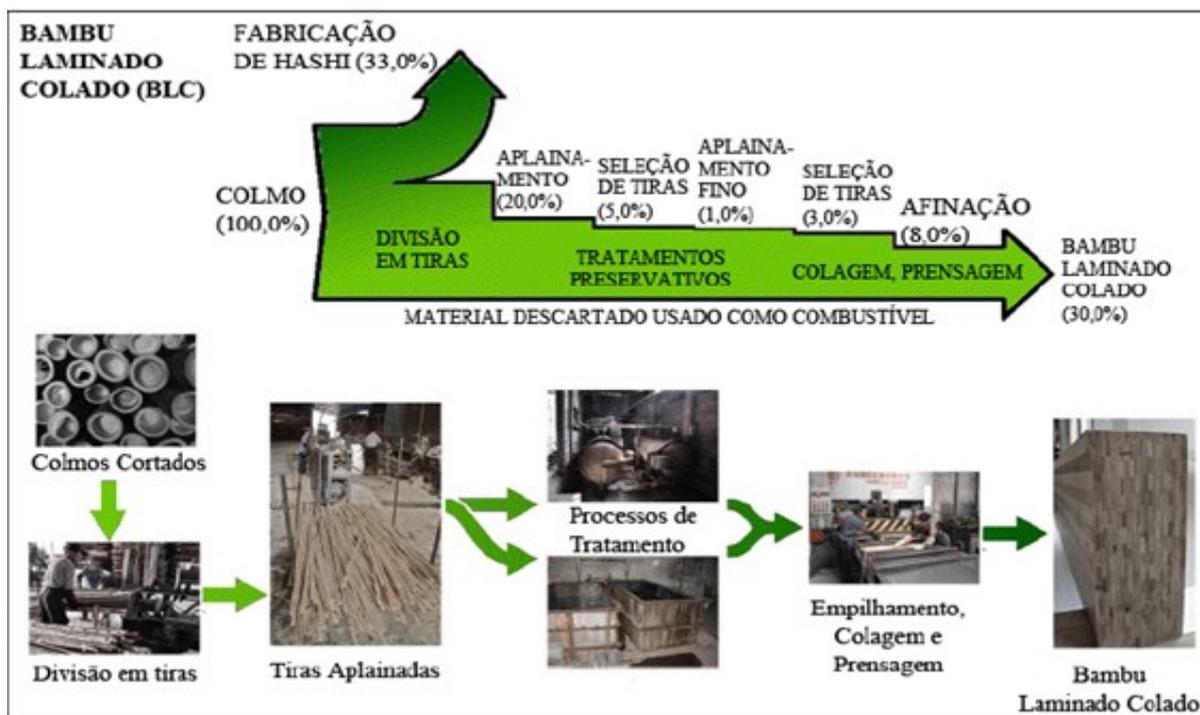
## 5.5 Utilização do bambu em diversos países

### 5.5.1 China

Apesar ser conhecido milenarmente e até fazer parte da cultura dos povos asiáticos, a indústria de transformação do bambu começou seu desenvolvimento nas décadas 50 e 60 com o Japão e Taiwan (China), mas a sua expansão internacional se deu nos últimos 20 anos, decorrente do aumento de preço da madeira devido à sua escassez (QISHENG, 2003).

Atualmente, a China é o país que detém o maior conhecimento sobre a industrialização de painéis à base de bambu e a maior produção em volume desse material (GARBINO et al., 2002). O processo de fabricação de placas de bambu na China começou na década de 1970 e tem aumentado sua produção por meio da industrialização no processo fabril (GANAPATHY et al., 1999). Este processo pode ser observado na figura 6.

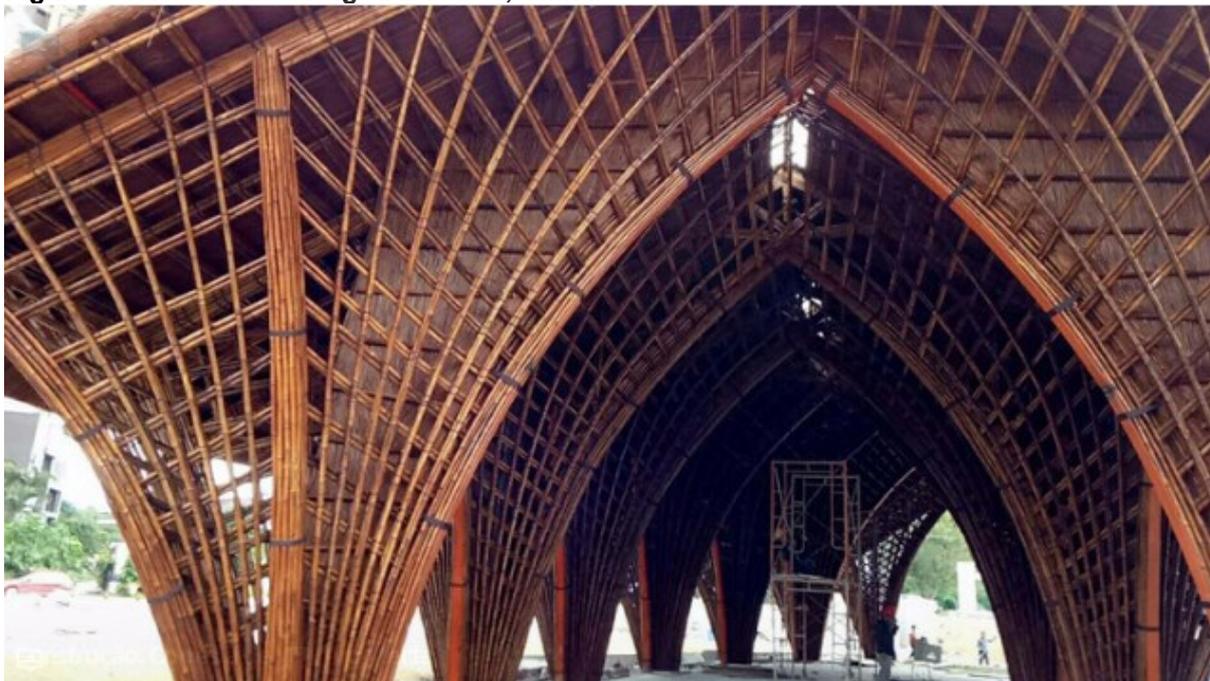
Figura 6 – Processo de fabricação de BLC na China.



Fonte: Sharma et al. (2014)

Além disto, o país tem grande representatividade no uso do bambu em sua geometria original em diversas obras, uma delas é o restaurante Ting Xi Bamboo, projetado pelo escritório vietnamita VTN Architects e executado em Xiamen. O projeto consiste em 14 colunas de bambu espaçadas a 8 metros de distância cada. Estas são responsáveis por sustentar uma cobertura de 14 metros de largura e 6,4 metros de altura máxima, a qual permite a passagem de luz. A execução do projeto pode ser observada na figura 7.

