UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ELISA DA FONSECA EFFTING

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BAMBU

Palhoça

2017

ELISA DA FONSECA EFFTING

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL:
UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BAMBU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientadora: Profª. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.

Palhoça

2017

ELISA DA FONSECA EFFTING

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BAMBU

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 09 de novembro de 2017.

Professora e orientadora Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Ricardo Moacyr Mafra, Esp
Universidade do Sul de Santa Catarina

Engenheira Agrônoma Júlia Zappelini, MSc.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais Flávio Effting e Eveline da Fonseca Effting, à minha irmã Flávia da Fonseca Effting, aos meus avós maternos Myriam Nazareth Baião da Fonseca e José Cabral da Fonseca *"In Memoriam",* aos meus avós paternos Nivardis Steiner Effting *"In Memoriam"* e Vendolino Effting *"In Memoriam",* e à toda minha família pelo apoio e carinho em todas as etapas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e avós, Flávio Effting, Eveline da Fonseca Effting, Myriam Nazareth Baião da Fonseca e José Cabral da Fonseca *"In Memoriam",* que se dedicaram e abdicaram de muitos projetos pessoais para que eu sempre pudesse ter as melhores oportunidades. Todo este apoio, carinho, dedicação e amor que vocês tiveram, e ainda tem, por mim, foram essenciais para que eu pudesse realizar este sonho. Obrigada por cada abraço nos meus momentos de angustia, pelos sorrisos ao verem minha felicidade, por sempre estarem do meu lado, pelos momentos em família e por tantas outras coisas que fizeram e fazem de vocês os meus exemplos.

Agradeço também à minha irmã, Flávia da Fonseca Effting, por ter me aturado junto com toda a papelada e bagunça de materiais que foram se acumulando neste último semestre no seu quarto. Obrigada por toda paciência e apoio. Quero que saibas que te admiro muito e espero um dia chegar ao teu nível.

Não poderia também deixar de agradecer ao meu namorado e melhor amigo Felipe Prange Piva pelo carinho, compreensão, amor, solidariedade e apoio em todas as minhas decisões.

Aos meus amigos e colegas de classe, em especial Duane Jochen, Dyanine Weiss Besen, Maitê Sant'Ana Vieira, Rhaiza Lima Maia da Silva e Samantha Steffens, a quem espero ter construído laços eternos. Obrigada pelas caronas e pelos momentos que fomos palhaças, brincalhonas, sérias, estudiosas, cúmplices. Esta caminhada não seria a mesma sem vocês, encontrei verdadeiras irmãs.

À esta universidade e seu corpo docente por todas as oportunidades e ensinamentos que serão levados daqui para frente. Em especial à minha orientadora Prof.ª Norma Beatriz Camisão Schwinden, por toda confiança em mim depositada, pelas suas correções e incentivos. E ao Prof. Romson Heleo Romagna, coordenador do Trabalho de Conclusão de Curso, por toda ajuda e apoio.

Aos arquitetos André Challupe e Sumara Lisboa por todas as informações e materiais fornecidos.

À todos que mesmo não tendo sido citados contribuíram na conclusão de mais uma etapa da minha vida e também à formar tudo que sou hoje.

“Cada pessoa deve trabalhar para seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade” (MARIE CURIE).

RESUMO

Em tempos atuais é crescente a preocupação com a sustentabilidade do planeta. Os materiais utilizados hoje na construção civil geram muitos danos ao meio ambiente, porém esse setor é um dos principais geradores de emprego no Brasil. Sendo assim, com o intuito de minimizar e prevenir os desequilíbrios ambientais, este trabalho apresenta o bambu como uma alternativa de material sustentável, mostrando características que conferem, em algumas espécies apropriadas, resistências suficientes para que possam ser utilizadas nas construções em substituição total ou parcial dos elementos usuais como concreto, aço e madeira. O bambu foi escolhido principalmente por ser facilmente encontrado, não ser muito exigente em relação ao clima e ao solo, pelo seu rápido desenvolvimento e pela perenidade de suas touceiras. A planta possui mais de 1500 espécies pelo mundo e três delas são muito recomendadas como elementos estruturais, são elas: *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys edulis*. Para seu uso ser viável, torna-se necessário o tratamento das varas, garantindo durabilidade às peças, alguns desses métodos foram comentados nesta monografia, bem como o processo de produção, as espécies mais adequadas para essa finalidade, as características físicas e mecânicas, um breve histórico acerca das utilizações, as principais aplicações nas áreas de engenharia civil, e as suas vantagens e desvantagens como matéria prima. Diante das informações apresentadas evidencia-se a viabilidade do emprego do vegetal nos setores da construção civil e arquitetura, entretanto, ainda existem algumas dificuldades para sua atuação, como a inexistência de normas específicas.

Palavras-chave: Bambu. Construção. Materiais. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In current times a concern about the sustainability of the planet is increasing. The materials used today in the construction industry generate many damages to the environment, however this sector is one of the main generators of employment in Brasil. Therefore, to minimize and prevent environmental imbalances, this work presents bamboo as an alternative of sustainable material, showing characteristics that confer, in some suitable species, sufficient resistances so that it can be used in constructions, in total or partial replacement of the usual elements such as concrete, steel and wood. Bamboo was chosen mainly because it is easily found, not very demanding in relation to the climate and soil, it's fast development and the perpetuity of its bushes. The plant has more than 1500 species by the world and three of them are highly recommended as structural elements, they are: *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys edulis. T*o be viable it's use, it is necessary to treat the culms, ensuring durability to the pieces, some of these methods were commented in this monograph, as well as the production process, the most suitable species for this purpose, the physical and mechanical characteristics, a brief history of the uses, the main applications in the civil engineering areas and their advantages and disadvantages as raw material. In view of the information presented, it is evident the viability of the use of the vegetable in the civil construction and architecture sectors, however, there are still some difficulties for your performance, such as the lack of specific rules.

