

Monografia

CONHECENDO BAMBUS E SUAS POTENCIALIDADES PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Autor: Luiz Fernando Andrade de Oliveira

Orientadora: Professora Adriana Guerra Gumieri

Fevereiro/2013

LUIZ FERNANDO ANDRADE DE OLIVEIRA

**“CONHECENDO BAMBUS E SUAS POTENCIALIDADES
PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Avaliação nas Construções

Orientadora: Professora Adriana Guerra Gumieri

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, aos meus pais Anézio e Terezinha e minha família pelo apoio e carinho, aos colegas de curso e de trabalho pela amizade e companheirismo e a todos os professores e funcionários do DEMC/UFMG pelo profissionalismo, dedicação e amizade.

SUMÁRIO

RESUMO	02
1. INTRODUÇÃO	03
2. OBJETIVOS	05
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
3.1 ESPÉCIES E TIPOS DE BAMBUS	06
3.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MECÂNICAS DOS BAMBUS.....	19
3.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FÍSICAS DOS BAMBUS.....	23
3.3.1 OS RIZOMAS DOS BAMBUS	25
3.3.2 O COLMO DOS BAMBUS	28
3.3.3 AS FOLHAS CAULINARES	29
3.3.4 OS GALHOS DOS BAMBUS.....	30
3.3.5 AS FOLHAGENS DOS BAMBUS.....	31
3.3.6 A FLORAÇÃO NOS BAMBUS.....	32
3.4 CARACTERÍSTICAS DE DESENVOLVIMENTO DOS BAMBUS.....	34
3.4.1 VELOCIDADE DE CRESCIMENTO	34
3.4.2 FORMA DE CRESCIMENTO.....	36
3.4.3 MATURIDADE.....	38

3.5 O CULTIVO DO BAMBU – PRODUÇÃO E TRATAMENTO PÓS CORTE.....	40
3.5.1 PRODUÇÃO COMERCIAL.....	40
3.5.2 TRATAMENTO DOS COLMOS COLHIDOS.....	42
3.6 A RESISTÊNCIA MECÂNICA DAS FIBRAS DO BAMBU.....	48
3.6.1 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO.....	49
3.6.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	50
3.6.3 TENSÃO DE CISALHAMENTO.....	51
3.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS BAMBUS.....	54
3.7.1 VANTAGENS.....	54
3.7.2 DESVANTAGENS.....	58
3.8 APLICAÇÕES E USOS PARA O BAMBU.....	60
3.8.1 ANDAIME DE BAMBU.....	60
3.8.2 BAMBU E CONCRETO ARMADO.....	61
3.8.3 ESTRUTURAS.....	62
3.8.4 MATÉRIA PRIMA PARA ACABAMENTOS.....	67
3.9 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	08
Figura 2: <i>Dendrocalamus giganteus</i>	09
Figura 3: <i>Dendrocalamus strictus</i>	10
Figura 4 <i>Dendrocalamus asper</i>	11
Figura 5(a) <i>Guadua angustifolia</i>	11
Figura 5(b) Faixa branca do nó.....	12
Figura 6: <i>Guadua chacoensis</i>	13
Figura 7: <i>Phyllostachys castillonis</i>	14
Figura 8: <i>Phyllostachys nigra</i>	15
Figura 9: <i>Chusquea capituliflora</i>	16
Figura 10: Acabamento de guarda corpo com taquara.....	17
Figura 11(a): <i>Bambusa vulgaris</i>	18
Figura 11(b): <i>Bambusa taquara</i>	18
Figura 12(a): Mesoestrutura.....	20
Figura 12(b): Microestrutura ampliada.....	20
Figura 13: Distribuição das fibras	22
Figura 14: Raízes aéreas	23
Figura 15: Partes do bambu	24
Figura 16: Tipos de rizomas	27
Figura 17: Variadas espessuras de paredes	28

Figura 18: Folha caulinar.....	29
Figura 19: Galhos de bambu.....	30
Figura 20: Folhas de bambu.....	31
Figura 21(a): Flor do bambu.....	29
Figura 21(b): Conjunto de flores.....	33
Figura 22: Brotos.....	35
Figura 23: Bambuzal entouceirante.....	36
Figura 24: Bambuzal não-entouceirante.....	37
Figura 25: Seção de bambu jovem.....	38
Figura 26: Bambuzal.....	39
Figura 27: Extração de bambu.....	41
Figura 28: <i>Dinoderus minutus</i>	42
Figura 29: Tanque de imersão.....	43
Figura 30: Tratamento químico.....	44
Figura 31: Método <i>Boucherie</i>	45
Figura 32: Estudo laboratorial computadorizado.....	47
Figura 33: Andaime de bambu.....	60
Figura 34: Laje com armação de bambu.....	61
Figura 35: Ensaios de aderência.....	62
Figura 36: Pontilhão de bambu.....	63
Figura 37: Casa estruturada em bambu.....	64
Figura 38: Estrutura de bambu.....	64

Figura 39: Estrutura de bambu.....	65
Figura 40: Engradamento.....	66
Figura 41: Catedral de Pereira, Colômbia	67
Figura 42: Seis detalhes de acabamentos em bambu	68
Figura 43: Piso de bambu	68
Figura 44: Cerca de bambu	69
Figura 45: Casa de bambu.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.....	49
Tabela 2 - Dados de resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.....	51
Tabela 3 - Resistência ao cisalhamento interlaminar	52

RESUMO

Neste trabalho são apresentadas algumas espécies e variedades de bambus mais comuns e dentre elas quais têm melhor potencial e desempenho para o uso na construção civil, seja qual for a aplicação desejada. Em países asiáticos como China, Índia, Japão, dentre outros, o bambu é muito utilizado para fins construtivos, e em alguns países da América do Sul, principalmente a Colômbia, isto também acontece (Ghavami e Barbosa, 2007). O bambu é uma gramínea que apresenta variadas espécies, e bastante distintas dentre elas, alguns representantes têm maior resistência mecânica, outros são mais flexíveis, outros têm bom comportamento na presença de água e intempéries e outros são mais resistentes ao ataque de agentes biológicos patogênicos. Cada espécie apresenta características particulares que podem favorecer aplicações mais específicas e de desempenho satisfatório. E há espécies que concentram várias das qualidades mencionadas em um mesmo indivíduo, sendo estas as ideais para o uso na construção civil. Aliados às características diretas da “matéria prima bambu” é importante ressaltar as peculiaridades e características de seu cultivo, a sua produtividade e rendimento, e os tratamentos necessários a serem feitos antes de ser utilizado.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é um material já usado pelo homem há vários séculos e em várias aplicações, inclusive na construção de casas, templos, pontes, dentre outras construções e para finalidades diversificadas como instrumentos e ferramentas, por exemplo.

Atualmente seu potencial é ainda pouco explorado e em nossa sociedade está associado geralmente à construções simples, improvisadas e de curta longevidade, ou é usado simplesmente como adorno decorativo e em alguns detalhes de acabamento.

O bambu é uma gramínea cuja fibra tem grande resistência mecânica, principalmente a esforços de tração, e vários estudos apontam a viabilidade técnica e econômica para o seu uso, ou até mesmo a substituição como material alternativo em alguns segmentos da construção civil. Escolhendo a espécie de bambu mais adequada, e realizando os estudos, ensaios e cálculos devidos, o bambu pode ser utilizado sem maiores problemas na construção de pontes, templos, casas, cercas, guarda-corpos, escadas, mourões, esteiras de vedação, elementos de estruturas tais como vigas, pilares, treliças, engradamento de telhado, além de mobiliários, acabamentos diversos, utensílios e ferramentas. Os estudos, testes e ensaios são necessários para que se tenha um melhor aproveitamento e rendimento desta matéria prima. O bambu é uma alternativa de material ecologicamente viável e sustentável uma vez que seu cultivo tem bom rendimento de material, ele pode substituir peças em madeira de lei e outras madeiras cultivadas em escala comercial, como o eucalipto.

Outro ponto de destaque do bambu é sua contribuição para retirada de toneladas de gás carbônico do ar atmosférico, pois ele tem um alto consumo deste gás. Isto ocorre principalmente durante seu desenvolvimento, e como há regularmente novas brotações e colmos novos em crescimento, sua contribuição é relativamente uniforme e muito significativa (Pereira e Beraldo, 2007).

2. OBJETIVOS

A proposta deste estudo é apresentar algumas espécies de bambus mais conhecidas e comuns em todo o mundo, inclusive no Brasil e destacar os representantes mais adequados para aplicação direta na construção civil em nosso país. Conhecendo um número maior de variedades, podemos ter uma noção da diversidade de espécies existentes e também suas variadas potencialidades de usos.

Mais especificamente será destacada uma das características principais do bambu quanto à sua resistência mecânica, que por ser um material fibroso, possui alta capacidade de suportar esforços de tração. Característica esta que torna o bambu uma matéria prima viável de ser empregada com notável desempenho e satisfação na construção civil.

Além de apresentar as características mecânicas, serão destacados também fatores que influenciam na resistência e durabilidade do bambu após seu corte em bambuzais.

E por fim apresentar os pontos positivos e as desvantagens deste material alternativo, que é viável em vários aspectos e ecologicamente correto, mas que deve ser manejado corretamente e aplicado somente em situações favoráveis à seu bom desempenho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Espécies e tipos de bambu

Segundo o Michaelis (2009), bambu é um substantivo masculino, palavra originada do malaio. Em Botânica, bambu é cada uma das gramíneas lenhosas ou arborescentes dos gêneros *Bambusa*, *Arundinária*, *Dendrocálamo* e relacionados, largamente distribuídas por todo o globo terrestre, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais dos dois hemisférios (Pereira e Beraldo, 2007).

Cientificamente o bambu é um representante da Família das Gramíneas, *Gramineae* ou *Poaceae*, Subfamília *Bambusoideae* que é dividida em duas tribos; a primeira é a *Bambuseae* com espécimes de maior porte, xilemáticos, ou seja, com colmos lenhosos e a segunda é a *Olyreae* com espécimes de menor porte, herbáceos. O bambu é ainda classificado cientificamente na Ordem *Poales*, Subclasse *Commelinidae*, Classe *Liliopsida*, Divisão *Magnoliophyta*, Superdivisão *spermatophyta*, Reino *Plantae* e Domínio *Eukaryota* (Pereira e Beraldo, 2007).

O número exato de espécies de bambu que existem na superfície terrestre ainda é uma incógnita, devido principalmente a sua grande dispersão nos vários continentes da Terra. Existem sempre novas espécies e variedades sendo descobertas, mas é certo que existam aproximadamente 1.200 espécies de bambu conhecidas e catalogadas cientificamente, divididas em mais de 90 gêneros, espalhadas por todos os continentes da Terra, com a exceção da Antártida e Europa, onde não existe nenhuma espécie nativa conhecida (Londoño, 2004).

O bambu pode ser encontrado em regiões de relevos totalmente distintos, desde o nível do mar até altitudes acima de 4.000 metros e em climas diversificados, seja úmido, semi-árido, tropical ou subtropical. O bambu é encontrado predominantemente em áreas temperadas e zonas tropicais, onde há maior ocorrência de chuvas e temperaturas mais elevadas, condições que favorecem o desenvolvimento de maior parte das espécies (Pereira e Beraldo, 2007).

No Brasil existe a maior diversidade de espécies de bambus dentre todos os países das Américas, possuindo cerca de 230 espécies de 34 gêneros e dentre estas, três quartos ou 174 são endêmicas (Filgueiras e Gonçalves, 2004). Estes números são de certa forma controversos, pois há outros autores que mencionam cerca de 400 espécies.

No Brasil podem ser encontradas espécies de bambu *Bambusae* (maior porte) e *Olyreae* (herbáceos), sendo que os representantes da tribo *Bambusae* são os mais indicados para o uso na construção civil devido às suas características de porte mais robusto (Vasconcellos, 2000).