Figura 7 – Restaurante Ting Xi Bamboo, China.



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

### 5.5.2 Indonésia

O escritório de arquitetura indonésio Ibuku é um dos fomentadores da utilização do bambu para elementos estruturais, sendo a versatilidade do material apresentada em diversas obras projetadas pelo grupo. Dentre as mais famosas estão passarelas, residências e espaços de eventos.

No portfólio de suas obras está o Sangkep, projetado em 2007, um espaço de eventos polivalente com área de 330m<sup>2</sup> e capacidade para receber 300 pessoas. Este projeto é famoso por sua magnitude, pois seus arcos atingem um vão de 15 metros em média, tendo apenas 4 pontos de suporte. O esquema estrutural desse projeto é similar ao do Millenium Bridge - projeto de uma passarela em bambu também idealizado pelo Ibuku. Entre os pontos de apoio mais próximos, essa distância é cerca de 10 metros, e entre os pontos de apoio mais afastados, o vão superado pelos arcos de bambu chega a 20 metros. Esta realização só foi possível, pois o projeto se baseou na junção de bambus finos amarrados entre si e não utilizando apenas um colmo de bambu. Com esta estratégia, além de reduzir os custos, é possível atingir a curvatura necessária para vencer grandes vãos. Na figura 8 encontra-se o projeto já executado e na figura 9, a maquete final entre as 20 realizadas até atingir o modelo ideal.

Figura 8 – Sangkep, Indonésia.



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

Figura 9 – Maquete do projeto de Sangkep.



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

A passarela Millenium Bridge é outro marco entre as obras do grupo. Projetada em 2011, ela levou cerca de 8 meses pra ser construída. A passarela localiza-se em Bali, na Indonésia e faz parte da Green School. A passarela abrange uma área de 70m<sup>2</sup> e atravessa um vão de 23m sobre um rio.

**Figura 10 – Vista lateral da Millenium Bridge em Bali, Indonésia.**



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

**Figura 11 – Arcos da passarela Millenium Bridge em Bali, Indonésia.**



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

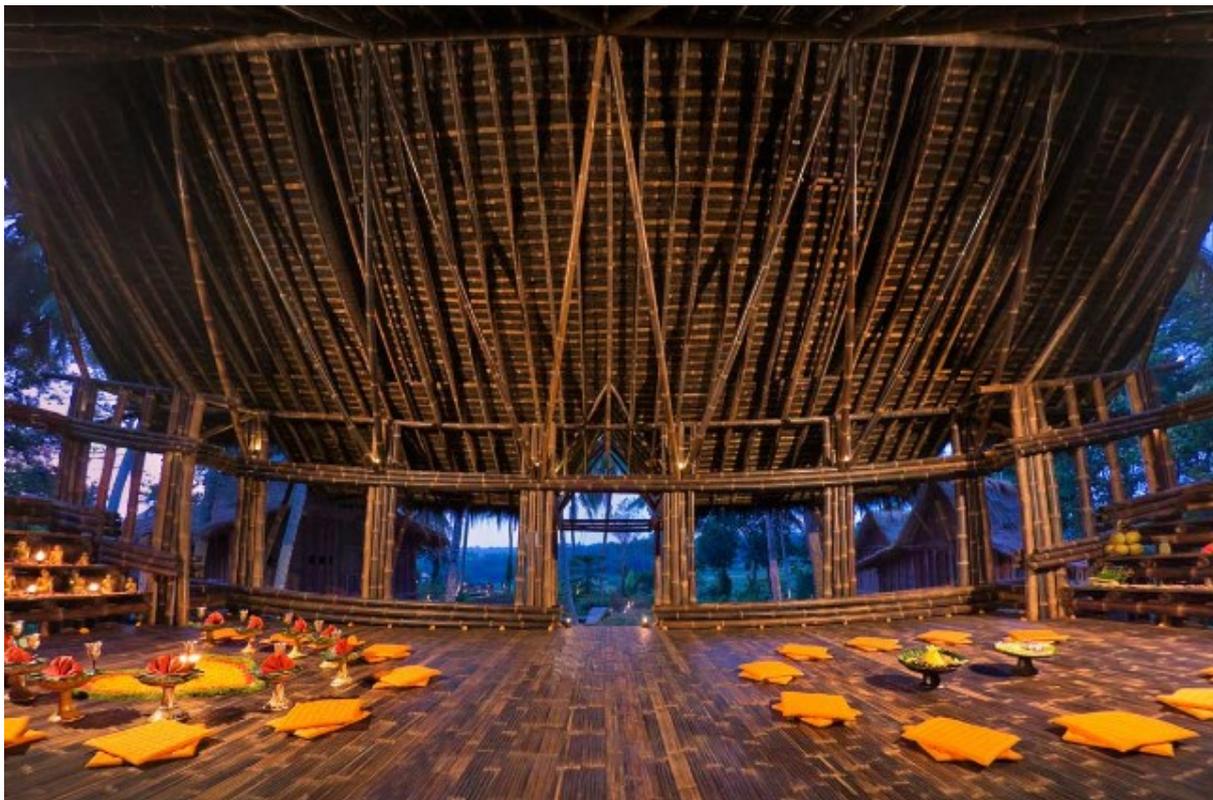
Os arquitetos indonésios utilizam-se do bambu por se tratar de um material com forte apelo natural, sustentável e que propicia uma experiência sensorial e visual diferente dos demais materiais. Uma das obras protagonizadas pelo material é um complexo todo em bambu no resort Bambu Indah, em Bali, Indonésia. As figuras do projeto elaborado e executado pelo escritório Ibuku podem ser vistas nas figuras 12,13 e 14.

**Figura 12 – Bambu Indah Eco Resort.**



Fonte: Adaptado de Ibuku (2019).

**Figura 13 – Bambu Indah Eco Resort.**



Fonte: Adaptado de Ibuku (2019).

**Figura 14 – Bambu Indah Eco Resort.**



Fonte: Adaptado de Ibuku (2019).

Outro projeto icônico do escritório Ibuku por utilizar o bambu como matéria prima principal, é o Sharma Springs Residence em Bali, Indonésia. A torre principal conta com 6 pavimentos (que pode ser visto na figura 15) e um túnel de entrada de 15 metros, executado em bambu, vide figura 16. A obra tem cerca de 750m<sup>2</sup> e levou 12 meses para ser construída.

**Figura 15 – Sharma Springs Residence.**



Fonte: Adaptado de Ibuku (2019).

**Figura 16 – Túnel de acesso à residência.**



Fonte: Adaptado de Green Village Bali (2019).

Esse projeto leva em consideração a versatilidade do bambu, que foi utilizado como matéria prima para estrutura, movelaria e decoração. Na figura 17 podemos ver o interior da torre.