Keywords: Bamboo. Construction. Materials. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bambus das espécies Guadua angustifolia. 21
Figura 2 – Guaduales ou bosque de Guadua. 22
Figura 3 – Broto de bambu da espécie Dendrocalamus giganteus. 23
Figura 4 – Bambus da espécie Dendrocalamus giganteus. 24
Figura 5 – Bambus da espécie Phyllostachys edulis. 25
Figura 6 – Broto de Phyllostachys edulis. 25
Figura 7 – Representação das partes de um bambu. 27
Figura 8 – Seção do colmo de bambu. 28
Figura 9 – Distribuição dos feixes vasculares na região dos nós. 29
Figura 10 – Diferentes tipos de rizomas. 31
Figura 11 – Corte do colmo logo acima do primeiro nó. 37
Figura 12 – Armazenamento correto dos colmos de bambu. 37
Figura 13 – Tratamento do colmo do bambu por cura na mata. 38
Figura 14 – Tratamento do colmo do bambu por imersão na água. 39
Figura 15 – Tratamento do colmo do bambu por banho quente e frio. 39
Figura 16 – Secagem do colmo do bambu por fumigação. 40
Figura 17 – Secagem do colmo do bambu por aquecimento. 40
Figura 18 – Equipamento para o método do Boucherie Modificado. 41
Figura 19 – Tratamento dos colmos pelo método de imersão química. 42
Figura 20 – Tratamento pelos métodos Boucherie e Boucherie Modificado. 43
Figura 21 – Pessoas passando em frente ao avião 14-Bis. 46
Figura 22 – Cúpula do Taj Mahal construída em bambu. 47
Figura 23 – Andaimes utilizados em construções na China. 47
Figura 24 – Ponte suspensa feita de bambu. 48
Figura 25 – Casa de bambu e tijolo aparente. União entre diferentes materiais. 49
Figura 26 – Igreja provisória em Pereira, na Colômbia, vista por dentro. 50
Figura 27 – Templo em Cartagena, Colômbia, projetada por Simón Vélez. 50
Figura 28 – Edifício sede da Corporação Autônoma Regional de Risaralda. Obra do arquiteto Simón Vélez. 51
Figura 29 – Ponte em Guangzhou, na China, projetada por Simón Vélez. 51
Figura 30 – Casa estruturada em bambu Guadua tratado localizada na cidade de Jundiaí em São Paulo e projetada pelo arquiteto André Chaluppe. 54

Figura 31 – Domo Geodésico feito em bambu Guadua para locação de eventos em Imbituba, Santa Catarina. 55
Figura 32 – Casa de dois pavimentos, em Garopaba SC, com estruturas totalmente feitas em bambu Guadua. 55
Figura 33 – Varanda com forro de bambu, em Imbituba, SC. 56
Figura 34 – Restaurante Casa Bela em Holambra, construído em bambu e taipa de pilão. 56
Figura 35 – Centro Cultural Max Feffer com cobertura estruturada em bambu. 57
Figura 36 – Pilares de bambu apoiados em base de concreto. 59
Figura 37 – Pilares de bambu apoiados em base de concreto. 59
Figura 38 – Impermeabilização da vara de bambu com um saco plástico para poder ser enterrada. 60
Figura 39 – Ligação entre o pilar de bambu, preenchido com concreto, e a fundação. 61
Figura 40 – Viga construída na terra indígena dos Krahô, Tocantins. 62
Figura 41 – Armadura longitudinal de taliscas envernizadas feitas de bambu com anéis de arame farpado. 63
Figura 42 – Representação dos elementos de um telhado. 63
Figura 43 – Cobertura com tramas de tecido de bambu em uma casa na Etiópia. 64
Figura 44 – Pavilhão construído na Colômbia como modelo do apresentado na Exposição Hannover na Alemanha em 2000. 65
Figura 45 – Sistema de treliça proposto por Moré (2003) em sua dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Cívil. 65
Figura 46 – Cobertura do terminal de Ônibus em Cali, Colômbia. Projeto de Simón Vélez... 66
Figura 47 – Estrutura de telhado em uma casa de campo na Colômbia, projetada por Simón Vélez. 67
Figura 48 – Transpasse em chapas de telhas de fibra onduladas. 68
Figura 49 – Telhas de bambu do tipo capa e canal 68
Figura 50 – Escada executada em contato direto com o solo, favorecendo o ataque de fungos e insetos. 69
Figura 51 – Escada executada sobre uma base de concreto. Projeto da Arq. Ana Maria França, em Goiânia, GO. 70
Figura 52 – Escada com corrimão de Bambu. 70
Figura 53 – Escada de bambu com agradável visual estético. 71
Figura 54 – Diferentes formas de escada de bambu 71
Figura 55 – Paredes com colmos inteiros de bambu e de colmos cortados ao meio 72

Figura 56 – Painéis artesanais de bambu do tipo esteira com tramas formando desenhos geométricos. 73
Figura 57 – Painel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas verticalmente. 73
Figura 58 – Painel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas horizontalmente. 74
Figura 59 – Painel tipo Bahareque com esteiras duplas. 74
Figura 60 – Uso de Bahareque em escola na cidade de Barcelona, na Colômbia. 75
Figura 61 – Parede de bambu preenchida com argila. 75
Figura 62 – Etapas construtivas de residência com painéis pré-fabricados de bambu no Equador. 76
Figura 63 – Partículas produzidas através de colmos de bambu: folhas, lâminas, chips e fibras. 78
Figura 64 – Exemplo de tons naturais das lâminas de bambu. 79
Figura 65 – Exemplo de tons das lâminas de bambu descoloridas. 80
Figura 66 – Exemplo de tons das lâminas de bambu carbonizadas. 80
Figura 67 – Ambientes residenciais com pisos feitos de bambu. 80
Figura 68 – Forro em bambu com clareiras de vidro do Terminal 4 do aeroporto Barajas em Madri. 81
Figura 69 – Cores utilizadas nas estruturas de aço do aeroporto Barajas de Madri para a orientação dos visitantes. 82
Figura 70 – Janela de bambu feita pelo método tradicional. 83
Figura 71 – Porta tradicional de bambu 83
Figura 72 – Janelas modernas feitas com réguas de bambu. 84
Figura 73 – Esquadrias de bambu em união com o vidro. 84
Figura 74 – Emprego do bambu em substituição ao aço numa estrutura de concreto armado. 85
Figura 75 – Entalhes do tipo corte reto, boca-de-peixe e bico-de-flauta, respectivamente. 88
Figura 76 – Entalhes do tipo flange com uma aba, flange com duas abas e bisel. 88
Figura 77 – Conexão de bambu com amarração e pino para ancoragem 89
Figura 78 – Modelo de ligação do arquiteto Simón Vélez 90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resistência e dureza de alguns materiais. 34
Gráfico 2 – Resumo dos resultados obtidos em estudos sobre a absorção de água em diferentes espécies de bambu. 86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**
1.1 JUSTIFICATIVA 15
1.2 OBJETIVOS 15
1.2.1 Objetivo geral **15**
1.2.2 Objetivos específicos **15**
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 16
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS **17**
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **19**
3.1 ESPÉCIES 19
3.1.1 Guadua angustifolia: **20**
3.1.2 Dendrocalamus giganteus: **22**
3.1.3 Phyllostachys heterocycla pubescens ou Phyllostachys edulis: **24**
3.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS 26
3.2.1 Colmos **27**
3.2.2 Rizomas **30**
3.2.3 Raízes **31**
3.3 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS 31
3.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO 36
3.5 PROCESSOS DE TRATAMENTOS 38
4 HISTÓRICO DO BAMBU E SUAS UTILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL **45**
4.1 HISTÓRICO 45
4.1.1 O bambu na América Latina **48**
4.1.2 O bambu no Brasil **52**
4.2 UTILIDADES DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL 57
4.2.1 Pilares **58**
4.2.2 Vigas **61**
4.2.3 Telhados **63**
4.2.4 Telhas **67**
4.2.5 Escadas **69**
4.2.6 Paredes e Painéis de vedações **72**
4.2.7 Pisos e forros **77**
4.2.8 Portas e janelas **82**

