

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDRESSA MARTINELLI DE SOUZA

OS DIVERSOS USOS DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2014

ANDRESSA MARTINELLI DE SOUZA

OS DIVERSOS USOS DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes.

CAMPO MOURÃO
2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 59

OS DIVERSOS USOS DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

Andressa Martinelli de Souza

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13h50min do dia 8 de agosto de 2014 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. Davi Antunes de Oliveira

(UTFPR)

Prof. Me. Luiz Becher

(UTFPR)

Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

(UTFPR)

Orientador

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

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

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

A minha família, por toda confiança depositada,
pela compreensão e apoio nos meus
momentos de ausência.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e pelas oportunidades a mim proporcionadas. Por me tranquilizar nas horas de desespero, por me amparar nas horas que precisei, por me escutar nas horas de angústia e por ter guiado meu caminho para que eu conseguisse chegar até aqui.

Em especial aos meus pais Lourdes Martinelli e Edemir Ambrósio de Souza por acreditarem e confiarem em mim, me proporcionando condições para que meu sonho pudesse ser realizado, por me apoiarem nas horas que precisei e pelo amor a mim ofertado. Agradeço também a minha irmã Amanda Carla Martinelli de Souza, pelas alegrias proporcionadas, pelo companheirismo, amizade e confiança. A minha avó e madrinha Maria Colucci Martinelli por todo esforço feito por mim, por me acolher como filha em todas as horas e pelas orações a mim dedicadas. Amo vocês.

Ao meu Professor orientador Jorge Luis Nunes de Góes, que me acompanhou desde o início na Universidade, oferecendo muitas oportunidades que contribuíram para meu crescimento pessoal, profissional e para minha formação. Agradeço de coração toda ajuda proporcionada e por ser como um pai quando precisei. Sou muito grata em ser sua orientanda, por toda paciência e conhecimento a mim repassados.

Ao meu namorado Luis Henrique de Freitas Caseiro pelo companheirismo de todos esses anos, pelo amor ofertado, por me apoiar e estar ao meu lado quando precisei. Pela compreensão de todos esses dias pela minha indisponibilidade, ausência, humor e por todas as dificuldades. Te amo.

As minhas companheiras de apartamento de longa data, Francielle Rocha e Camila Almeida que foram minha família de coração, não tenho palavras pra agradecer nem explicar o quanto são importantes pra mim.

A minha amiga Amanda Sayumi Goto, por toda amizade, confiança e companheirismo, principalmente na reta final onde me acolheu junto a sua família me apoiando e incentivando em todos os momentos, não me deixando desistir.

As minhas amigas que estiveram comigo não só nos momentos bons, mas também nos difíceis, me ajudando a superar todas as dificuldades e me apoiando na

vida pessoal e acadêmica. Pelos momentos inesquecíveis que me proporcionaram e ficarão pra sempre guardados comigo. Agradeço especialmente: Isadora Bedusqui de Goes, Amanda Sayumi Goto, Ludmila de Souza Bonetti, Camila Forigo, Luana Cortez Gonçalves, Lívia Fernanda Silva, Bruna Lopes Gualdi e Sara Carrazedo Calory.

A família PET pela oportunidade de crescer e colaborar com a Universidade não só dentro da sala de aula, pelo aprendizado e experiência inesquecível.

A todos os professores que colaboraram para minha formação, inclusive os técnicos de laboratório.

A todos que contribuíram de uma forma ou de outra para minha formação.

RESUMO

SOUZA, A. M.. Os Diversos Usos do Bambu na Construção Civil. 2014. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Com o aumento do consumo de madeira pela sociedade, faz-se necessário a busca de métodos e materiais alternativos para suprir essa demanda. Uma boa alternativa são materiais de origem vegetal que possam substituir essa matéria prima. Neste contexto insere-se o bambu, visto que algumas de suas propriedades como, por exemplo, a de resistência mecânica e rigidez superam a madeira e o concreto podendo ser comparadas até mesmo com o aço. No Brasil é um material pouco utilizado, mas apresenta diversas vantagens como leveza, resistência, versatilidade, rápido crescimento além de ótimas propriedades físicas e químicas. As principais espécies de bambu que podem ser utilizadas na construção civil foram identificadas e caracterizadas através de pesquisa bibliográfica. Também foram relatados os diversos usos do bambu nessa área, como a utilização em placas tipo OSB (*Oriented Strandboard*), bambu laminado colado, tubulação hidráulica de bambu e reforço de concreto. A maioria obteve bons resultados comprovando que o bambu é um excelente material podendo ser aplicado de diversas maneiras na construção civil.

Palavras chave: Bambu. Bambu na construção civil. Propriedades físicas e mecânicas.

ABSTRACT

SOUZA, A. M.. Diverse Uses of Bamboo in Construction. 2014. 100 f. Course work of course work (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2014.

With the increase in wood consumption by society, it was necessary to search for alternative methods and materials to fulfill this demand. A good alternative are materials of plant origin that can replace this raw material. In this context, inserts the bamboo, with properties like for example strength and stiffness outperform wood and concrete, being compared even with the steel. In Brazil it is a material rarely used but it has several advantages such as light weight, strength, versatility, rapid growth besides excellent physical and chemical properties. The main species of bamboo that can be used in construction were identified and characterized by bibliographic research. The various uses of bamboo in this area, such as using plaque type OSB (Oriented Strandboard), glued laminated bamboo, bamboo hydraulic piping and concrete reinforcement were also reported. Most had good results proving that bamboo is an excellent material that can be applied in various ways in construction.

Keywords: Bamboo. Bamboo in construction. Physical and mechanical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de Categorização do Bambu no Reino Vegetal.....	18
Figura 2 - Principal distinção da constituição subterrânea dos rizomas dos bambus a) Bambus entouceirantes (Leptomorfos) b) alastrantes (Paquimorfos)	20
Figura 3 - Broto de bambu.....	20
Figura 4 - Pêlos existentes na bainha do broto de bambu.....	21
Figura 5 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações	21
Figura 6 - Paralelismo das fibras do bambu	22
Figura 7 - A estrutura do bambu (tamanho da amostra é de 6 x 6 mm)	23
Figura 8 - Florescimento contínuo do bambu	25
Figura 9 - Florescimento gregário do bambu.....	26
Figura 10 - Seção transversal de um bambu e de um pedaço de madeira com a mesma área de seção transversal.....	34
Figura 11 - – Equipamento para tratamento dos colmos através do método de Boucherie.....	42
Figura 12 - Moita de <i>Bambusa vulgaris</i> b) Detalhe do colmo de <i>Bambusa vulgaris</i> c) Moita de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>	48
Figura 13 - <i>Dendrocalamus asper</i>	50
Figura 14 - Espécie de <i>Dendrocalamus giganteus</i> ou Bambu Gigante no campus da UNESP-Bauru.....	51
Figura 15 - Espécie de <i>Guadua angustifolia</i> cultivada na UNESP-Bauru.....	55
Figura 16 - Espinhos nas gemas de <i>Guadua angustifolia</i>	55
Figura 17 - Plantação de Moso.....	58
Figura 18 - Amostras de bambu para ensaio de resistência mecânica	61
Figura 19 - Banco e cadeira de descanso de BLC	62
Figura 20 - Cadeira e banquinho de BLC	63
Figura 21 – Mesa de centro finalizada com detalhe no tampo	63
Figura 22 - Disposição dos <i>strands</i> em placas tipo OSB.....	64

Figura 23 - Corte transversal esquemático LR	70
Figura 24 - Corte transversal esquemático LBA	70
Figura 25 - Corte transversal esquemático LTB	70
Figura 26 - Representação esquemática da laje de formas permanente	71
Figura 27 - Forma permanente preenchida com concreto.....	72
Figura 28 - Aplicação de Sikadur na forma permanente.....	72
Figura 29 - Andaime de bambu em Hong-Kong	74
Figura 30 - Andaime de bambu em Hong-Kong	75
Figura 31 - Andaime de bambu de camada simples	76
Figura 32 - Andaime de bambu de camada dupla.....	76
Figura 33 - Amarração das varas com tira de Nylon preta	77
Figura 34 - Tensegrity.....	78
Figura 35 - Gríde	79
Figura 36 - Diversas configurações geométricas.....	80
Figura 37 - Configuração de um módulo habitável montado e desmontado.....	80
Figura 38 - Os módulos desmontados poderiam otimizar em até 7 vezes o espaço ocupado.....	81
Figura 39 - a) cabos e tubos b) tubos e linhas das lonas c) geometria fechada pela lona	81
Figura 40 - Peças de ligações entre o bambu e os cabos de aço	82
Figura 41 - Conexão entre piso e tubos.....	83
Figura 42 - Construção em mutirão	84
Figura 43 - Ilustração da armação de bambu em substituição ao aço	85
Figura 44 - Estrutura e armação das placas com bambu	85
Figura 45 - Colocação da cinta de amarração.....	86
Figura 46 - Sequencia de montagem das mesas produzidas com laminado de bambu.....	88
Figura 47 - Desenho esquemático para a estante da televisão.....	88
Figura 48 - a) Maquete eletrônica do ambiente projetado com a estante; b) Implantação com móveis no seu entorno; c) Perspectiva do ambiente	89

Figura 49 - a) e b) Desenhos esquemáticos da poltrona; c) e d) Rendering à mão livre e modelo 3 D Studio MAX	90
Figura 50 - a) Desenhos na elaboração do projeto Cadeira-Rede; b), c) e d) Fotos do modelo em escala reduzida	91
Figura 51 - a) Esboços e estudos do chapeleiro; b), c) e d) Ilustrações em 3D do objeto “noHAT”	92
Figura 52 - Protótipo do andador	93
Figura 53 - Luminária de bambu.....	94
Figura 54 - Móveis rústicos; mesas e cadeiras a) Mesa de cabeceira (<i>B. nigra</i>) b) Jogo de mesa e cadeiras (<i>P. Aurea</i>).....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do bambu	28
Tabela 2 - Análise química de <i>Bambusa Vulgaris</i> , <i>Eucalyptus saligna</i> e <i>Pinus elliotii</i>	29
Tabela 3 - Razão entre tensão de tração e o peso específico de alguns materiais	36
Tabela 4 - Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	37
Tabela 5 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	38
Tabela 6 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado	61
Tabela 7 - Resistência mecânica de amostras de bambu serrado	62
Tabela 8 - Valores de ligação interna dos painéis feitos com a região inferior dos colmos montados com partículas oriundas do corte tangencial e radial.	65
Tabela 9 - Valores de ligação interna dos painéis fabricados com partículas de <i>Eucalyptus grandis</i>	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 JUSTIFICATIVA	17
4 DESENVOLVIMENTO	18
4.1 O BAMBU E SUA ESTRUTURA	18
4.1.1 Macroestrutura	19
4.1.2 Microestrutura	22
4.1.3 Floração	24
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MECÂNICAS DO BAMBU.....	26
4.2.1 Características químicas	26
4.2.2 Características físicas e mecânicas	29
4.3 PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO	39
4.3.1 Tratamento por imersão	39
4.3.2 Cura pela ação de fumaça	39
4.3.3 Tratamentos químicos	40
4.4 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE BAMBU	43
4.4.1 <i>Bambusa balcooa</i> (<i>Dendrocalamus balcooa</i>).....	44
4.4.2 <i>Bambusa bambos</i> (<i>B. arundinacea</i> , <i>B. spinosa</i>)	44
4.4.3 <i>Bambusa blumeana</i> (<i>B. spinosa</i> , <i>B. pungens</i> , <i>B. amendo</i>)	45
4.4.4 <i>Bambusa polymorpha</i>	46

4.4.5 <i>Bambusa textilis</i>	47
4.4.6 <i>Bambusa Tulda (Dendrocalamus Tulda)</i>	47
4.4.7 <i>Bambusa vulgaris (B. surinamensis)</i>	48
4.4.8 <i>Cephalostachyum pergracile (Schizostachyum pergracile)</i>	49
4.4.9 <i>Dendrocalamus asper (Bambusa áspera, Gigantochloa áspera, Dendrocalamus flagellifer, Dendrocalamus merrillianus)</i>	49
4.4.10 <i>Dendrocalamus giganteus (Bambusa gigantea)</i>	50
4.4.11 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	52
4.4.12 <i>Dendrocalamus strictus (Bambos stricta)</i>	52
4.4.13 <i>Gigantochloa apus (Bambusa apus, Gigantochloa kurzii)</i>	53
4.4.14 <i>Gigantochloa levis (Bambusa Levis, Gigantochloa scribneriana, Dendrocalamus curranii)</i>	54
4.4.15 <i>Gigantochloa pseudoarundinacea (Bambusa pseudoarundinacea, B. verticillata, Gigantochloa verticillata, G. máxima)</i>	54
4.4.16 <i>Guadua angustifolia</i>	55
4.4.17 <i>Melocanna baccifera (Bambusa baccifera)</i>	56
4.4.18 <i>Ochlandra spp</i>	57
4.4.19 <i>Phyllostachys pubescens</i>	57
4.4.20 <i>Thyrostachys siamensis</i>	58
4.5 UTILIZAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	59
4.5.1 Bambu laminado colado	59
4.5.2 Painéis de partículas orientadas (OSB).....	64
4.5.3 Tubulações hidráulicas.....	66
4.5.4 Concreto reforçado pelo bambu (Bambucreto)	67
4.5.5 Andaimos em bambu	73
4.5.6 Tensegrity de bambu.....	77

4.5.7 Compósito de bambu e resíduos de borracha.....	83
4.5.8 Fabricação de móveis com bambu.....	87
5 CONCLUSÃO.....	95
REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento do consumo de madeira pela sociedade, fez-se necessário a introdução de florestas plantadas, principalmente das espécies de pinus e eucalipto, para decréscimo da pressão sobre florestas nativas. Porém a maior parte dessas madeiras de plantio é consumida com menor idade para atender o mercado mundial e destinada principalmente à indústria de carvão e celulose, fazendo-se necessário um estudo de métodos que satisfaçam racionalmente o mercado de madeira serrada. Uma alternativa para esse problema seria a exploração de outros materiais de origem vegetal que possam substituir essa matéria-prima, neste contexto insere-se o bambu visto que este material ainda não sofre exploração a nível industrial, no Brasil. De acordo com Janssen (2000), as propriedades estruturais do bambu, tomadas pelas relações de resistência, massa específica e rigidez superam as madeiras e concreto, podendo ser comparadas (algumas espécies) até mesmo ao aço.

Munido de muitos benefícios, o bambu ainda é um material pouco utilizado no Brasil, enquanto a China é vista como líder mundial na produção e uso dessa gramínea. Como seu potencial ainda é pouco explorado pela indústria brasileira seu uso está associado geralmente às construções simples, improvisadas e de curta longevidade ou simplesmente como adorno decorativo ou detalhes de acabamentos (OLIVEIRA, 2013). No entanto, este material ecológico oferece muitas vantagens como leveza, resistência, versatilidade, rápido crescimento além de apresentar excelentes propriedades químicas, físicas e mecânicas.

Este trabalho visa mostrar algumas características dessa gramínea e o seu amplo potencial dentro da construção civil, contribuindo para a disseminação de seu uso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo sobre os diversos usos do bambu na construção civil contribuindo para a disseminação de seu uso.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a planta bambu, sua anatomia e suas características físicas e mecânicas;
- Estudar as principais espécies de bambu que podem ser utilizadas na construção civil;
- Apresentar possíveis usos na construção civil.

3 JUSTIFICATIVA

A população mundial lida com uma série de problemas relacionados à escassez de recursos naturais tornando cada vez maior a preocupação com a sustentabilidade. Nesse contexto é relevante a busca de processos produtivos que proporcionem o mínimo de impactos ambientais incentivando assim a pesquisa de materiais alternativos que sejam ambientalmente corretos.

A ausência de madeira nativa em algumas regiões do país é um exemplo da depredação de florestas naturais causada principalmente pela expansão urbana e agropecuária, abates realizados por madeireiras e indústria de carvão e celulose. Outro exemplo desse fato é a alta demanda de madeiras advindas de reflorestamentos, como o pinus e o eucalipto em substituição às madeiras nobres.

Obedecendo a lei da oferta e da procura da economia, a escassez das madeiras nativas de alta durabilidade natural nas florestas resulta na elevação do valor comercial no mercado consumidor. Uma excelente alternativa para esse problema é substituir espécies nativas por espécies plantadas de rápido crescimento (ARAÚJO, 2010).

Dentro deste contexto sócio-ecológico, é oportuno ressaltar a importância do Bambu, uma gramínea com alta taxa de crescimento e excelentes propriedades mecânicas, entretanto pouco utilizado na construção civil nacional, mas com um grande potencial a ser explorado. Liese (1985 *apud* Nunes, 2005) afirma que por esta característica peculiar de crescimento acelerado, o bambu se distingue como rápido sequestrador de carbono, sendo o recurso natural e florestal que menos leva tempo para ser renovado. Isto o torna altamente atrativo se comparado com outras espécies arbóreas.

Dessa maneira o bambu foi escolhido como material de estudo deste trabalho, onde podem-se expor suas diversas aplicações na construção civil, bem como suas características e propriedades a fim de incentivar mais pesquisas sobre o material ou até mesmo sobre seu uso.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 O BAMBU E SUA ESTRUTURA

O Bambu, em seu nível de domínio, está definido como eucariota (*Eukaryota*) por ser um organismo provido de um núcleo celular e de uma membrana. Sua subcategoria é o reino vegetal (*Plantae*) por se assemelhar a outras plantas. Posteriormente, conforme decresce sua categoria, sua Superdivisão é Espermatófito (*Spermatophyta*), pois produz sementes, a Divisão Angiosperma por essas sementes serem protegidas, a Classe Monocotiledonea (*Liliopsida*), por só possuir uma folha na altura das germinações das sementes, a Subclasse *Commelinidae* de acordo com seu sistema taxonômico, a Ordem *Poales*, e a Família Gramíneas (*Poace*) por se tratar de um tipo de relva ou grama. A partir da figura 1 obtém-se uma melhor percepção desta definição (CORREA, 2014)

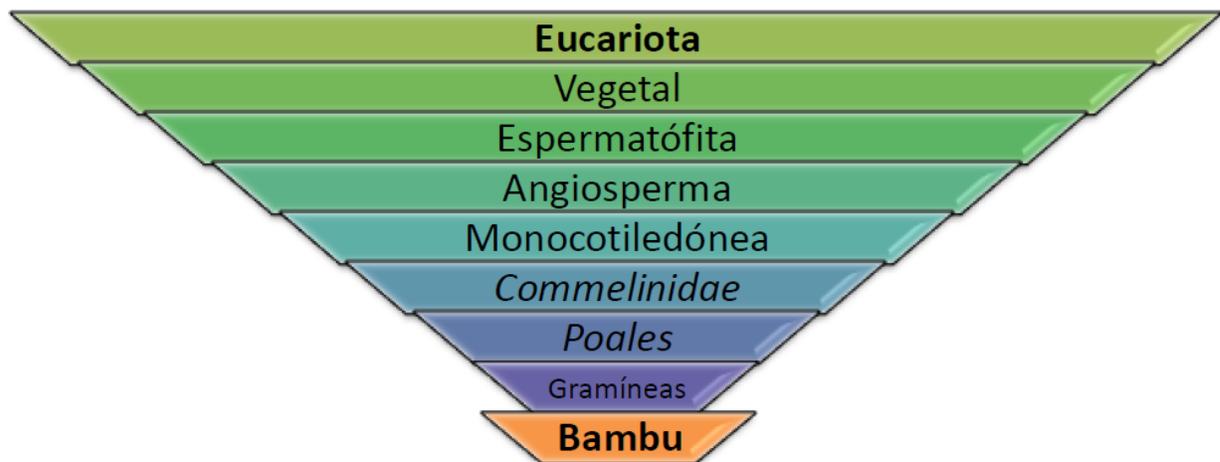


Figura 1 – Esquema de Categorização do Bambu no Reino Vegetal
Fonte: Correa (2014)

4.1.1 Macroestrutura

Os Bambus podem ser divididos basicamente em dois grupos, os lenhosos e os herbáceos. Os lenhosos são de porte mais elevados e apresentam semelhança com as árvores em termo de morfologia como raízes, colmo, formação de galhos e folhas, propriedades e resistência. Já os herbáceos são de porte inferior, parecidos com arbustos e mais utilizados como plantas ornamentais.