**Figura 17 – Interior da residência.**



Fonte: Adaptado de Green Village Bali (2019).

### 5.5.3 Brasil

O Brasil conta com a maior diversidade e o mais alto índice de florestas com exclusividade de espécies de bambu em toda a América Latina – contando com 137 espécies (LONDOÑO, 2004). Porém, quando comparado à outros países da América Latina, como Equador e Colômbia, o Brasil ainda se encontra em desvantagem no que se trata da exploração e aceitação do uso de bambu.

Uma justificativa hipotética para tal fato é a forma como foi dada a colonização destes países. No Brasil, a colonização foi dada via Oceano Atlântico (sendo as espécies de bambu de elevado porte localizados à oeste) e nos países Colômbia e Equador a colonização foi dada via Oceano Pacífico, assim os colonizadores tiveram contato imediato com as construções em bambu de grande porte (*Guadua*). Desta forma, os colonizadores passaram a utilizar-se do bambu, apenas aprimorando as técnicas ensinadas pelos ancestrais.

Por outro lado, a comunidade científica brasileira tem visto grandes incentivos de organismos financiadores (CNPq, FAPESP, entre outros) em apoiar projetos que visam analisar as características do material e seus derivados e suas aplicações. Concomitantemente, órgãos institucionais fomentam o estudo de bambu. Em 2005, em Brasília, foi realizado o primeiro Seminário Nacional e inaugurado o primeiro edital do CNPq para estudar o bambu. Na segunda edição em 2008, no Rio Branco, constitui-se a Rede Brasileira do Bambu (RBB), que visa conglomerar estudos acerca do material. Em 2011 o governo federal sancionou a Lei Federal 12484, a qual incentiva o manejo sustentável e o cultivo de bambu. Em 2015, no III Seminário Nacional em Goiânia, foram apresentados resultados de pesquisas recentes sobre o uso de bambu estudando desde sua utilização na rede de tratamento de esgoto, até a aplicação em estruturas elaboradas e em novos materiais para construção. Outra conquista recente foi a filiação brasileira ao INBAR, rede que disponibiliza dados e importantes informações de apoio técnico.

No contexto brasileiro, a aplicação do bambu na construção tem seu viés voltado para a arquitetura, ambiente acadêmico e cultural. Seu uso como material estrutural em edificações ainda é uma realidade distante, dada a não normatização e aprofundamento técnico.

### 5.5.3.1 Centro Cultural Max Feffer

Um marco na construção brasileira no que se refere à sustentabilidade é o Centro Cultural Max Feffer, construído em 2008 na cidade de Pardinho, São Paulo. A obra é a primeira da América Latina a receber o selo de certificação para construções sustentáveis LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) na categoria Gold, emitida pelo USGBC (United States Green Building Council). O centro abriga as atividades culturais do Projeto Pardinho, o qual incentiva o desenvolvimento sustentável, econômico, ambiental e social da região; além de abrigar o Centro de Excelência do Bambu. Sendo assim, a obra possui caráter metalinguístico, por se tratar de uma edificação verde.

A construção, vista na figura 18, de área de 1651m<sup>2</sup> foi idealizada pelo Instituto Jatobá em parceria com o escritório Anima e conta com materiais como o eucalipto e bambu, presente na estrutura cobertura da edificação. A cobertura de cerca de 800m<sup>2</sup> com vão livre que alcança 11 m, foi construída com a espécie *Guadua chacoensis* e se divide em duas águas. Para sustentar a estrutura de cobertura, pilares e vigas de eucalipto roliço foram instalados e sobre esta, foram instaladas longarinas metálicas para receber telhas de PVC.

**Figura 18 – Centro Cultural Max Feffer – Pardinho, São Paulo.**

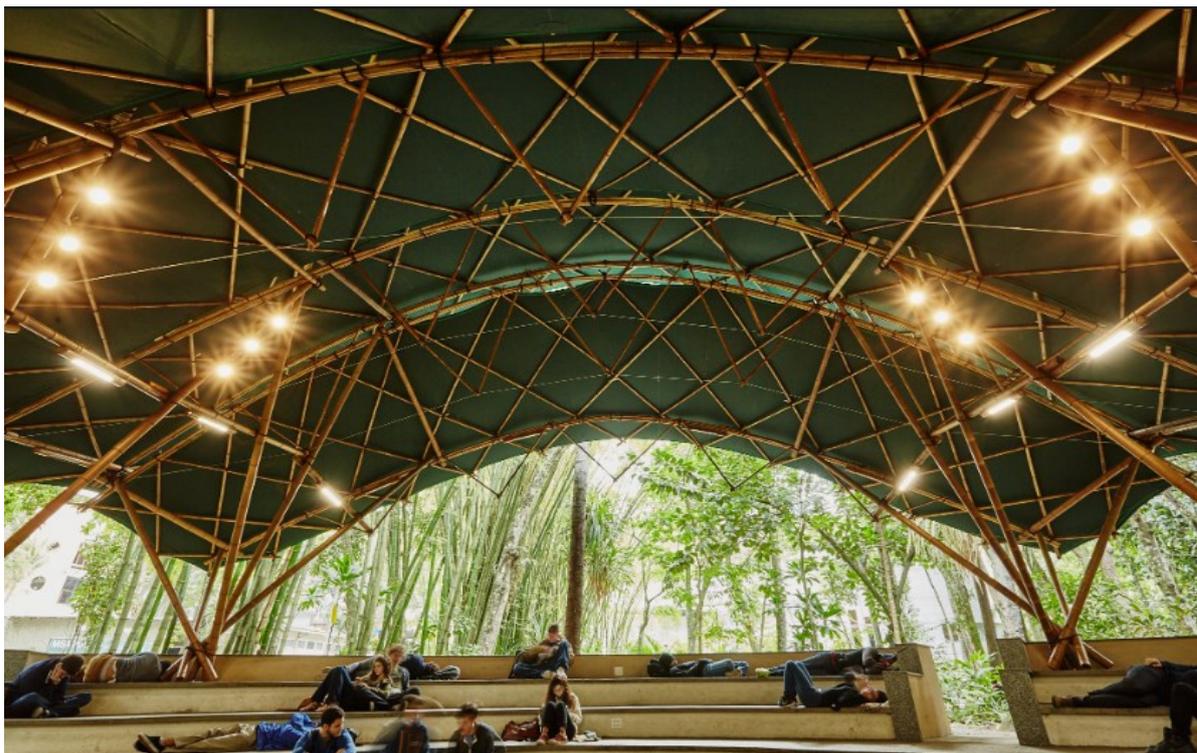


Fonte: Adaptado de FAU/USP (2019).