4.2.9 Bambucreto.....84
4.2.10 Conexões e ligações de bambu.....87
5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL. 91
5.1 VANTAGENS QUANTO À DISPONIBILIDADE DO MATERIAL PARA APLICAÇÃO NA ENGENHARIA CIVIL.....91
5.2 VANTAGENS QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS.....91
5.3 DESVANTAGENS QUANTO À FALTA DE INFORMAÇÃO PARA O USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 93
5.4 DESVANTAGENS QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS 94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....96
REFERÊNCIAS 99

1 INTRODUÇÃO

Existem muitos materiais usados para a construção civil, entre os quais os mais utilizados são: a madeira, o concreto e o aço. Entretanto, estes materiais, além de causarem degradação ao meio ambiente, têm um custo energético muito alto na sua extração, transporte e processamento. Tendo em vista tais impactos, surge então, o conceito de sustentabilidade.

O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu em 1987, quando a ONU apresentou o documento Nosso Futuro Comum, mais conhecido como Relatório Brundtland e a partir de então, esta expressão é usada para todas as ações que buscam suprir as necessidades atuais de modo que não venham a comprometer as gerações futuras.

Como uma alternativa de material renovável, o bambu tem se mostrado eficiente quanto à sustentabilidade, pois em pouco tempo ele atinge a idade ideal para o corte e durante seu desenvolvimento consome muito gás carbônico, contribuindo para a retirada deste gás da atmosfera.

O bambu é uma gramínea da subfamília Bambusoideae, podendo ser de três tribos: Bambuseae, Arundinarieae e Olyreae. A primeira e a segunda correspondem aos chamados lenhosos tropicais e lenhosos temperados, respectivamente, a terceira aos chamados herbáceos. Os bambus lenhosos possuem fibras de grande resistência mecânica, principalmente aos esforços de tração, podendo até mesmo serem comparadas ao aço. Entretanto, para que ocorra a substituição dos elementos construtivos pelo bambu, é necessária a escolha da espécie mais adequada, além de estudos, testes e ensaios.

Há vários séculos ele é usado pelo homem em diversas finalidades, como na construção civil, móveis, artesanato, no setor alimentício, na indústria de papel, dentre outras. Porém, no Brasil, apesar do país ser dono de uma extensa área de reserva natural de bambu, o uso deste material é pouco explorado. Parte disto se deve à maneira com que a planta é encarada, sendo muitas vezes propagada como um material de baixa qualidade, o que não é verdade, e como esta cultura não é difundida, acabam faltando mão-de-obra qualificada, fornecedores e normas regulamentadoras para sua aplicação.

Desta forma, este trabalho tem como tema um estudo sobre a utilização do bambu para ser empregado na construção civil, buscando minimizar o impacto ambiental causado pelas construções.

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil é conhecido por gerar muitos danos ambientais, como produção de resíduos, uso descontrolado de materiais não renováveis e até mesmo poluição atmosférica. Em contrapartida ele é um dos principais geradores de emprego, sendo muito importante para a economia do país. Assim, surge o desafio de encontrar recursos mais favoráveis ao meio ambiente, como por exemplo, o uso de materiais renováveis.

Este trabalho mostra o bambu como uma alternativa ecologicamente viável, com resistência e durabilidade suficientes para ser utilizado em obras de engenharia, com o intuito de minimizar e prevenir os problemas ambientais causados pelos materiais usuais da construção civil. Assim, esta pesquisa tem importância para a preservação do meio ambiente e para o desenvolvimento socioeconômico do país, mostrando que ao se incentivar o uso de bambu nas construções é possível ter um ponto de equilíbrio entre estes.

1.2 OBJETIVOS

Neste item serão expostos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral, por meio de uma revisão bibliográfica, descrever o uso do bambu na construção civil como uma alternativa de material sustentável. Enfatizando seus benefícios e seu potencial para substituir os elementos construtivos usuais.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Descrever as características morfológicas da planta e suas principais espécies para a área de engenharia civil;
b) Identificar as características mecânicas da planta;
c) Compreender os processos de produção e tratamento;
d) Apresentar o contexto histórico do bambu;
e) Apontar algumas das possibilidades de seu uso na construção civil;
f) Compreender seus aspectos sustentáveis;
g) Elencar as vantagens e desvantagem dos bambus quando aplicados na construção civil.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos.

O primeiro capítulo corresponde à introdução, com a justificativa do tema, objetivos e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo contém os procedimentos metodológicos adotados.

O terceiro capítulo contextualiza as espécies de bambu mais adequadas para a construção civil, suas características físicas e mecânicas e os processos de produção e tratamento.

O quarto capítulo apresenta maneiras de como o bambu pode ser usado na construção civil como uma alternativa de material sustentável e trata, também, de um breve contexto histórico nas construções mundiais.

O quinto capítulo traz um comparativo entre vantagens e desvantagens do bambu na construção civil.

O sexto e último capítulo contém a conclusão obtida pelo trabalho e seu referencial bibliográfico.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Motta et al. (2013, p.85):

> Para todas as atividades da vida humana, é necessário escolher a melhor via, o melhor caminho, isto é, o melhor método. Na ciência também não é diferente. Se o pesquisador lança um problema de pesquisa, se deseja investigar um determinado fenômeno, precisa, antes de tudo, determinar o caminho a ser seguido para encontrar respostas para o seu problema. Assim, o método consiste no ponto de ligação entre a dúvida e o conhecimento.

Trata-se este estudo de uma revisão bibliográfica sobre o uso de bambu na construção civil.

Pesquisa bibliográfica é "aquela que se desenvolve tentando explicar um problema a partir das teorias publicadas em diversos tipos de fontes: livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos, etc" (MOTTA et al., 2013, p.115).

Quanto ao objetivo, a pesquisa é exploratória. De acordo com Gil (2002, p.41) esta pesquisa tem como objetivo "proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses". Para este mesmo autor, pesquisas deste tipo têm o objetivo de aprimorar ideias ou a descoberta de intuição.