No próximo capítulo são mostradas as características morfológicas e atributos da resistência mecânica característica dos bambus,

Segundo Rigueira Jr. (2011) *apud* Moreira (2011), a produção de biomassa renovável do bambu é semelhante à de madeiras de reflorestamento como o eucalipto. A diferença e vantagem do bambu é que ele pode ser cortado, já apresentando alta resistência mecânica e estrutural com três anos de idade, ao ponto que o eucalipto precisa de cerca de sete anos para atingir o ponto mínimo ideal de corte.

Ainda segundo Rigueira Jr. (2011) *apud* Moreira (2011) não se faz corte total dos colmos do bambu, o que torna sua extração sustentável, e cada

plantação dura mais de cem anos. O corpo do bambu, caule, lenho ou vara, é o chamado “colmo”, que segundo Ferreira (1999) é caracterizado por nós bem marcados e entrenós distintos, característico à família das gramíneas, quase sempre fistuloso, ou seja, provido de cavidade central alongada.

Algumas espécies são mais abundantes e exploradas comercialmente para diversificadas finalidades, por isso são mais conhecidas, como os indivíduos a seguir:

3.1.1 - *Dendrocalamus latiflorus* ou *Bambusa mitis*, popularmente chamados de bambu chinês, bambu bengala ou bambu verde. Originário do sul da China é muito utilizado para confecção de cestos e artigos de marcenaria. Entretanto sua resistência física é baixa apesar de suas dimensões serem medianas e seus brotos são utilizados principalmente na culinária. Por suas características desfavoráveis, não é recomendado para nenhuma aplicação na construção civil (Vasconcellos, 2000). A figura 1 mostra o *Dendrocalamus latiflorus* em destaque com suas listras características.



Figura 1: *Dendrocalamus latiflorus*

(www.earthcare.com.au)

3.1.2 - *Dendrocalamus giganteus*, comumente denominado bambu gigante ou bambu balde. É uma espécie de grande porte, seus colmos podem chegar a mais de 35 metros de altura, tem um crescimento extraordinariamente rápido, chegando a quase 1 metro por dia. É nativo da Malásia e devido a seu grande porte é serrado para que partes de seus colmos sejam usadas como baldes e vasos. Esta espécie é bastante resistente e por isso, além de outras aplicações, é muito usada na construção civil. A figura 2 mostra uma pequena moita deste bambu que se desenvolve em touceiras mais concentradas e de grande densidade (Vasconcellos, 2000).



Figura 2: *Dendrocalamus giganteus*
(www.bambooweb.info/bb)

3.1.3 - *Dendrocalamus strictus*, nomes comuns: bambu maciço, bambu cheio chinês, bambu de caniço ou bambu macho. É um bambu muito robusto, cujas paredes de seus colmos são extremamente espessas e é comum a ocorrência de espécimes totalmente maciços ou de cavidades mínimas. Mesmo sendo muito denso e resistente possui também uma boa flexibilidade, sendo de grande utilidade na construção civil. Ele é muito usado em estruturas que são regularmente solicitadas, seja por cargas de ventos, sismos ou mesmo o uso diário. O *Dendrocalamus strictus*, figura 3, é nativo de regiões entre Índia e Birmânia onde é largamente usado na construção de pontes e edificações (Vasconcellos, 2000).



Figura 3: *Dendrocalamus strictus*
(www.semillaslashuertas.com)

3.1.4 - *Dendrocalamus asper*. Os espécimes de bambus do gênero *Dendrocalamus*, que são de origem asiática, têm no Brasil um “parente” próximo, o *Dendrocalamus asper*, que assim como o *Dendrocalamus giganteus* malaio que é o maior bambu existente que se tem registro, também é conhecido como bambu balde por apresentar exemplares com diâmetros de quase 10 polegadas, medida próxima aos 25 centímetros, e altura de 25 metros. A figura 4 mostra uma moita deste bambu que se desenvolve em touceiras mais concentradas, porém não tão densas como o *Dendrocalamus giganteus* (Vasconcellos, 2000).



Figura 4: *Dendrocalamus asper*
(www.brieri.com)

3.1.5 - *Guadua angustifolia*, ou taquaruçu. Na América do Sul de maneira geral, os bambus do gênero *Guadua* são mais abundantes e têm grande importância comercial em alguns países como Venezuela, Colômbia e Equador, onde são bastante usados. O *Guadua* é um gênero encontrado em grande parte do território brasileiro e chama a atenção por suas medidas, similares ao do bambu balde e de alta resistência mecânica, principalmente a espécie *Guadua angustifolia*. Na figura 5(a) pode-se ter a noção do diâmetro do colmo que seguramente tem mais de 25 centímetros de diâmetro. A figura 5(b) mostra um detalhe característico desta espécie, uma faixa esbranquiçada na região dos nós contornando todo o perímetro (Vasconcellos, 2000).



Figura 5(a): *Guadua angustifolia*
(www.bambubrasileiro.com)



Figura 5(b): Faixa branca do nó.
(<http://mrsbamboo.blogspot.com.br>)

3.1.6 - *Guadua chacoensis*, este é outro representante do gênero *Guadua*, é também chamado de taquaruçu ou taquara brava. Ele pode ser encontrado principalmente nas regiões sudeste e sul do Brasil, próximo a rios em áreas tropicais e subtropicais. Nos estados da região sul a ocorrência é maior e também pode ser encontrado em outros países vizinhos como Paraguai, Argentina e Uruguai, próximo às fronteiras com o Brasil.

O *Guadua chacoensis* é um espécime perene, de grande porte que pode passar dos 20 metros de altura com diâmetros de até 20 centímetros e paredes espessas que chegam aos 3 centímetros. Devido as suas dimensões avantajadas e grande resistência mecânica, é muito utilizado em construções de casas, galpões e como barreira para conter terrenos em estágio erosivo. Também pode ser usado na fabricação de mobiliário, ferramentas e artesanatos diversos (Vasconcellos, 2000). A figura 6 mostra a seção de um colmo serrado onde se pode ver a expressiva largura das paredes.



Figura 6: *Guadua chacoensis*
(www.flickr.com/photos)

Há outros exemplos de espécimes com características peculiares, como os seguintes:

3.1.7 - *Phyllostachys castillonis*, nome popular Bambu imperial. É um bambu muito resistente ao frio, suportando temperaturas próximas de 20°C negativos, seus colmos são de cor amarela e listras verdes, originário do Japão e China é cultivado quase em sua totalidade como planta ornamental pela beleza de suas cores, sendo pouco utilizado para fins construtivos, figura 7 (Vasconcellos, 2000).



Figura 7: *Phyllostachys castillonis*
(<http://arquitetarartes.blogspot.com.br>)

3.1.8 - *Phyllostachys nigra*, é o chamado bambu preto, que é um tipo de bambu subarbutivo, ou seja, de pequeno porte e que troca as folhas anualmente na estação característica. Originário do Japão e China é usado na confecção de cabos de guarda chuva e bengalas por ser muito resistente e ter um diâmetro reduzido, o que o torna mais leve. Esta espécie nos chama a atenção pela cor incomum, escura, quase negra, ideal também para detalhes construtivos e de decoração, mas por ter dimensões reduzidas, seu uso na construção civil é limitado (Vasconcellos, 2000). Na figura 8 é visível a coloração exótica desta espécie.



Figura 8: *Phyllostachys nigra*
(<http://www.mailordertrees.co.uk>)

3.1.9 - *Chusquea capituliflora*, seus nomes populares são bambu trepador, taquarinha ou quixiúme, figura 9.. É um bambu brasileiro, de porte médio a pequeno, e que passa dos 5 metros de comprimento. Seus colmos são de superfície áspera e seu interior é extremamente reduzido podendo em muitos casos não haver cavidade interna. É um bambu bastante resistente, porém de diâmetro reduzido, por isso é mais comumente utilizado na confecção de balaios, cestos e pequenas ferramentas. Apesar de possuir considerável resistência, não tem aplicação direta e significativa na construção civil, devido às suas dimensões parcas (Vasconcellos, 2000).



Figura 9: *Chusquea capituliflora*
(www.google.com.br/imgres)

3.1.10 - Taquara é outra denominação largamente utilizada no Brasil para designar espécimes diversos de bambu, esta palavra tem sua origem na língua indígena Tupi. O termo taquara, no entanto se refere principalmente a indivíduos de porte mediano, de colmos arbóreos entre cinco e sete metros e diâmetro de varas em torno dos cinco a sete centímetros em média. Existem exceções, com a ocorrência de alguns representantes de maior porte, mas estes são minoria.

Suas aplicações são as mais diversas possíveis, inclusive na construção de cercas, cestos, instrumentos musicais e até mesmo como elementos construtivos de residências, que não têm exigência de grandes cargas (Filgueiras, 1988). A figura 10 é de um guarda corpo metálico com fechamento em vidro que possui acabamentos nos montantes e tramas com tiras de taquara sobre os vidros.



Figura 10: Acabamento de guarda corpo com taquara.

(<http://bambutramado.blogspot.com.br>)

3.1.10.1 - *Bambusa taquara* e *Bambusa vulgaris* são os dois exemplos mais comuns de taquara. A *Bambusa taquara*, figura 11(a), tem colmos que ultrapassam os 6 metros de altura e 5 centímetro de diâmetro e a *Bambusa vulgaris* tem medidas similares, mas apresenta uma coloração diferenciada típica, o amarelo e é mais utilizada em reflorestamentos, figura 11(b).



Figura 11(a): *Bambusa vulgaris*
(www.flickr.com/photos)



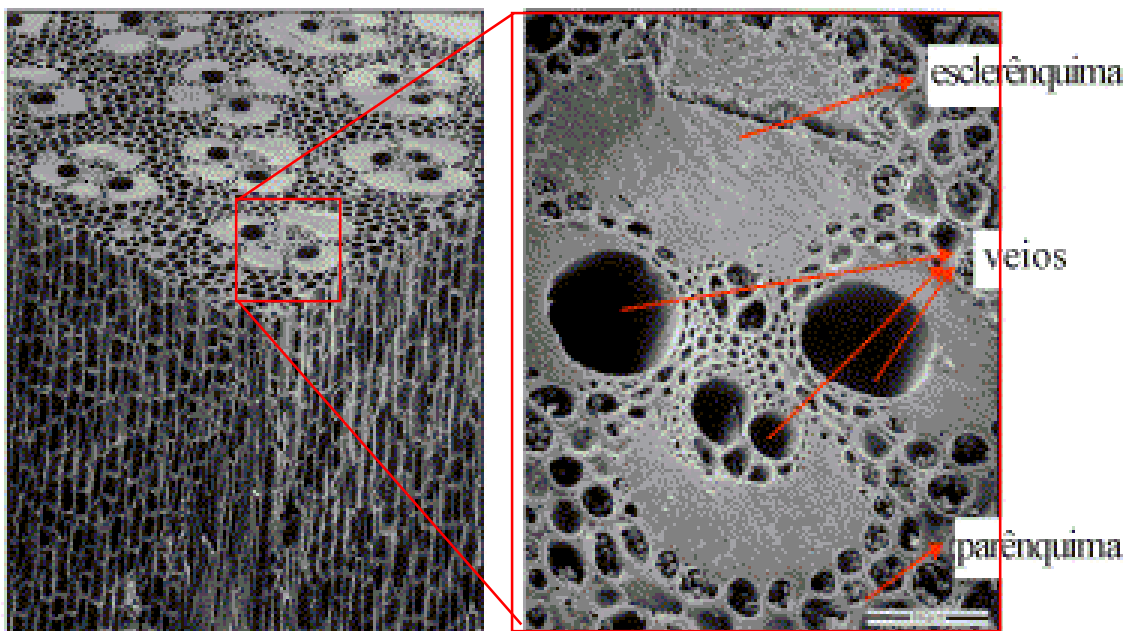
Figura 11(b): *Bambusa taquara*
(www.nzenzeflowerspauwels.be)

3.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MECÂNICAS DO S BAMBUS

Externamente os colmos dos bambus se apresentam longos e flexíveis, e suas paredes possuem uma considerável resistência à compressão, em bambus maduros pode ser maior que a do concreto. Mas a resistência à tração é a característica de maior destaque uma vez que pode ser comparada à resistência do aço usado na construção civil. Na parte externa do bambu, em sua superfície há um composto de sílica e cera que são análogos à casca de árvores, e que conferem uma camada protetora para retenção da umidade interna e proteção físico-mecânica de sua estrutura.