### 5.5.3.2 Anfiteatro PUC RIO

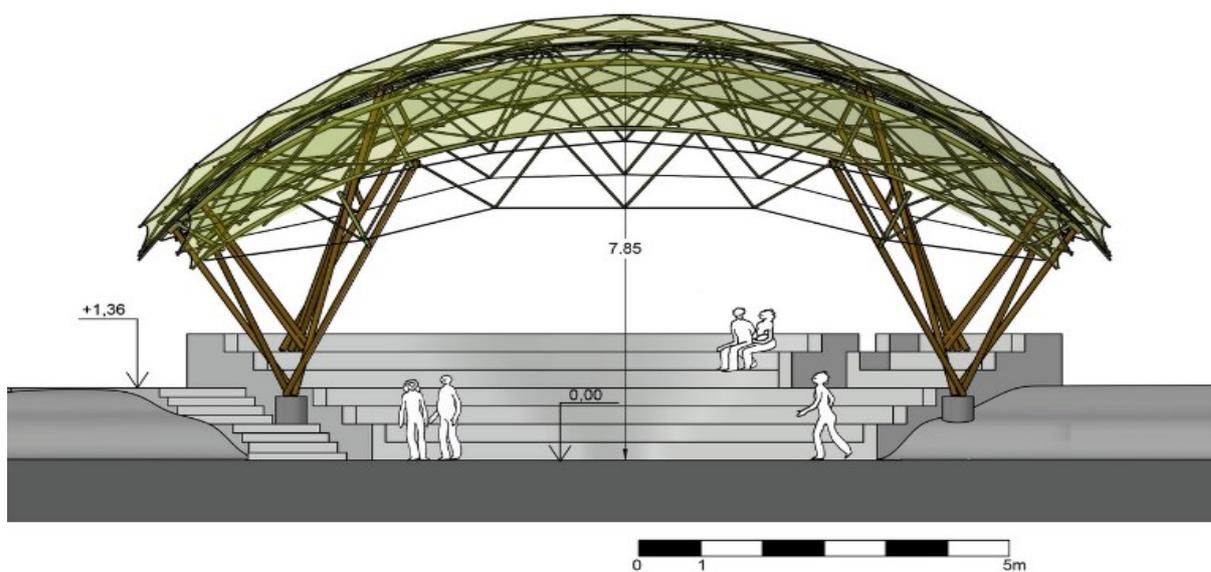
Uma das obras recentes – construída em 2014 - com o material é a cúpula do Anfiteatro Professor Junito Brandão, no campus da PUC, Rio de Janeiro; espaço de 17x12m que abriga uma área coberta de 200m<sup>2</sup>. A estrutura foi idealizada pelo arquiteto Carlos Pingarrilho e executada pela brasileira Bambutec, empresa de arquitetura e design de estruturas que presta serviços especializados em biomateriais. O projeto foi desenvolvido pelo método Form-finding, um método no qual o programa de computador busca a posição ideal para a qual as tensões estão em equilíbrio com as condições geométricas do material. Esta edificação conta com uma estrutura espacial híbrida, sendo o bambu presente em pilares autoportantes, bem como em arcos de flexão que sustentam a cobertura treliçada, também em bambu. Toda essa estrutura se ancora em bases de concreto, para evitar a umidade em contato com o solo. Nesta obra em especial a montagem foi realizada em 25 dias, utilizando-se de módulos pré-fabricados, sistemas tensionados e alavancas, dispensando a utilização de maquinários pesados como guindastes; contribuindo ainda mais para um processo seguro e de baixo impacto ambiental. Isso também foi possível pois a estrutura total pesa cerca de 1,4 toneladas, cerca de 7 kgf/m<sup>2</sup>. A estrutura, bem como seu projeto, podem ser vistos nas figuras 19, 20 e 21.

Figura 19 – Cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro.



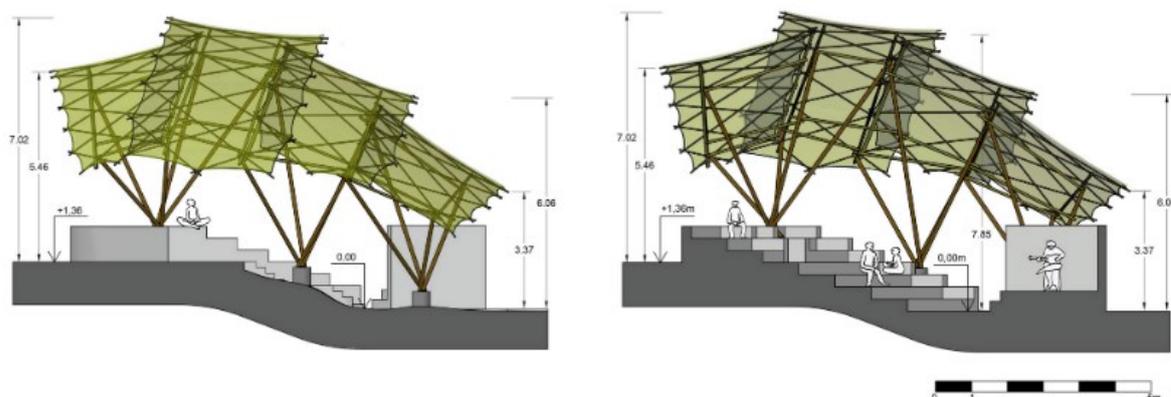
Fonte: Adaptado de Bambutec (2019).

Figura 20 – Corte transversal do projeto da cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro.



Fonte: Adaptado de Bambutec (2019).

**Figura 21 – Corte longitudinal do projeto da cúpula do Anfiteatro Prof. Junito Brandão – PUC, Rio de Janeiro.**



Fonte: Adaptado de Bambutec (2019).

### 5.5.3.3 Ekôa Park

Ekôa Park é um projeto localizado na Reserva Biosfera da UNESCO, em Morretes, no Paraná. Em um terreno de cerca de 232 hectares, em meio à mata atlântica, o parque tem como missão a conscientização ambiental, proteção dos recursos naturais e difundir informação, conhecimento e entretenimento.

Tekôa é uma área do parque que propõe um percurso ecológico aos visitantes, o qual leva a reflexões acerca de limitações de recursos, bem como a degradação do ecossistema. O Tekôa tem como pressuposto levar a prática da ecologia, buscar soluções de baixo impacto ambiental através de novas técnicas de construir e habitar. Além da bioconstrução, o Tekôa abriga projetos de gestão de resíduos, pesquisas sociais e ambientais, produção de alimentos, entre outros. O parque que pode ser visto na figura 22, abriga e integra diversas áreas e edificações, tais como lojas, restaurante, horta, agrofloresta, biocasa e um pavilhão de oficinas, no qual são realizados cursos, palestras e oficinas acerca do desenvolvimento sustentável.

Figura 22 – Tekôa, no Ekôa Park em Morretes, Paraná.