> O planejamento da pesquisa exploratória é bastante flexível e pode assumir caráter de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, estudos de caso, levantamentos etc. As técnicas de pesquisa que podem ser utilizadas na pesquisa exploratória são: formulários, questionários, entrevistas, fichas para registro de avaliações clínicas, leitura e documentação quando se tratar de pesquisa bibliográfica (MOTTA et al., 2013, p.106).

De acordo com Motta et al. (2013, p.107), "a pesquisa exploratória só se justifica quando os pesquisadores desconhecem a realidade que querem investigar". Este autor ainda exemplifica seu comentário dizendo que um pesquisador agente prisional não necessita fazer uma pesquisa exploratória sobre a condição de vida dos detentos e cárcere, já que este conhecimento já lhe é existente.

No que se refere à sua natureza, a pesquisa é pura, básica ou fundamental, pois as informações são adquiridas de forma teórica. Para o autor Pedro Demo (1985, p.23), a pesquisa teórica é "aquela que monta e desvenda quadros teóricos de referência".

Para Gil (2002, p.18) relacionar uma pesquisa como sendo pura ou aplicada é uma forma inadequada, pois para ele "...uma pesquisa pura pode fornecer conhecimentos passíveis de aplicação prática imediata".

Para a realização deste trabalho foram consultados artigos, monografias, dissertações, teses, livros e materiais disponibilizados na internet.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir da leitura de artigos, teses, dissertações, livros e materiais disponibilizados na internet, foi possível realizar uma revisão bibliográfica sobre o material em estudo. Tal revisão é de suma importância para qualquer trabalho, notadamente neste que visa à conclusão de um curso acadêmico. É nesta etapa, da revisão a que se refere, que se definem os conceitos que serão abordados e o modo em que serão deduzidos de forma a se chegar à necessária conclusão a que este estudo se destina.

A autora sequenciou os temas pautando-se por utilizar um método lógico, qual seja, partindo-se de premissas gerais até situações particulares, iniciando por informações sobre as espécies e onde são encontradas, seguido por características físicas e mecânicas da planta, processos de produção e finalizando esta primeira etapa comentando sobre os principais processos de tratamento dos colmos de bambu.

3.1 ESPÉCIES

O bambu é uma gramínea, pertencente à família Poaceae e subfamília Bambusoideae, podendo ser de três tribos distintas, a Bambuseae, a Arundinarieae e a Olyreae, que são três grupos também conhecidos como lenhosos tropicais, lenhosos temperados e herbáceos, respectivamente (SUNGKAEW et al., 2009 apud ZAPPELINI, 2014). Atualmente, existem 120 gêneros e aproximadamente 1641 espécies de bambus descritas no mundo (SORENG et al., 2015, apud ZAPPELINI, 2017)

De acordo com Hidalgo-López (2003), por serem pouco exigentes em relação ao solo e ao clima, os bambus estão presentes naturalmente em todos os continentes, com exceção da Europa e da Antártida. O continente Asiático é o que mais possui espécies nativas, com 62% do total, seguido pelas Américas, com 34%, enquanto África e Oceania possuem juntas apenas 4%. As várias espécies de bambu podem ser encontrados em regiões de baixas até altas altitudes.

Em se tratando da tribo Bambuseae, ou seja, os lenhosos tropicais, a América do Sul possui a maior diversidade e espécies das Américas, sendo no Brasil encontrada a maior quantidade de espécies, seguido por Colômbia, Venezuela, Equador, Costa Rica, México e Peru (SCHRÖDER, 2014).

No Brasil, as espécies nativas são em suas maiorias ornamentais, porém desde a época do descobrimento outras espécies foram trazidas e aqui plantadas, tais espécies são chamadas de exóticas. Com exceção da espécie *Guadua angustifolia*, nativa da Colômbia e presente na região norte do país (PEREIRA, 2001).

De acordo com Filgueiras e Gonçalves (2004), existem no país espécies com características muito parecidas com as dos bambus, porém não pertencentes à família das Poaceae, sendo chamadas de imitadoras de bambu. Na concepção dos autores, encontram-se no Brasil 16 gêneros de bambus herbáceos e 18 gêneros de bambus lenhosos. As espécies não são encontradas distribuídas uniformemente em todo o país, a Mata Atlântica é de longe o bioma mais rico, seguido pela Amazônia e Cerrado.

Encontram-se 256 espécies de bambu nativas no Brasil, sendo 164 espécies lenhosas, presentes principalmente na região sudeste, e o restante herbáceas, predominantemente na região norte do país. Algumas dessas espécies são endêmicas, ou seja, seja, ocorrem somente em uma determinada área ou região geográfica (GRECO et al., 2015).

Estudos indicam que a utilização do bambu na construção é uma alternativa viável para o Brasil. O estímulo dessas pesquisas vem do sucesso obtido em países vizinhos. Ensaios feitos na universidade da UNESP de Bauru mostram que os gêneros mais indicados para uso estrutural são: *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys*. Tradicionalmente o bambu é mais utilizado no meio rural, porém o material tem sido empregado cada vez mais nas edificações urbanas (CAPELLO, 2006).

As espécies mais adequadas para o uso na construção civil são: *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus*, *Phyllostachys edulis* (REIS, 2009).

3.1.1 *Guadua angustifolia*:

De acordo com Schröder (2014), este é de longe o gênero mais importante na América, pois possui versatilidade, leveza, flexibilidade, resistência, dureza, força, adaptabilidade climática, crescimento rápido, resistência sísmica e fácil manuseio. Existem 32 espécies de bambu do gênero *Guadua* e são todas encontradas na América Central e na América do sul. A espécie *Guadua angustifolia* é nativa da Colômbia, Equador e Venezuela. Seus melhores desenvolvimentos acontecem na região central dos Andes, entre 900 e 1600 metros acima do nível do mar, com temperaturas que variam de 20 a 26º celsius, chuvas de 2000 a 2500 mm ao ano e umidade relativa de 75 a 85%. O mesmo autor ainda afirma que todo o bambu, mas o *Guadua* em particular, possui um crescimento rápido e maior

produtividade quando comparado com as árvores. Além disso, o colmo do bambu não possui crescimento secundário, ou seja, emerge do solo com um diâmetro fixo, sem mostrar aumento do diâmetro ao longo do tempo, como acontece com as árvores.