Esta gramínea é constituída por duas partes, uma aérea (colmos) e a outra subterrânea (rizomas e raízes). Em seu habitat natural ela pode crescer a partir de sementes ou dos rizomas. Por pertencer à classe das monocotiledôneas a raiz é fasciculada tornando impossível a distinção da raiz principal das demais raízes. Sua função é ancorar a planta juntamente com os rizomas e extrair água e nutrientes do solo.

Os rizomas são caules subterrâneos com nós regularmente espaçados. Segundo Silva et al., (2011) os rizomas reproduzem-se dos rizomas e permanecem conectados entre si, desta maneira há uma interconexão em que todos os indivíduos deste grupo são descendentes (clones) do rizoma primordial, e até certo ponto são interdependentes e solidários. Targa (2011) afirma que:

Comumente os bambus de clima tropical ou subtropical tendem a ser entouceirantes enquanto que os de clima temperado tendem a ser alastrantes. Os bambus entouceirantes, chamados de leptomorfos, formam touceiras fechadas, e se propagam através do crescimento de rizomas volumosos subterrâneos como representado na Figura 2a. Já os bambus alastrantes ou paquimorfos se propagam através de rizomas delgados e compridos e formam florestas abertas alcançando assim longa distancia de propagação, Figura 2b.

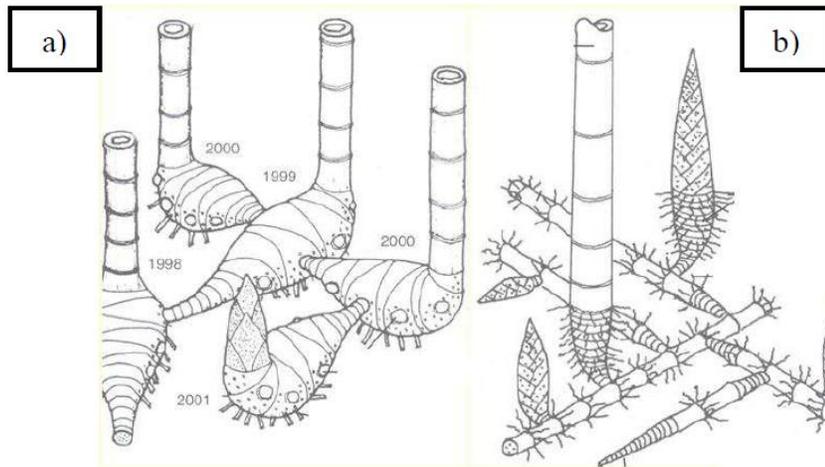


Figura 2 - Principal distinção da constituição subterrânea dos rizomas dos bambus a) Bambus entouceirantes (Leptomorfos) b) alastrantes (Paquimorfos)
Fonte: Adaptado por Targa (2011)

Do rizoma origina-se o colmo que é formado por uma série alternada de nós e entrenós. A figura 3 ilustra um broto de bambu jovem protegido por uma série de bainhas. Com o crescimento do bambu, cada novo inter-nó é envolvido por uma folha caulinar protetora, fixada ao nó anterior do anel caulinar. Em muitos casos essas bainhas de proteção são cobertas por pêlos minúsculos, que são as partes mais escuras identificadas na figura 4. Estes pelos podem penetrar e/ou irritar a pele humana.



Figura 3 - Broto de bambu



Figura 4 - Pêlos existentes na bainha do broto de bambu

O colmo é caracterizado por ter forma cilíndrica e ser geralmente oco como ilustra a figura 5. Os nós possuem diafragmas internos, e apesar de serem pontos de fraqueza do colmo, são importantes para evitarem a flambagem do tubo. (compósitos reforçados por laminado de bambu)

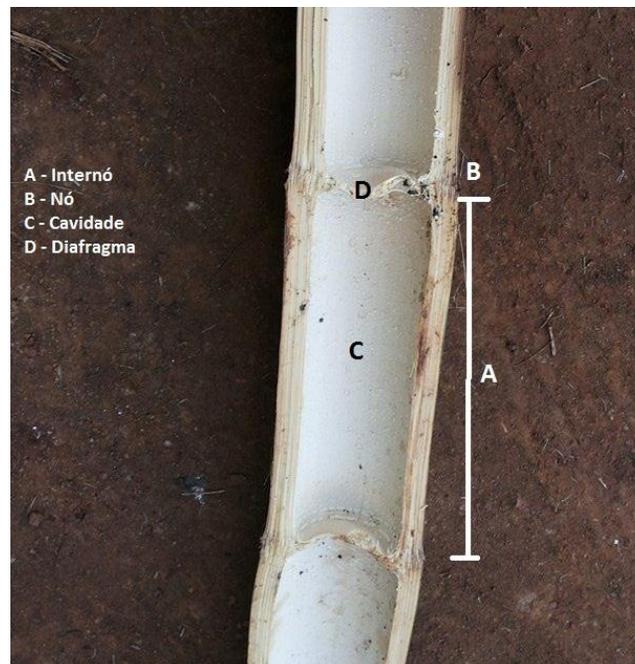


Figura 5 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações

Os colmos apresentam diferentes espessuras de parede, alturas, diâmetro e forma de crescimento, de acordo com a espécie a que pertençam. Portanto, enquanto alguns colmos alcançam pequenos centímetros de altura e poucos milímetros de diâmetro, arbustivos ou ornamentais, outros podem atingir alturas de até 30 m e diâmetros de até 30 cm (PEREIRA e BERALDO, 2008).

4.1.2 Microestrutura

As propriedades de um colmo são determinadas por sua estrutura anatômica. De acordo com Miskalo (2009) o termo grã faz referência ao paralelismo das fibras do bambu em relação ao eixo longitudinal do colmo, conforme ilustra a figura 6. Este arranjo permite uma elevada resistência mecânica e facilita o processamento de corte no sentido tangencial.



Figura 6 - Paralelismo das fibras do bambu

A parte externa do colmo é constituída por duas camadas de células epidermais cobertas por uma camada cutinizada e com cera. Mais internamente tem-se uma camada mais espessa e altamente lignificada, constituída de inúmeras células esclerenquimáticas (feixe de fibras), dificultando qualquer movimentação lateral de líquidos (PEREIRA e BERALDO, 2008).

A microestrutura da parede do colmo pode ser vista na figura 7. De acordo com Janssen (2000) a parte externa da parede do colmo (lado esquerdo da imagem) é densa, como pode ser observado a partir da cor escura, e sua espessura é apenas cerca de um quarto de milímetro. Esta camada contém muita sílica, um ótimo material para proteger a planta, mas um incômodo para as ferramentas, pois a sílica enfraquece suas bordas afiadas. As manchas escuras vão diminuindo da esquerda pra direita na seção transversal, são fibras de celulose com tecidos condutores. O material entre os pontos escuros é chamado parênquima, e ele é a matriz em que as fibras são incorporadas. Segundo Miskalo (2009) as fibras de celulose promovem grande resistência à tração, em flexão e rigidez na direção longitudinal do bambu.

Segundo Pereira e Beraldo (2008) o tecido de um colmo é representado por células de parênquima, por feixes vasculares e pelos feixes de fibras. O colmo tem aproximadamente 50% de parênquima, 40% de fibras e 10% de tecidos condutores (JANSSEN, 2000).



**Figura 7 - A estrutura do bambu (tamanho da amostra é de 6 x 6 mm)
Fonte: Janssen (2000)**

Os vasos têm como função o transporte de nutrientes da raiz para todas as outras partes da planta e, como os colmos de bambu são esbeltos, os vasos são reforçados por um tecido, o esclerênquima, que lhes dá resistência. O conjunto vascular é o componente estrutural mais variado do colmo do bambu, sua forma, tamanho e distribuição variam no interno e ao longo (comprimento) do colmo (GHAVAMI E MARINHO, 2005). De acordo com Pereira e Beraldo (2008), são menores e em maior quantidade na periferia do colmo, e maiores e menos numerosos na sua parte interna. Dentro da parede o número total de feixes diminui da base para o topo, porém aumenta sua densidade.

4.1.3 Floração

O bambu apesar de ser uma planta perene, que se reproduz assexuadamente, e que possui crescimento rápido apresenta o fenômeno do florescimento. O ciclo de florescimento ocorre em todas as espécies conhecidas até a data com hábitos e períodos diferentes, mas normalmente ocorrem em intervalos de algumas décadas. Devido a isso é um fenômeno pouco estudado e embora não se conheça suas causas, sabe-se que fatores fisiológicos e climáticos, bem como ataques de pragas influenciam sua ocorrência. Existem três tipos de florescimento do bambu, o contínuo, o esporádico e o gregário que variam de acordo com a espécie e com as circunstâncias.

O florescimento contínuo acontece na maioria das espécies herbáceas e pontualmente em algumas espécies lenhosas. A produção ocorre ano após ano e não provoca qualquer alteração visível na planta, no entanto as sementes produzidas não são tão viáveis, não permitindo a proliferação da espécie. Este tipo de florescimento pode, ao nível individual da planta e na mesma floresta, ocorrer em períodos diferentes intervalados em até dois meses. Em algumas espécies pode ocorrer durante todo o ano sem consequências para o desenvolvimento da planta (CORREA, 2014). A figura 8 ilustra este tipo de floração.



Figura 8 - Florescimento contínuo do bambu
Fonte: Correa (2014)

O florescimento esporádico ocorre em colmos isolados, contrastando com o florescimento gregário onde todos os colmos de uma mesma espécie existente em determinada região, florescem, frutificam e morrem independentemente de suas idades (AZZINI, 1982). De acordo com Correa (2014) o florescimento esporádico é habitualmente causado por fatores ambientais, tais como ciclos de seca, gelo ou pragas, descartando-se qualquer relação com a mecânica rotineira da planta. Este tipo de florescimento é uma maneira da planta se defender na procura da manutenção de sua espécie e raramente provoca a morte da planta, mas as sementes são também de viabilidade muito reduzida. No florescimento gregário, quando uma espécie de bambu inicia o florescimento, este ocorre em todo o Mundo, durante um período de vários anos, até que toda floresta tenha morrido. Dado que estado de maturação pode estar mais atrasado em alguns espécimes, a floresta pode demorar anos até morrer. Os ciclos de florescimento gregário ocorrem entre os 20 e os 120 anos e a causa da floração é de origem genética, ao contrario do florescimento esporádico. A figura 8 ilustra este tipo de floração.



Figura 9 - Florescimento gregário do bambu
Fonte: Correa (2014)

Existem duas teorias plausíveis para a morte do bambu após floração, a primeira é que a produção de flor e sementes requer o dispêndio de energia tão elevada que provoca a morte da planta e a segunda é que a planta mãe morre para providenciar um ambiente otimizado para o desenvolvimento das sementes produzidas, facilitando-lhes o acesso a água, nutrientes e luz solar.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MECÂNICAS DO BAMBU

4.2.1 Características químicas

De maneira semelhante às madeiras, os principais constituintes dos colmos segundo Liese (1985) são a celulose, a hemicelulose e a lignina e em quantidades menores as resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A composição varia de acordo com a espécie, as condições de crescimento, a idade do bambu e a parte do colmo

(topo, meio ou base). Como o tecido do colmo do bambu amadurece dentro de um ano, quando o broto macio e frágil torna-se rígido e forte, a proporção de lignina e carboidratos é alterada. No entanto, após a maturação completa do colmo, a composição química tende a permanecer mais ou menos constante.

Os nós contêm menores teores de substâncias solúveis, de cinzas e de lignina, porém neles ocorre maior teor de celulose do que nos entrenós. A temporada influencia a quantidade de materiais solúveis em água, que são mais elevados em estações secas do que nas chuvosas.

Segundo Pereira e Beraldo (2008) uma das principais características do bambu, relacionados com sua composição química é a presença de amido em seu tecido parenquimatoso. O amido, fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$, forma-se como produto da atividade celular dos vegetais clorofilados e serve de reserva alimentar, ele atinge seu máximo nos meses mais secos antes da estação chuvosa e é um grande atrativo a organismos xilófagos (MISKALO, 2009).

A tabela 1 apresenta comparativamente a composição química do bambu com diferentes idades e partes distintas dos seus colmos, conforme ensaio realizado por Xiaobo (2004) os extrativos solúveis em água quente no bambu incluem os taninos, gomas, açúcares matéria corante e amidos. A idade teve alguns efeitos sobre o teor de extrativos solúveis em água quente, com três anos o bambu teve o maior valor, não houve diferença significativa entre bambu de um e cinco anos. Isso indica que esses extrativos aumentaram de um ano para o ano três e depois diminuiu gradualmente. A altura também influenciou nessa variação, os topos tinham um teor de extrativos significativamente maiores do que a média e base.

O teor de extrativos em álcool-tolueno mostrou uma tendência semelhante aos extrativos em água quente, mas a camada externa teve menor conteúdo extraído em água quente. A epiderme e a camada interna tiveram significativamente maior teor de extrativos.

A holocelulose incluem alfa-celulose e hemicelulose. Alfa-celulose é o principal constituinte do bambu, corresponde cerca de 40 a 45% da substância seca no bambu. As moléculas de celulose são completamente lineares e têm uma forte tendência para formação de hidrogênio intra e intermolecular. Os feixes de moléculas de celulose são,

assim agregados em conjunto sob forma de microfibrilas, em que as regiões cristalinas se alteram com as regiões amorfas. As hemiceluloses são polissacarídeos heterogêneos, e a maioria atua como parede celular. A alfa-celulose é a principal fonte das propriedades mecânicas do bambu e da madeira. Não há diferença significativa entre os bambus de três e cinco anos de idade em teor de holocelulose, mas o bambu de um ano teve menor teor. A altura teve algum efeito significativo, onde a parte superior teve maior teor de holocelulose e a parte inferior o menor.

Tabela 1 - Composição química do bambu

Idade (anos)	Parte do colmo	Cinza (%)	Solúveis em água quente (%)	Solúveis em álcool benzeno (%)	Lignina (%)	Holo-celulose (%)	α - celulose (%)
Um	Base	1.82	5.83	3.32	21.98	68.92	46.52
	Meio	1.94	5.07	2.86	22.11	70.84	47.30
	Topo	1.95	5.14	3.48	21.26	71.95	47.51
Três	Base	1.30	6.33	4.17	23.21	68.58	46.21
	Meio	1.36	6.91	4.38	23.95	72.69	46.82
	Topo	1.41	7.43	5.21	23.71	73.82	46.99
Cinco	Base	1.26	4.89	6.61	22.93	69.94	46.08
	Meio	1.30	5.19	6.81	22.97	72.50	47.65
	Topo	1.35	5.84	7.34	23.02	73.65	47.91
Três ¹	Epiderme	4.09	9.19	5.99	22.41	63.14	41.71
	Exterior	0.54	5.26	3.15	24.30	69.94	49.02
	Meio	0.65	7.25	4.25	21.79	65.84	45.08
	Interior	0.88	9.33	5.78	22.57	64.54	42.84

Três¹ a porção inferior do bambu com três anos de idade foi utilizada para determinar o efeito da camada horizontal sobre a composição química do bambu.

Fonte: Xiaobo (2004).

A tabela 2 apresenta a comparação da composição química do bambu, do eucalipto e do pinus (BERALDO E AZZINI, 2004 apud PEREIRA E BERALDO, 2008).

Pode-se observar que os teores de celulose são bem similares e que o bambu apresenta o teor de lignina inferior às duas madeiras. Nota-se também a alta solubilidade do bambu em soda 1% ou em água quente, esta característica é de grande importância para o uso do bambu na forma de partículas. O elevado teor de cinzas, basicamente constituído por sílica, é um inconveniente para processar a queima do bambu em caldeiras.

Tabela 2 - Análise química de *Bambusa Vulgaris*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*

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

Fonte: Beraldo e Azzini (2004 apud Pereira e Beraldo 2008)

4.2.2 Características físicas e mecânicas

De acordo com Janssen (2000) o bambu apresenta excelentes propriedades mecânicas que são influenciadas pelo teor de umidade do colmo. Essas propriedades dependem também da idade e da densidade do colmo, mas dependem principalmente do teor de fibras que é o principal elemento responsável por sua resistência.

Hidalgo Lopez (2003 apud MOIZÉS 2007) considera que muitos erros foram cometidos na determinação das características mecânicas dos colmos, pois o bambu foi considerado como uma árvore. Muitas vezes, não se leva em consideração que o bambu é uma gramínea gigante que possui resistência mecânica que diferem ao longo do colmo (da base até o topo) e lateralmente através da parede do colmo.

4.2.2.1 Umidade

O teor de umidade que varia dentro de um colmo é influenciado por sua idade, estação, espécie e zona do colmo (CORREA, 2014)

Com um ano de idade brotos tem um alto teor de umidade relativa, cerca de 120 a 130%, tanto na parte inferior como na superior. Os nós, no entanto apresentam valores menores do que os entrenós, estas diferenças podem elevar-se a 25% do teor de água e são maiores na base do que no topo. Em colmos de 3 a 4 anos, a base tem teor de umidade mais elevado do que o topo. A umidade através da parede do colmo é maior na parte interna do que na externa.

A estação tem uma grande influencia sobre o teor de água no colmo, com um mínimo no final do período seco, seguido de um máximo na época das chuvas, durante este período o caule pode dobrar seu conteúdo de água. A variação devido à época é maior do que as diferenças entre topo e base, bem como entre as espécies (LIESE, 1985).