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

O projeto do Tekôa foi desenvolvido utilizando-se de matérias primas híbridas (naturais – como o bambu - e industrializadas), processos construtivos simples e de baixo custo. O projeto utilizou-se de elementos estruturais de bambu leves e finos da espécie *Phyllostachys Aurea*, esta muito abundante na região. A estrutura se baseia em três elementos: dois pilares e uma viga, que foram pré-fabricados com mão de obra local. Após a pré-fabricação, a estrutura foi transportada ao local e montada em apenas quinze dias. O componente estrutural forma uma “moldura”, componente este que se repete por diversas vezes, como pode ser visto na figura 23.

**Figura 23 – Estrutura do espaço Tekôa.**

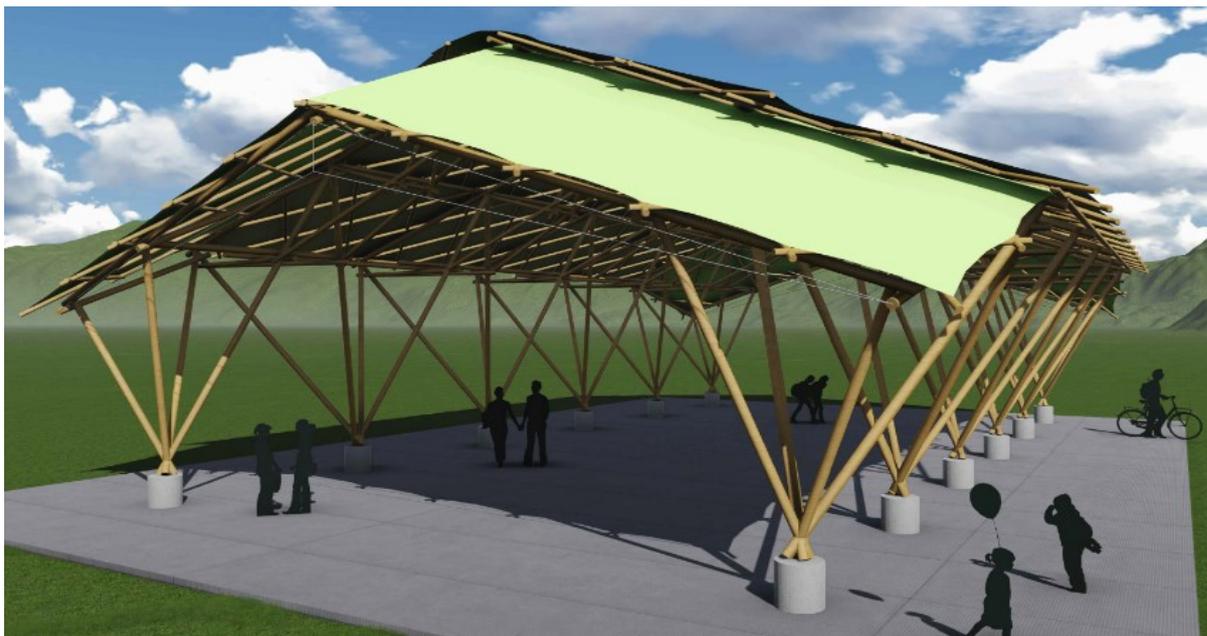


**Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).**

#### 5.5.3.4 Pavilhão do Sesc Paraty

Em Paraty, no Rio de Janeiro foi desenvolvido e executado o projeto de um pavilhão composto por bambu e biomateriais. Este pavilhão consiste em treliças de bambus tratados e cobertos por uma combinação de terra, fibras de algodão, PVA e resinas vegetais os quais tem por função impermeabilizar o material. A estrutura toda pesa cerca de 8 kg/m<sup>2</sup>, sendo caracterizada como uma estrutura ultraleve. Suas técnicas simplificadas de montagem e transporte favorecem o campo de experimentação de materiais de baixo impacto, consumo de energia e geração mínima de resíduos. Toda a estrutura passou por um processo de pré-fabricação, para após ser transportada e montada no local. O projeto pode ser visto na figura 24, enquanto que o pavilhão executado pode ser visto na figura 25.

**Figura 24 – Projeto do pavilhão do Sesc, em Paraty.**



Fonte: Adaptado de Bambutec (2019).

**Figura 25 – Pavilhão do Sesc, em Paraty.**



Fonte: Adaptado de Bambutec (2019).

## 5.6 Tecnologia e inovação

### 5.6.1 Conectores impressos em 3D

Uma inovação tecnológica que disseminou o uso do bambu em diversas aplicações foi a impressão em 3D. Esse tipo de impressão é feita por incremento de material seguindo modelos físicos computadorizados, sendo um método no qual não há desperdício de matéria prima. Além disto, o uso de impressoras 3D cresceu vertiginosamente nos últimos anos, tornando-se uma tecnologia altamente acessível e que possibilita materializar quaisquer modelos fictícios. Dentre diversas obras, há exemplos como o gazebo Sombra Verde em Singapura.

O Sombra Verde é um projeto de um gazebo desenvolvido pela AIRLAB (Architectural Intelligence Research Lab) em parceria com Universidade de Tecnologia e Design de Singapura (SUTD). Esse projeto incorpora à tradição asiática do uso de bambu a tecnologia de impressão em 3D. O projeto consiste em nós impressos em 3D que interligam as peças de bambu, criando uma estrutura com matérias primas naturais híbridas, como pode ser visto nas figuras 26 e 27.

**Figura 26 – Gazebo Sombra Verde em Singapura.**



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

Para possibilitar a execução da estrutura - levando em consideração as variações dimensionais-, os diâmetros e comprimentos das varas de bambu utilizadas foram digitalizados. Essa informação, posteriormente foi utilizada para calcular a capacidade de carga de cada uma das peças e posicioná-las na estrutura. As 36 peças de ligação foram fabricadas à base de PLA, um polímero natural à base de plantas. O pavilhão abriga uma área coberta de 55,25 m<sup>2</sup> e pesa menos de 150 kg, ressaltando a leveza do material e sua versatilidade.

**Figura 27 – Detalhe construtivo das ligações em PLA e bambu.**



Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).

### 5.6.2 WarkaWater

O bambu por se tratar de um material de fácil acesso e baixo custo, tornou-se matéria prima em estruturas para captação de água em países em desenvolvimento, chamadas de WarkaWater. Essa estrutura, que consiste em cinco módulos, pode ser montada sem o uso de ferramentas e energia elétrica, possibilitando assim o acesso

de comunidades isoladas ou rurais à água potável. A estrutura pode ser vista nas figuras 28 e 29.

**Figura 28 – WarkaWater em comunidade na Etiópia.**



**Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).**

O Warkawater é uma torre de captação de água, feita em bambu e composta por um revestimento plástico em seu interior. Esse revestimento tem como função condensar a umidade do ar e drená-la até um reservatório no interior da estrutura. A estrutura tem uma capacidade de gerar até 100 litros de água potável por dia. Uma segunda versão mais aprimorada foi modelada, a Warkawater 2, esta com capacidade de coletar orvalho, neblina e água de chuva.