A organização intergovernamental International Network for Bamboo and Rattan (INBAR,1998), cujo princípio é a missão de melhorar os benefícios sociais, econômicos e ambientais do bambu, fornece algumas informações sobre a espécie. Descreve como um espetacular bambu que atinge até 30 metros de altura, diâmetros de até 20 cm, cor verde escuro e esbranquiçado nas regiões dos nós, folhas de tamanhos médios, possuem elevadas propriedades mecânicas e alta durabilidade dos colmos. Crescem em lugares com solos médios a ricos e tolera até -2 º C. É um bambu forte e de ótima qualidade, muito popular na América Central, onde casas e edifícios construídos com este material resistiram aos choques de terremotos. Embora amplamente usado como material estrutural em construções para habitação de baixo custo ou mesmo para grandes edifícios, possuem diversas outras finalidades como na fabricação de móveis, artesanatos e na contenção de erosão dos solos.

As Figuras 1 e 2 a seguir mostram plantas da espécie *Guadua angustifolia*.

Figura 1 – Bambus das espécies *Guadua angustifolia.*

Fonte: Sitio da Mata (2014).

Figura 2 – Guaduales ou bosque de *Guadua.*

Fonte: Sitio da Mata (2014).

3.1.2 *Dendrocalamus giganteus*:

Também conhecido como bambu gigante, é considerado o mais alto bambu do mundo. Possui colmos que variam entre 20 e 35 m de altura e diâmetro de 15 até 30 cm. Os colmos são de paredes espessas com 2,0 a 2,5 cm e sua cor pode ser de verde fosco a verde escuro azulado e coberto com uma crosta de cera branca quando jovens. Os entrenós, possuem normalmente comprimentos de 35 a 45 cm. Os ramos são agrupados, as folhas possuem diferentes tamanhos, os ciclos de floração são relatados a cada 40 anos. Sua origem é do sudeste asiático em climas tropicais e subtropicais, geralmente em montanhas com até 1200 m de altitude, podendo, porém, ser cultivado em terras baixas onde a umidade do solo é alta (SCHRÖDER, 2010).

Os autores Klein, Smith e Wasshausen (1981) dizem que o *Dendrocalamus giganteus* é uma planta arborescente que pertencente à tribo Bambuseae. São conhecidos também por seu nome vulgar: bambu-gigante. As inflorescências são muito grandes e os ramos são compridos. Florescem apenas depois de muitos anos, quando morrem. Os mesmos autores comentam existir estudos que demonstram que este vegetal possui três fases distintas em sua vida: a primeira é até atingir 5 metros de altura, crescendo 10 cm em 24 horas; a segunda é entre os 5 e 15 metros seguintes, quando crescem 30 cm em 24 horas e a terceira fase é até os 25 metros, passando a cresce 15 cm por hora. Daí em diante o crescimento é

lento. Para comentar sobre a utilidade da espécie, tais autores citam Pio Correa (1926) que comenta poder ser utilizada para construção de pontes, casas, telhas, calhas, mastros para pequenas embarcações, entre outros.

De acordo com a International Network for Bamboo and Rattan (INBAR, 1998), esta é uma gigantesca espécie de bambu com altura entre 24 e 60 metros, nativa do sul de Mianmar e noroeste da Tailândia e cultivado em diversos outros países, crescem em lugares úmidos tropicais e subtropicais, geralmente em solos ricos de até 1200 metros de altitude e podem suportar uma temperatura de -2º C. Muito usado para construção civil, móveis, utensílios e alimentos.

Nota-se que a maior diferença dos autores citados é em relação à altura máxima que a espécie pode atingir, porém, em nenhuma das citações anteriores pode-se negar que esta é de fato uma espécie que atinge enormes comprimentos.

As Figuras 3 e 4 que estão apresentadas a seguir mostram brotos de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* e a espécie já adulta, respectivamente.

Figura 3 – Broto de bambu da espécie Dendrocalamus giganteus.

Fonte: Tropical Bamboo (2006).

Figura 4 – Bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus.*

Fonte: Tropical Bamboo (2006).

3.1.3 *Phyllostachys heterocycla pubescens* ou *Phyllostachys edulis*:

Também conhecido como bambu Moso ou Bambu Mossô.

Klein, Smith e Wasshausen (1981) comentam que suas plantas formam tufos muitas vezes arborescentes, seus rizomas são delgados, seus colmos são eretos, seus entrenós são curtos e os nós possuem entre 2 e 3 ramos articulados. Classificam o gênero *Phyllostachys* como bambus lenhosos e naturais da Ásia oriental, pouco cultivadas em outras áreas tropicais e subtropicais. Logo, pertencem à tribo de bambus lenhosos de clima temperado, a Arundinarieae.

A International Network for Bamboo and Rattan (INBAR, 1998) descreve essa planta como uma variedade da espécie *Phyllostachys heterocycla,* sendo um bambu de porte médio a grande, de colmos fortes e eretos variando de 10 a 20 m de altura e 18 cm de diâmetro. Cultivado extensivamente em províncias da China, Japão, Coréia e Vietnã e introduzido em muitos jardins botânicos.

Schröder (2010), diz que alguns nomes de espécies do gênero *Phyllostachys* foram modificados, é o caso da *Phyllostachys pubescens, que passou a ser Phyllostachys edulis.* Porém, ainda conhecido das duas formas. Schröder (2011) comenta que esta é a espécie mais utilizada para a fabricação de bambu industrial no mundo e a China é sua maior produtora.

As Figuras 5 e 6 são fotos de bambus adultos e também do broto da espécie *Phyllostachys edulis*.

Figura 5 – Bambus da espécie *Phyllostachys edulis.*

Fonte: Bamboo Botanicals (2017).

Figura 6 – Broto de *Phyllostachys edulis.*

Fonte: Bamboo Botanicals (2017).

3.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Os bambus lenhosos são gramíneas gigantes e perenes que pertencem à família Poaceae e subfamília Bambusoideae. Fazem parte da divisão das angiospermas e da classe monocotiledônea, ou seja, produzem flores e frutos e apresentam apenas um cotilédone, que é uma folha modificada presente no embrião da semente, associada à nutrição das células que podem gerar uma nova planta. Outras características das monocotiledôneas são que suas estruturas internas são marcadas pela presença de feixes vasculares espalhados e seus sistemas radiculares são fasciculados.