Internamente, a composição do bambu é uma mistura de lignina e celulose: a lignina é uma substância que se deposita nas paredes de células vegetais e que dá grande rigidez à planta, e a celulose é um polímero natural, de "cadeia longa", composto por um único monômero, classificado como polissacarídeo. Este composto, lignina-celulose, é distribuído em grupos de fibras, vasos e células parenquimatosas (Liese, 1980; Liese, 1998).

A figura 12 mostra uma ampliação microscópica (MEV - Microscópio Eletrônico de Varredura) dos conjuntos vasculares dos bambus, com seus veios, parênquimas e esclerênquimas.



12(a): Mesoestrutura
(Liese, 1980)

12(b): Microestrutura ampliada
(Liese, 1980)

Os vasos e veios presentes na estrutura do bambu são os responsáveis pelo transporte dos nutrientes absorvidos pelas raízes e distribuídos por toda a planta. O corpo do bambu é bastante esguio e longo e devido a esta característica os referidos vasos e veios têm um tecido de reforço, o esclerênquima, que aumenta suficientemente a resistência de suas estruturas.

Os conjuntos de vasos dos colmos são os componentes que apresentam maior variação ao longo da estrutura dos bambus. Tanto sua morfologia quanto suas dimensões e a maneira como a rede vascular está distribuída apresentam significativas diferenciações. Nos entrenós, assim como ao longo do corpo de um mesmo colmo de bambu, ocorrem variações significativas destes vasos (Liese 1980).

Ainda segundo Liese (1980), a partir de um ponto de vista anatômico, genericamente, o bambu é composto de cerca de 40% de fibras, 50% de células parenquimatosas e 10% de vasos vasculares.

A disposição estrutural das fibras do bambu, formando feixes, é a ideal para resistir a esforços de tração axial, mas quando os esforços são aplicados ortogonalmente à estes feixes, a resistência é muito menor, pois neste caso a coesão dos feixes das fibras é feita pela lignina, que não apresenta uma resistência considerável e acaba cedendo às forças cortantes. Esta baixa resistência também ocorre nos nós, devido à interrupção nos feixes de fibras (Culzoni, 1986).

Segundo estudos realizados por Ghavami e Hombeeck (1981) onde, em ensaios laboratoriais de resistência a tensões, os pontos de menor resistência e conseqüentemente ruptura das peças se davam justamente no nó, o que confirmava que as forças de tensão se concentravam neste ponto. Por outro lado, os nós ao longo de um colmo dão rigidez à esta estrutura para resistir a tendência de flambagem lateral, visto que praticamente todo colmo se apresenta de forma linear e altamente esbelta. Também através destes estudos observou-se claramente que a parte mais próxima à base do colmo dos bambus suportava uma carga maior antes da ruptura, devido à sua maior área de seção transversal.

Os principais fatores que influenciam a resistência do bambu estão ligados diretamente à espécie do indivíduo, às características do solo e do clima onde o bambu se desenvolveu, ao teor de umidade em seu interior e à idade em que os colmos são colhidos.

Ghavami e Marinho (2005), que desenvolveram estudos mais específicos na espécie *Guadua angustifolia*, concluíram que este bambu apresenta uma

variação da fração volumétrica das fibras ao longo de sua espessura, tendo uma maior concentração na parte externa, próxima à casca e uma densidade menor no interior. A figura 13 exemplifica em imagem ampliada como é maior a quantidade e a densidade das fibras na parte mais escura, onde está a parede exterior do colmo. Este aumento de volume significa maior resistência mecânica e também maior resistência a agentes deteriorantes. Esta característica é comum à praticamente todas as espécies de bambu, onde sua superfície externa age como uma armadura de proteção.

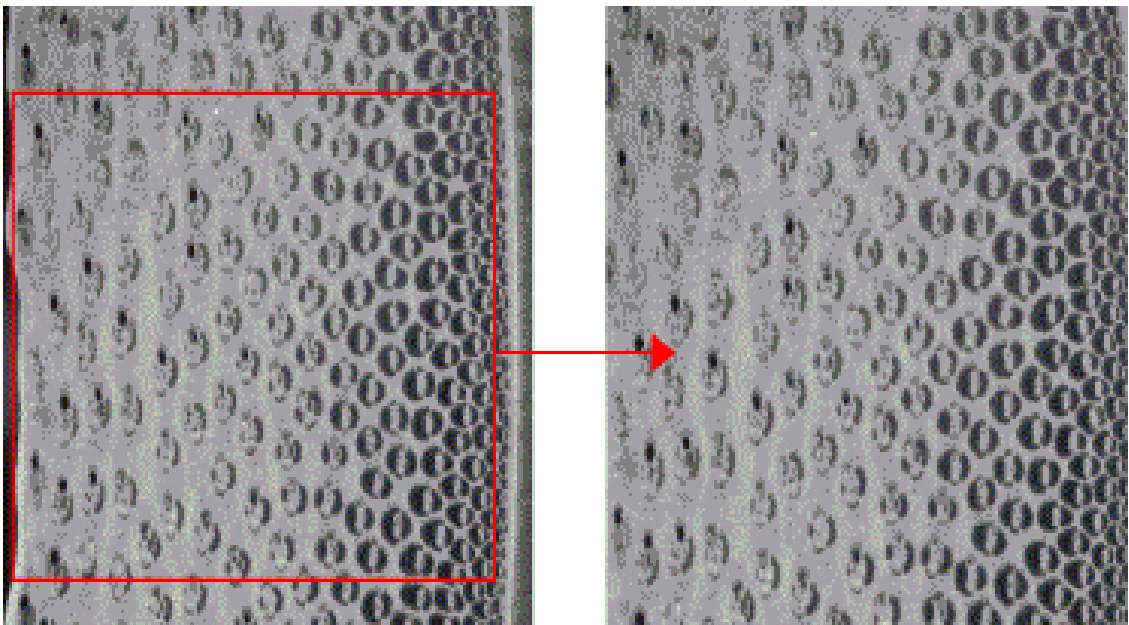


Figura 13: Distribuição das fibras
(Ghavami e Marinho 2005)

3.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E FÍSICAS DOS BAMBUS

O bambu é uma gramínea tubo-cônica cuja base tem o diâmetro maior e que vai diminuindo ao longo do colmo em direção à extremidade superior.

Sua porção basal é composta de uma parte subterrânea de rizomas e raízes que podem apresentar partes aéreas em determinadas espécies, figura 14, seguindo em ascendência aos colmos e seus nós, e em sua porção mais elevada ramificam-se os galhos com suas folhas e eventuais florações.



Figura 14: Raízes aéreas
(www.completebamboo.com)

A figura 15 é um esquema que resume as partes do bambu, comuns à todas as espécies.

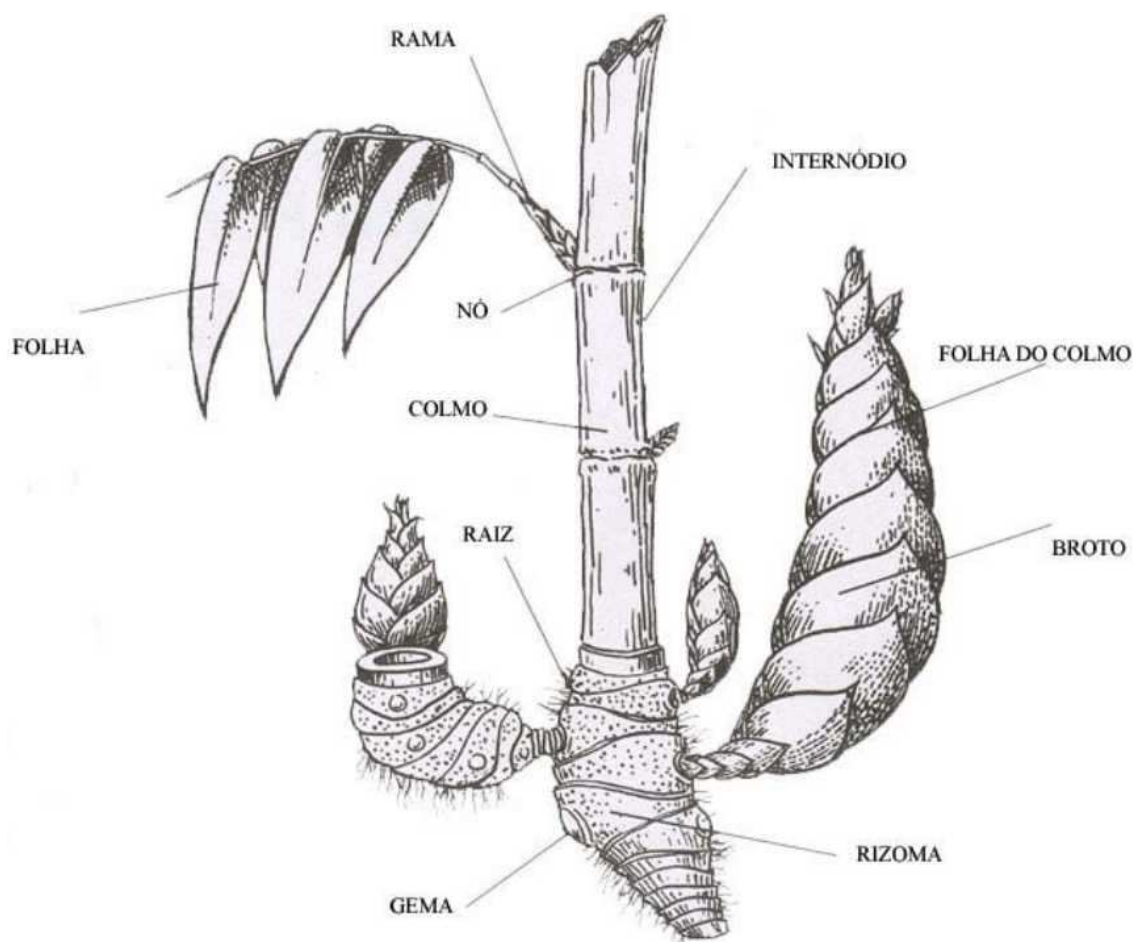


Figura 15: Partes do bambu

(National Mission on Bamboo Applications – NMBA, 2004)

Segundo Recht e Wetterwald (1994), os bambus não são caducifólios, ou seja, são perenifólios, mas geralmente desenvolvem novas folhagens na primavera e a sua reprodução se dá principalmente por multiplicação, ou propagação vegetativa, que é um método de reprodução assexuada e pode ocorrer nas raízes, rizomas ou no caule. A proliferação por sementeira

costuma ser muito demorada, sendo este meio de disseminação raramente usado.

3.3.1 - Os rizomas dos bambus

Os rizomas são caules subterrâneos que crescem, reproduzem-se e afastam-se do bambu para colonizar novos territórios. Todos os anos novos brotos crescem dos rizomas formando as partes aéreas do bambu, e após o terceiro ano os rizomas não dão mais brotos. Os rizomas apresentam uma grande variação na profundidade que estão dentro do solo, são influenciados pelos tipos de solo, espécie de bambu e idade, geralmente não estão muito profundos, mas podem passar de um metro abaixo da superfície (Vasconcellos, 2000).