**Figura 29 – WarkaWater 2.**



**Fonte: Adaptado de Archdaily (2019).**

## 6 DURABILIDADE

A durabilidade do bambu está intrinsecamente ligada à espécie, à utilização do material, bem como as condições do meio em que ele se encontra e o tratamento realizado no material. Segundo Liese e Tang (2015), o bambu sem tratamento exposto à intempéries tem durabilidade de 1 ano e quando tratado, sua durabilidade nas mesmas condições passa a ser de 5 anos.

Apesar de não ser considerado um material de alta durabilidade, a aplicação de tratamentos apropriados no bambu pode elevar consideravelmente a vida útil do mesmo, fazendo com que este possa durar por várias décadas (CLARK; LONDONO; RUIZ-SANCHEZ, 2015).

Os cuidados para uma durabilidade maior do bambu iniciam-se desde sua colheita, durante o processo de secagem, armazenamento, transporte e tratamento. Cada uma destas etapas tem influência determinante sobre a durabilidade do material.

Para a colheita do material, deve-se analisar a maturação dos colmos. Colmos mais maduros são mais resistentes à ataques de fungos e insetos, além de possuírem mais lignina, o que os torna mais resistentes para finalidade estrutural (peças como andaimes, vigas, pilares, tesouras, etc). A idade de maturação dos colmos varia de espécie para espécie, sendo divididas em ciclo curto e ciclo longo.

Para espécies como *B. vulgaris var. vittata*, *Bambusa tuldoides* e *Bambusa vulgaris*, espécies caracterizadas como de ciclo curto, a idade de maturação e colheita é de 3 anos. Já para as espécies de ciclo longo como *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia*, a idade de colheita é após os 6 anos.

### 6.1 Secagem

Durante a colheita do bambu é importante seguir algumas regras, que iniciam na escolha da estação propícia para a sua colheita (quando a sua concentração de amido é menor), escolha correta da espécie, armazenagem das varas em lugar seco e sem contato direto com o solo, além dos cuidados durante o transporte (JANSSEN, 2000).

Posteriormente deve-se realizar a secagem, processo que aumenta a resistência do material e impede que ocorram rachaduras provenientes da retração devido às tensões de contração – quando há uma rápida secagem do bambu. Além disto, uma secagem correta previne o material contra degradação por umidade.

Quando comparado à madeiras de densidade semelhante ( $750 \text{ kg/m}^3$ , aproximadamente), o bambu leva mais tempo para alcançar a umidade de equilíbrio com o meio. Isso se deve à disposição anatômica do bambu, no qual a água pode ser extraída na direção longitudinal dos vasos, já que a parede externa é uma camada praticamente impermeável.

A secagem natural dos colmos ocorre de maneira lenta e gradual e depende das condições atmosféricas locais, bem como o entabamento (posição) dos colmos. Recomenda-se a secagem em áreas ventiladas, para evitar o ataque de fungos (considerando o tempo que o processo de secagem leva para ocorrer). Já na secagem artificial, utiliza-se de um dispositivo que força a circulação de ar por meio de orifícios nos diafragmas do bambu. Esse processo reduz significativamente o tempo de secagem do material e se torna mais eficiente quando inverte-se o fluxo de calor.

## 6.2 Tratamentos

Além da degradação natural do material, alguns tipos de fungos podem atacar o material, alterando suas propriedades físicas e em alguns casos levando ao apodrecimento do material. Os fungos se desenvolvem em bambus com teor de umidade de 40 a 80%, sendo bambus com teor de umidade igual a 20% impróprios para o ataque de fungos. Este fator ressalta a relevância da secagem correta do bambu. Além dos ataques de fungos, o bambu também é susceptível ao ataque de insetos. Estes insetos penetram no bambu, afetando seus tecidos e consumindo o material, deixando furos no mesmo (LIESE E TANG, 2015).

Para prevenir os ataques anteriormente citados, há diversos tratamentos a serem realizados no bambu, sendo estes químicos ou não químicos. A escolha do tratamento ideal deve levar em conta a espécie do bambu, finalidade, entre outros.

## 6.2.1 Tratamentos Não Químicos

Dos tratamentos não químicos, dois são os mais comuns: o tratamento através da cura pela fumaça e a imersão em água. A cura pela fumaça protege o bambu ao entrar em contato com a fumaça, seus colmos criam substâncias tóxicas no exterior, protegendo ao ataque de fungos e insetos. Já no tratamento por imersão em água, o bambu reduz a quantidade de amido em seu interior, assim tornando-se menos propício ao ataque de carunchos (*Dinoderus minutus*).

### 6.2.1.1 Tratamento Por Imersão

O tratamento por imersão pode ser feito em água parada ou corrente, em um período de quatro a sete semanas e preferencialmente com os colmos amarrados entre si (pois sua leveza tende a flutuação do material). Segundo Sulthoni (1981), a imersão em água parada é mais eficiente que em água corrente, pois a degradação do amido (em água parada) se dá mais rapidamente que sua extração (em água corrente).

Este tratamento deve ser realizado logo após a colheita - visando a redução ou eliminação total do teor de amido existente no material. Ao imergir o bambu em água, ocorre a fermentação biológica anaeróbia (falta de oxigênio no meio) que reduz o teor de amido, minimizando o ataque de carunchos.

### 6.2.1.2 Tratamento Pelo Fogo

Assim como no tratamento por imersão, o tratamento com fogo deve ser realizado logo após a colheita. A finalidade deste tratamento é a mesma do citado acima, só diferindo na maneira com que é realizado. No tratamento pelo fogo, o amido é alterado quimicamente e a seiva é eliminada pela exsudação. Com a degradação do amido, este se torna muito menos viável ao ataque de fungos e insetos. Este tratamento é muito utilizado nas espécies *P. edulis* (Mossô) e *P. aurea* (Cana da Índia). Nota-se que após o tratamento, o bambu adquire cor parda e brilhante, devido ao derretimento da cera natural presente na casca do material.

### 6.2.1.3 Tratamento Pela Fumaça

No tratamento pela fumaça, o processo tem por finalidade a formação de substâncias tóxicas na superfície externa dos colmos do bambu, por meio da ação da fumaça e do calor. Além disso, o método visa degradar o amido presente no interior dos colmos. Este tratamento também deve ser realizado logo após a colheita e nele deve ser respeitado uma temperatura média de 120 a 150 °C durante 20 minutos, segundo Liese (1980), pois quando atingimos uma temperatura superior a esta, há a expansão do ar dentro dos colmos – podendo causar rachaduras nos mesmos.

### 6.2.2 Tratamentos Químicos

Os tratamentos químicos apresentam maior eficácia do que os não químicos e podem ser realizados com diversos materiais. A vantagem dos tratamentos químicos é que além de proteger contra os ataques de insetos e fungos, esses também aumentam a durabilidade do material.