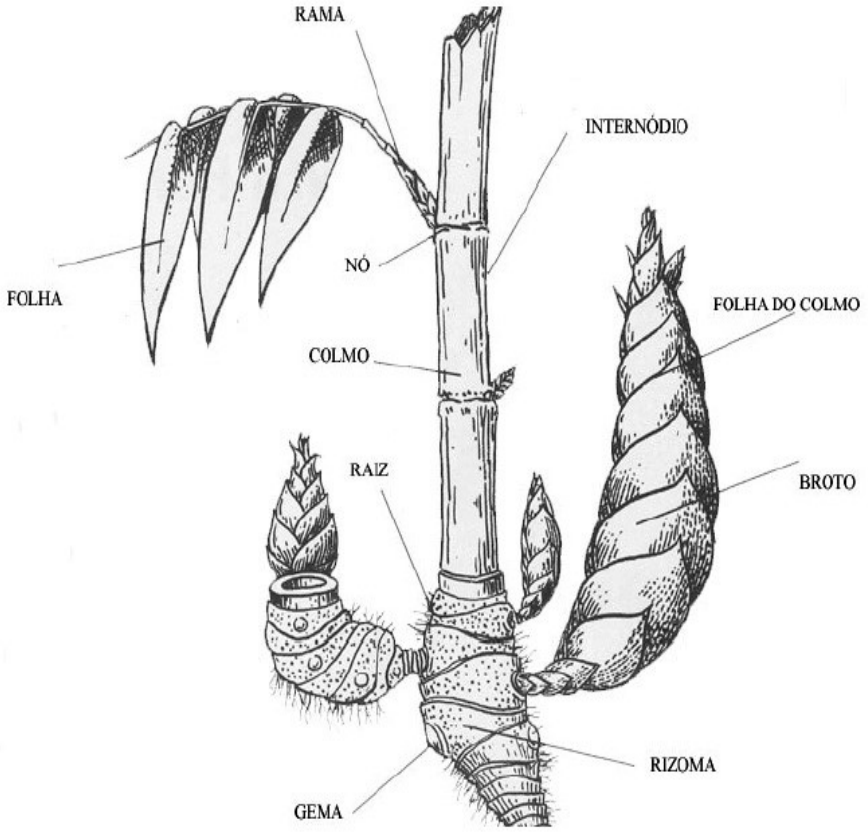
Os bambus são formados por uma parte aérea e uma parte subterrânea, a primeira é chamada de colmo, e a segunda é constituída por rizomas e raízes (HIDALGO-LÓPEZ, 1974).

Além dos colmos, rizomas e raízes o bambu possui ramos, folhas, flores e frutos. Os ramos se originam a partir de gemas (brotos) presentes nos entrenós dos colmos. As folhas, através do processo de fotossíntese, elaboram as substâncias necessárias para o crescimento da planta e protegem o colmo no início do seu desenvolvimento.

Em relação à floração, Filgueiras (1988) comenta ser um fenômeno raro para muitas espécies de bambus, devido à grande energia desprendida para a formação das sementes, podendo algumas espécies morrerem neste período.

A seguir, a Figura 7 representa as partes do bambu: a parte aérea composta pelo colmo, folha e ramificações e a parte subterrânea constituída pela raiz e pelo rizoma.

Figura 7 – Representação das partes de um bambu.

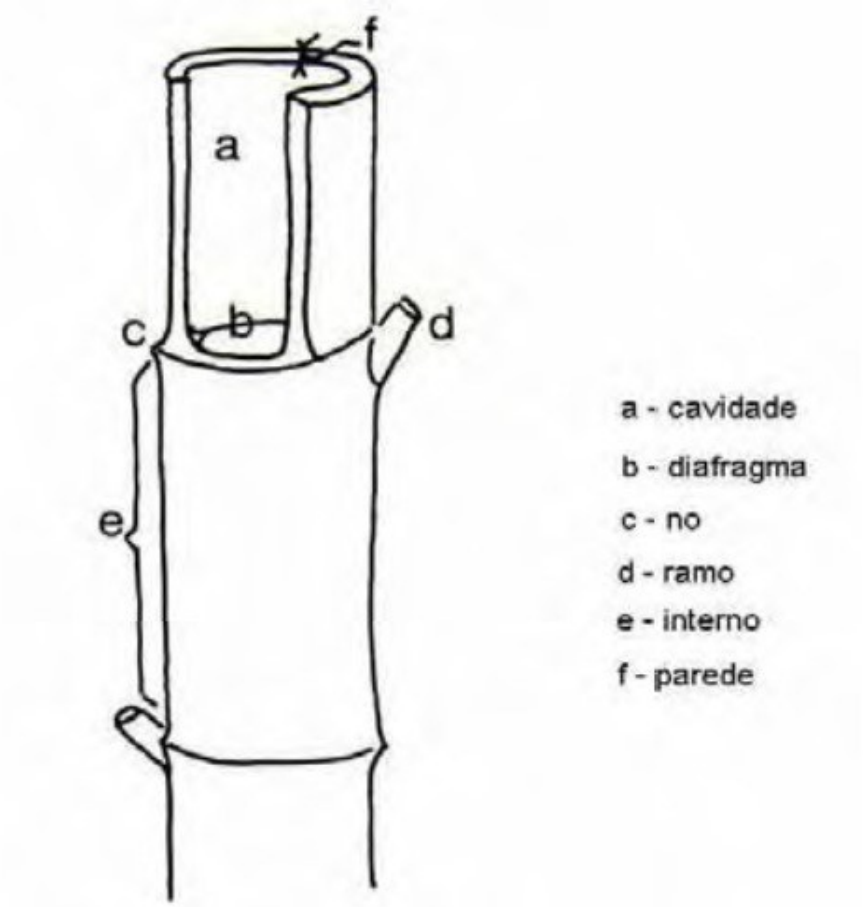


Fonte: (NMBA, 2004 apud TEIXEIRA, 2006).

3.2.1 Colmos

Os colmos dos bambus possuem o mesmo diâmetro desde que brotam, ou seja, não possuem crescimento secundário, já nascem com seu diâmetro máximo na base e diminuem em direção ao topo. Janssen (1988 apud PEREIRA, 2012) caracteriza o colmo do bambu constituído por cavidade, diafragma, nó, ramo, entrenó e parede, como mostra a Figura 8. Os entrenós são ocos na maioria das espécies e separados pelos diafragmas. Os nós são as partes externas dos diafragmas e são de onde saem os ramos e as folhas.

Figura 8 – Seção do colmo de bambu.



Fonte: Janssen (1988 apud PEREIRA, 2012).

Segundo Liese (1985), os entrenós aumentam de comprimento da base até o meio do colmo e diminuem em direção ao topo. Os diâmetros máximos para uma mesma espécie podem variar e são influenciados em função das condições ambientais e da idade da touceira, e são atingidos normalmente entre o quarto e o quinto ano após o plantio.