4.2.2.2 Densidade básica

Essa propriedade depende acentuadamente da região da parede do colmo da qual foi retirada a amostra. De acordo com Azzini e Filho (1987), no sentido transversal os valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as camadas externas dos colmos de bambu, para todas as alturas amostradas. No sentido longitudinal os valores foram crescentes da base para o topo, com tendências a se igualarem nas posições terminais. Nas camadas mais internas há uma quantidade maior de tecido parenquimatoso em relação às fibras e tecidos condutores, a porcentagem de parênquima diminui nas camadas mais externas dos colmos, aumentando o teor de fibras. Com o aumento do teor de fibras das camadas internas para as camadas externas há um aumento da densidade básica das camadas do colmo

nesse sentido. Essas diferenças entre as camadas internas e externas da parede são maiores na parte basal do colmo e menores quanto mais perto do ápice, devido ao aumento da densidade de fibras na parte interna e na redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima e mais fibras.

As condições locais de uma plantação de bambu, como solo fértil e clima quente e úmido favorecem o crescimento dos colmos. Com essas condições os colmos ficam maiores, mas a densidade dos feixes vasculares é menor, devido à menor quantidade de tecido, diminuindo massa específica aparente do bambu. Em solos áridos, com temperaturas baixas e clima seco, os colmos de bambu são delgados, mas apresentam feixes vasculares densos e elevada taxa de tecido implicando em uma alta densidade do colmo.

4.2.2.3 Variação dimensional

Conhecer a estabilidade dimensional é importante para os produtos à base de madeira para evitar deformações indesejáveis. 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).

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 1987 PEREIRA E BERALDO, 2008).

As variações dimensionais do bambu, de acordo com o eixo longitudinal, são desprezíveis. As variações dimensionais radiais e tangenciais são mais importantes e apresentam valores relativamente próximos.

4.2.2.4 Condutividade térmica

Foram comprovados através de experimentos que 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)

4.2.2.5 Compressão simples

Compressão significa o encurtamento longitudinal e, conseqüentemente, a aumento lateral (chamado Efeito de Poison). A determinação do módulo de elasticidade do bambu em compressão apresenta certas dificuldades. Dependendo se sensor utilizado para medir a deformação (extensômetro) se encontre próximo da camada externa ou próximo de um nó, há uma variação na deformação. A camada interna se deforma mais que a camada externa, devido à disposição dos elementos anatômicos. Sendo assim, o módulo de elasticidade encontrado nas camadas externas pode apresentar um valor de duas a três vezes maiores que a média da espécie. A curva tensão deformação em ensaio de compressão apresenta comportamento praticamente linear, com resistência a compressão situando-se na faixa de 20 a 120 MPa e módulo de elasticidade variando entre 2,6 e 20 GPa (PEREIRA e BERALDO, 2008).

Janssen (2000) comenta que um teste de compressão confiável sobre o bambu tem de ser executado entre as placas de aço com superfícies livre de atrito, como as revestidas com teflon ou cera. Meyer e Ekelund (1923 apud JANSSEN, 2000) testaram na China em 1921 placas de chumbo entre as placas de aço. Com as placas de chumbo quando a tensão se aproximou da máxima, grandes rachaduras apareceram nas laterais do colmo, que abriu cada vez mais até o colapço. Sem o chumbo as amostras foram cerca de 20% mais resistentes.

Os ensaios de compressão podem ser realizados com dois tipos de corpos de prova, com amostras de seção retangular ou circular. As de seção retangular podem ser obtidas de espécies de bambu que apresentem paredes mais espessas. Como as amostras são pequenas, recomenda-se a escolha da região do internódio do colmo, visando eliminar o efeito causado pela presença do nó no colmo.

Ferreira (2007) afirma que em ensaios realizados considerando a área plena do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, obteve-se uma resistência à compressão axial equivalente ao concreto simples (20 MPa). Entretanto, quando os ensaios foram executados com as taliscas de bambu, verificou-se uma resistência de 53,9 Mpa. Isto se justifica devido às dimensões de cada tipo de corpo-de-prova e aos cálculos de tensão axial para colmos inteiros ter considerado área plena, isto é, considerar os colmos maciços.

Kamruzzaman (2008) apresentou resultados de módulo de elasticidade obtidos em corpos de prova, de tal maneira que as amostras foram avaliadas em relação à idade e região do colmo. Foram utilizadas quatro espécies, foi dividida em três grupos de dois, três e quatro anos. As amostras foram em seguida divididas em três partes, base, meio e topo. Os resultados obtidos estão representados no gráfico 1.

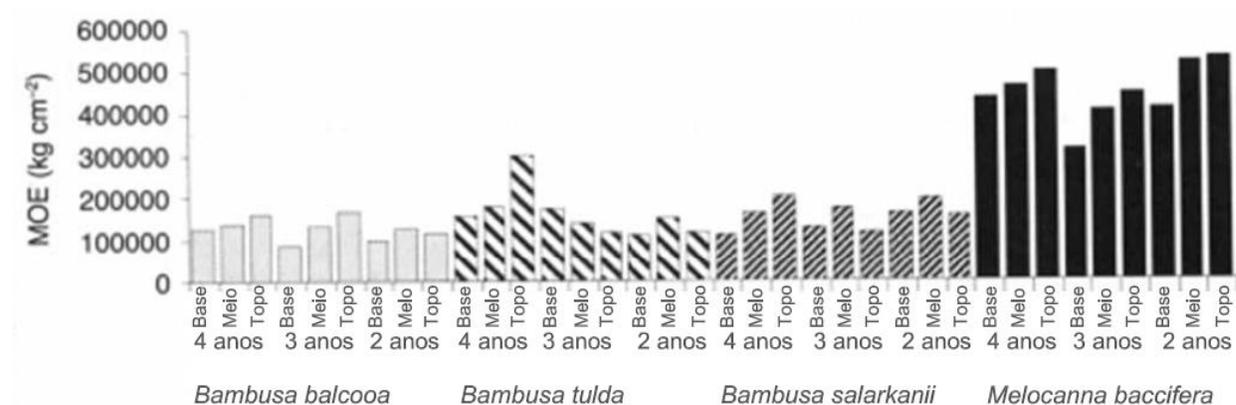


Gráfico 1 – Módulo de elasticidade (MOE) de quatro espécies de bambu e diferentes posições de altura e idade

Fonte: Adaptado de Kamruzzaman (2008)

O módulo de elasticidade variou sensivelmente em relação à altura do colmo, alguns desvios ocorreram, pois a espessura da parede não diminui uniformemente da base ao topo do colmo. O maior módulo de elasticidade foi observado em *Melocanna*

baccifera e o maior em *Bambusa balcooa*. A diferença de valores variaram significativamente entre *Melocanna baccifera* e as outras três espécies. O módulo de elasticidade diminui com o aumento do diâmetro do colmo e vice-versa. Isto também pode ser atribuído ao aumento da densidade ou massa específica.

4.2.2.6 Relação entre o momento de inércia e a área da seção transversal

É notável a grande diferença entre a seção transversal de um bambu e de um pedaço de madeira, enquanto o bambu tem sua seção oca, a madeira é maciça. A figura 10 mostra um pedaço de bambu e um pedaço de madeira com a mesma área de seção transversal.

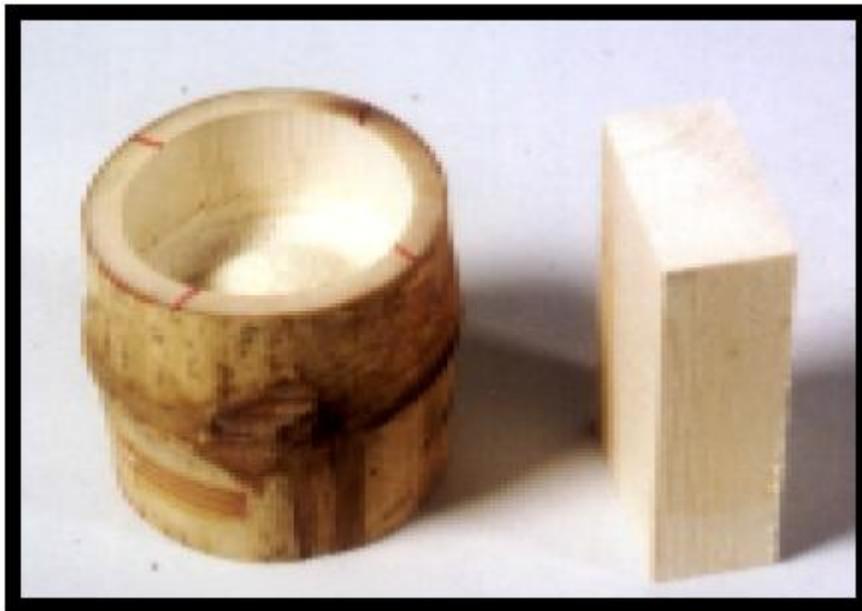


Figura 10 - Seção transversal de um bambu e de um pedaço de madeira com a mesma área de seção transversal
Fonte: Janssen (2000)

Uma maneira de verificar a eficiência de cada tipo de estrutura é ter uma relação entre o momento de inércia (I) e a área da seção transversal (A). Para o bambu pode-se considerar a equação 1 e 2.

$$I = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \quad (2)$$

Sendo:

D = diâmetro externo

d = diâmetro interno

De acordo com Janssen (2000) para a maioria dos bambus o diâmetro interno corresponde a 0.82 vezes o diâmetro externo.

Portanto $I = 0.026 D^4$ e $A = 0.2572 D^2$. Para obter uma relação entre os dois valores calcula-se $A^2 = 0.066 D^4$. Assim $I = 0.407 A^2$.

Já para a madeira considera-se as equações 3 e 4.

$$I = \frac{b h^3}{12} \quad (3)$$

$$A = b h \quad (4)$$

Sendo:

h = altura da seção transversal

b = base da seção transversal

A madeira tem seção retangular, portanto utiliza-se $h=2b$. Sendo assim $I = 0.666b^4$ e $A = 2b^2$. Eleva-se A ao quadrado para que seja possível uma relação entre I e A, portanto $A^2 = 4b^4$. Portanto $I = 0.166 A^2$, com a diferença de 2.5 vezes a favor do bambu.

Supondo que o bambu tenha 150 mm de diâmetro externo e 123 mm de diâmetro interno, o momento de inércia será de $13,61 \times 10^6 \text{ mm}^4$ e a área de 5789 mm^2 . Agora considera-se a área da seção transversal da madeira igual a 5789 mm^2 e obtém-se dois momentos de inércia, o primeiro com $b=53,8 \text{ mm}$ e $h=107,6 \text{ mm}$ sendo

$I=5,58 \times 10^6 \text{ mm}^4$ e o segundo com $b=107,6 \text{ mm}$ e $h=53,8 \text{ mm}$ sendo $I=1,4 \times 10^6 \text{ mm}^4$. Em ambos os casos o momento de inércia da madeira é bem inferior ao do bambu.

4.2.2.7 Tração paralela

A resistência a tração do bambu é elevada, e 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. Através da tabela 3 pode ser notado que essa razão R é muito maior (2,34 vezes) que a obtida pelo aço CA50. 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 BERBALDO, 2008).

Tabela 3 - Razão entre tensão de tração e o peso específico de alguns materiais

Tipo de material	Resistência em tração σ_T (MPa)	Peso específico γ ($\text{N/mm}^3 \times 10^{-1}$)	$R = \frac{\sigma_t}{\gamma} \times 10^1$	R $R_{\text{aço}}$
Aço CA 50 ^a	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,80	1,5	2,34

Fonte: Pereira e Beraldo (2008)

Ferreira (2007) afirma que nos ensaios realizados de tração paralela às fibras do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* o resultado obtido foi de 130 MPa e é condizente com a literatura, assemelhando-se aos de importantes madeiras brasileiras utilizadas como elementos estruturais.

A tabela 4 apresenta os dados de resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson da espécie *Guadua angustifolia*. Os ensaios foram realizados

em corpos de prova com nó ou sem nó e em diferentes partes do colmo (base, centro e topo). De acordo com os dados da tabela, a resistência média a tração foi de quase 90 MPa, sendo que os corpos de prova com nó apresentaram resistência menor do que os sem. Isto ocorreu devido a descontinuidade das fibras que acontece nos nós onde ocorreram os rompimentos.

Tabela 4 - Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia*

Parte do bambu	Resistência a tração σ_t (MPa)	Módulo de Elasticidade E (GPa)	Coeficiente de Poisson μ
Base sem nó	93,38	16,25	0,19
Base com nó	69,88	15,70	-
Centro sem nó	95,80	18,10	0,25
Centro com nó	82,62	11,10	-
Topo sem nó	115,84	18,36	0,33
Topo com nó	64,26	8,00	-
Valor médio	89,96	14,59	0,26
Varição	64,26 – 115,84	8,0 – 18,36	0,19 – 0,33

Fonte: Adaptado de Ghavami e Marinho (2005)

A realização de um ensaio de tração é uma operação particularmente delicada. A simples pressão das garras da máquina de ensaio pode provocar a ruptura dos corpos de prova e se a pressão for de baixa intensidade, pode ocorrer deslizamento do colmo durante o carregamento.

4.2.2.8 Tensão de cisalhamento

De acordo com Beraldo e Abbade (2003 apud PEREIRA e BERALDO, 2008) a resistência ao cisalhamento transversal às fibras do bambu situa-se em torno de 30%

de sua resistência a flexão, e a resistência longitudinal às fibras situa-se em torno de 15% da sua resistência em compressão. A região escolhida para aplicação da carga interfere de forma significativa nos resultados, devido a distribuição heterogênea dos elementos anatômicos do bambu, ao longo da espessura da parede do colmo.

Ghavami e Marinho (2005) utilizaram os mesmos critérios citados no item anterior para obter os corpos de prova. Com base na tabela 5, destacam que as amostras sem os nós apresentam maior resistência e não há variações significativas entre as regiões do colmo (base, meio e topo). No entanto, nos corpos de prova com nós a resistência variou significativamente e foi menor. Eles também destacam que o *Guadua angustifolia* possui uma resistência ao cisalhamento menor que o *Dendrocalamus Giganteus*.

Por ser uma matéria prima natural, uma mesma espécie pode apresentar grandes variações em testes nas mesmas condições de umidade, temperatura e pressão. Apesar de existirem grandes variações de resistência entre uma espécie e outra, o estudo comprovou o grande potencial deste material.

Tabela 5 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guadua angustifolia*

Parte do bambu	Tensão de cisalhamento τ (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
Valor médio	2,02
Variação	1,43 – 2,42

Fonte: Adaptado de Ghavami e Marinho (2005)

4.3 PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO

4.3.1 Tratamento por imersão

Logo após o abate do colmo, este pode ser imerso em um local de água corrente, ou um tanque cheio de água com renovação semanal. Esse método objetiva-se em reduzir ou eliminar o amido do colmo, através da fermentação biológica anaeróbia (ausência de ar), com a eliminação do amido minimiza-se ou evita o ataque de carunchos. Esse tratamento deve ser realizado em curto espaço de tempo, não ultrapassando a sete semanas, pois após esse período pode ocorrer degradação do colmo.

4.3.2 Cura pela ação de fumaça

Nesse tipo de tratamento os colmos de bambu são expostos a fumaça, tornando-os enegrecidos. Devido a ação do calor e da fumaça, provavelmente se formem substâncias tóxicas nas superfícies externas dos colmos, além da degradação do amido, tornando os colmos menos atraentes aos carunchos. O inconveniente desse tipo de tratamento é a maior tendência de ocorrer rachaduras nos colmos (PEREIRA e BERALDO, 2008).

4.3.3 Tratamentos químicos

Os tratamentos químicos, quando comparados com os tratamentos tradicionais, são mais onerosos e mais agressivos para o meio ambiente. Porém são mais eficientes e adequados para produção em larga escala (CORREA, 2014)

Os produtos preservativos quando utilizados nas concentrações adequadas, deverão ser tóxicos aos organismos xilófagos sem que sejam tóxicos aos homens e animais. Para um tratamento eficiente, os produtos químicos devem penetrar profundamente no colmo, não devendo evaporar ou ser eliminado pelas águas pluviais ou pela umidade do solo (PEREIRA e BERALDO, 2008)

De acordo com NMBA (National Mission on Bamboo Applications), (2006) os preservantes químicos comuns são: Boro contendo compostos; Cloreto de Zinco/Sulfato de Cobre; Pentaclorofenato de Sódio (NaPCP); Cobre Cromo e Arsênio (CCA); Cobre Cromo Boro (CCB); Tio Ciano Metil Tio Benzotiazol (TCMTB), juntamente com Metileno Bis Tiocianato (MBT); Arseniato de cobre cromatado (ACA); Triclorofenol (TCP).

Os produtos químicos utilizados podem ser classificados em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis.

4.3.3.1 Produtos oleosos

O creosoto é o produto oleoso mais utilizado na preservação da madeira, podendo ser de origem vegetal ou mineral. O creosoto vegetal é obtido a partir da destilação do alcatrão, sendo um subproduto da carbonização da madeira (PEREIRA e BERALDO 2008).

Esse produto deve ser utilizado exclusivamente para processos de pressão ou tratamento quente e frio. Sendo oleoso, transmite repelência à água para o material tratado. Ele é eficaz contra fungos e ataque de insetos. Devido a sua cor castanho

escuro e mau cheiro, a sua utilização é restrita (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2006).

4.3.3.2 Produtos oleossolúveis

O pentaclorofenol é o produto oleossolúvel mais comum para o tratamento de madeiras, podendo ser usado no tratamento de colmos de bambu contra o ataque de organismos xilófagos, porém atualmente este produto está com restrição. O tratamento com produtos oleossolúveis requer que os colmos de bambu estejam bem secos. Consiste em deixar os colmos completamente submersos na solução durante um intervalo de sete dias à temperatura ambiente.

4.3.3.3 Hidrossolúveis

Os produtos preservativos solúveis em água são formados pela associação de vários tipos de sais, cujas soluções aquosas penetram nos elementos atômicos do bambu que reagem com lignina. Formam-se então compostos insolúveis, que são tóxicos aos organismos xilófagos.

Pode-se aplicar o método em colmos secos ou verdes. Com os colmos secos utiliza-se o processo de imersão e nos colmos verdes utiliza-se o método da substituição da seiva.

No processo de imersão em solução hidrossolúvel, deve-se imergir totalmente os colmos secos na solução preservativa, a qual poderá ser composta por um, dois ou mais sais hidrossolúveis. No processo de substituição de seiva por sais hidrossolúveis através da transpiração, devem-se utilizar colmos recém-cortados, até 12 horas depois do corte, e para um tratamento eficiente os colmos não devem passar 2,5 m. As bases dos colmos devem ser chanfradas, e a altura da solução pode atingir cerca de 80 cm.

Os preservativos hidrossolúveis são constituídos principalmente de sais metálicos e flúor. Atualmente, apenas algumas formulações bem testadas são reconhecidas em todo o mundo, elas incluem composto de arsênio, cromo, zinco, cobre zinco e flúor (MORESCHI).