Um tratamento químico ideal é aquele que tem uma concentração ótima sendo tóxico aos organismos invasores, porém sem ser tóxico aos seres humanos e animais. A aplicação do produto deve visar sua penetração no material, sem que evapore, ou seja, eliminado pela umidade proveniente do solo ou das chuvas. Os materiais utilizados nos tratamentos químicos podem ser oleosos, hidrossolúveis ou oleossolúveis.

#### 6.2.2.1 Tratamentos Químicos Oleosos

Dentre os materiais utilizados para o tratamento químico oleoso, o principal deles é o creosoto, podendo este ter origem vegetal ou mineral. Segundo Paes et. al (1998), o creosoto mineral obtido pela destilação do carvão mineral (hulha) é mais eficiente no tratamento da madeira, principalmente quando se trata sobre ataque de insetos. O ideal para o tratamento do bambu é o creosoto vegetal, obtido pela destilação do alcatrão.

O método utilizado para o tratamento com o creosoto é o método quente-frio. Este método é indicado principalmente para bambus que irão compor peças estruturais, devendo os colmos estar previamente secos antes do tratamento. Este método consiste em imergir os colmos de bambu durante cerca de 3 horas em banho quente (90 °C). Imediatamente após o banho quente, deve-se imergir os colmos em creosoto à temperatura ambiente por cerca de 4 horas. Após isso, os colmos devem ser retirados do banho em creosoto e armazenados até que se escorra o excesso do material.

#### 6.2.2.2 Tratamentos Químicos Oleossolúveis

Assim como no tratamento anteriormente citado, é necessário que os colmos de bambu estejam previamente secos antes do processo de tratamento. O método de tratamento é simples e consiste na imersão dos colmos em solução de baixa concentração (5% de pentaclorofenol dissolvido em óleo diesel, querosene ou aguarraz) em temperatura ambiente, durante 7 dias. A dificuldade encontrada nesse tratamento é que o material pentaclorofenol (produto oleossolúvel utilizado no tratamento de madeiras e bambus) tem seu uso restrito em diversos países.

#### 6.2.2.3 Tratamentos Químicos Hidrossolúveis

No tratamento com material hidrossolúvel os produtos dissolvidos em água são sais, e esta solução penetra no interior dos colmos reagindo com a lignina. Desta reação formam-se compostos insolúveis tóxicos aos invasores. Os sais comumente utilizados neste tratamento são o sulfato de zinco ou cobre, ácido bórico ou crômico e dicromato de potássio ou sódio. Geralmente é a utilizada a combinação de dois ou mais sais na solução preservativa que deve ser acidificada (geralmente adiciona-se ácido acético) para que os sais não se precipitem em meio alcalino.

Para o tratamento de colmos secos, é realizado o processo de imersão durante cerca de 3 semanas em temperatura ambiente e para colmos verdes (recém colhidos), é realizado o processo de substituição de seiva durante 7 dias. O processo de substituição de seiva se dá da seguinte maneira: colocam-se os colmos na posição vertical dentro de um tambor, juntamente com a solução preservativa. À medida que a água contida nos colmos do bambu evapora, a solução é ascendida

por capilaridade, adentrando ao colmo do bambu. Esse método deve ser realizado em locais com boa ventilação, favorecendo a evaporação da água no interior dos colmos. Após uma semana, os colmos devem ser invertidos para que o processo ocorra ao longo de todo seu comprimento. Ao finalizar o tratamento, os bambus devem ser armazenados em local coberto por um período de 30 dias, para que os sais completem sua reação química com a lignina, bem como para a secagem completa dos colmos.

### 6.2.3 Tratamento Por Pressão

Para colmos de bambu completamente secos, há ainda o tratamento sob pressão realizado em autoclaves. Para este processo, é necessário que os diafragmas sejam perfurados para evitar rachaduras ao aplicar-se o vácuo durante o tratamento. Porém, a eficácia do tratamento depende da secagem do colmo sem que haja o ataque por carunchos.

Além do método da autoclave, há também o método Boucherie modificado por pressão. Este método consiste na aplicação de uma solução hidrossolúvel pressurizada por um dispositivo. Desta forma, a solução penetra nos vasos expulsando a seiva dos mesmos. O método deve ser aplicado por cerca de 3 horas e após isto, os colmos devem secar à sombra por cerca de 15 dias.

## 7 CONCLUSÃO

A partir dos dados teóricos e ensaios observados anteriormente, conclui-se que o bambu é um material extremamente apto e viável em diversas utilizações na construção civil. Visto o crescimento populacional e conseqüentemente o crescimento do setor da construção civil, é necessário o estudo e aplicação de matérias primas sustentáveis e renováveis, para minimizar o impacto ambiental causado pelo setor. Nesse contexto, o bambu como matéria prima, bem como suas técnicas construtivas são uma alternativa sustentável ao setor.

A utilização do bambu, bem como sua certificação, implicaria em uma alta taxa de sequestro de carbono, dado a elevada taxa de crescimento do material – uma das maiores do mundo. Sendo assim, além de o material não causar impacto ambiental negativo, ele ainda minimiza efeitos negativos causados na produção e beneficiamento de outros materiais utilizados pela construção civil.

Para um desenvolvimento técnico quanto ao uso do bambu, é necessário que pesquisadores e instituições busquem estudar e analisar as propriedades do material. Ao explorar as características do bambu, nota-se que as vantagens em sua aplicação são diversas, tais como: alta resistência, baixo peso, baixa energia de produção, facilidade na montagem e transporte, diversidade de espécies (e conseqüentemente, finalidades de uso), alta taxa de crescimento, entre outros. Como visto nas diversas obras e aplicações no mundo todo, o bambu é um material versátil (que pode ser utilizado com função estrutural, como estrutura de apoio – andaimes e etc) e com grande potencial estrutural ainda a ser explorado.

Conclui-se que o setor como um todo, em técnicas, ferramentas e normativas, ainda é relativamente atrasado para a elaboração de projetos e execução de obras em bambu. Dessa forma, cabe às instituições de ensino, à indústria, bem como aos órgãos públicos, fomentarem e incentivarem a pesquisa e aplicação deste material.

## REFERÊNCIAS

APAWOOD – THE ENGINEERING PLAYWOOD ASSOCIATION. **Softwood Plywood Celebrates 100th Anniversary**, 1905 – 2005.

AZZINI, Anísio; FILHO, Mario T. **Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de Bambusa vulgaris Schrad.** Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. Piracicaba, n.36, p. 43-50, ago.1987.

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. **Setorial: Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** Rio de Janeiro, n.27, p.121-156, março/2008.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: características e aplicações.** Editora Guaíba: Agropecuária, 2004. Guaíba – RS, 2004.128p.