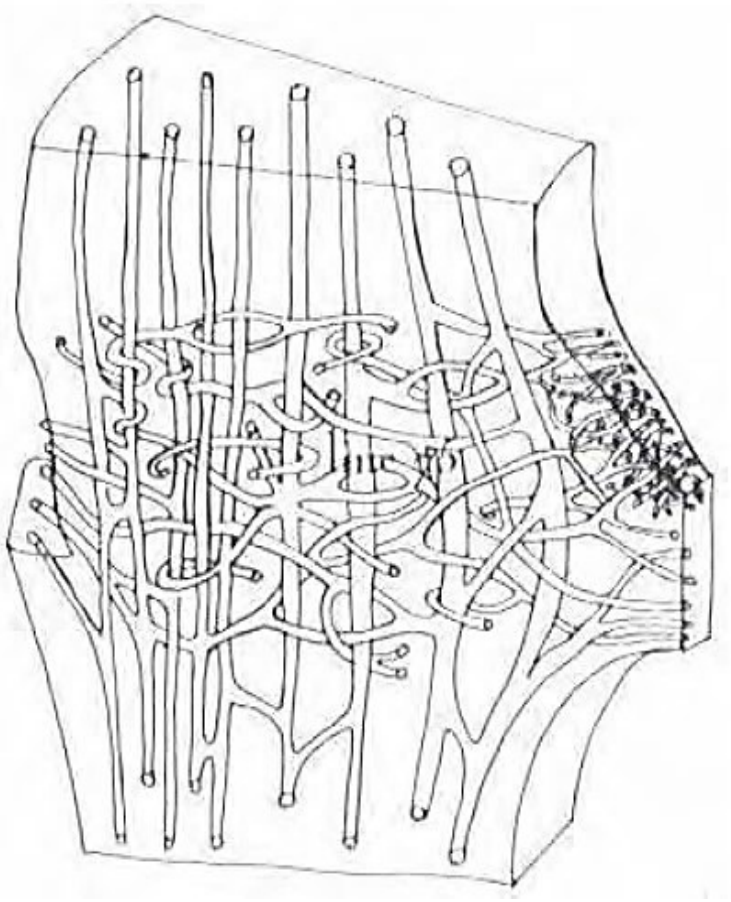
Liese (1998) afirma que a estrutura anatômica determina as propriedades do colmo. Na região dos entrenós, as células são orientadas axialmente dificultando o transporte de seiva e de nutrientes, mas durante o crescimento do colmo, os nós formam os diafragmas por meio de interconexões transversais dos feixes vasculares com as paredes dos entrenós, possibilitando a movimentação desses nutrientes. Os feixes vasculares são o xilema e o floema e se concentram na parte periférica do colmo estando em menor número na parte interna. As fibras presentes no colmo e que constituem o tecido esclerenquimático são as maiores responsáveis por sua resistência, e correspondem de 40 a 50% do tecido total e de 60 a 70% do seu peso. Ainda de acordo com o mesmo autor, os principais constituintes bioquímicos do colmo são a celulose e a lignina, mas também apresentam resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. Nos nós, a concentração de substâncias solúveis, cinza e lignina é

menor do que nos entrenós e a concentração de celulose é maior. Uma parte das células denominada parênquima, possui polímeros de amido como fonte de reserva, tornando o bambu um grande atrativo ao caruncho e aos fungos após o corte.

Tendo em vista que o amido atrai os fungos e o caruncho, torna-se essencial o tratamento desta planta para garantir seu desempenho e durabilidade.

A Figura 9 mostra um corte de uma região nodal do bambu, no qual se observa os vasos vasculares. Os feixes vasculares principais passam diretamente de um entrenó para outro e na região dos nós eles se conectam com os vasos do diafragma.

Figura 9 – Distribuição dos feixes vasculares na região dos nós.



Fonte: Liese (1998).

Existem vários estágios de lignificação no crescimento dos colmos, longitudinalmente em cada entrenó ela ocorre do topo em direção à base do colmo, transversalmente ela acontece de dentro para fora (PEREIRA, 2012).

O colmo possui, então, a função de armazenar a seiva bruta e elaborada, sendo a última também produzida por ele. Para Liese (1998) os colmos possuem a capacidade de realizar a fotossíntese.

Segundo Ghavami e Marinho (2001), o colmo do bambu possui características que lhe conferem leveza, dureza, flexibilidade, força e facilidade de utilização, sendo assim propício para diferentes áreas. Outra propriedade física funcional é a sua capacidade de absorver umidade, sendo chamado de material higroscópico. De acordo com os autores, a transmissão de calor do bambu em relação à madeira é menor nas mesmas condições de umidade.

3.2.2 Rizomas

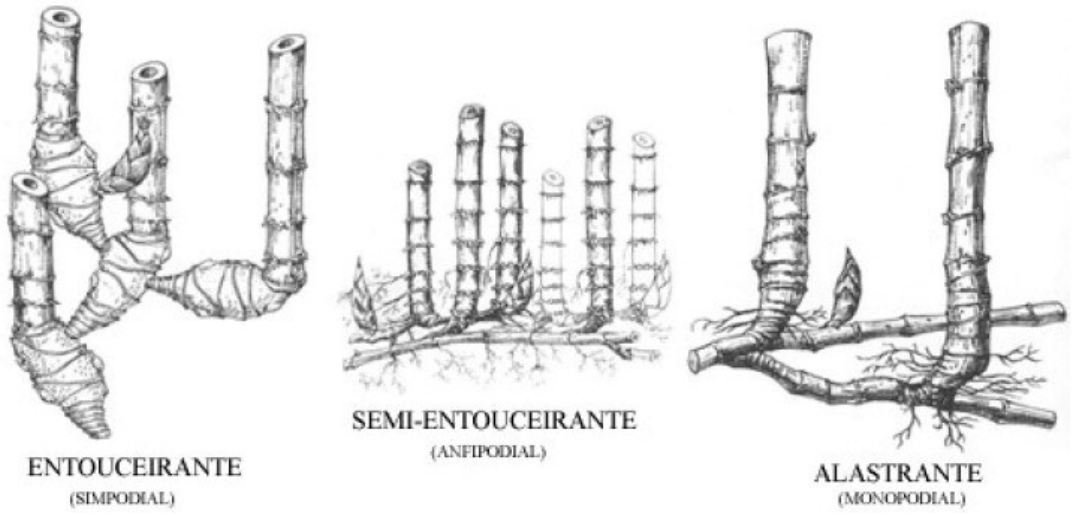
Trata-se de um caule modificado subterrâneo que se desenvolve paralelamente à superfície do solo, também possui nós e entrenós e suas folhas são reduzidas a escamas. Sua função é totalmente diferente da função da raiz, não podendo os dois serem confundidos (SILVA, 2005 apud TEIXEIRA, 2006).

Segundo Pereira (2012), este órgão exerce um papel fundamental no desenvolvimento do bambu, além de armazenar os nutrientes para distribuição, é o responsável pela propagação da planta. Os novos colmos originam-se de forma assexuada por ramificação dos rizomas, a partir de uma gema ativa. Ou seja, é o órgão responsável pela reprodução do bambu.