4.3.3.4 Tratamento através do método de Boucherie

Neste método, o preservativo é forçado sob pressão através de todo comprimento do colmo, de modo que a seiva é substituída pelo conservante. Podem ser tratados até 6 colmos simultaneamente como ilustra a figura 11, para colmos com até 6 m a duração é de 3 horas para uso interior e 6 horas para uso exterior (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2006).

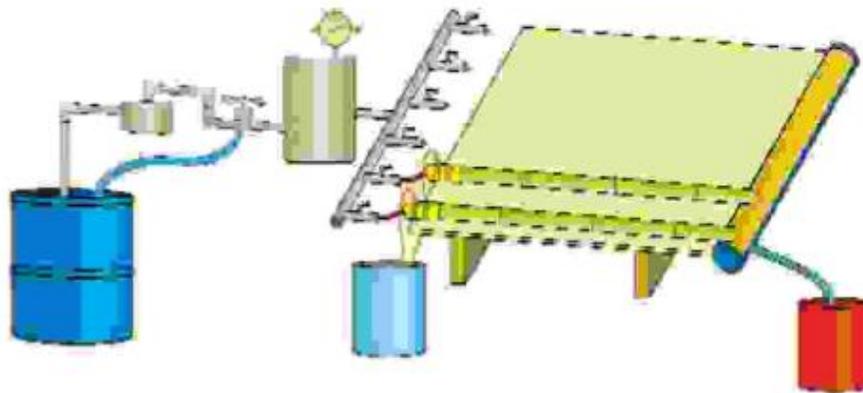


Figura 11 - Equipamento para tratamento dos colmos através do método de Boucherie
Fonte: National Mission on Bamboo Applications (2006)

Deve ser aplicado em colmos recém-cortados, sendo que o intervalo de tempo decorrido entre o corte do colmo e o tratamento deve ser o menor possível. A eficiência do método depende de uma série de fatores, tais como a espécie considerada, a idade e o comprimento do colmo, o tipo de concentração da solução preservativa, a pressão aplicada, dentre outros. (PEREIRA e BERALDO, 2008)

É importante ressaltar que o uso indevido dessas substâncias químicas muito tóxicas pode levar a intoxicação grave e até a morte do operador, além de contaminar o

solo ou a água no local de despejo. Correntes ecológicas afirmam que os tratamentos naturais agridem menos o meio ambiente, portanto, sendo mais ecologicamente responsáveis.

4.4 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE BAMBU

Existem aproximadamente 50 gêneros e em torno de 1300 espécies de bambu, que se distribuem naturalmente dos trópicos às regiões temperadas, tendo maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América do Sul. Os bambus crescem naturalmente em todos os continentes, exceto na Europa, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania (PEREIRA E BERLDO, 2008).

No Brasil, a maioria das espécies nativas são enquadradas como ornamentais, e estão associadas a um ambiente específico. A maioria das espécies de bambu que se vê plantadas são exóticas, de origem oriental que foram trazidas e introduzidas, exceto o gênero *Guadua* que é originário da América (PEREIRA, 2001).

Espécies de bambu pertencentes ao gênero *Guadua* ocorrem na Amazônia (Acre e Pará), com a denominação local de taquaraçú: no Pantanal e em Foz do Iguazu também são encontrados tais bambus, caracterizados pela presença de espinhos nos colmos e nos ramos. O Projeto Radam, valendo-se da utilização de satélites, determinou a existência de aproximadamente 7 milhões de hectares de bambus nativos no Acre, pertencentes principalmente ao gênero *Guadua*. (PEREIRA E BERLDO, 2008)

Organismos internacionais ligados à cultura do bambu (INBAR 1998) classificaram 20 espécies como prioritárias com base em critérios relativos a cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e características edafoclimáticas.

4.4.1 *Bambusa balcooa* (*Dendrocalamus balcooa*)

Descrição: Bambu de porte alto

Altura dos colmos: 20 a 24 m

Diâmetro dos colmos: 8 a 15 cm

Espessura das paredes: 2 a 2,5 cm

Comprimento do entrenó: 30 a 45 cm

Distribuição: Sua origem é da Índia, nativo de Bengal; atualmente é cultivado em diferentes países e foi introduzido na Austrália.

Clima e solo: Bambu de clima tropical, planície de 600 m, pode resistir a período seco, é adequado para diferentes tipos de solos, mas cresce melhor em solo argiloso e bem drenado, pode resistir à temperatura de -5 °C.

Pesquisa atual: métodos básicos para a propagação e plantio são estabelecidos mas precisam ser melhorados, principalmente quanto as necessidades de água para as plantas jovens em regiões secas.

Uso potencial: Esta espécie é bem cultivada Bangladesh e Índia, mas tem um grande potencial para o cultivo em outros países com condições climáticas semelhantes.

Usos: bambu estrutural, qualidade média, material de construção para casas, pontes, implementos agrícolas, móveis de boa qualidade, brotos comestíveis, mas não de boa qualidade.

4.4.2 *Bambusa bambos* (*B. arundinacea*, *B. spinosa*)

Descrição: É um bambu com espinhos nas gemas, sua floração é do tipo gregário, com o ciclo de florescimento de 30 a 45 anos. Métodos sugeridos para propagação vegetativa: colmos estacas e macroproliferação de mudas.

Altura dos colmos: 15 a 30 m

Diâmetro dos colmos: 15 a 18 cm

Espessura das paredes: 1 a 1,5 cm

Comprimento do entrenó: 20 a 40 cm

Distribuição: Índia, Himalaia e nas planícies de Indoganetic, estão espalhados em Assam e Bengal, Tailândia para o sul da China, as principais espécies comerciais estão na Tailândia. Plantadas em Nepal, Indonésia, Vietnã e Filipinas, cultivada em todos os trópicos.

Clima e solo: Esta espécie se desenvolve em ambos, clima tropical úmido e não muito em climas tropicais secos, floresce em áreas planas aluviais, cresce sobre solos ricos e pobres, mas prefere solos ácidos, é abundante e cresce bem em florestas úmidas, se estende até 1200 m em altitude e tolera -2 °C.

Pesquisa atual: Estudos sobre a utilização de placas de bambu, papel e celulose. Propagação vegetativa e por cultura de tecidos (*in vitro*). Estudos têm sido feitos sobre a distribuição em diferentes países e sobre o armazenamento e envelhecimento de sementes.

Uso potencial: Esta espécie tem um grande potencial para a restauração de áreas degradadas e sistemas agroflorestais. Foi também relatada como espécie ideal para plantios comerciais.

Usos: Uso geral, bambu estrutural, qualidade média, brotos comestíveis, é usada como materiais de construção e placa de bambu, papel, celulose (útil por causa das fibras longas), móveis de qualidade superior, e uma das principais espécies com valor comercial em muitos países, sementes comestíveis e folhas com valor medicinal.

4.4.3 *Bambusa blumeana* (*B. spinosa*, *B. pungens*, *B. amendo*)

Descrição: Bambu com espinho nas gemas e frutos não conhecidos. Método de propagação vegetativa: colmos estacas, plantio do rizoma.

Altura dos colmos: 15 a 25 m

Diâmetro dos colmos: 6 a 10 cm

Espessura das paredes: 0,5 a 3 cm

Comprimento do entrenó: 25 a 60 cm

Distribuição: a origem desta espécie é desconhecida, mas diz ser natural de Ilhas Indonésias, cultivada na parte norte da Península da Malásia, Tailândia e nas Filipinas.

Clima e solo: Cresce em áreas tropicais úmidas ou secas, em solos ricos ou pobres, tolera -7 °C.

Pesquisa atual: Propagação vegetativa e por cultura de tecidos (*in vitro*); propriedades físicas e mecânicas.

Uso potencial: Reabilitação de solos degradados (marginais) e barreira de vento.

Usos: Construção, laminado de bambu, polpa e papel (fibras longas), indústria moveleira, artesanato, varetas, alimento (broto).

4.4.4 *Bambusa polymorpha*

Descrição: Bambu de médio a grande porte, com floração do tipo gregária e esporádica, com ciclos de 50 a 60 anos. Métodos de propagação vegetativa: colmos estacas, rizoma de plantio e corte de ramo.

Altura dos colmos: até 25m

Diâmetro dos colmos: até 15 cm

Espessura das paredes: 1 a 2 cm

Distribuição: Bangladesh, Myanmar, Tailândia.

Clima e solo: Cresce naturalmente em regiões semi-úmidas e solos médios a ricos.

Pesquisa atual: pouca pesquisa desenvolvida

Usos: Construção, cestaria, alimentos (broto).

4.4.5 *Bambusa textilis*

Descrição: Bambu de médio porte, com colmos retos e lisos.

Altura dos colmos: até 15 m

Diâmetro dos colmos: 3 a 5 cm

Comprimento do entrenó: 35 a 60 cm

Distribuição: China

Clima e solos: Clima Sub – Tropical, solos médios a ricos

Usos: bambu estrutural, artesanato, utensílios domésticos, alimento (broto)

4.4.6 *Bambusa Tulda (Dendrocalamus Tulda)*

Descrição: Bambu de tamanho médio, colmos de rápido crescimento, com floração do tipo esporádica e gregário, ciclos de florescimento de 25 a 40 anos. Método de propagação vegetativa: colmos estacas, rizomas, macroproliferação de mudas, método de cultura de tecidos.

Altura dos colmos: até 30 m

Diâmetro dos colmos: 5 a 10 cm

Espessura das paredes: 0,4 a 0,7 cm

Comprimento do entrenó: 40 a 70 cm

Distribuição: Nativa da Índia, Bangladesh, Myanmar e Tailândia. Introduzido em outras partes, cultivadas na Índia, Terai, Nepal e Filipinas.

Clima e solo: Regiões semi-úmidas

Usos: estruturas de madeira de qualidade média, materiais para construção, materiais para móveis, alimento (brotos), artesanato, polpa e papel e varas de pesca.

4.4.7 *Bambusa vulgaris* (*B. surinamensis*)

Descrição: Bambu de porte médio. Os colmos contêm listras amarelas ou verdes, a floração não é comum. Método de propagação vegetativa: colmos estacas e rizomas (Figura 12).

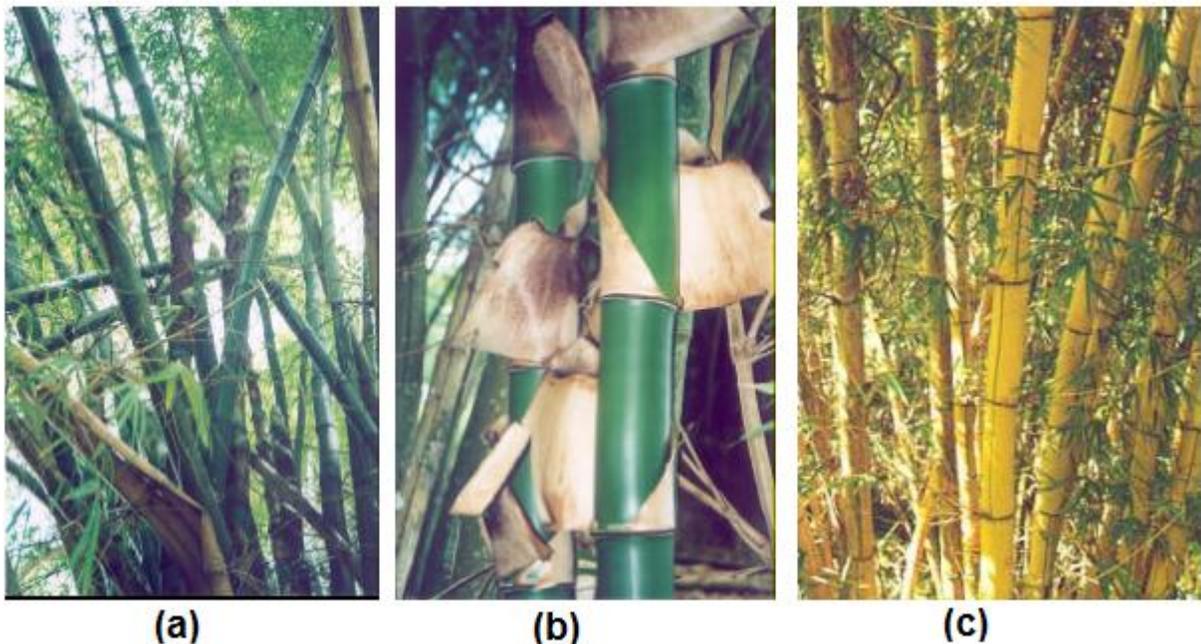


Figura 12 - Moita de *Bambusa vulgaris* b) Detalhe do colmo de *Bambusa vulgaris* c) Moita de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*
Fonte: Régis (2004)

Altura dos colmos: 8 a 20 m

Diâmetro dos colmos: 5 a 10 cm

Espessura das paredes: 7 a 15 mm

Comprimento do entrenó: 25 a 35 cm

Distribuição: Espécie pantropical. Origem das espécies são desconhecidas mas é comumente cultivada em todos os lugares.

Clima e solo: Cresce em uma grande variedade de clima e de solos, até cerca de 1500 m, resistente à geada e até -3 °C, as de colmos verdes são mais comuns, resistente a seca e vigoroso e solo úmido.

Pesquisa atual: Técnica de colheita, biologia, propriedades medicinais físico-química. Trabalho *in vitro*, incluindo regeneração *in vitro* de plantas via calogênese e organogênese.

Uso potencial: Reabilitação de solos degradados e adaptação em áreas semi-áridas.

Usos: construção, o colmo é comparado com a melhor madeira, andaimes, móveis, artesanatos, papel e celulose, ornamental, alimento (brotos), valor medicinal, plantadas para a conservação do solo.

4.4.8 *Cephalostachyum pergracile* (*Schizostachyum pergracile*)

Descrição: Bambu de médio porte, floração do tipo gregária ou esporádica. Propagação vegetativa por corte do colmo.

Altura dos colmos: 7 a 30 m

Diâmetro dos colmos: cerca de 7 cm

Espessura das paredes: parede fina

Distribuição: Índia, Nepal, Myanmar, Tailândia e China.

Clima e solo: Ocorre no semi-úmido para as regiões semi-áridas em uma variedade de solos, é mais comum em solos argilosos bem drenados.

Usos: uso estrutural, mobiliário, artesanato, esteiras, cestaria e construção temporária.

4.4.9 *Dendrocalamus asper* (*Bambusa áspera*, *Gigantochoa áspera*, *Dendrocalamus flagellifer*, *Dendrocalamus merrillianus*)

Descrição: Espécie de bambu gigante, de grande porte, usado em construções devido à sua resistência e durabilidade (figura 13).

Altura dos colmos: 20 a 30 m

Diâmetro do colmo: 8 a 20 cm

Comprimento dos entrenós: 20 a 45 cm

Espessura das paredes: 11 a 20 mm

Distribuição: comumente plantado na Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Filipinas, importante comercialmente em partes do leste da Índia. Distribui-se também em outras regiões tropicais e subtropicais.

Clima e solo: Regiões úmidas a semi-áridas, solos ricos e altitudes de até 1500m.

Usos: Madeira estrutural, bambu útil para construção pesada em comunidades rurais. É também usado na fabricação de móveis de boa qualidade, instrumentos musicais, embalagens, utensílios domésticos e artesanato.



Figura 13 - *Dendrocalamus asper*
Fonte: Tombolato (2012)

4.4.10 *Dendrocalamus giganteus* (*Bambusa gigantea*)

Descrição: Espécie de bambu gigante, verde com verde azulado escuro. Métodos de propagação vegetativa: corte do colmo, plantio do rizoma, corte do ramo e macroproliferação das mudas (figura 14).

Altura dos colmos: 24 a 60 m

Diâmetro dos colmos: 10 a 20 cm

Espessura das paredes: 2,5 cm

Comprimento do entrenó: 40 a 50 cm

Distribuição: Nativa do Sul de Myanmar e Tailândia, introduzido e cultivado em vários países, incluindo: Índia, Sri Lanka, Bangladesh, Nepal, Vietnã, sul da China, Indonésia, Península Malaia e Filipinas.

Clima e solo: cresce em regiões tropicais úmidas até regiões subtropicais, geralmente em solos ricos.

Usos: expansão da indústria de laminado colado, produção de brotos, utensílios domésticos e móveis.



Figura 14 - Espécie de *Dendrocalamus giganteus* ou Bambu Gigante no campus da UNESP-Bauru
Fonte: Moizés (2007)

4.4.11 *Dendrocalamus latiflorus*

Descrição: Espécie de bambu de médio porte.

Altura dos colmos: 14 a 25 m

Diâmetro dos colmos: 8 a 20 cm

Distribuição: Cultivada na China e Taiwan, foi introduzida para Filipinas, Indonésia, Tailândia, Índia, Vietnã e Japão.

Clima e solo: Principalmente subtropical, é resistente a geada e tolera -4 °C. Cresce em solos ricos nos trópicos úmidos, com alta pluviosidade.

Uso potencial: Pode ser cultivada em solos arenosos

Usos: Construção, alimento (os brotos são doces), artesanato, cestaria, ornamental e móveis.

4.4.12 *Dendrocalamus strictus* (*Bambos stricta*)

Descrição: Espécie de porte médio, com a espessura das paredes dos colmos grossas. Seu florescimento é do tipo gregário e esporádico e sua propagação vegetativa é através do plantio do rizoma, corte do colmo e macroproliferação de mudas.

Altura do colmo: 8 a 20 m

Diâmetro dos colmos: 2,5 a 8 cm

Comprimento do entrenó: 30 a 45 cm

Distribuição geográfica: Nativo da Índia, Nepal, Bangladesh, Mianmar e Tailândia. Cultivado em muitos outros países do Sudeste da Ásia.

Clima e solo: Clima Tropical seco ou úmido, ou ainda zonas secas ou semiáridas, na maioria dos solos.

Pesquisa atual: Pesquisa em propagação vegetativa (sementes, micropropagação e divisão mini-moita); técnicas de plantio, física e química; manejo

florestal; uso em concreto armado, adequação para a recuperação de áreas degradadas.

Uso Potencial: Sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas.

Usos: estrutural, polpa e papel, móveis, implementos agrícolas e utensílios domésticos.

4.4.13 *Gigantochloa apus* (*Bambusa apus*, *Gigantochloa kurzii*)

Descrição: Espécie de bambu de médio porte, com parede de espessura média e colmos flexíveis, bambu com múltiplos usos. Propagação vegetativa: colmos estacas.

Altura dos colmos: 8 a 30 m

Diâmetro dos colmos: 4 a 13 cm

Espessura das paredes: 1,5 cm

Comprimento do entrenó: 36 a 45 cm

Distribuição: Mianmar, Tailândia, Indonésia e Malásia

Clima e solo: Esta é uma espécie de solos ricos, trópicos úmidos, altitude de até 1500 m e tolera até - 2 °C.

Pesquisa atual: Reprodução *in vitro* (cultura de tecidos) e aplicações como ripas e laminados.