Segundo McClure (1966) os tipos de rizomas dos bambus podem ser caracterizados por seis tipos distintos (figura 16), como exemplificado a seguir:

3.3.1.1 - Rizomas paquimorfos ou paquimorfos de pescoço curto (*clumper/cespiteux*) têm a forma de bulbos e seus entrenós, ou internódios, são bem curtos e compactos, sua ponta está ligeiramente inclinada para cima e à partir dela origina-se o colmo do bambu. As gemas presentes nos nós do rizoma dão origem a novos rizomas. Este tipo de rizoma é característico de bambus de regiões tropicais como o *Guadua* e a *Bambusa*, e com menos significância são encontrados em

bambus de regiões temperadas, são entouceirantes e crescem lateralmente e radialmente.

3.3.1.2 - Rizomas **leptomorfos** (*runner/traçante*) são mais delgados e compridos e seus entrenós são bem espaçados e longos. Sua ponta está geralmente no plano horizontal, de forma muito rígida este tipo de rizoma se alastra com grande facilidade. Os colmos que se originam do rizoma têm um diâmetro maior e se intercalam de lado alternadamente, um do lado esquerdo e o seguinte do lado direito, e assim sucessivamente, e há casos menos comuns onde o rizoma se projeta para o alto formando um novo colmo. Devido a sua facilidade de se espalhar, este tipo de rizoma é característico dos bambus invasivos e que crescem lateralmente e radialmente, afastando seus colmos um do outro. Os bambus que têm este tipo de rizoma geralmente são espécies encontradas em climas temperados e um dos gêneros mais abundantes é o *Phyllostachys*.

3.3.1.3 - Os rizomas **anfimorfos** possuem os dois tipos acima descritos: paquimorfos e leptomorfos, e um de seus exemplos é o *Chusquea fendleri*.

3.3.1.4 - Os rizomas **leptomorfos de colmos agrupados** se caracterizam por possuir rizomas leptomorfos, mas alguns deles se agrupam formando concentrações que são parecidos com os rizomas paquimorfos. Entretanto este tipo de bambu não é considerado anfimorfo, uma vez que não tem rizomas paquimorfos verdadeiros, sendo todos ocados e de mesmo diâmetro dos colmos que dele

originam. Ainda segundo McClure (1966), este fenômeno é chamado de eixo de metamorfose-1 e alguns gêneros têm este tipo de rizoma como o *Pleioblastus*, o *Pseudosasa*, o *Indocalamus* e o *Sasa*.

3.3.1.5 - Os paquimorfos de pescoço longo/médio e colmos agrupados possuem rizomas paquimorfos de pescoço longo, como o próprio nome já diz, não possuem rizomas leptomorfos, porém são semelhantes aos rizomas leptomorfos de colmos agrupados descritos anteriormente. Este tipo de rizoma é característico do gênero *Yushania*.

3.3.1.6 - Os paquimorfos de pescoço longo/muito longo podem ter rizomas no pescoço ou só nas extremidades e deles podem originar-se outros rizomas paquimorfos agrupados. Este fenômeno é chamado de eixo de metamorfose-2, que é característico do gênero *Vietnamosasa*.

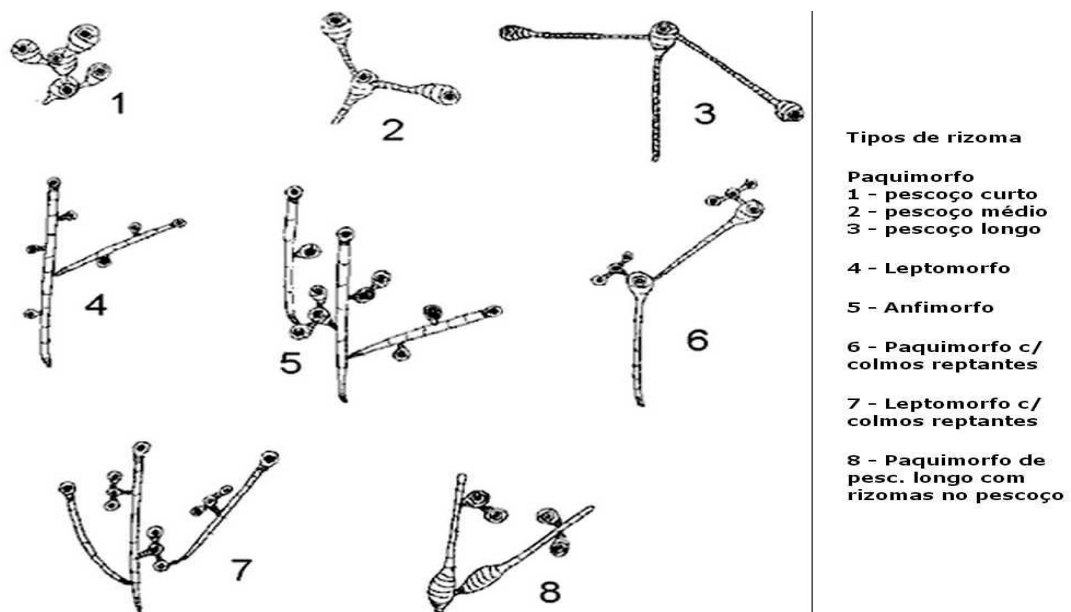


Figura 16: Tipos de rizomas
(www.bambubrasileiro.com)

3.3.2 - O colmo dos bambus

A parte do bambu que mais se diferencia entre as inúmeras espécies conhecidas é o seu colmo, o corpo desta gramínea tem cores, texturas, distância entrenós, diâmetros e alturas muito variadas, e internamente também apresentam distinções significativas (Ghavami e Marinho, 2005). As paredes dos colmos podem ter desde delgadas espessuras até paredes mais espessas e colmos praticamente sólidos. Espécies como o *Dendrocalamus Strictus* e representantes do gênero *Chusquea*, das Américas do Sul e Central podem ter seus entrenós com parte mínimas ocadas, e inclusive colmos sólidos, e outras espécies têm a capacidade de armazenar água no interior dos colmos (Judziewicz et al., 1999). A figura 17 apresenta amostras de bambus com variadas espessuras das paredes dos colmos.



Figura 17: Variadas espessuras de paredes

(www.post-gazette.com)

3.3.3 - As folhas caulinares

Com aproximadamente doze meses o bambu atinge seu ápice de crescimento e daí em diante começa a maturação até os 40 a 45 meses. As folhas caulinares, brácteas ou bainhas dão a proteção aos brotos nos entrenós até que os colmos do bambu atinjam o crescimento completo, e os galhos comecem a crescer. Após esta fase, as folhas secam e se desprendem naturalmente. Estas folhas são formadas pela bainha, pela lâmina ou limbo, pela lígula franjada e duas aurículas cerdadas, características que variam e são bem distintas entre as espécies, o que também contribui para a identificação da variedade (Lodoño, 1993; Lodoño, 2001). A figura 18 mostra as partes componentes de uma folha caulinar.

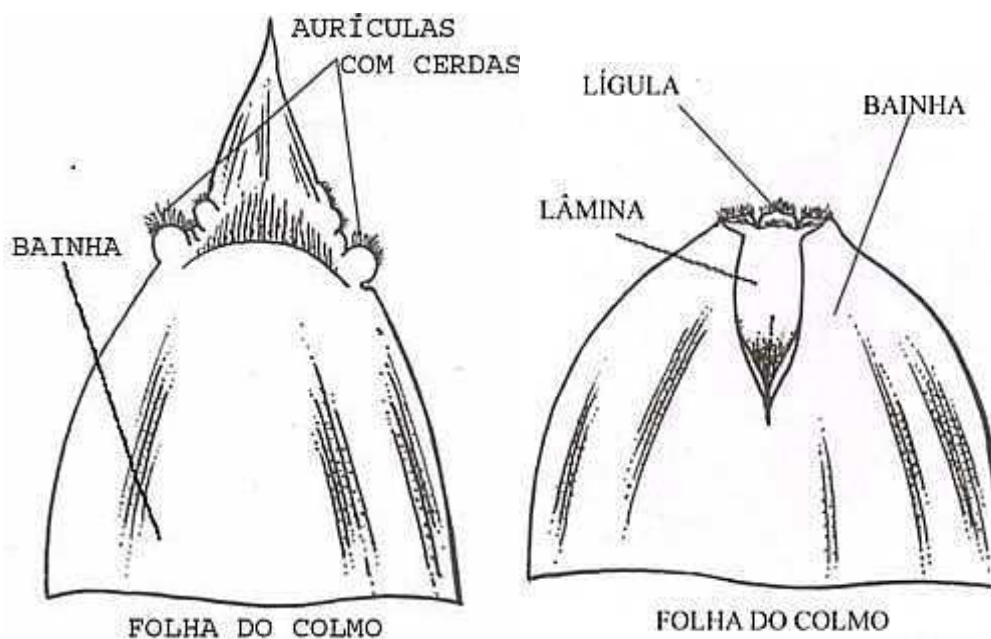


Figura 18: Folha caulinar

(National Mission on Bamboo Applications – NMBA, 2004)

3.3.4 - Os galhos dos bambus

A galharia dos bambus se forma a partir dos brotos, também chamados de gemas, presentes nos entrenós dos colmos, alternando de um lado para outro a cada nó sucessivamente. Em algumas espécies os galhos são formados ainda na fase de broto, como no gênero *Phyllostachys*, enquanto em outros gêneros eles só aparecem depois que os colmos atingem o ápice de crescimento. Cada espécie apresenta um volume diferenciado de galhos, o que é mais uma característica distintiva entre as várias espécies de bambus, (Lodoño, 1993; Vasconcellos, 2000). A figura 19 apresenta o detalhe de um nó onde duas ramificações principais de galhos se originam.



Figura 19: Galhos de bambu
(<http://halfsidebamboo.info>)

3.3.5 - As folhagens dos bambus

As folhagens dos bambus se originam de fato a partir das lâminas das folhas caulinares, elas não crescem diretamente das gemas nos galhos como aparentam ser. Estas lâminas em particular, ficam bem delgadas e longas que as folhas caulinares encontradas nos colmos e passam a ter a forma e desempenhar as mesmas funções de folhas convencionais, principalmente a fotossíntese, figura 20. Sua sobrevida é em média de vinte e quatro meses, idade em que começa a perder vitalidade e seca até cair naturalmente.



Figura 20: Folhas de bambu
(www.bambooweb.info)

3.3.6 – A floração nos bambus

Raramente vistas, as eflorescências nestas gramíneas ainda continuam sendo um ponto obscuro e desconhecido para os estudiosos. Não existe uma relação genética, de estações do ano, climas ou períodos de tempo para a floração dos bambus surgirem. Várias fontes científicas atestam o mesmo fato em diversos casos pesquisados, inclusive há registros de eflorescências e intervalos entre elas de uma década, cinco décadas ou até mais, sem a observação de qualquer tipo de influência direta sobre as plantas. Outro fato intrigante observado foi a ocorrência em vários casos, de espécimes que morreram pouco tempo depois de florescer, e isto pode ser explicado pela canalização quase que exclusiva de nutrientes para os pontos de eflorescência, causando um desequilíbrio nutricional da planta resultando em sua morte. Segundo Lodoño (1993), estudiosa do gênero *Guadua*, existe sempre um indivíduo em eflorescência em um determinado grupo. A figura 21(a) mostra o detalhe de uma flor de bambu e a figura 21(b) uma florescência com diversos cachos de flores.