BERALDO, A.L; AZZINI, A.; GHAVAMI, K; PEREIRA, M. A. R. **Bambu: Características e Aplicações. “n”. Tecnologias e Materiais Alternativos de Construções.** Campinas – S.P, Ed. Da UNICAMP , 2003, p.253 a 298.

CASSA, J. C. S.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. (Org.). **Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção – Projeto Entulho Bom.** Salvador: EDUFBA, 2001.

CLARK, L. G.; LONDONO, X.; RUIZ-SANCHEZ, E. Bamboo Taxonomy and Habitat. In: LIESE, Walter; KOHL, Michael. **Bamboo: The plant and its uses.** Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, cap. 1. p. 1-30, 2015.

FERNANDEZ, J. L. Borja; MARCHI, Cristina; FLORES, Fernanda. **Resíduos sólidos da indústria da construção civil: contribuições, ameaças e possibilidades para um crescimento igualitário nas cidades.** In: 18º Semana de Mobilização Científica: Direitos Humanos, Ética e Dignidade. 2015.

FERREIRA, Gisleiva C. dos S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus.** 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GANAPATHY, P. M. *et al.* **Bamboo Panel Boards a State-of-the-Art Review.** International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China, Technical Report No. 12, 1999.

GARBINO, L. V.; GONÇALVES, T. T.; PEREIRA, M. A. R. **Métodos de ensaio para amostras de bambu laminado.** In: EBRAMEM, 8., 2002. Anais... Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

GEROTO, Pricila G.. **Caracterização anatômica e física - por densitometria de raios X - de colmos de Dendrocalamus asper Backer, Dendrocalamus latiflorus Munroe Guadua angustifolia Kunth.** 2014. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de

Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GHAVAMI, K. & MARINHO, A.B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dencrocalamus giganteus para utilização na engenharia.** Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2001. 40 p.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. **Propriedades mecânicas dos colmos dos bambus das espécies: Mosó e Guadua angustifolia para utilização em engenharia.** Publicação – RMNC - 2 Bambu do Departamento de Engenharia Civil da PUC – Rio de Janeiro, 45p, 2002.

GHAVAMI, K. **Bamboo as reinforcement in structural concrete elements.** In: Cement & concrete composites, v.27, p. 637-649, 2005.

INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN – INBAR. **Priority species of bamboo and rattan.** New Delhi, India. f.116, 1998.

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

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil. São Paulo, 2000.

JOHN, Vanderley M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar.** São Paulo, PCC/US, 2002.

KALEY, V. **Venu Bharati, a comprehensive volume on bamboo.** Maharashtra, 189 p., 2000.

KIGOMO, B. **Guidelines for growing bamboo.** Guideline, Series: n.4. Kenya Forestry Research Institute - KEFRI. 2007; Nairobi, Kenya.

KUMAR, M. **Field identification key to native bamboos of Kerala.** Kerala Forest Research institute. p38, 2002.

KUSAK, V. **Bamboo World:** The growing and use of clumping bamboo. Kangaroo Press. Australia, 1999. p.224.

LIESE, Walter. **Anatomy and properties of bamboo.** In : Rao, A.N.; Dhanarajan, G.; Sastry, C.B. ed., Recent Research on Bamboo, 1987. Proceedings of 99 the International Bamboo Workshop, Hangzhou, China, 6-14 October, 1985.

LIESE, Walter. **Anatomy of Bamboo. Bamboo Research in Asia.** Singapore, p 161-164. mai. 1980.

LIESE, Walter; TANG, Thi Kim Hong. **Properties of the Bamboo Culm**. In: LIESE, Walter; KOHL, Michael. *Bamboo: The plant and its uses*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, cap. 8. p. 227-256, 2015.

LIESE, Walter; TANG, Thi Kim Hong. **Preservation and Drying of Bamboo**. In: LIESE, Walter; KOHL, Michael. *Bamboo: The plant and its uses*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, cap. 9. p. 257-298, 2015.

LIESE, Walter; WELLING, Johannes; TANG, Thi Kim Hong. **Utilization of Bamboo**. In: LIESE, Walter; KOHL, Michael. *Bamboo: The plant and its uses*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, cap. 10. p. 299-347, 2015.

LONDOÑO, X. **La Subtribu Guaduinae de América**. In: Simpósio Internacional Guadua, Pereira, 2004.

LÓPEZ, O. H. **The gift of the gods**. 1º Edição, D'VINNI LTDA. Bogotá, Colômbia, 2003.

MAHDAVI, M.; CLOUSTON, P.L.; ARWADE, S.R. **A low-technology approach toward fabrication of Laminated Bamboo Lumber**. *Construction and Building Materials*, v. 29, p.257-262, Abr. 2012.

MOIZÉS, Fábio A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru**, São Paulo. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial – Área de Concentração: Planejamento de Produto) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

NMBA. **Processing bamboo shoots Training manual**. New Delhi, 2004 27 p.  
PISTORI, H. ; AMORIM, W. P. ; MARTINS, P. S. ; PEREIRA, M. C. ; PEREIRA, M. A. ; JACINTO, M. A. C. Defect Detection in Raw Hide and Wet Blue Leather. In: Tavares; J.; Jorge, N. (Org.). **Computation modeling of objects represented in images: Fundamentals, methods and applications**. 1 ed. London: Taylor & Francis, v. 1, p. 355-361, 2007.

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

OSTAPIV, F.; **Análise e melhoria do processo produtivo de tábuas de bambu (*Phyllostachys pubescens*) com foco em pisos**. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAES, J. B. et al. **Eficiência do creosoto vegetal contra cupins subterrâneos em testes de laboratório**. *Revista Árvore*, 1998.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto Bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na UNESP/Campus de Bauru e**

**determinação de suas características físicas e de resistência mecânica.** Relatório FAPESP (2003/04323-7), 2006.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, Antonio L. **Bambu de corpo e alma.** 1. ed. Bauru, SP: Canal6, 2008.

QISHENG, Z. **Characteristic and Prospects for Processing Approaches for Bamboo Resources**, in: Proceeding of international workshop on bamboo industrial utilizations. International Network for bamboo and Rattan - INBAR, October, 2003.

REUBENS R. **Bamboo in sustainable contemporary design.** International for Bamboo and Rattan (INBAR), Working Paper n.60, Beijing, China, 2010.

RIVERO, L.A & BERALDO A. L. **Laminado colado e contraplacado de bambu.** 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções Rurais e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SHARMA, B. *et al.* Engineered bamboo: state of the art. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Construction Materials**, v. 168, n.2, p. 57-67, 2014.

SILVA, R. M. C. **O Bambu no Brasil e no Mundo.** Instituto EU. Rio de Janeiro. 2005.

SULTHONI, A., **A simple and cheap method of bamboo preservation**, 1981.

UEDA, K. Culture of bamboo as raw material. Kyoto, **Association of Overseas Technical Scholarship**, 1987. 47p.

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