Uso potencial: Sistemas agroflorestais, adaptações a áreas secas (embora apresente menor crescimento).

Usos: Materiais de construção, estrutural, móveis, artesanato, instrumentos musicais, utensílios domésticos e cestas.

4.4.14 *Gigantochloa levis* (*Bambusa Levis*, *Gigantochloa scribneriana*, *Dendrocalamus curranii*)

Descrição: Bambu de porte grande

Altura dos colmos: até 30 m

Diâmetro dos colmos: 5 a 16 cm

Espessura das paredes: 1 a 1,2 cm

Comprimento do entrenó: 45 cm

Distribuição: Origem desconhecida, cultivada nas Filipinas, Indonésia, Norte e Oeste de Kalimantan, Leste da Malásia, China e Vietnã.

Clima e solo: Clima tropical úmido com solos ricos.

Usos: estrutural, alimento (brotos), utensílios domésticos.

4.4.15 *Gigantochloa pseudoarundinacea* (*Bambusa pseudoarundinacea*, *B. verticillata*, *Gigantochloa verticillata*, *G. máxima*)

Descrição: Bambu de médio porte

Altura dos colmos: 7 a 30 m

Diâmetro dos colmos: 5 a 13 cm

Espessura das paredes: 2 cm

Comprimento do entrenó: 35 a 45 cm

Distribuição: Sua origem não é conhecida, mas diz ser natural de Java, introduzido na Índia, Península Malaya, China e Vietnã.

Clima e solo: cresce principalmente em clima tropical úmido, mas também pode crescer em áreas secas.

Uso potencial: Seu valor como material processado para construção podem ser explorados.

Usos: estrutura de madeira, materiais de construção, tubulações de água, artesanato, móveis, utensílios domésticos, palitos, alimento (broto).

4.4.16 *Guadua angustifolia*

Descrição: Este é um bambu gigante, de elevado porte, com espinhos nas gemas, com elevada propriedade mecânica e durabilidade. Desempenha um papel importante para economia rural na Colômbia e no Equador (figura 15 e figura 16).



**Figura 15 - Espécie de *Guadua angustifolia* cultivada na UNESP-Bauru
Fonte: Moizés (2007)**



**Figura 16 - Espinhos nas gemas de *Guadua angustifolia*
Fonte: Silva (2010)**

Altura dos colmos: até 30 m

Diâmetro dos colmos: até 20 cm

Distribuição: Sua origem é da América do Sul, bem distribuído e cultivado na Europa Central e América do Sul. Introduzido em muitos outros países.

Clima e solo: Desenvolvem-se em clima tropical, solos médios a ricos, especialmente ao longo de rios e colinas, tolera -2 °C.

Pesquisa atual: Estudo sobre a preservação dos colmos e determinação das propriedades físicas.

Uso potencial: Valioso para plantio em colina

Usos: Bambu estrutural de alta qualidade, material de construção para habitações de baixo custo, fabricação de móveis e artesanato.

4.4.17 *Melocanna baccifera* (*Bambusa baccifera*)

Descrição: Bambu de médio porte, com floração do tipo esporádica ou gregário, com intervalos de 30 a 35 anos, 45 a 48 anos e 60 a 65 anos

Altura dos colmos: 10 a 20 m

Diâmetro dos colmos: 5 a 7 cm

Espessura das paredes: 0,5 a 1,2 cm

Comprimento do entrenó: 20 a 50 cm

Distribuição: A espécie cresce em Bangladesh, Mianmar e Nordeste da Índia. Acredita-se que este bambu é natural de Chittagong, onde esta espécie cresce gregariamente cobrindo grandes extensões de terra. Também é cultivada no Sudeste de Terai parte de Nepal e no sul de Bhutan, provavelmente introduzida a partir de Bangladesh; ocasionalmente cultivada ou introduzida e plantada em muitos jardins botânicos e privados de todo mundo, incluindo Hong Kong, Indonésia, Taiwan e América do Sul.

Clima e solos: Esta espécie pode crescer em solos argiloso raso ou profundo, com pH entre 4,5 a 6,0 e precipitações entre 3000 e 5000 mm. A planta também se

desenvolve satisfatoriamente em areia úmida, solos aluviais, em solos residuais bem drenados, encostas arenosas e topo de colinas, indicando uma ampla adaptabilidade da espécie.

Usos: Plantas naturalmente durável, muito utilizada para coberturas em construções de casas, artesanato, papel e celulose e alimento (frutos comestíveis, folhas utilizadas para preparação de bebidas)

4.4.18 *Ochlandra spp*

Descrição: Bambu de pequeno porte, com floração do tipo gregário ou esporádica.

Altura dos colmos: 5 a 10 m

Diâmetro dos colmos: 2 a 5 cm

Distribuição: Índia e Sri Lanka

Clima e solo: Esta espécie ocorre principalmente em climas tropicais, em solo médio a rico e em colinas e locais com altitude até 1500 m.

Pesquisa atual: Armazenamento de sementes, silvicultura, intensidade da floração e características das sementes.

Uso potencial: Este gênero de bambu apresenta várias espécies com grande potencial para serem utilizadas em solos degradados.

Usos: Principalmente para celulose na indústria de papel, mas usado localmente para construção de casas, artesanatos e utensílios domésticos.

4.4.19 *Phyllostachys pubescens*

Descrição: Espécie de bambu de médio porte, também conhecido como Moso, é uma das melhores espécies de clima temperado (figura 17).

Altura dos colmos: 10 a 20 m

Diâmetro dos colmos: cerca de 18 cm

Clima e solo: Clima temperado, apropriado para diversos tipos de solo, mas prefere solos ricos em matéria orgânica.

Pesquisa atual: Distribuição local, silvicultura, cultura in vitro, propriedades físico-mecânica.

Uso potencial: Sistemas agroflorestais e uso em terras degradadas



Figura 17 - Plantação de Moso

Fonte: Manhães (2008)

4.4.20 Thyrostachys siamensis

Descrição: Espécie de pequeno porte, colmos retos e fortes com espinhos nas gemas, floração do tipo esporádico e gregário, as sementes germinam bem.

Altura dos colmos: 8 a 16 m

Diâmetro dos colmos: 3 a 6 cm

Comprimento do entrenó: 15 a 30 cm

Distribuição: De Myanmar até a China.

Clima e solo: Clima tropical seco ou úmido, ou mesmo áreas secas, prefere solos ricos, mas se adapta bem a solos pobres também, cresce até 400 m de altitude e tolera até -4° C.

Pesquisa atual: Propagação, manejo florestal, armazenamento de sementes.

4.5 UTILIZAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.5.1 Bambu laminado colado

As vigas de Bambu Laminado Colado (BLC), partem do mesmo princípio da Madeira Laminada Colada (MLC). As vigas de MLC são produzidas por meio da aglutinação de lâminas de madeira, com o objetivo de eliminar os pontos fracos naturais do material, oferecendo dessa forma uma solução mais resistente.

De acordo com Góes (2011) a MLC é vista internacionalmente como excelente material para aplicação estrutural, o motivo do sucesso está relacionado com o avanço na tecnologia dos adesivos e o grande potencial madeireiro gerado pelas espécies de reflorestamento. As formas obtidas para o elemento estrutural podem ser retas ou curvas, com as fibras das lâminas paralelas ao eixo longitudinal do elemento produzido. As lâminas precisam ter espessura compatível com a altura e a curvatura final da peça, mas podem ter comprimento qualquer e também serem solidarizadas lateralmente para alcançar maior largura. A MLC se adapta a uma grande variedade de formas e apresenta alta resistência a solicitações mecânicas em função de seu peso próprio relativamente baixo. Sua fabricação pode ser realizada em seções transversais e comprimentos geralmente limitados por aspectos relacionados ao transporte.

Gonçalves (2000) realizou ensaios onde foram utilizados colmos de bambu da espécie gigante (*Dendrocalamus Giganteus*), com no mínimo 3 anos de idade. Os colmos tinham comprimento entre 20 e 25 metros e espessura da parede entre 1 e 2 centímetros. No processamento dos colmos de bambu, para a confecção das amostras

foram efetuadas as seguintes operações: abate dos colmos; desgalhamento; enfardamento e transporte; corte transversal dos colmos em serra circular esquadrejada originando peças sem os nós, com diâmetros entre 11 e 15 cm, comprimentos entre 21 a 48 cm e espessura de parede entre 13 e 22 mm; imunização das peças cilíndricas por imersão em reservatório, estocagem e secagem natural ao ar; corte longitudinal das peças para produção de ripas; aplainamento das ripas para a remoção da camada interna e regularização de uma face lateral; corte longitudinal das ripas para padronização da largura das ripas e regularização da segunda face lateral; corte longitudinal das ripas para padronização da largura das ripas; corte da superfície externa (casca) e padronização da quarta face; montagem das amostras empregando-se os adesivos de acetato de polivinila e resina resorcinol-formaldeído. A montagem das amostras e os ensaios de resistência foram feitos de acordo com a norma brasileira para madeira, NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997). A figura 18 mostra os corpos de prova confeccionados.

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 6 e na tabela 7. A tabela 6 apresenta um resumo dos valores médios obtidos nos diversos ensaios de resistência mecânica das amostras de bambu laminado. A tabela 7 apresenta um resumo dos valores médios iniciais obtidos com amostras de bambu serrado em forma de ripa.

Pode-se observar que o bambu gigante ensaiado possui boas propriedades mecânicas de resistência e que os resultados obtidos em forma de bambu processado são superiores ao do bambu em lâmina.



Figura 18 - Amostras de bambu para ensaio de resistência mecânica
Fonte: Gonçalves (2000)

Tabela 6 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado

Bambu laminado colado	
Ensaio	Resistência (MPa)
Dureza	352
Compressão paralela as fibras	55
Compressão normal as fibras	18
Tração paralela as fibras	195
Tração normal as fibras	2,5
Cisalhamento	10
Flexão	166

Fonte: Gonçalves (2000)

Tabela 7 - Resistência mecânica de amostras de bambu serrado

Bambu serrado	
Ensaio	Resistência (MPa)
Compressão paralela às fibras	89
Tração paralela às fibras	161
Flexão	298
Resistência ao impacto na flexão – Tenacidade	137 KJ/m ²

Fonte: Gonçalves (2000)

O Bambu Laminado Colado (BLC) apresenta excelentes propriedades mecânicas, tornando-o um material versátil, resistente e aplicável no design de produtos, interiores e construção civil.

Perazzelli (2012) produziu 5 móveis diferentes com Bambu Laminado Colado. Cada protótipo foi criado com um propósito distinto, sendo que um banco e uma cadeira de descanso, conforme ilustra a figura 19, foram desenvolvidos para testar formas curvas e orgânicas, que foram realizadas através de peças vergadas de BLC obtidas com prensagem em moldes aquecidos.



Figura 19 - Banco e cadeira de descanso de BLC
Fonte: Perazzelli (2012)

Também foram criados um banquinho e uma cadeira, ilustrados na figura 20, que foram confeccionados apenas com peças retas buscando a racionalização de material e experimentação com encaixes de marcenaria.



Figura 20 - Cadeira e banquinho de BLC
Fonte: Perazzelli (2012)

E por fim a interação do BLC com outros materiais também considerados sustentáveis foi desenvolvida uma mesa de centro com tampo composto por chapas aglomeradas de fibra de coco e resíduos de bambu, formando um interessante contraste de texturas e cores, conforme a figura 21.



Figura 21 – Mesa de centro finalizada com detalhe no tampo
Fonte: Perazzelli (2012)

4.5.2 Painéis de partículas orientadas (OSB)

As chapas tipo OSB estão no mercado desde o início dos anos 80 e seu antecessor, o Waferboard (chapa de flocos não orientados - WB), foi produzido comercialmente a partir de 1962, pela Wisewood Corporation em Saskatchewan, cidade localizada na Baía Hudson. Porém com a pressão dos fabricantes de compensado, a Wisewood vendia seus painéis apenas para fazendeiros. (GÓES, 2011)

Em 1978, fabricantes e companhias de equipamentos desenvolveram técnicas para alinhamento de superfície dos *wafers*, aumentando a resistência desses painéis, para alcançarem a norma PRP 108, assim surgiu o OSB.

O OSB foi inserido no mercado com aplicações estruturais, apresentando boas propriedades de resistências mecânicas e estabilidade dimensional. O que difere o OSB do WB são as disposições das partículas e suas dimensões. Os *wafers* são dispostos aleatoriamente e são mais curtos e mais largos com dimensões de aproximadamente 40 mm de largura por 40 mm de comprimento, já os *strands* são direcionados em camadas dispostas perpendicularmente. Segundo Cichinelli (2013) o OSB nacional dispõe de quatro camadas, duas externas orientadas no sentido longitudinal e duas internas, cruzadas no sentido perpendicular, conforme figura 22. A incorporação das partículas com a resina é consolidada por meio de prensagem a frio, ou à quente dependendo do tipo de resina empregada.

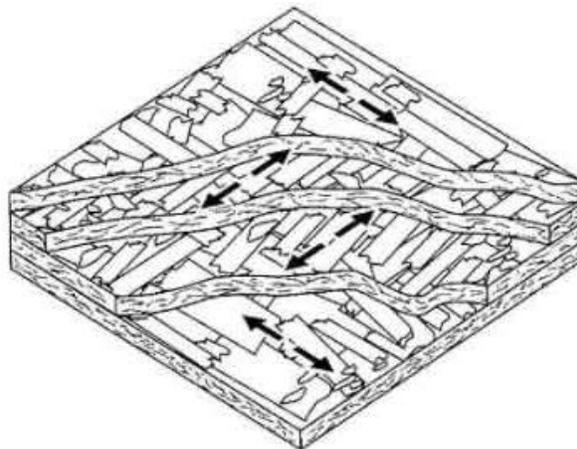


Figura 22 - Disposição dos *strands* em placas tipo OSB
Fonte: Cichinelli (2013)

Aos *waferboards* e aos OSB são atribuídos a denominação de excelente material de construção por serem munidos de excelente propriedade mecânica, rigidez, propriedade isolante e capacidade de absorver diferentes solicitações. Eles podem ser utilizados em aplicações exteriores como paredes, tapumes, bandeja de proteção, também em indústrias como embalagens, mobiliário industrial, pisos, forros, vigas I, vagões, etc

Miskalo (2009) realizou um estudo substituindo os *flakes* de madeira por *flakes* de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*. Em relação às propriedades mecânicas dos painéis foram analisadas as ligações internas, a resistência a compressão e a resistência em flexão.

A análise da ligação interna fornece valores correspondentes à adesão entre partículas das amostras submetidas aos esforços de tração. Os resultados apresentados na tabela 8 indicam que mesmo a menor quantidade de resina que é 4% pode ser utilizada visto que o valor da ligação interna é maior que o mínimo de 32 MPa para a espessura média de 16 mm, previsto pela norma Européia para OSB de madeira. Este valor ainda supera o resultado obtido por Okino (2008) com placas do tipo OSB fabricadas com partículas de *Eucalyptus grandis*, conforme tabela 9.

Tabela 8 - Valores de ligação interna dos painéis feitos com a região inferior dos colmos montados com partículas oriundas do corte tangencial e radial.

Identificação dos painéis	Ligação Interna (MPa)					
	Tangencial			Radial		
	4%	6%	8%	4%	6%	8%
Média	0,34	0,41	0,62	0,35	0,41	0,65
Mediana	0,33	0,43	0,59	0,36	0,42	0,65
Desvio Padrão	0,09	0,11	0,19	0,10	0,10	0,14
Coefficiente de Variação (%)	2,81	2,60	3,06	2,75	2,45	2,20

Fonte: Miskalo (2009)

Tabela 9 - Valores de ligação interna dos painéis fabricados com partículas de *Eucalyptus grandis*

Ensaio	Ligação interna (MPa)
Uréia – Formaldeído 5%	0,35
Uréia – Formaldeído 8%	0,42
Fenol – Formaldeído 5%	0,50
Fenol – Formaldeído 8%	0,49

Fonte: Okino (2008)

Investigando as propriedades físicas, Miskalo (2009) concluiu que a absorção de água e inchamento e espessura dos painéis apresentaram um aumento nos seus valores com o tempo de 2 para 24 horas. Porém foram observadas reduções nos valores de absorção de água e inchamento em espessura com o aumento da concentração da resina. Somente a concentração de 8% de resina ficou abaixo do admitido pela norma Européia.

Quanto ao comportamento mecânico à compressão e em flexão dos painéis, a direção dos cortes (tangenciais ou radiais) para a confecção das partículas influencia significativamente a concentração ótima de resina. Para os cortes tangenciais os maiores valores foram obtidos para painéis com 6% de resina, e para os cortes radiais foi de 8%. Pelos resultados obtidos, os painéis com 6% de resina apresentam resultados satisfatórios e comparáveis aos OSB confeccionados com madeiras tradicionais de reflorestamento.

4.5.3 Tubulações hidráulicas

De acordo com Pereira (1997), o bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* produz colmos com dimensões, características físicas e mecânicas compatíveis para utilização em irrigações. O autor diz que a ideia principal é atingir agricultores que de outra forma não tem acesso à irrigação, pois por se tratar de um material natural pode ser cultivado em propriedade rural pelo próprio agricultor.

Para a transformação de um colmo em tubos para condução de água são necessárias algumas etapas:

Remoção e limpeza interna dos nós: deve ser construída uma ferramenta, que deve ser formada por um pedaço de cano de ferro com aproximadamente 30 cm de comprimento, com suas extremidades recortadas e afiadas, que deve ser posteriormente soldada com outro cano de menor diâmetro e com cerca de 2 m para servir como cabo da ferramenta. O diâmetro da ferramenta deve ser inferior ao menor diâmetro dos colmos colhidos, garantindo a limpeza de todos.

Instalação dos aspersores: devem-se furar os tubos, fazer as roscas, fixar os adaptadores e as hastes de subida.

Tampão final: deixa-se de limpar os dois últimos nós das extremidades dos tubos de bambu que forem destinados a este fim

Uniões: existem várias maneiras, desde materiais simples como borracha de câmara de ar de pneu de carro ou caminhão, ou até adaptar um pedaço de PVC como luva para trabalhar com pressões mais elevadas.

Armazenamento dos colmos: a secagem do bambu é um aspecto muito importante, pois existe o risco do bambu apresentar pequenas rachaduras enquanto seca o que irá comprometer a tubulação.

Foram realizados preliminarmente testes de pressão de ruptura, tubos com comprimento útil de 12 metros podem suportar pressões da ordem de 4 atm (40 mca).

Na instalação dos tubos no campo, eles devem ser enterrados no mínimo 30 cm evitando sua exposição ao sol e ao risco de racharem. Quer sejam utilizados tubos tratados quimicamente ou não, eles devem ser mantidos se possível, sempre cheios de água para sua melhor conservação e durabilidade.