21(a): Flor do bambu
(www.bambubrasileiro.com)



21(b): Conjunto de flores
(www.yunphoto.net/pt)

3.4 CARACTERÍSTICAS DE DESENVOLVIMENTO DOS BAMBUS

3.4.1 – Velocidade de Crescimento

De uma forma geral todos os bambus têm um crescimento muito rápido, quando comparados a madeiras com características de resistência e durabilidade semelhantes. Há variedades de bambus que crescem quase um metro por dia, como o *Dendrocalamus giganteus*, já mencionado anteriormente.

Segundo estudos sobre o crescimento dos bambus realizados no Instituto Agrônomo de Campinas, a espécie *Dendrocalamus giganteus*, apresentou em um período de vinte e quatro horas um incremento máximo de vinte e dois centímetros (Azzini et al., 1981). Em outro estudo sobre o mesmo assunto e com a mesma espécie, o *Dendrocalamus giganteus*, Ghavami (1995) constatou um valor máximo de trinta e nove centímetros de crescimento diário. López (2003) cita em uma de suas obras o pesquisador Ueda, K. (1960), que realizou estudos sobre o *Phyllostachys reticulata*, e relativo à este bambu, registrou um crescimento recorde em vinte e quatro horas de um metro e vinte e um centímetros.

A figura 22 mostra brotos do *Dendrocalamus giganteus* com poucos dias de idade e já com mais de oitenta centímetros de altura.



Figura 22: Brotos
(www.bamboocraft.net)

3.4.2 – Forma de crescimento

Quanto à forma de crescimento, os bambus também podem ser classificados em duas categorias, entouceirantes e não-entouceirantes (Silva, 2005).

3.4.2.1 – Entouceirantes

Primeiramente podem ser descritos os bambus que crescem formando moitas ou grandes touças, são os simpodiais, com certa densidade de indivíduos por área. Nascem e crescem bem próximos uns aos outros, não são invasivos e matem-se concentrados como está retratado na figura 23.



Figura 23: Bambuzal entouceirante.

(<http://faro-faro.olx.pt>)

3.4.2.2 – Não-entouceirantes

A segunda categoria é a dos bambus que têm características mais invasivas, seus brotos crescem de forma mais difundida e têm a tendência de se espalharem cada vez mais, são os monopodiais. Esta categoria de bambu possui a desvantagem de se alastrar e invadir áreas vizinhas, sufocando outras espécies. Mas como cresce de forma esparsada seu manejo é menos trabalhoso do que o entouceirante, pois a circulação dentro do bambuzal é facilitada pela distância entre os colmos, figura 24.



Figura 24: Bambuzal não-entouceirante
(<http://en.wikipedia.org>)

3.4.3 – Maturidade

Segundo Ghavami e Marinho (2005), para que o bambu tenha um bom desempenho quanto à resistência mecânica, ele deve ser cortado assim que atingir sua maturidade, no mínimo, e isto ocorre geralmente entre 40 a 45 meses de idade. O bambu de pouca idade ainda não atingiu a maturidade e possui grande quantidade de celulose e amido, e baixas taxas de lignina, fatores que diminuem sua durabilidade e resistência, respectivamente. Na figura 25 pode se ver de forma ampliada um colmo de bambu jovem cortado no sentido perpendicular às suas fibras. Por não estar amadurecido ainda, o bambu jovem, além das características mencionadas, apresenta alta concentração de água em seu interior.



Figura 25: Seção de bambu jovem

(<http://itp.nyu.edu>)

Com cerca de 80 a 85 meses, aproximadamente sete anos, o bambuzal manejado de forma correta está nas condições ideais para produção em escala e vai evoluindo até quase se estabilizar com 140 meses, aproximadamente. Conforme mencionado anteriormente, há espécies que já apresentam indivíduos em seus bambuzais em condições de corte com cerca de trinta e seis meses de idade. A figura 26 é de um bambuzal com indivíduos maduros (colmos com galhos e folhas) e outros novos.



Figura 26: Bambuzal
(Arquivo pessoal, Oliveira, L., 2006)

3.5 O CULTIVO DO BAMBU – PRODUÇÃO E TRATAMENTO PÓS CORTE

3.5.1 – Produção comercial

O cultivo do bambu para fins de produção comercial em escalas maiores deve obedecer alguns processos e critérios específicos, assim como em outras culturas vegetais de grande porte e economicamente significativas. Primeiramente deve-se selecionar a variedade desejada, mais apropriada para a finalidade desejada e assim buscar informações específicas com técnicos agrícolas, engenheiros florestais, agrônomos ou profissionais com domínio do conhecimento no cultivo do bambu. Assim como se deve verificar a necessidade de correções de solo ou adição de elementos fundamentais para o seu pleno desenvolvimento que se apresentem insuficientes. Outros fatores importantes devem ser observados, por exemplo, a preparação das covas para as mudas, fazer curvas de nível quando o terreno tiver declividade significativa e prever caminhos e acessos de veículos de carga para escoamento da produção.

Se manejado de forma correta, o bambuzal poderá ter uma produção contínua durante várias décadas ininterruptas, tendo contabilizado apenas o investimento inicial único. Sua manutenção é de certa forma simples e barata, as mudas quando pequenas devem ser protegidas principalmente de formigas cortadeiras, como a saúva e serem molhadas com frequência.

Para se fazer o manejo ideal do bambuzal, é importante que se tenha o controle sobre a idade de cada conjunto de colmos, obtendo-se assim a melhor relação idade-resistência dos bambus produzidos (Vasconcellos, 2000) figura 27.



Figura 27: Extração de bambu
(www.mastergardenproducts.com)

O bambu, como já se sabe, é da família das gramíneas, e responde positivamente bem à podas ou cortes. Seus brotos nascem e crescem rapidamente após o corte das varas. A biomassa produzida e a eficiência fotossintética, que é a capacidade de converter a energia solar em biomassa são das mais significativas da flora atual.

3.5.2 – Tratamento dos colmos colhidos

Normalmente espécies de maior porte têm uma resistência mais elevada e também maior durabilidade. E todo bambu, por mais durável que seja, deve receber algum tipo de tratamento ou ser beneficiado para que se tenha uma maior longevidade. O amido e açúcares presentes no bambu são grandes atrativos para vários tipos de cupins e insetos como a broca do bambu, ou caruncho do bambu que são nomes populares do *Dinoderus minutus* (Nogueira, 2009). Este minúsculo inseto, com cerca de três milímetros e menor que um grão de arroz, é a principal praga dos bambus dispersa no Brasil, visto em ampliação na figura 28. Aqueles elementos do bambu (amido e açúcares) são também fonte de energia para uma variedade de fungos nocivos e deletérios.



Figura 28: *Dinoderus minutus*
(<http://insects.tamu.edu>)

Existem algumas técnicas utilizadas para o tratamento do bambu que são bastante simples e de fácil execução. Uma delas é a imersão das peças em água para a retirada da seiva que existe entremeada nas fibras. Para este processo são necessários aproximadamente 30 dias, e pode ser tanto em água corrente, dentro de córregos ou riachos, como em tanques com água parada, figura 29. Com a retirada da seiva pela água permeada em seus colmos e a posterior secagem, a inexistência de material causador de deterioração preserva a integridade do bambu, análogo ao que acontece em alimentos desidratados (Vasconcellos, 2000).



Figura 29: Tanque de imersão
(www.bambubrasileiro.com)

Outra técnica é o tratamento químico onde as peças de bambu são submersas em soluções de água e outros compostos associados como ácido bórico, cloreto de zinco, dicromato de sódio e sulfato de cobre, conforme descrito por Lengen (2004).

Uma terceira forma de tratamento é a substituição da seiva impregnada nos colmos por conservantes químicos, através de pressão hidrostática. Após a colheita parte da seiva presente no do bambu esgota-se naturalmente pela extremidade cortada. Assim que o esgotamento natural cessar as varas deverão ser colocadas em pé, dentro de recipientes como tambores ou baldes com uma solução de conservantes químicos por um período de um mês e meio, figura 30. Um detalhe importante é que neste processo deve-se preservar a folhagem existente nas extremidades do bambu para que a absorção ocorra quando da transpiração das folhas (Nogueira, 2009).



Figura 30: Tratamento químico
(www.apuama.org/bambu)

Quando se tem uma escala menor de colmos a serem tratados, pode-se realizar uma técnica chama *Boucherie*, na qual uma solução composta e solúvel em água é injetada sob pressão, penetrando nos vasos, expulsando a seiva e substituindo-a. Para a realização deste método é necessário que os bambus estejam recém cortados para facilitar o escoamento forçado da seiva ainda fresca e presente nos vasos. É necessário que a solução química seja aplicada com uma pressão mínima de 10 libras (0,7 kg/cm²), e pode ser maior dependendo da espécie e do grau de maturidade do bambu. Este método é mais indicado para pequenas quantidades porque o tratamento é trabalhoso, pois cada peça de bambu tem que ser tratada individualmente, figura 31. O processo de injeção é relativamente rápido, mas as varas de bambu devem ficar de quinze a vinte dias secando em local arejado e sem insolação direta (Pereira, 2001; Liese, 2003).



Figura 31: Método Boucherie
(www.apuama.org/bambu)

Existem outras técnicas de tratamento como a defumação, exposição ao fogo ou calor intenso, imersão em água fervente, porém a eficácia destes métodos não é satisfatória ou apresentam relação custo/benefício desvantajosa.

Além dos tratamentos possíveis de serem utilizados no bambu, outro fator determinante é o planejamento do corte, que preferencialmente deve ser realizado quando os níveis de amido estão mais baixos. Em períodos longos de clima frio, as reservas de amido do bambu se concentram nos rizomas e a incidência de pragas e parasitas é menor, portanto sendo este o melhor período para o corte das peças (Martinez e Gonzáles, 1992).

Outro fator importante é a idade que o bambu será cortado. No caso do uso em construção civil a característica física desejada principal é a resistência mecânica, que é maior em indivíduos maduros, geralmente entre 40 a 45 meses. E após o corte recomenda-se aguardar um período entre quinze dias a um mês para que as peças cortadas se desidratem para ganho de resistência e durabilidade, se o clima da região for ou estiver muito úmido, o tempo de secagem sofrerá influência, podendo ser necessário o uso de estufas ou autoclaves. O ideal é que o bambu fique com um teor de umidade entre 12% a 18%. Bambus mais novos têm menor resistência, porém são mais flexíveis e usados para outras finalidades (Ghavami e Barbosa, 2007).

É do conhecimento e costume popular que se faça o corte do bambu nas fases minguantes da lua e evita-se, quando possível a lua crescente para que se obtenha uma durabilidade maior e impedir o surgimento de pragas. Porém não há comprovação científica que ateste a veracidade deste fato (Vasconcellos, 2000). Alguns mitos e costumes populares são criados a

partir de coincidências fortuitas e fatos isolados que chamam a atenção das pessoas de forma mais incomum. O que deve ser seguido são as recomendações de profissionais especializados, técnicos, cientistas, embasados em estudos e experimentações comprovadamente ratificadas. A figura 32 é um exemplo de simulações computadorizadas de comportamento mediante determinados esforços, com carga aplicada em uma das extremidades do corpo de prova. No gráfico A, o teste simula forças de tração, no gráfico B, o teste simula forças de torção (em torno do próprio eixo) e no gráfico C, a simulação é de flexão para momento máximo.

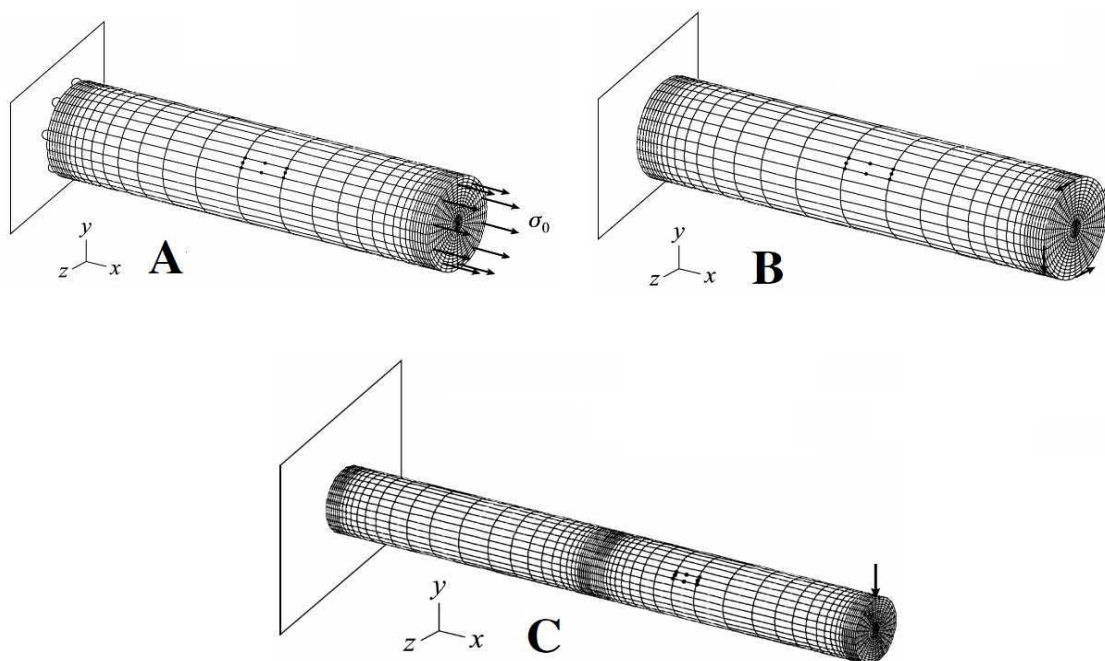


Figura 32: Estudo laboratorial computadorizado.
(www.abmtenc.civ.puc-rio.br)

3.6 A RESISTÊNCIA MECÂNICA DAS FIBRAS DO BAMBU

A função básica de uma estrutura, seja de concreto, aço ou madeira é resistir à esforços de compressão, tração e cisalhamento ou a ação combinada dentre elas. Para que um sistema tenha a eficiência esperada e se comporte de forma íntegra e estável, a transferência de esforços entre seus elementos e componentes deve ser corretamente calculada de forma a garantir o equilíbrio e integridade do conjunto.

“O bambu é um material que possui propriedades mecânicas compatíveis às dos materiais utilizados em estruturas de concreto armado” (Lima Jr. et al., 2000).

E ainda segundo Ghavami e Barbosa (2007), as características de resistência mecânica dos bambus que são de maior interesse no campo da engenharia são: resistência à tração, resistência à compressão, e a resistência ao cisalhamento, forças sempre paralelas às fibras.

De fato a resistência específica das fibras do bambu é comparável a do aço, que tem uma densidade quase de dez vezes maior. Em média a densidade do bambu varia de 800 kg/m^3 a 950 kg/m^3 (Ghavami e Barbosa, 2007). Além da resistência mecânica, a sua flexibilidade também é uma das explicações para a larga utilização do bambu em construções na Ásia oriental, região com grande incidência de abalos sísmicos e incidência de fortes ventos. Devido ao reduzido peso e à flexibilidade natural do bambu

templos, pontes e casas podem ficar intactos mesmo após abalos e tempestades significativos (Vasconcellos, 2000).

Segundo estudos, testes e ensaios para determinação de valores da resistência do bambu, realizados por Ghavami e Marinho (2001), foi possível montar uma tabela com três dados relativos à esforços aplicados característicos à uma determinada espécie, resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson, neste caso, a espécie é a *Guadua angustifolia*.

3.6.1 – Resistência à tração

A tabela 1 apresenta dados de resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson. Dados obtidos em corpos de prova com os nós e sem os nós de partes da base, do centro e do topo do colmo.

Tabela 1 - Dados de resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.
(Ghavami e Marinho, 2005)

Parte do bambu	Resistência à tração σ_t (MPa)	Módulo de Elasticidade-E (GPa)	Coefficiente 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
Variação	64,26 - 115,84	8,0 - 18,36	0,19 - 0,33

Ainda de acordo com os estudos e dados da tabela, a resistência média à tração alcançada foi de quase 90 MPa, sendo que os corpos de prova sem o nó apresentaram maior valor e os corpos de prova com o nó obtiveram valores inferiores. Isto acontece devido à descontinuidade natural das fibras que acontece nos nós, ponto onde ocorreram os rompimentos.

Culzoni (1986) elaborou estudos de resistência mecânica da espécie *Guadua superba* e observou em corpos de prova com nós, valores para teste de tração superiores à 110 MPa e módulo de elasticidade próximo a 9,0 Gpa. Já em amostras sem os nós os valores para ensaios de tração passaram de 135 MPa e módulo de elasticidade superior à 11,0 GPa.

No caso do *Guadua angustifolia*, o módulo de elasticidade longitudinal aos feixes das fibras foi de 14,59 GPa e o coeficiente de Poisson apresentou um valor médio de 0,26.

3.6.2 – Resistência à compressão

Uma outra tabela também foi montada com dados referentes a testes de tensão axial de compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson. Da mesma forma foram submetidos aos ensaios corpos de prova com nós e sem nós de partes da base, meio e topo de colmos de bambu, Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.
(Ghavami e Marinho, 2005)

Parte do bambu	Resistência à compressão σ_t (MPa)	Módulo de Elasticidade-E (GPa)	Coefficiente Poisson μ
Base sem nó	28,36	14,65	0,27
Base com nó	25,27	9,00	0,56
Centro sem nó	31,77	12,25	0,36
Centro com nó	28,36	12,15	0,18
Topo sem nó	25,27	11,65	0,36
Topo com nó	31,77	15,80	0,33
Valor médio	29,48	12,58	0,34
Variação	25,27 – 34,52	9,00 – 15,80	0,18 – 0,56

Para os testes de compressão os valores medidos foram de uma forma geral quase um terço do valor para a resistência à tração: 29,48 MPa contra 86,96 MPa, respectivamente.

A média dos valores para o módulo de elasticidade longitudinal aos feixes das fibras foi de 12,58 GPa sendo que nas amostras com nós e da parte superior os valores foram mais elevados. Para o coeficiente de Poisson o valor médio na compressão foi 0,34.

3.6.3 – Tensão de cisalhamento

Para os ensaios de resistência ao cisalhamento interlaminar, Ghavami e Marinho (2001), utilizaram os mesmos critérios para geração dos corpos de prova, ou seja, amostras com nós e sem nós de porções inferiores,

medianas e da ponta dos colmos do bambu *Guadua angustifolia*. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados para cada parte específica, base, centro e topo do colmo, com os nós e sem os nós.

Tabela 3 - Resistência ao cisalhamento interlaminar.
(Ghavami e Marinho, 2005)

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
Topo com nó	2,42
Valor médio	2,02
Variação	1,43 - 2,42

Ghavami e Marinho (2001) destacam, com base no que foi apresentado, que as amostras sem os nós apresentam uma maior resistência e que não há variações significativas entre as partes da base, do meio e da ponta. Por outro lado nos corpos de prova com os nós a resistência é consideravelmente menor e há grande variação nos resultados.

Eles também destacam que o *Guadua angustifolia* possui uma resistência ao cisalhamento menor que o *Dendrocalamus giganteus*.

Por ser uma matéria-prima natural, sem o rigoroso controle de produção industrial no seu crescimento, por razões lógicas, uma mesma espécie pode

apresentar grandes variações em testes idênticos nas mesmas condições de temperatura, umidade e pressão. Apesar de também existirem grandes variações de resistência entre uma espécie e outra, o estudo comprovou o grande potencial deste material ecologicamente correto, que pode ser exposto às mais variadas gamas de solicitações.

De acordo com ensaios de cisalhamento, Moreira (1991) obteve uma tensão média de 7,0 MPa para corpos de prova do bambu *Dendrocalamus giganteus*, enquanto Ghavami e Souza (2000) encontraram o valor de tensão de cisalhamento médio de 3,1 MPa, para a mesma espécie de bambu estudado.

Conforme já mencionado anteriormente no item **3.2**, os nós ao longo de um colmo dão rigidez à esta estrutura para resistir a tendência de flambagem lateral, pois os colmos dos bambus são bastante esbeltos.

Todas estas características conferem ao bambu um equilíbrio estrutural natural, detalhes que possam parecer fragilidade em certo ponto de vista, em outra análise confirmam uma resistência característica que equilibra todo o conjunto.

Diante das variáveis inconstantes e imprevisíveis, o ideal e recomendado é que sejam realizados ensaios de resistência para cada lote de bambus a serem utilizados, a fim de que se faça um cálculo estrutural mais preciso e não ocorram imprevistos.

3.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS BAMBUS

3.7.1 – Vantagens

Sintetizando tudo que foi relatado sobre os bambus, pode-se dizer que há sete pontos principais a serem destacadas de forma favorável para a utilização do bambu na construção civil, elencados a seguir:

3.7.1.1 – Alta resistência à tração

Devido às características genótípicas de formação do bambu, seu arranjo intra-molecular e consequente estruturação compositiva, as fibras nele existentes e de grande predomínio o tornam um material com características de resistência à de tração mecânica de níveis comparados à compostos e compósitos sintéticos de alta tecnologia. Esta gramínea submetida à testes de resistência em várias pesquisas distintas teve ratificada a sua importância e seu valor como material de grande confiabilidade e ampla utilização no ramo da construção civil.

A tabela 1, apresentada no item **3.6** deste trabalho, mostra dados do estudo realizado acerca de uma determinada espécie de bambu.

3.7.1.2 – Boa resistência à compressão

Apesar da resistência à compressão ser em média quase um terço da resistência à tração, os valores para esta característica do bambu são relativamente satisfatórios. Além da composição física, a forma geométrica dos colmos favorece a sua estabilidade estrutural. Por ter a forma de um tubo de seção circular, o centro de gravidade se mantém estável em uma

posição, os nós em sequencia combatem a tendência à flambagem, e quanto mais retilíneo for a peça de bambu, menor será esta tendência à flambagem. Por isso os colmos escolhidos para serem utilizados como elementos a sofrerem forças de compressão não devem ter desvios ou curvaturas ao longo de seu corpo e caso tenham devem ser mínimas (Ghavami e Marinho, 2001).

3.7.1.3 – Leveza

A densidade dos bambus é outra característica que apresenta grande variação, inclusive em uma mesma espécie. Mas devido à sua composição e geometria, o bambu tem uma relação entre resistência e massa específica altamente vantajosa quando comparado a materiais de resistência similar. A resistência específica do bambu é comparável à do aço, porém com uma densidade quase noventa por cento menor (Pereira, 2001).

3.7.1.4 – Flexibilidade

Associado à sua resistência, a flexibilidade do bambu amplia ainda mais a sua gama de possíveis usos. Estruturas, peças, componentes submetidos a esforços e movimentações constantes e que necessitam de uma resiliência maior, podem encontrar no bambu uma opção de resultados satisfatórios, com um material leve e de baixo custo. Por isso o bambu é usado amplamente para finalidades construtivas diversas e outras aplicações, principalmente na Ásia (Vasconcellos, 2000).

3.7.1.5 – Material alternativo e ecologicamente correto

Como uma alternativa eficiente e eficaz ao substituir madeiras nobres, o uso do bambu supre praticamente todos os campos de utilização das madeiras comuns, até mesmo em casos onde são necessárias peças muito robustas ou de grande porte. Lâminas de bambu podem ser trabalhadas e coladas formando uma peça única composta de várias tiras coladas e prensadas, dando ao final um aspecto monolítico nas medidas desejadas, tão resistente e durável quanto uma peça sucupira (*Pterodon emarginatus*). Um exemplo é o piso maciço de laminas de bambu, que é usado da mesma forma que os assoalhos de jatobá, ipê, dentre outros.