4.5.4 Concreto reforçado pelo bambu (Bambucreto)

O objetivo do concreto armado é aproveitar a capacidade do concreto em resistir aos esforços de compressão, e o reforço em aço aos esforços de tração. De acordo

com Pereira e Beraldo (2008) o módulo de elasticidade do bambu é apenas 10% do aço, portanto seus colmos não podem substituir esse metal. No entanto, em obras secundárias nas quais o concreto reforçado pelo bambu não seja submetido a grandes esforços (ou os vãos utilizados sejam inferiores a 3,5m), torna-se viável a aplicação desse material.

A utilização do Bambucreto é limitada devido as características do bambu, dentre elas: baixa aderência bambu-concreto, a dificuldade no dobramento das varas para ganchos de ancoragem, a variação da resistência à tração e do módulo de elasticidade nas regiões nodais e internodais do colmo e a vulnerabilidade do bambu ao ataque de fungos e insetos (KURIAN e KALAM 1977 *apud* CZARNIESKI 2005).

Czarnieski et al (2004) verificou em seu trabalho que a tensão de aderência de dimensionamento entre bambu e concreto é cerca de 20% menor àquela entre o aço liso e o concreto. Em vigas de concreto armado, verifica-se que somente a aderência aço-concreto não é suficiente para resistir aos esforços, sendo necessário a formação de ganchos de ancoragem nas pontas das barras. Diante disso, verifica-se que a dificuldade no dobramento das varas de bambu, torna sua utilização mais restrita a reforço de vigas em concreto armado.

Os principais fatores que afetam a adesão entre barras de reforço e concreto são: propriedades adesivas da matriz de cimento, as forças de atrito de compressão que aparecem na superfície da barra de reforço e devido à superfície de forma e rugosidade da barra de reforço. As alterações dimensionais do bambu, devido a umidade influenciam esses fatores. Quando o bambu é utilizado como reforço, uma das suas principais deficiências é a sua capacidade de absorver água. A capacidade do bambu de absorver água foi estudada em várias espécies conforme a gráfico 2, como pode ser visto a espécie que menos absorveu água foi o *Dendrocalamus giganteus*, tornando-o mais atrativo para esta finalidade. A variação dimensional do bambu tratado devido a absorção de água pode causar rachaduras, mesmo em concreto curado (GHAVAMI, 2003).

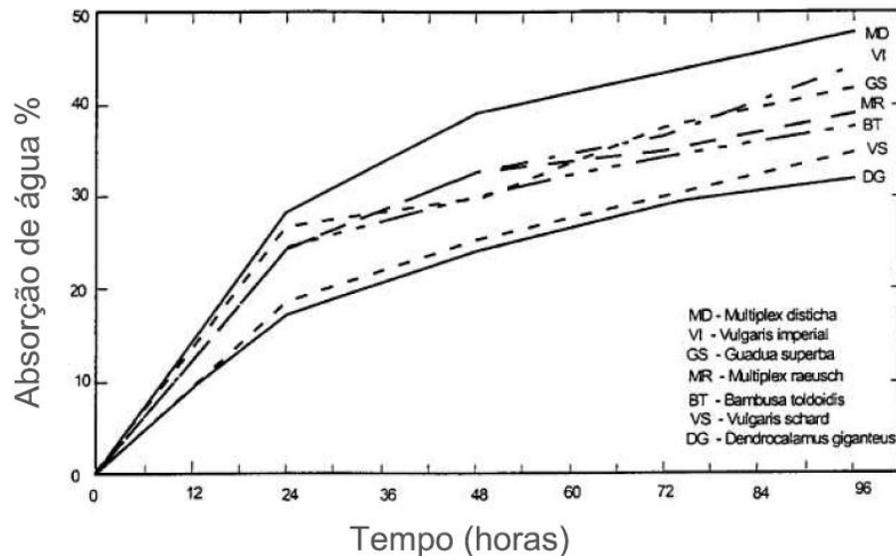


Gráfico 2 – Absorção de água em diferentes espécies de bambu

Fonte: Adaptado de Ghavami (2003)

A variação dimensional do bambu *Dendrocalamus giganteus* é maior ao longo da espessura das paredes devido a posição dos vasos na sua anatomia microscópica, sendo que a aplicação do impermeabilizante Sikadur reduz esse efeito para 25%. Consequentemente a variação volumétrica e variação da seção transversal também apresentam valores reduzidos com o Sikadur, sendo 6 e 5 vezes menores respectivamente (FERREIRA, 2007).

Ferreira (2007) realizou estudo sobre vigas de concreto reforçadas com taliscas de bambu e relata que a tensão de aderência máxima entre o bambu e o concreto obtidos em ensaios de arrancamento, mostrou-se superior ao valor do cálculo teórico para barras de aço lisas conforme EUROCODE 2 (COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO, 1992).

Em relação as vigas ensaiadas todas apresentaram um comportamento coerente diante das condições adotadas para o dimensionamento. Para os resultados obtidos pelo alongamento último da armadura de bambu de 2,0 %, todas as vigas atingiram ruptura por alongamento excessivo da armadura de bambu antes da ruptura por cisalhamento. Entretanto, analisados os resultados para o valor do alongamento da armadura de bambu correspondente à tensão máxima obtida na análise estatística dos ensaios de tração do bambu, ainda não seria alcançada a ruptura por cisalhamento.

Ferreira (2007) concluiu que a utilização do bambu na forma de taliscas como reforço em vigas de concreto sem estribos mostrou-se viável do ponto de vista estrutural, pois aplicando a hipótese de cálculo utilizada no concreto armado com aço (Estádio II), não ocorreu ruptura última à flexão.

O bambu utilizado como reforço no concreto pode ser utilizado também em lajes. Em estudo realizado por Souza (2009), compara-se três tipos de laje: LR (Laje referência) – Laje maciça convencional com armadura de aço usada como referência para comparações, conforme figura 23; LBA (Laje com bambu aparente) – Laje com base de *Dendrocalamus giganteus* aparente, conforme figura 24 e LTB (Laje com trama de bambu) – Laje maciça com armadura de *Phyllostachys pubescens*, conforme figura 25.



Figura 23 - Corte transversal esquemático LR
Fonte: Souza (2009)



Figura 24 - Corte transversal esquemático LBA
Fonte: Souza (2009)

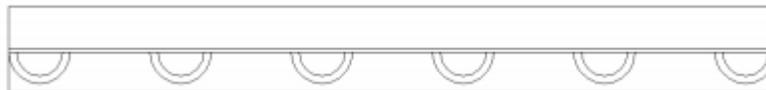


Figura 25 - Corte transversal esquemático LTB
Fonte: Souza (2009)

A flecha máxima permitida no ensaio das lajes foi de 8,3 mm, observando os resultados obtidos a LR apresentou menor deformação, com o carregamento de 400 kgf/m² e flecha de 0,58 mm. A LBA com o mesmo carregamento apresentou

deformação central igual a 1,31 mm e a LTB deformação de 3,53 mm, ou seja, todos os resultados estão de acordo com o previsto pela NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). As lajes executadas nesse estudo foram consideradas viáveis e plausíveis de execução. Porém, para utilização prática, necessita-se de estudos para que os resultados de deformações não se alterem como proliferação e ataque de insetos, montagem de formas em contra-flechas, durabilidade da interface do bambu x concreto.

As lajes de concreto reforçadas com bambu também podem ser do tipo formas permanentes. O colmo dividido pela metade atua como uma barra de reforço a tração. A forma permanente, representada esquematicamente pela figura 26 é preenchida por concreto conforme representado na figura 27. A camada interna do colmo tem de ser tratada com Sikadur, como ilustra a figura 28 (GHAVAMI, 2003).

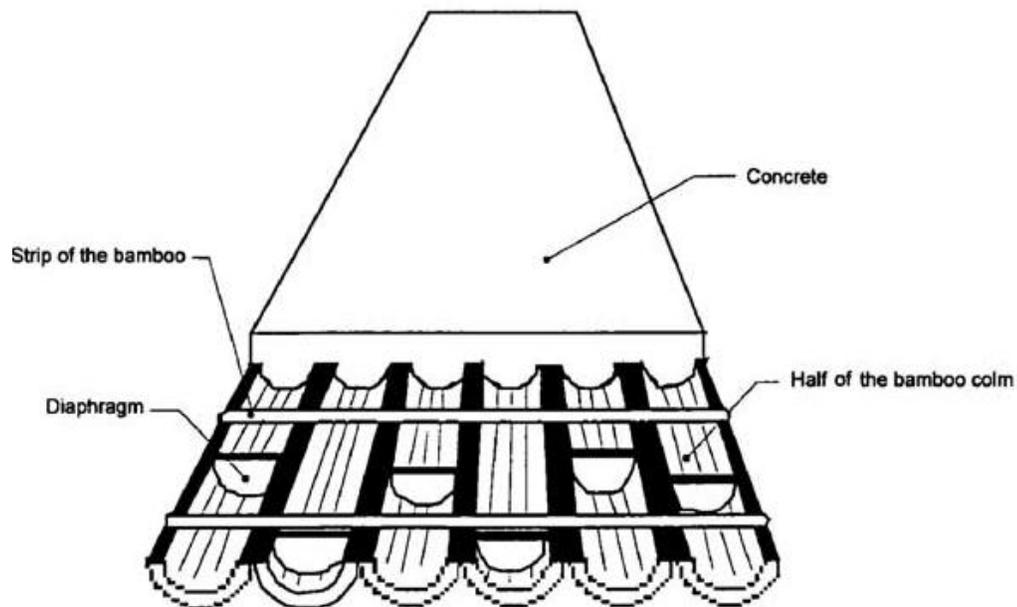


Figura 26 - Representação esquemática da laje de formas permanente
Fonte: Ghavami (2003)



Figura 27 - Forma permanente preenchida com concreto
Fonte: Ghavami (2003)



Figura 28 - Aplicação de Sikadur na forma permanente
Fonte: Ghavami (2003)

4.5.5 Andaimos em bambu

Os andaimos em bambu são uma rica tradição em muitos países asiáticos, como China, Índia e Tailândia, na figura 29 e na figura 30 podem ser vistos modelos de andaimos em Hong-Kong. Eles são bem conhecidos pela sua capacidade de resistir a furacões, são conhecidos casos onde os andaimos de bambu resistiram a furacões que os de aço foram completamente destruídos. Estão sofrendo grande concorrência atualmente com os andaimos de aço, pois estes são industrializados com dimensões padronizadas o que o torna mais prático, rápido para montar e desmontar. Os andaimos de bambu são mais baratos, porém para continuar a competindo com o aço são necessários desenvolvimento de tecnologia que iria manter suas vantagens inerentes, e ao mesmo tempo, obter alguns aspectos benéficos do design industrial moderno mantendo uma padronização, que é essencial para sua expansão a nível mundial (JANSSEN, 2000).



Figura 29 - Andaime de bamu em Hong-Kong
Fonte: Maia (2009)



Figura 30 - Andaime de bambu em Hong-Kong
Fonte: Maia (2009)

Segundo Correa (2014) existem dois tipos principais de andaimes em bambu, utilizados conforme a finalidade pretendida. Para a execução de trabalhos rápidos, como por exemplo uma fachada simples, é utilizado um andaime de camada simples (Single Layered Bamboo Scaffolds - SLBS), como pode ser visto na figura 31.

Para trabalhos de maior envergaduras, tais como os de construção, são utilizados os andaimes de camada dupla (Double Layered Bamboo Scaffolds - DLBS), conforme ilustra a figura 32. Este tipo oferece maior segurança aos trabalhadores,

podendo ser executado rapidamente e com geometria variada no sentido de acompanhar eventuais formas arquitetônicas irregulares (CORREA, 2014).



Figura 31 - Andaime de bambu de camada simples
Fonte: Engenharia e Construção (2012)



Figura 32 - Andaime de bambu de camada dupla
Fonte: Engenharia e Construção (2012)

Esses andaimes de bambu são montados pelos *taap pang*, ou vulgarmente chamados em português de aranhas. Para unir um colmo ao outro, utiliza-se uma tira

de nylon preta que se enrola algumas vezes, conforme ilustra a figura 33. As pontas são torcidas uma na outra e firmados entre as varas, evitando a utilização de parafusos, grampos ou nós. Um *taap pang* eficiente, é capaz de produzir 100 m² de andaime por dia, cerca de 70 a 80 varas de bambu (ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, 2012)



Figura 33 - Amarração das varas com tira de Nylon preta
Fonte: Engenharia e Construção (2012)

4.5.6 Tensegrity de bambu

Os Tensegrities são formados pela relação entre elementos comprimidos e tracionados que juntos formam um sistema, conforme ilustra a figura 34. Os comprimidos são dispostos de maneira a não se tocarem devido a tensão imposta pela rede, criada pelos elementos sob tração que os envolvem. Este tipo de relação proporciona leveza ao conjunto e também é percebida na estrutura dos átomos, na espiral do DNA, e na relação entre ossos e tendões. Com características como

adaptabilidade, expansibilidade, resistência estrutural e uso de materiais de forma econômica (MAIA, 2009).

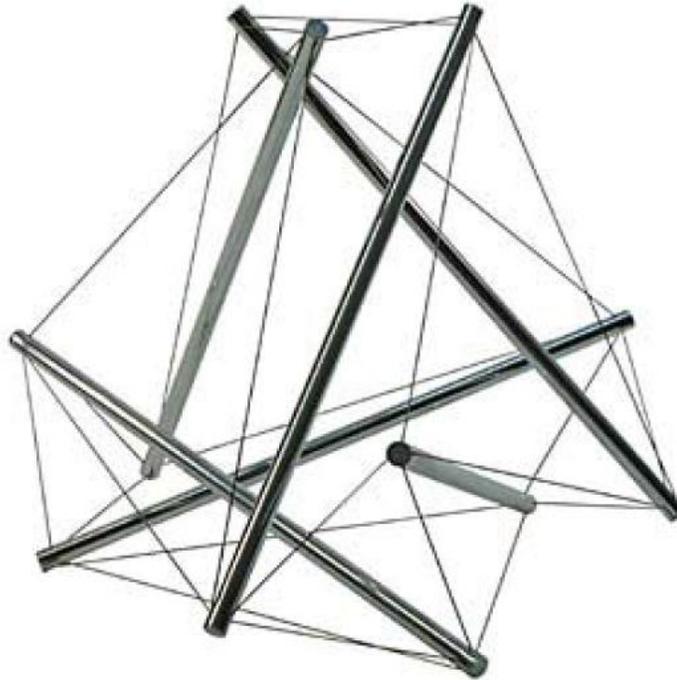


Figura 34 - Tensegrity
Fonte: Maia (2009)

Tensegrity é visto como um importante campo da engenharia estrutural a ser desenvolvida. Nestas estruturas só existe dois componentes, o de tração e o de compressão, e cada elemento do sistema, por estar separado e bem definido desempenha somente uma dessas funções, pode-se considerar que o elemento requer apenas rigidez unilateral, tornando-o um sistema econômico, pois os materiais estarão sempre trabalhando na sua melhor forma. Os elementos tracionados são predominantes no sistema, e não precisam de grande quantidade de materiais para ser resiliêntes, resistentes e suportarem enormes quantidades de tensão com uma seção muito fina, quando combinado com elementos comprimidos escolhidos corretamente, o sistema pode se tornar eficiente, leve e econômico. A leveza é importante para diminuir o consumo de energia da construção e se juntamente houver um processo de montagem, o custo da obra diminuirá significativamente.

Porém, estas estruturas são normalmente construídas com hastes metálicas que funcionam como componentes comprimidos, mas ao considerar a energia despendida para a criação destas peças, percebeu-se que isto não condiz com o apelo sustentável que os Tensegrities têm.

No entanto, Maia (2009) realizou estudo voltando-se para a substituição dos metais pelo bambu, que já é conhecido pelo seu excelente desempenho estrutural sendo leve e resistente. Dentro da área de conhecimento sobre os Tensegrity, a área de maior interesse é a mudança da forma e a possibilidade de dobrar essas estruturas, daí surgiu a ideia de apresentar uma nova perspectiva para abrigos temporários.

Ultimamente, muitos estudos tem se preocupado com a utilização de Tensegrities como elemento estrutural, ou como parte de um sistema que recebe cargas ou distribui, como o ilustrado na figura 35, como mastros, vigas, entre outros. Mas tem sido feito pouco proveito de seu espaço. Então percebeu-se a necessidade de juntar diversos módulos para se conseguir um espaço habitável, que já existia no interior de cada configuração geométrica, como ilustra a figura 36.

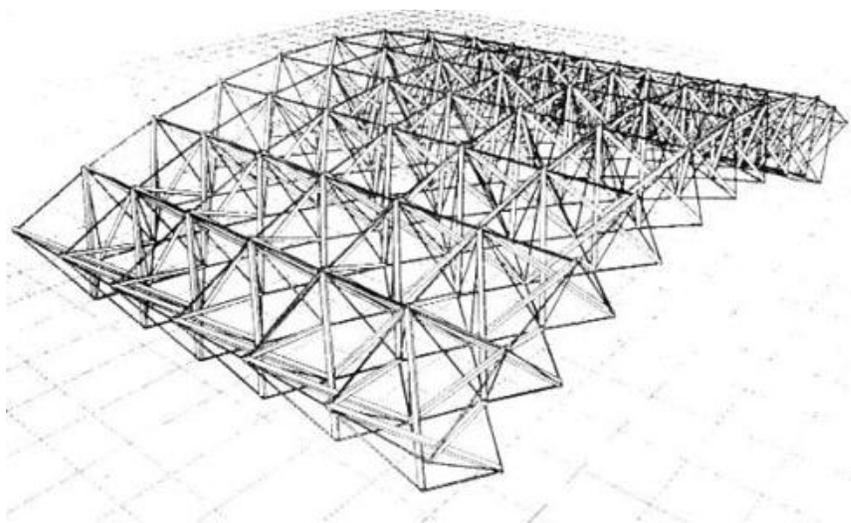


Figura 35 - Gride
Fonte: Maia (2009)

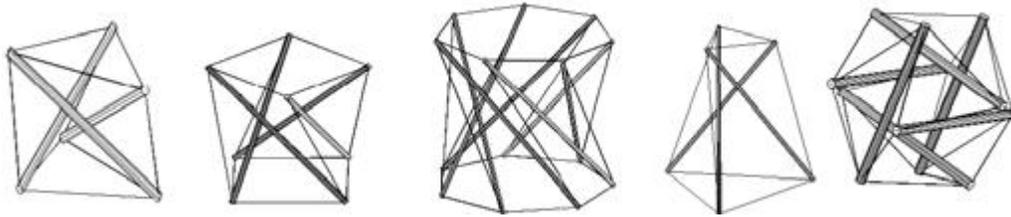


Figura 36 - Diversas configurações geométricas
Fonte: Maia (2009)

A ideia foi criar uma pequena moradia, provisória e transportável, que pudesse abastecer áreas carentes, de difícil acesso, de maneira fácil e rápida. Com a possibilidade de se dobrar estrutura Tensegrity, pensou-se em desenvolver um abrigo que pudesse ser pré-fabricado e estocado sem ocupar muito espaço, permitindo assim transporte rápido e que não fosse necessária mão de obra qualificada no local para montagem. A figura 37 e figura 38 mostra um exemplo de como poderia o espaço utilizado para estoque e transporte poderia ser otimizado.