O bambu contribui também para a retirada da atmosfera de toneladas de dióxido de carbono, pois consome este gás em grandes quantidades, principalmente durante seu desenvolvimento (Pereira e Beraldo, 2007).

3.7.1.6 – Rápido crescimento

Segundo Judziewicz et al. (1999), assim como todas as gramíneas, o crescimento do bambu se destaca no reino *plantae* por ter uma velocidade diferenciadamente superior à de outras plantas. Com cerca de um ano de idade o bambu completa seu crescimento e começa a maturação até completar um pouco mais de três anos. Todos os bambus possuem esta característica de crescimento rápido, e há algumas espécies que se destacam ainda mais pelo crescimento inigualável em um curto período. Há registros na literatura referente ao assunto que informam crescimentos de mais de um metro em um período de vinte e quatro horas.

Existem algumas espécies de bambu que já podem ser colhidas e utilizadas aos três anos de idade, e com características semelhantes de resistência e durabilidade à madeiras que precisariam de mais do dobro do tempo para serem cortadas (Azzini et al., 1981).

3.7.1.7 – Alta produtividade

O manejo adequado de um bambuzal pode torná-lo altamente produtivo por até um século, uma vez que não são cortados todos os colmos, sendo este tipo de extração também alto-sustentável (Rigueira Jr., 2011 *apud* Moreira, 2011).

Segundo Ghavami et al. (2003), a energia consumida para se produzir um metro cúbico de bambu é cinquenta vezes menor que a energia gasta para produzir o mesmo volume de aço, e oito vezes menor para produzir o mesmo volume de concreto. Ou seja, com uma mesma quantidade de energia pode-se ter um volume muito maior de um material que, além desta vantagem, causa um impacto mínimo em sua produção. Estas características também aumentam o caráter de material ecologicamente correto do bambu.

3.7.2 – DESVANTAGENS

Apesar de possuir muitas vantagens em relação à materiais similares e equivalentes, o bambu, assim como seus concorrentes, também apresenta algumas desvantagens e pontos fracos, destacados a seguir.

3.7.2.1 – Tratamento e cuidados

O bambu precisa receber tratamentos pré-uso para garantir sua maior vida útil e durante o uso são necessários cuidados para manutenção de sua integridade plena. Mesmo com os tratamentos aplicados, deve-se evitar a exposição excessiva à umidade, pois como é uma matéria prima de origem vegetal, pode absorvê-la facilmente. Recomenda-se também evitar a exposição à variações bruscas de temperatura e fontes intensas de calor que podem desencadear fissuras ou rachaduras ao longo do colmo (Ghavami e Barbosa, 2007).

3.7.2.2 – Inflamabilidade

Outra característica negativa do bambu é que ele pode ser consumido pelo fogo com muita rapidez, principalmente se estiver com teor de umidade interna reduzido. Suas características geométricas também facilitam a proliferação de chamas, que por ter cavidades ocas, em determinado ponto as labaredas queimam externa e internamente.

3.7.2.3 – Grande variação de formas e resistência

As características de resistência e de durabilidade têm uma variação com amplitude muito extensa, sendo influenciadas por diversas condicionantes, tais como característica do solo local, tipo de clima predominante, teor de umidade interna, idade e nível de maturidade do colmo e a variedade do bambu. Mesmos bambus da mesma espécie podem apresentar características de resistência e de durabilidade com amplitudes maiores que cem por cento.

Outra característica que pode comprometer sua utilização em alguns casos é o fato de que os colmos dos bambus não são 100% retilíneos e a distância os nós é variável, não permitindo assim uma modulação adequada (Judziewicz et al., 1999).

3.7.2.4 – Baixa resistência a forças cortantes

Outro ponto frágil dos bambus é a resistência a esforços ortogonais às fibras, que é bastante reduzida, ou seja, quando uma força cortante é aplicada, há grande tendência de rompimento do elemento, paralelamente às fibras (Ghavami e Marinho, 2001). Portanto não é indicado o uso do bambu em casos que haja este tipo de solicitação mecânica.

3.8 APLICAÇÕES E USOS PARA O BAMBU

3.8.1 – Andaime de bambu

O andaime de bambu é usado com grande frequência principalmente em países sul-asiáticos, onde esta matéria prima é abundante. Mesmo em edificações com grande número de pavimentos o andaime de bambu é usado. No Brasil, principalmente em cidades pequenas e distantes de grandes centros, é comum o uso de andaimes e cavaletes de bambu em construções de um, dois, até três pavimentos. A figura 33 retrata a montagem de um andaime de bambu.

E mais comum ainda é o uso do bambu no escoramento de formas de lajes e vigas, peças mais retilíneas de dez a doze centímetros de diâmetro substituem satisfatoriamente escoras de eucalipto.



Figura 33: Andaime de bambu

(www.qasportugal.com)

3.8.2 – Bambu e concreto armado

Empiricamente o uso do bambu como armadura para concreto é uma realidade desde séculos passados, e até mesmo comum nos dias atuais em localidades onde não existem recursos materiais nem técnicos disponíveis ou ao alcance de todos. Mesmo para pequenas obras não é recomendado a utilização de materiais alternativos, sem especificação e estudos técnicos adequados, principalmente quando se está envolvido a segurança e integridade física de seres humanos. A figura 34 mostra a execução de uma laje de piso para uma pequena construção onde é utilizada a armação de bambu aparentemente sem nenhum cuidado nem tratamento especial.



Figura 34: Laje com armação de bambu

(www.ideiasgreen.com.br)

Existem estudos mais complexos e aprofundados sobre a aderência do concreto ao bambu, que podem dar um embasamento conclusivo sobre o uso deste material alternativo associado ao concreto como armadura de tração.

A figura 35 é referente a um ensaio de aderência do concreto ao bambu, com corpos de prova comparativos entre armaduras com pinos travando as varetas e corpos de prova com varetas de bambu sem pinos. O uso destes pinos, trespassando as varetas de bambu usadas como armação, aumentou a tensão de aderência em cinquenta por cento para pinos do próprio bambu e oitenta por cento para pinos de aço. A tensão de aderência para estes corpos de prova foi superior aos valores encontrados para o aço liso (Mesquita et al., 2006).



Figura 35: Ensaio de aderência
(Mesquita et al., 2006)

3.8.3 – Estruturas

Assim como em andaimes, na Ásia o bambu é utilizado também para construção de pequenas obras de arte como o resistente pontilhão sobre um braço de rio, figura 36. A resistência e a flexibilidade dos bambus permitem que movimentações da estrutura não afetem sua estabilidade nem sua durabilidade.



Figura 36: Pontilhão de bambu
(<http://giodas.blogspot.com.br>)

Estruturas inteiras podem ser feitas usando bambus, com a exceção da fundação, onde não é recomendado seu uso por razões de durabilidade reduzida, uma vez que ficaria em contato direto com o solo. Mesmo não sendo o ponto forte dos bambus de uma maneira geral, sua resistência à compressão é notável. E a associação de várias peças possibilitou a construção desta residência, mostrada na figura 37, sobre pilares inclinados de bambu. Pilares superiores e vigas também são de bambu.



Figura 37: Casa estruturada em bambu
(<http://arquitetando-sustentabilidade.blogspot.com.br>)

As figuras 38 e 39 mostram em detalhe outras estruturas de bambu, com pilares, e vigas inferiores e superiores.



Figura 38: Estrutura de bambu
(<http://picasaweb.google.com>)



Figura 39: Estrutura de bambu
(<http://www10.aeccafe.com>)

O engradamento de telhado todo feito com bambus maduros e tratados tem bom comportamento devido sua flexibilidade, mesmo coberto com telhas cerâmica que podem representar uma carga entre 35 kg/m^2 a 45 kg/m^2 , figura 40.



Figura 40: Engradamento
(<http://cmarconstrucoesalternativas.com>)

Enfim, construções inteiras podem ser feitas usando o bambu, tirando partido da sua impressionante resistência à tração, considerável resistência à compressão, leveza e flexibilidade, e por ser uma matéria prima de rápida renovação tem grande produtividade e baixo custo. Muitos arquitetos e engenheiros inovaram ao usar o bambu em construções, principalmente com formas até então pouco exploradas, assim como idealizado e concretizado pelo arquiteto colombiano Simón Vélez, autor do projeto da Catedral de Pereira na Colômbia , figura 41.



Figura 41: Catedral de Pereira, Colômbia
(www.comunidadebancodoplaneta.com.br)

3.8.4 – Matéria prima para acabamentos

Detalhes rústicos ou acabamentos finos além de mobiliários e diversos outros artefatos que extrapolam o ambiente da construção civil fazem parte da pluralidade e multiplicidade de opções para o uso do bambu. A figura 42 apresenta seis opções e combinações para acabamentos e revestimentos internos em bambu, dentre inúmeras possibilidades de combinações e configurações.

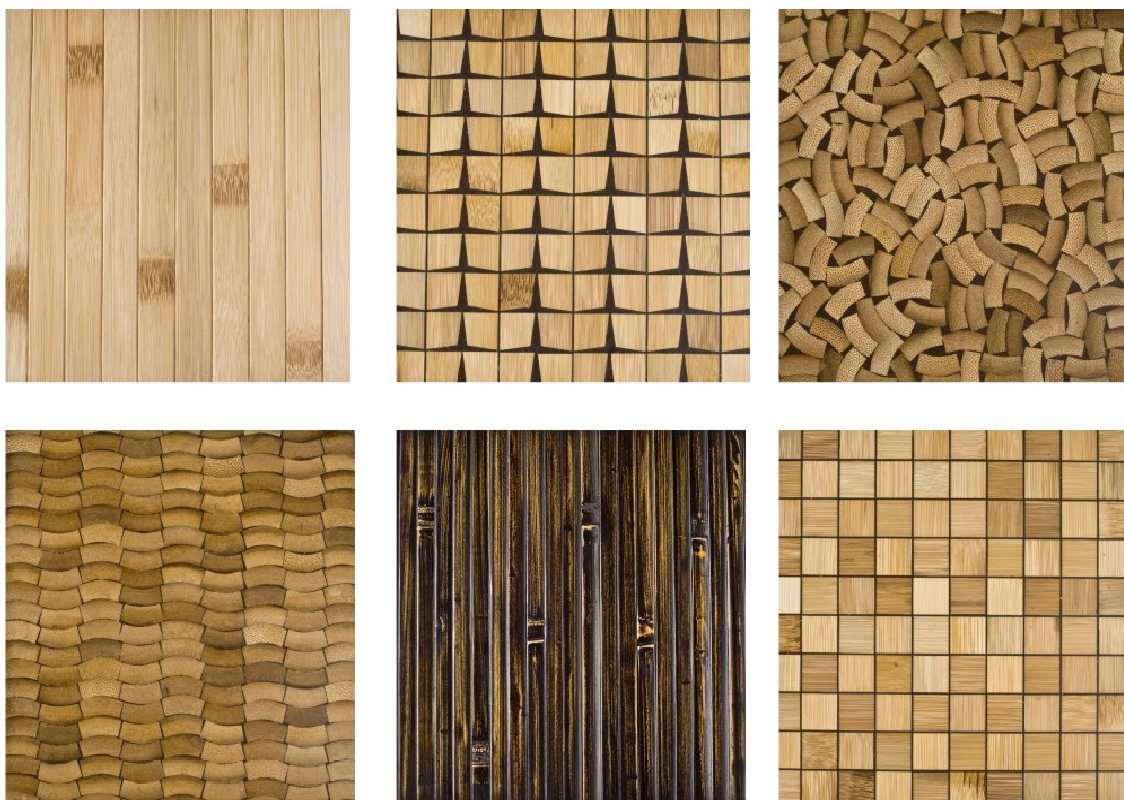


Figura 42: Seis detalhes de acabamentos em bambu
(<http://giodas.blogspot.com.br>)

A figura 43 é um exemplo de piso laminado feito de tiras de bambu coladas sob pressão, formando uma peça rija e monolítica.