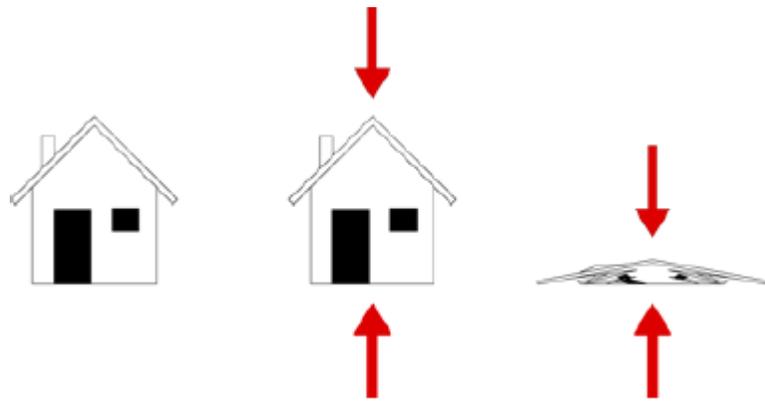


Figura 37 - Configuração de um módulo habitável montado e desmontado
Fonte: Maia (2009)



Figura 38 - Os módulos desmontados poderiam otimizar em até 7 vezes o espaço ocupado
Fonte: Maia (2009)

Decidiram que o espaço mínimo interior teria como área útil de piso 3 x 3m, sendo a dimensão máxima da esteira que serviria para esta função. A estrutura geral teve suas hastes medindo 6 m de comprimento por 20 cm de diâmetro. Os planos formados pelos ângulos seriam fechados com lona, configurando um polígono de 20 faces conforme ilustrado na figura 39.

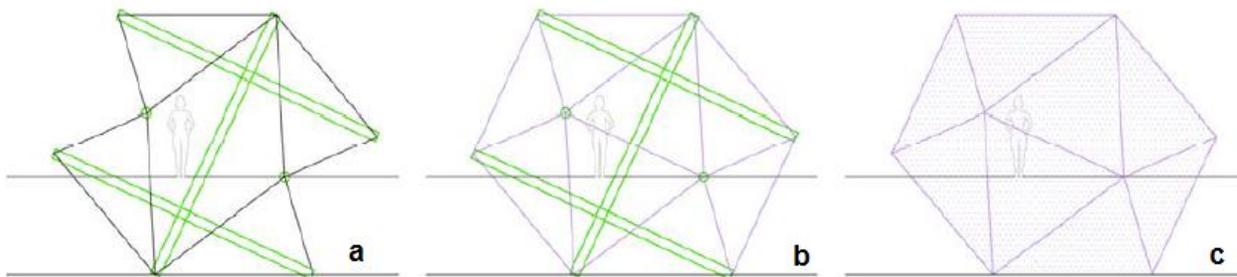


Figura 39 - a) cabos e tubos b) tubos e linhas das lonas c) geometria fechada pela lona
Fonte: Maia (2009)

Para que as peças pudessem ser reutilizadas ou trocadas, as ligações foram desenhadas para encaixe, nada é soldado. As peças de ligações podem ser analisadas a partir da figura 40.

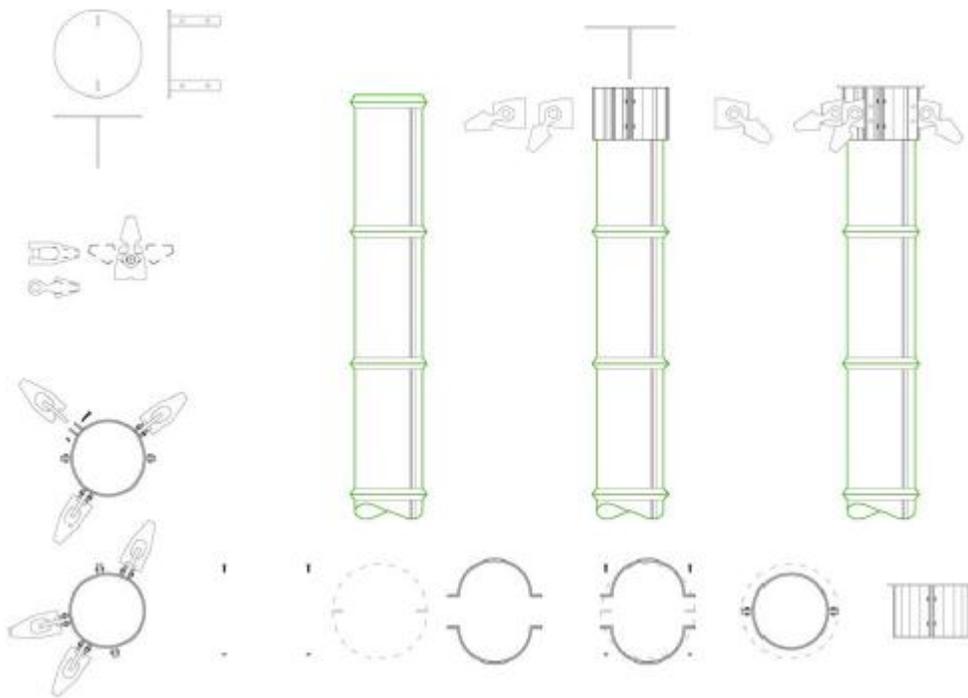


Figura 40 - Peças de ligações entre o bambu e os cabos de aço
Fonte: Maia (2009)

Para que o piso acompanhasse qualquer posição em que o módulo se encontrasse e ele não fosse fixo, podendo acompanhar a dobragem do sistema, o piso foi resolvido como uma esteira de enrolar que é simplesmente apoiada em duas barras metálicas, e estas são ligadas à outras peças. Duas peças de sustentar são colocadas em cada uma das hastes a fim de possibilitar que o módulo seja assentado em qualquer posição. Como não havia maneira de assegurar o ângulo entre o Módulo e o solo, era necessário que o piso sempre ficasse em nível, para isso foi utilizado um enrolador para fixar um de seus lados, ele faria o ajuste necessário independente da posição em relação ao chão, conforme ilustra a figura 41.

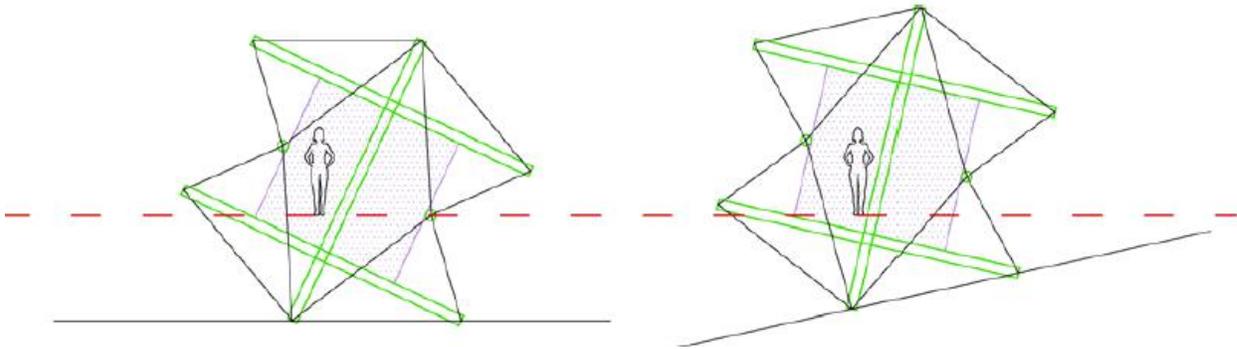


Figura 41 - Conexão entre piso e tubos
Fonte: Maia (2009)

No modelo proposto de abrigo é necessário criar um protótipo e executar ensaios no laboratório para verificar seu desempenho mecânico. Deve-se aprimorar as ligações e testá-las junto aos cabos de aço.

4.5.7 Compósito de bambu e resíduos de borracha

Pneus usados geram um dos maiores problemas ambientais, degradando a natureza ao serem descartados de forma inadequada. Marques et al (2011) realizou estudo de habitação alternativa, com o reaproveitamento de materiais desconsiderados como raspa de borracha (pneu) e fibras de bambu como agregados de argamassa, diminuindo o custo e despoluindo o meio ambiente. A utilização desse compósito na construção civil trás muitos benefícios, já que possibilitará a redução no tempo de execução das construções além de diminuir os problemas ambientais gerados pelos materiais degradáveis e não degradáveis, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas.

O processo de construção empregou o sistema tipo auto-construção (mutirão) dos futuros moradores, sendo que foi ofertado um treinamento para obter qualidade, rapidez e segurança técnica, como mostra a figura 42.



Figura 42 - Construção em mutirão
Fonte: Marques (2011)

A fundação escolhida foi do tipo sapata isolada, onde primeiramente foi realizada a locação da obra, posteriormente a escavação do terreno e por último uma camada de regularização (lastro) com uma malha de bambu substituindo a armadura de distribuição, conforme a figura 43.

A estrutura principal é composta por um sistema pilar-viga em peças pré fabricadas com armações de bambu em substituição ao aço. Os estribos foram feitos com taliscas de bambu de 1 cm de largura grampeado à estrutura.

A vedação foi realizada através de placas, com acabamento macho-fêmea ou acabamento macho.

Todas as placas, vigas e pilares são estruturados com colmos de bambu, devido a isso teve a preocupação de intercalar os nós de uma vara para outra com o objetivo de reduzir a flambagem e aumentar a resistência à compressão das peças, conforme o ilustra a figura 44.



Figura 43 - Ilustração da armação de bambu em substituição ao aço
Fonte: Marques (2011)



Figura 44 - Estrutura e armação das placas com bambu
Fonte: Marques (2011)

Após o encaixe das placas, coloca-se a cinta de amarração com o encaixe fêmea fixado nas placas de vedação, conforme figura 45, posteriormente é iniciado o serviço de reboco das alvenarias, para uma melhoria estética da obra e maior proteção contra intempéries, por não necessitar a espera do tempo de secagem da alvenaria, há uma redução considerável no tempo de execução da obra.



Figura 45 - Colocação da cinta de amarração
Fonte: Marques (2011)

O autor concluiu que a construção utilizando o bambu como material torna-se viável em zonas rurais e urbanas carentes, pois esta técnica construtiva atende principalmente os aspectos ecológicos, com redução dos gastos energéticos e melhor aproveitamento dos recursos naturais.

A utilização do bambu reduz o custo da obra e ele por ser um tubo oco, faz com que as peças sejam leves, facilitando o manuseio e transporte. Porém se não for tratado convenientemente, é susceptível ao ataque de insetos e parasitas, reduzindo sua durabilidade.

4.5.8 Fabricação de móveis com bambu

Pelo processo de fabricação de chapas de Bambu Laminado Colado e vidro reciclado para a produção de móveis, Polucha (2006) se desenvolveu mesas com bom resultado estético e técnico.

Foi adotada a fabricação do painel de bambu por meio do processo contraplacado, que caracteriza-se pela sobreposição de lâminas de bambu em direção cruzada (as fibras devem formar um ângulo de 90° entre si). Essa opção foi escolhida por ser indicada como a mais adequada para a fabricação de tampos de mesas, assentos, encostos e móveis e uso interno em geral.

A chapa de bambu laminado é um material resistente mas fácil de ser trabalhado com maquinário de marcenaria. Adapta-se bem aos acessórios de fixação como cavilhas, parafusos, e dobradiças, porém desgasta mais as lâminas e lixas das máquinas do que as madeiras tradicionais, devido à presença de sílica na composição do bambu.

As mesas desenvolvidas possibilitam uma maior interação com o usuário pela transformação de mesa lateral em mesa de centro, aliada à função de luminária conforme ilustra a figura 46.

Moizes (2007) desenvolveu uma pesquisa com os alunos de Design na cidade de Bauru, na qual foram desenvolvidas atividades relacionadas ao uso e aplicação do bambu nas disciplinas de projeto.

No curso de Design de Interiores do IESB (Instituto de Ensino Superior de Bauru), a aluna Nídia Pedrosa Vieira definiu os painéis de bambu (BLC) como matéria prima para a elaboração do móvel “estante para televisão” conforme esquematiza a figura 47.



Figura 46 - Sequencia de montagem das mesas produzidas com laminado de bambu
Fonte: Polucha (2006)

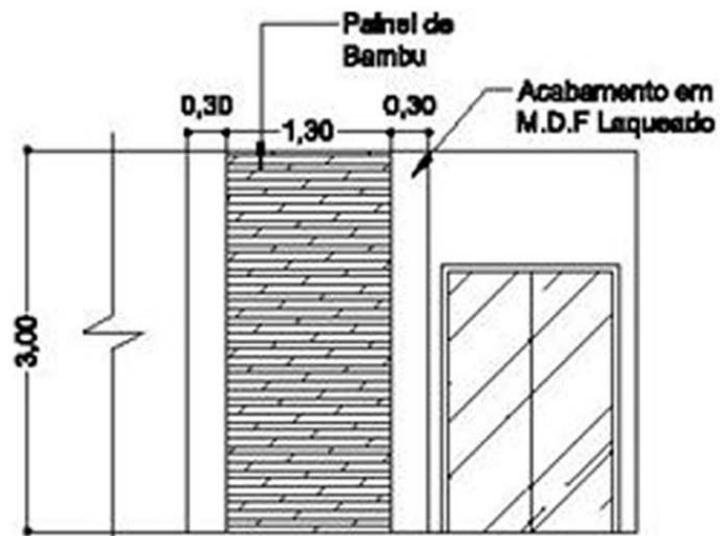
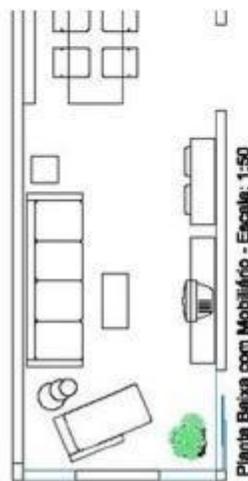


Figura 47 - Desenho esquemático para a estante da televisão
Fonte: Moizes (2007)

O painel nesta situação atende ao projeto como elemento estrutural e de revestimento, utilizando-se ripas na posição horizontal, assentadas lateralmente, sendo possível uma impressão de amplificação do ambiente, o projeto pode ser melhor visualizado pela figura 48.



a



b



c

Figura 48 - a) Maquete eletrônica do ambiente projetado com a estante; b) Implantação com móveis no seu entorno; c) Perspectiva do ambiente
Fonte: Moizes (2007)

Três projetos utilizando os painéis foram executados, sendo uma poltrona, uma cadeira/rede e um chapeleiro/guarda-volumes, todos para ambientes internos. A peça denominada “poltrona bambu”, caracterizou-se pela racionalidade do uso do material,,

pela resistência, estética atraente e ecologicamente correto. O projeto foi planejado pensando no uso de poucas peças, facilidade na montagem, na resistência e no pequeno porte como mostra a figura 49. Nesse mobiliário a esteira de bambu como encosto, ressalta as suas próprias características como leveza, o emprego das peças desmontáveis e o uso de pregos e parafusos, a fixação por encaixes, o uso de adesivo à base de água, com todos os materiais sendo recicláveis facilitando seu descarte após-uso