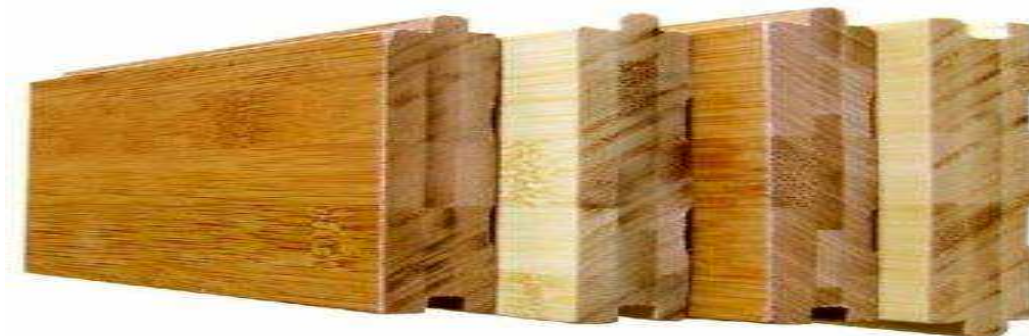


Figura 43: Piso de bambu
(www.reformafacil.com.br)

A figura 44 é de um fechamento de um jardim com uma cerca feita de tiras de bambu trançadas e a figura 45 é uma casa modelo toda feita em bambu.



Figura 44: Cerca de bambu
(<http://bambutramado.blogspot.com.br>)



Figura 45: Casa de bambu
(<http://giodas.blogspot.com.br>)

3.9 – CONCLUSÃO

O bambu encontra nos climas tropicais seu ambiente mais favorável para desenvolvimento, o que dá ao Brasil mais um ponto positivo para o seu cultivo e utilização na construção civil, assim como já feito em outros países da América Latina.

Inúmeros estudos, realizados no mundo inteiro, ratificam o potencial desta matéria prima para diversos usos na construção civil. As características mecânicas de resistência do bambu não deixam dúvidas de que ele pode ser usado em praticamente todas as situações em substituição à madeiras de lei.

Em suma, pode-se concluir que o bambu possui condições de ser utilizado em todas as etapas da construção civil e para as mais diversas finalidades. Para cada finalidade e uso específico deve ser estudado não só as influências e interferências diretas como também variáveis exógenas que possam vir a influenciar ou interferir em algum momento no comportamento do bambu. Fatores que podem alterar características de resistência, flexibilidade, durabilidade, ou até mesmo fazer do bambu uma fonte ou reservatório de agentes patogênicos e nocivos ao homem e outros seres vivos devem ter a solução antevista e dependendo do caso possuir mais de uma solução simultânea.

Portanto um projeto e um planejamento bem elaborados devem considerar não somente as fases pré-construtivas e a fase de construção, como também devem antever fatores ulteriores a médio e longo prazo que influenciariam as características de resistência e durabilidade do bambu.

E dentre as espécies estudadas, as que reuniram mais adjetivos direcionados ao uso na construção civil no Brasil, foram a *Guadua angustifolia* e a *Dendrocalamus giganteus* tanto por suas características de dimensões avantajadas quanto pela resistência específica à esforços mecânicos e a grande durabilidade dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 6023 – **Informação e documentação – Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002, 24p.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A. L. B.; **Velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambu**. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, São Paulo. 1981.

CULZONI, R. A. M.; Dissertação Mestrado: **Caraterísticas dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1986.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI**, Versão 3.0 – Novembro de 1999, Editora Nova Fronteira.

FILGUEIRAS, T.; GONÇALVES, A. P. S. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v.18, n.1, 2004.

FILGUEIRAS, T.S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil. (Gramineae: Bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, n.11, p.47-66, 1988.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.V. **Application of bamboo as a construction material**. Part I- Mechanical properties & water - repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing, São Paulo, 1981. Proceedings...São Paulo: IPT/CIB, 1981, v.1.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. Bambu. In: ISAIA, G. C. (Org./Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 1559-1589.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Construções Rurais e Ambiência - Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, On-line version ISSN 1807-1929. vol.9 no.1 Campina Grande, PB. Jan./Mar. 2005. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em 07 ago. 2012.

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

GHAVAMI, K.; ALLAMESH, S. M.; SANCHEZ M. L. C.; SOBOYEJO W. O. **Multiscale study of bamboo *phyllostachys edulis***. Inter American on Non-Convencional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure, João Pessoa Brasil, **Anais**. CD-ROM, isb85-98073-02-04, 2003.

JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK L. G.; LODOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Washington, D.C. - USA: Smithsonian Institution Press, 1999.

LIESE, W.; KUMAR, S. **Bamboo preservation compendium**. Centre for Indian Bamboo Resource and Technology, New Delhi, 2003.

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

LIESE, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia, 1980, Ottawa. Proceedings...Ottawa: IDRC, 1980.

LENGEN, J. V. **Manual do Arquiteto Descalço**. Porto Alegre. Livraria do Arquiteto, 2004.

LIMA JR., H. C.; DALCANAL, P. R.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P. Características mecânicas do bambu *Dendrocalamus giganteus*: Análise

teórica e experimental. In: BARBOSA, N. P.; SWAMY, R. N.; LYNSDALE, C. **Sustainable construction into the next millennium: environmentally friendly and innovative cement based materials.** João Pessoa: Federal University of Paraíba and The University of Sheffield, 2000. p. 394-406.

LONDOÑO, X. **La Subtribu Guaduinae de América, Simpósio Internacional Guadua;** Pereira, Colômbia, 2004.

LONDOÑO, X. **Growth Developmente of Guadua Angustifolia:** a case study in Colombia. Bamboo and Its Uses. Proceedings of an Internacional Symposium of the Industrial Use of Bamboo, Beijing, China, 7-11 December 1992. International Tropical Organization and Chinese Academy of Forestry, Beijing, 1993

LONDOÑO, X. Guadua Kunth. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPERD G. J.; GIULIETTI, A. M. **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo.** São Paulo. Instituto de Botânica, FAPESP: HUCITEC, 2001.

LÓPEZ, O. H. **Bamboo, The Gift Of The Gods.** Bogota – Colombia. 2003. 553p.

MARTINEZ, D.M.C.; GONZALEZ, R.A.F. **Puentes em do mayor.** 1992. In: Congresso Mundial de Bambu Guada. Pereira, Colombia, p 172-179.

McCLURE, F.A. **The Bamboos: A Fresh Perspective.** Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1966.

MESQUITA, L. P.; CZARNIESKI, C. J.; FILHO, A. C. B.; WILLRICH, F. L.; LIMA JÚNIOR, H. C.; BARBOSA, N. P. Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v.10, n.2, p.505–516; Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2006. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em 27 jul. 2012.

MICHAELIS, UOL Dicionário; **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**, Editora Melhoramentos Ltda. 1998-2009; UOL 2009. Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em 04 jun. de 2012.

MOREIRA, L.E. **Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bambu**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1991. 172p

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, **Technology, Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC)**. Government of India, 2004

NOGUEIRA, F. M. **Bambucon – bambu reforçado com microconcreto armado**. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, UFMG, 2009.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO A. L. **Bambu de corpo e alma**, Bauru, Editora Canal 6, 2007.

PEREIRA, M. A. **Bambu**: espécies, características e aplicações. Bauru, São Paulo: Editora da UNESP, 2001. 58 p.

RECHT, C.; WETTERWALD, M. F. **Bamboos**. London: B.T. Batsford Ltd. 1994. 128p.

RIGUEIRA JR., I., Apud MOREIRA, L. E. **Bambu Para Toda Obra**, Boletim UFMG Nº 1730 - Ano 37, 21 de março de 2011. Disponível em: <www.ufmg.br/online>. Acesso em 06 abril de 2012.

SILVA, R. M. C. **O Bambu no Brasil e no Mundo**. Instituto EU. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <www.institutoeu.com.br/arquivos>, Acessado em 10 set. 2012.

SILVA, E. C. N.; PAULINO G. H.; WALTERS, M. C. Apresentação de slides: **Modelling Bamboo as a Functionally Graded Material**. Disponível em: <www.abmtenc.civ.puc-rio.br> Acessado em 16 ago. 2012.

VASCONCELLOS, R. M.; **Bambu Brasileiro**. Rio de Janeiro, julho de 2000 – Conteúdo disponível em www.bambubrasileiro.com. Acessado entre junho de 2011 a janeiro de 2013. (Conteúdo desenvolvido: Raphael Moras de Vasconcellos - Rio de Janeiro, 2000).

UEDA, K.; **Studies on the physiology of bamboo with reference to practical application.** Resources Bureau Science and Technics Agency Minister`s Office. Tokyo, Japan. Reference Data, n. 34. (1960).

<http://arquitetando-sustentabilidade.blogspot.com.br> > Acesso em: 27 abr. 2012.

<http://arquitetarartes.blogspot.com.br> > Acesso em: 02 ago. 2012.

<http://bambutramado.blogspot.com.br> > Acesso em: 02 ago. 2012.

<http://cmarconstrucoesalternativas.com> > Acesso em: 26 abr. 2012.

<http://en.wikipedia.org> > Acesso em: 17 jan. 2013.

<http://faro-faro.olx.pt> > Acesso em: 07 ago. 2012.

<http://giodas.blogspot.com.br> > Acesso em: 27 abr. 2012.

<http://halfsidebamboo.info> > Acesso em: 19 nov. 2012.

<http://insects.tamu.edu> > Acesso em: 17 ago. 2012.

<http://itp.nyu.edu> > Acesso em: 07 ago. 2012.

<http://mrsbamboo.blogspot.com.br> > Acesso em: 07 ago. 2012.

<http://picasaweb.google.com> > Acesso em: 07 ago. 2012.

<http://www.mailordertrees.co.uk> > Acesso em: 02 ago. 2012.

<http://www10.aeccafe.com> > Acesso em: 05 jul. 2012.

www.abmtenc.civ.puc-rio.br > Acesso em: 16 ago. 2012.

www.apuama.org/bambu > Acesso em: 21 dez. 2012.

www.bamboocraft.net > Acesso em: 17 jan. 2013.

www.bambooweb.info > Acesso em: 19 nov. 2012.

www.bambooweb.info/bb > Acesso em: 02 ago. 2012.

www.bambubrasileiro.com > Acesso em: 19 nov. 2012.

www.brieri.com > Acesso em: 09 ago. 2012.

www.completebamboo.com > Acesso em: 02 ago. 2012.

www.comunidadebancodoplaneta.com.br > Acesso em: 05 jul. 2012.

www.earthcare.com.au > Acesso em: 02 ago. 2012.

www.flickr.com/photos > Acesso em: 19 nov. 2012.

www.google.com.br/imgres > Acesso em: 07 jan. 2013.

www.ideiasgreen.com.br > Acesso em: 04 jan. 2013.

www.mastergardenproducts.com > Acesso em: 04 maio 2012.

www.nzenzeflowerspauwels.be > Acesso em: 02 ago. 2012.

www.post-gazette.com > Acesso em: 19 dez. 2012.

www.qasportugal.com > Acesso em: 04 jan. 2013.

www.reformafacil.com.br > Acesso em: 07 ago. 2012.

www.semillaslashuertas.com > Acesso em: 19 nov. 2012.

www.yunphoto.net/pt > Acesso em: 02 jan. 2013.

* * *