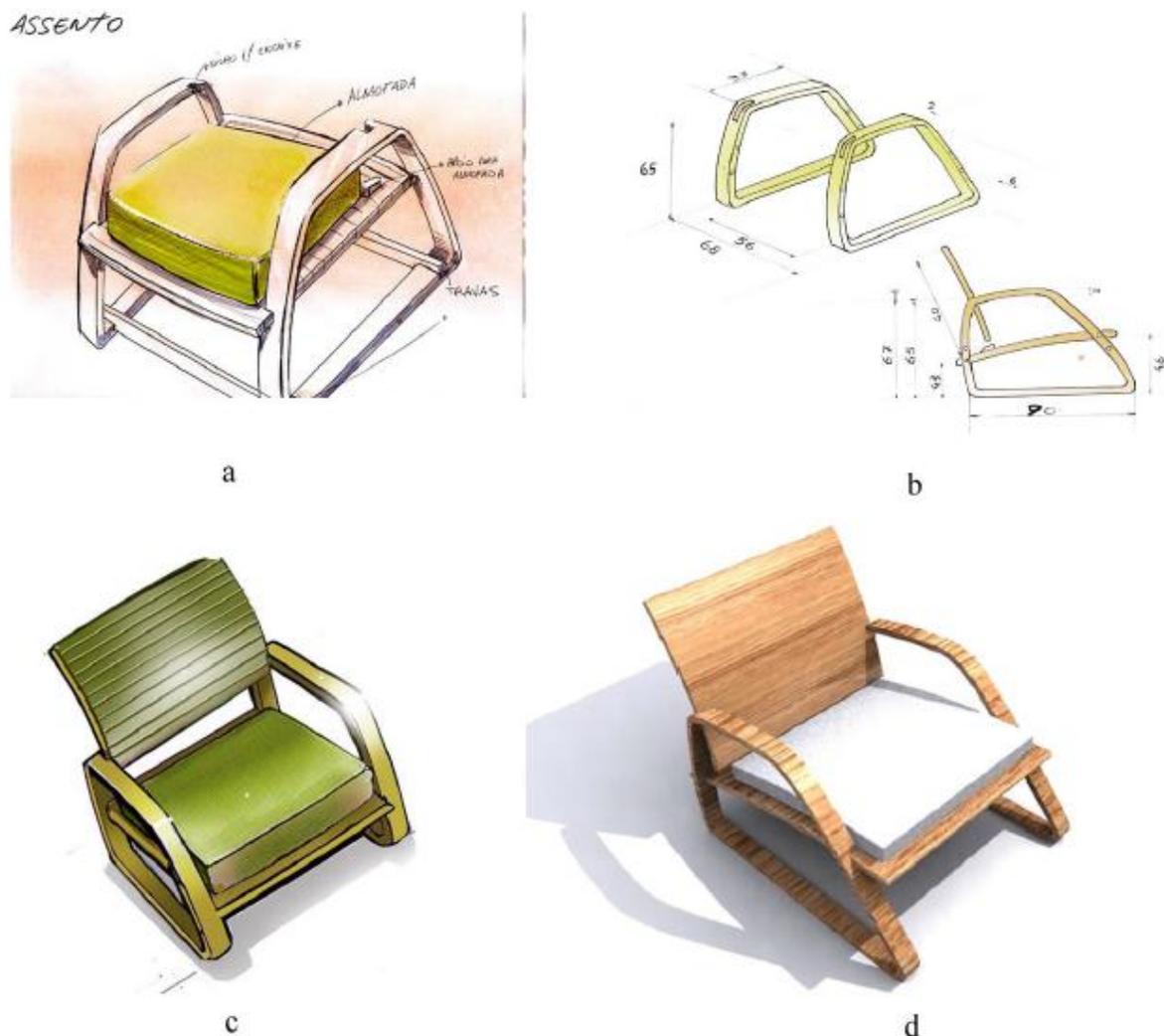
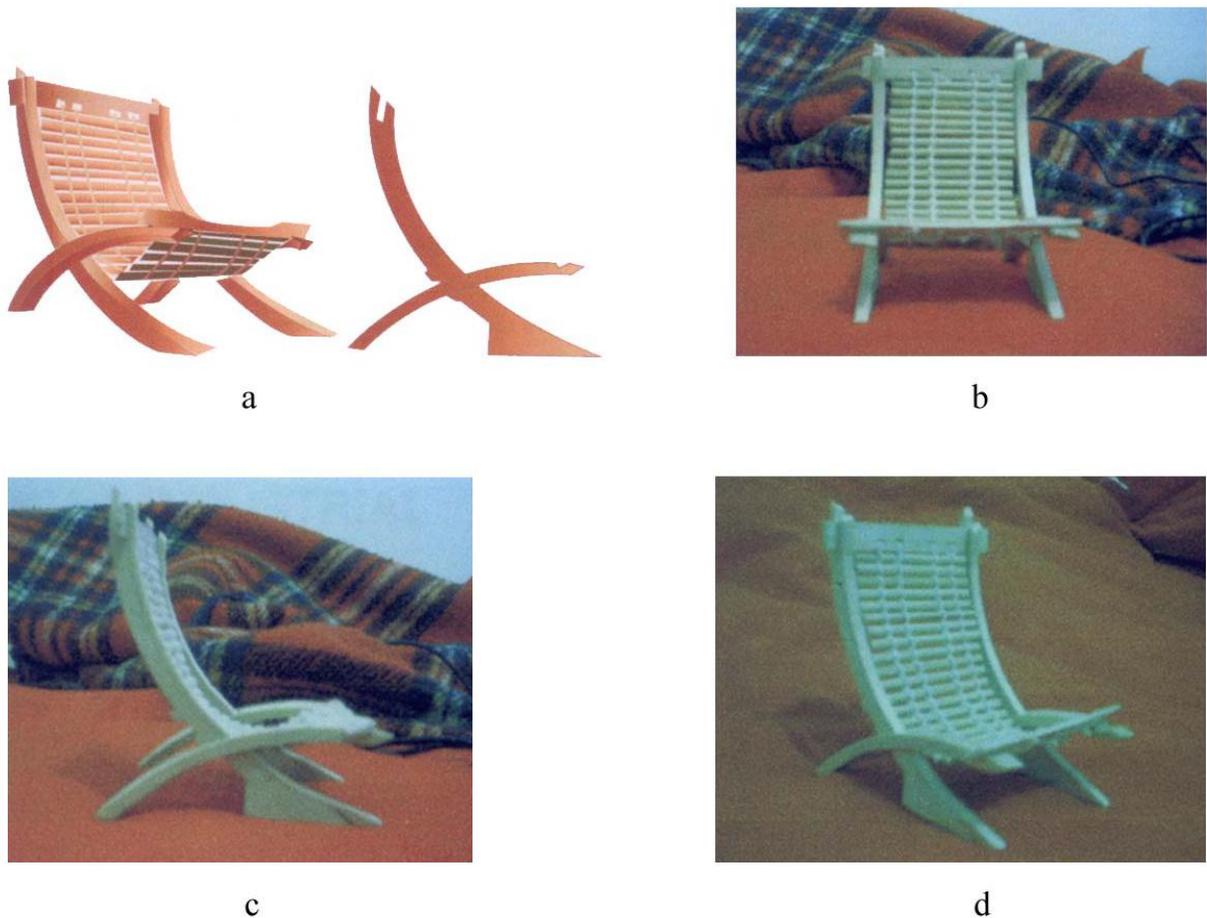


Figura 49 - a) e b) Desenhos esquemáticos da poltrona; c) e d) Rendering à mão livre e modelo 3 D Studio MAX
 Fonte: Moizes (2007)

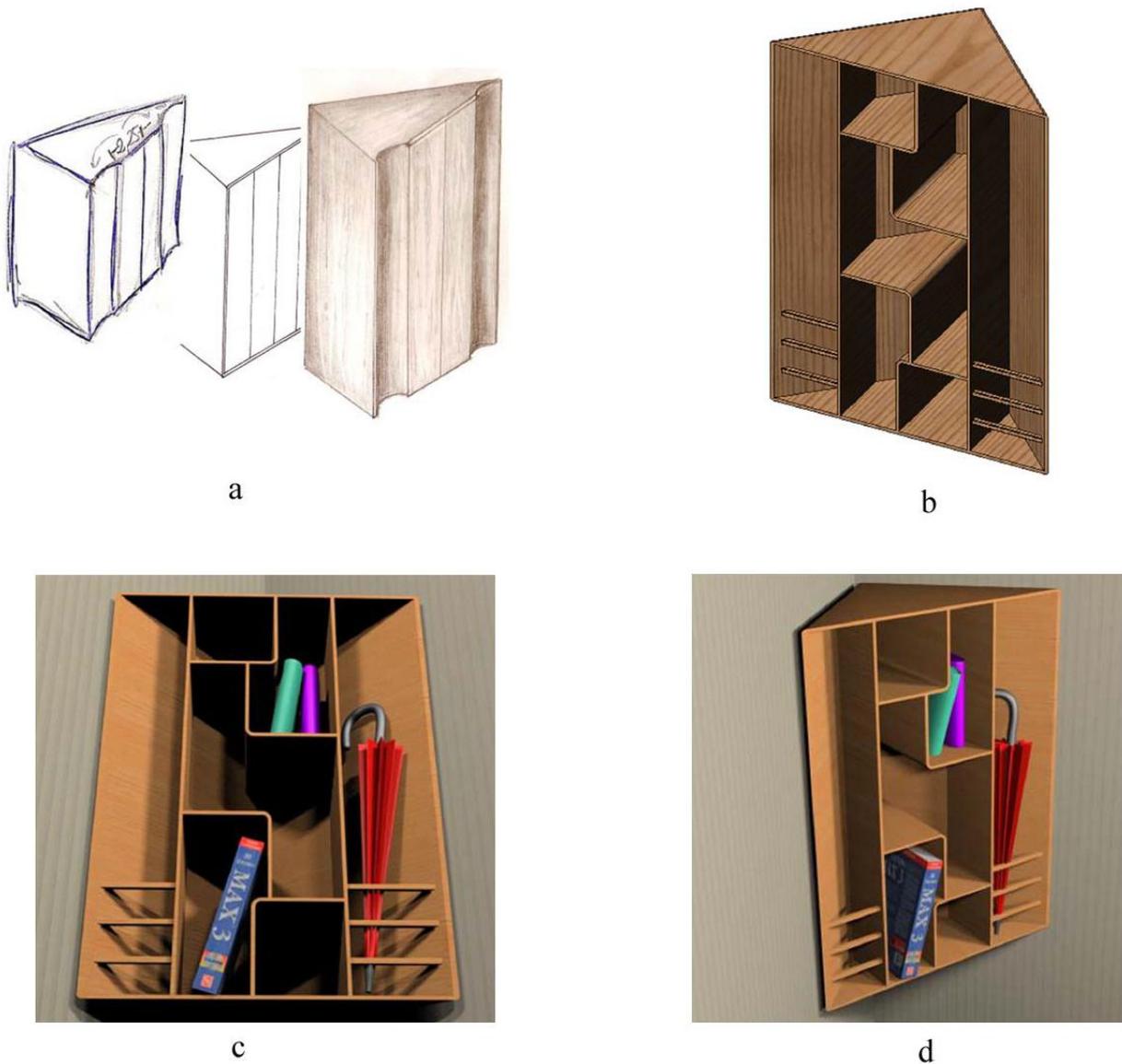
Na “cadeira-rede”, a preocupação foi a utilização dos meios renováveis e duráveis. Estudou os materiais e os painéis de bambu com a possibilidade de desenvolver uma cadeira com dupla função, adaptáveis para uma rede de repouso. Os painés empregados no projeto da cadeira foram de BLC para a sua estrutura e uma esteira laminada de bambu para o assento conforme ilustra a figura 50.



**Figura 50 - a) Desenhos na elaboração do projeto Cadeira-Rede; b), c) e d) Fotos do modelo em escala reduzida
Fonte: Moizes (2006)**

No móvel, chapeleiro “noHAT”, houve uma preocupação de reformular um produto que estava ultrapassado nas últimas décadas. O móvel foi reestruturado para que o consumidor encontre praticidade e funcionalidade mesmo em um produto “obsoleto”. Nesta peça as divisões foram planejadas para acomodar celulares, bolsas,

guarda-chuva, chapéu e demais objetos utilizados no cotidiano, como ilustra a figura 51. O material empregado foi o BLC, atendendo as necessidades estruturais do objeto de estudo.



**Figura 51 - a) Esboços e estudos do chapeleiro; b), c) e d) Ilustrações em 3D do objeto “noHAT”
Fonte: Moizes (2007)**

Outro projeto realizado foi o de um andador, a proposta objetivou a utilização do BLC por suas características de resistência mecânica. O andador é um equipamento para auxílio e reabilitação de idosos, tal equipamento é utilizado na maioria das vezes

para auxiliar no equilíbrio estático e dinâmico do indivíduo, e também é empregado em atividades rotineiras. Esta proposta teve como objetivo principal, adequar às necessidades dos portadores de necessidades especiais e aplicar um material ecológico ao produto. O protótipo do andador foi executado na escala 1:1 com o BLC conforme mostra a figura 52.



Figura 52 - Protótipo do andador
Fonte: Moizes (2007)

Depois de seco o bambu se torna bastante leve, no entanto mantém-se bem firme, depois de ser trabalhado impressiona pela simplicidade estética, uma maneira simples de aplicar o bambu é na forma de luminárias como demonstrado na figura 53.



Figura 53 - Luminária de bambu
Fonte: Régis (2004)

O bambu também pode ser utilizado na sua forma natural cilíndrica, conforme a figura 54, em que são apresentados exemplos de mobiliário com bambu roliço.



(a)



(b)

Figura 54 - Móveis rústicos; mesas e cadeiras a) Mesa de cabeceira (*B. nigra*) b) Jogo de mesa e cadeiras (*P. Aurea*)
Fonte: Pereira e Beraldo (2008)

5 CONCLUSÃO

Pode ser visto que o bambu possui um grande potencial, porém sua cultura, sua utilização e o desenvolvimento de pesquisas são encontrados na maioria em países orientais, embora mais recentemente no Ocidente uma maior atenção venha sendo dedicada. Nesse sentido a bibliografia nacional é muito escassa, se restringindo muitas vezes em teses universitárias e pouquíssimos livros. Portanto, espera-se que o presente trabalho possa contribuir positivamente com futuras pesquisas ou informações sobre esta gramínea.

Uma primeira conclusão a ser enfatizada é que o bambu pode ser uma alternativa viável, comparado com outros materiais de construção por ser renovável, de rápido crescimento, baixo custo de produção, baixo peso próprio e alta resistência mecânica, sendo que essas características o torna um material sustentável.

Em relação as propriedades estruturais do bambu quando comparada a relação momento de inércia/área da seção transversal, ele supera em 2,5 vezes a madeira. E quando tomadas as relações rigidez/massa específica e resistência/massa específica, tais valores superam a madeira e o concreto, podendo ser tais relações comparáveis, inclusive ao aço. Da perspectiva mecânica, o bambu provou que, apesar do reduzido peso próprio apresenta desempenhos particularmente satisfatórios.

Conforme se referiu, as características mecânicas do bambu são influenciadas principalmente por fatores como: espécie, idade, solo do bambuzal, época da colheita, teor de umidade, região do colmo. Porém, um colmo que seja colhido na idade certa, e que seja realizado os devidos tratamentos apresentará melhor resistência mecânica e evitará a absorção de água e ataque de fungos ou insetos.

Atualmente, pesquisas vem sendo realizadas para a substituição da madeira e do aço pelo bambu, ou até mesmo o seu uso para melhorar as propriedades mecânicas de alguns compósitos. Pode-se perceber bons resultados quanto ao seu comportamento em diversas aplicações.

Quanto ao Bambu Laminado Colado, observou-se que sua resistência quando comparadas as laminas de bambu são superiores. Verificou-se também que seu uso

não restringe-se somente ao uso estrutural, sendo muito utilizado na fabricação de mobiliários.

Pode-se perceber também, que o bambu tem uma grande importância social, pois é muito empregado como material alternativo para pessoas de baixa renda, como por exemplo as tubulações hidráulicas ou as habitações alternativas.

O intuito desse trabalho foi mostrar que o bambu tem um grande potencial a ser explorado, necessitando de mais pesquisas e incentivos tanto para sua utilização como natural ou processado.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Henrique J. B. de. **Madeira de eucalipto tratada pode contribuir para a redução do desmatamento na Amazônia.** EMBRAPA, Acre, 2010. Disponível em: <http://www.cpaufac.embrapa.br/imprensa/artigos_tecnicos/artigos-de-midia-3/artigos-de-midia-2010/madeira-de-eucalipto-tratada-pode-contribuir-para-reducao-do-desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em 1 jul. 2013.

AZZINI, Anísio et al. **Florescimento e frutificação em bambu.** Revista Científica do Instituto Agronômico, Campinas, V.41, n.18, p. 175-180, nov.1982. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v41n1/18.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2014.

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.

CICHINELLI, Gisele. Disponível em: <<http://stage.masisa.com/exp/por/produto/paineis/osb/ficha-tecnica/1795.html>> Acesso em: 21 ago. 2013.

CORREA, Marcio A. P. **Utilização de Bambu na Construção.** 2014. 107f. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2014.

CZARNIESKI, Cleber J. et al. **Vigas de concreto reforçadas com bambu Dendrocalamus giganteus. I: análise experimental.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.9, n.4, out/dez. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000400031. Acesso em: 29 jun. 2014.

ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO. **Andaimes de Bambu. 2012.** Disponível em: <http://www.engenhariaeconstrucao.com/2012/02/andaimes-de-bambu.html>. Acesso em: 22 jul. 2014

EUROCODE. **“Design of concrete structures: Part 1: General rules and rules for buildings.”** London UK, 1992, p. 252.

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.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mossô, Matake, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara* e *Dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia**. 2001. 53 f. Departamento de Engenharia Civil. PUC-Rio. 2001.

GHAVAMI, Khosrow. **Bamboo as reinforcement in structural concrete elements**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Pontifícia Católica. Rio de Janeiro. 2003

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia***. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Rio de Janeiro, V.9, n.1, p. 107-114, 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000100016&script=sci_arttext>. Acesso em: 8 mai. 2014.

GÓES, Jorge L. N. de. **Materiais derivados de madeira (aplicação estrutural)**. Campo Mourão, 2011. 34 p.

GONÇALVES, M. T. T. et al. **Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2000.

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 n° 20. Beijing. China. 2000.

KAMRUZZAMAN, M. et al. **Effects of age and height on physical and mechanical properties of bamboo**. Journal of Tropical Science. Bangladesh. p.211-217. 2008. Disponível em: <http://www.jstor.org>. Acesso em: 5 jul. 2014.

LIESE, Walter. **Anatomy and properties of bamboo**. In : Rao, A.N.; Dhanarajan, G.; Sastry, C.B. ed., Recent Research on Bamboo, 1987. Proceedings of

the International Bamboo Workshop, Hangzhou, China, 6-14 October 1985. Chinese Academy of Forestry, Beijing, China; International Development Research Centre, Ottawa, Canada. p.196

MAIA, Gabriel K. **Tensegrity de bambu. Estruturas adaptáveis e eficientes.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC-RIO, 17., 2009, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/civ/gabriel.pdf. Acesso em: 1 jul. 2014.

MANHÃES, Adriana P. **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar.** 2008. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MARQUES, Janezete A. et al. **Estudo de adição de raspa de borracha e fibra de bambu como agregado na massa cimentícia.** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2., 2011, Viçosa. Disponível em: http://www.dec.ufv.br/modules/mastop_publish/files/PublicacoesdoPrograma/alvarenga/2011/congressos/II%20Cong%20Nac%20de%20Eng%20Ambiental%20-%202011%20-%20Regina.pdf. Acesso em: 23 jul. 2014.

MISKALO, Eugenio P. **Avaliação do potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas.** 2009. 130 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

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.

MORESCHI, João C. **Produtos preservantes de madeira.** Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: http://www.madeira.ufpr.br/ceim/index.php?option=com_content&view=article&catid=28&id=36. Acesso em: 03 jul 2014.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS – NMBA. **Preservation of bamboo.** New Delhi, Índia. 60f. 2006

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.

OKINO, Esmeralda Y. A. et al. **Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*.** Scientia Forestalis. Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, jun. 2008

OLIVEIRA, Luiz F. A. de. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil.** 2013. 90f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PERAZZELLI, Bruno; PEREIRA, Marco. **O uso do bambu laminado colado na confecção de móveis mobiliário.** 2012. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>. Acesso em: 23 jul. 2014.

PEREIRA, Marco A. dos R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*).** Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu. p.162, 1997.

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

POLUCHA, Fernanda S. et al. **Design para sustentabilidade: bambu laminado e vidro reciclado na produção de móveis.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 7., 2006. Disponível em: <http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Design%20Moveis%20Bambu%20Laminado%20-%20Polucha%20et%20al.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2014.

RÉGIS, Frederico M. **Ecodesign: potencialidades do bambu.** 2004. 75f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Ciências Exatas e de Comunicação, Universidade Salvador, Salvador, 2004.

SILVA, Isaac F. da. **Estudo morfológico do bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.), uma espécie invasora em área de Mata Atlântica no parque municipal de**

Maceió-Alagoas. Revista Semente. Maceió, v. 6, n. 6, 2011. Disponível em: <<http://www.fejal.com.br/revista/index.php/semente/article/view/148>. Acesso em: 20 ago. 2013.

SILVA, Roberto M. C. e. **O bambu no Brasil e no mundo.** 2010. Disponível em: http://www.institutoeu.com.br/arquivos/downloads/Bambu_no_Brasil_e_no_Mundo_56403.pdf. Acesso em: 15 jul. 2014.

SOUZA, Lucimeire B. Z. de. **Lajes com armadura de bambu: um estudo comparativo com as lajes convencionais de aço.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 6, 2009. Maringá. Disponível em: http://www.cesumar.br/epcc2009/anais/lucimeire_brenzan_zampar_souza.pdf. Acesso em: 17 jul. 2014.

TARGA, Gabriel N. e. **Compósito reforçado por laminado de bambu com matriz de poliuretano e epóxi: desenvolvimento, produção e caracterização mecânica.** 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TOMBOLATO, Antonio F. C. et al. **Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo brasileiro.** Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. v. 18, n. 2, p. 105-114, 2012.

XIAOBO, Li. **Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing.** 2004. 76 f. Tese (Mestre em Ciências) – Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agriculture and Mechanical College, School of Renewable Natural Resources, 2004.