Hidalgo-López (1982) diz que eles podem ser de dois tipos: quando os colmos nascem isoladamente os rizomas são chamados de leptomorfo ou alastrante, quando nascem agrupados são chamados de paquimorfo ou entouceirante. De acordo com Teixeira (2006), alguns autores utilizam o nome de semi-entouceirante para um terceiro tipo, que dispõe das duas características, ou seja, possuem rizomas agrupados e também rizomas isolados.

A Figura 10 a seguir mostra os diferentes tipos de rizomas. O tipo entouceirante, também chamado de simpodial ou paquimorfo, o tipo semi-entouceirante, conhecido também por anfipodial e o alastrante, leptomorfo ou monopodial.

Figura 10 – Diferentes tipos de rizomas.



Fonte: NMBA (2004 apud TEIXEIRA, 2006).

Os bambus alastrantes são resistentes às baixas temperaturas e antes mesmo de atingirem sua altura máxima já apresentam folhas nas partes altas dos colmos. Seus rizomas são longos, delgados e ocos (LIESE, 1985). Os bambus entouceirantes estão largamente distribuídos nas regiões quentes e tropicais, não se desenvolvendo muito bem em regiões frias. Seus rizomas são curtos, grossos e sólidos (PEREIRA, 2012).

Os gêneros *Guadua* e *Dendrocalamus* possuem rizomas tipo entouceirante, já o gênero *Phyllostachys* pertence ao tipo alastrante. O tipo de rizoma está relacionado a tribo que os gêneros pertencem. *Guadua* e *Dendrocalamus* (Bambuseae – lenhosos de climas tropicais) e *Phyllostachys* (Arundinarieae – lenhosos de climas temperados).

3.2.3 Raízes

Por ser uma monocotiledônea, suas raízes são fasciculadas e, portanto, não existe uma raiz principal. E como em todas as plantas, sua função além de dar suporte, é absorver nutrientes da água e do solo.

3.3 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

O teor de umidade, a condição do clima e do solo, a idade e a época de colheita são fatores que afetam as propriedades mecânicas da planta, sendo o teor de fibras o maior responsável pela sua resistência (BERALDO et al., 1998 apud MICHELON, 2011; LIESE,

1998). Como as fibras estão dispostas paralelamente ao eixo dos colmos, a resistência à tração no sentido longitudinal é alta (TEIXEIRA, 2006).

Para Nogueira (2008), as propriedades do bambu muito se assemelham com as da madeira estrutural, podendo até ser superiores. De acordo com a autora, a idade ideal do colmo para o uso estrutural é um tema que gera muitas controvérsias, porém se diz de forma geral que o colmo atinge sua resistência máxima entre três e cinco anos após o plantio.

Teixeira (2006) diz que após dois anos e meio da saída do solo, o bambu já possui resistência mecânica estrutural sem comparação a outro vegetal, pois além de ter boa resistência mecânica, ele possui uma baixa massa específica, forma tubular estruturalmente estável, custo de produção baixo, boa trabalhabilidade e facilidade no transporte. Todos esses fatores quando juntos implicam na redução do custo da construção.

Um mesmo colmo pode apresentar variações na sua resistência mecânica, geralmente as regiões dos nós possuem menor resistência quando comparados com as regiões dos entrenós. Hidalgo-López (1974) comprovou, por meio de amostras de plantas dos gêneros *Phyllostachys* e *Arundinaria*, que o valor da resistência à tração na região dos nós é menor que na região dos entrenós. O mesmo autor ainda afirma que algumas espécies possuem os mesmos valores de resistência nas duas regiões.

Ghavami e Marinho (2001) observaram que nos nós a resistência à compressão é menor. Os autores dizem que nos ensaios de compressão normal às fibras, a resistência está entre 20 e 120 MPa e é 30% menor que a resistência à tração. Os autores também realizaram estudos em relação à resistência ao cisalhamento longitudinal às fibras, chegando aos valores entre 8 e 32 MPa, mostrando que o bambu pode substituir a madeira em elementos estruturais condicionados à capacidade de resistir aos esforços cisalhantes.

O teor de umidade pode causar alterações na estrutura do bambu, como as rachaduras, diminuindo a resistência mecânica. Nogueira (2008) comenta que a planta possui características higroscópicas similares à madeira. Quando colocado em lugar muito úmido, o bambu absorve a umidade do ar, e perde umidade quando colocado saturado em um ambiente seco. Essas variações causam defeitos e alteram as resistências mecânicas.

Liese (1998) diz que os bambus possuem maior resistência em sua condição seca em comparação à condição verde, sendo essa diferença melhor percebida em bambus jovens.

De acordo com Gonçalves (1994 apud TEIXEIRA, 2006), o bambu pode ser utilizado em substituição à madeira e ao concreto. Alguns estudos em relação à resistência à compressão foram feitos e comprovaram que em alguns casos o bambu pode ter maior

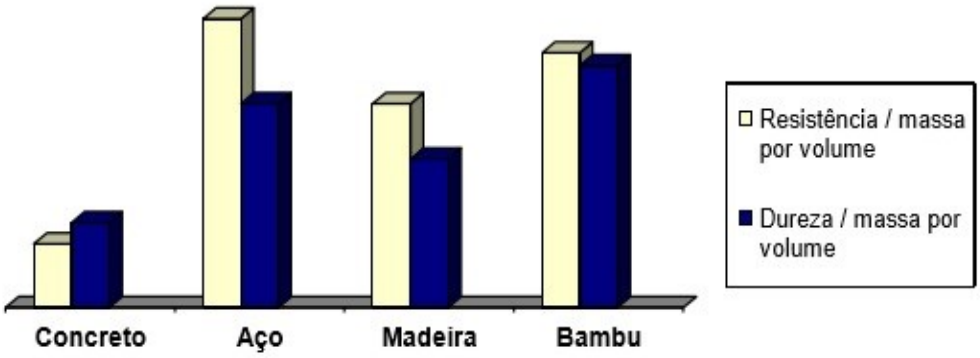
resistência que o concreto ou a madeira. Porém, é necessário ter cuidado com a esbelteza do elemento estrutural, para que ele não falhe por flambagem.

Janssen (2000 apud PEREIRA, 2012) comentou que para uma mesma espécie de bambu existe uma alta variação nos resultados das suas resistências. Para o autor, esta é uma vantagem quando são consideradas cargas dinâmicas, como em abalos sísmicos. Uma maneira mais fácil de visualizar essa informação é pensando na Curva de Distribuição Normal de Gauss. No caso do aço, o desvio padrão da curva é muito pequeno e, portanto, qualquer erro no projeto ou na execução pode levar a um rápido colapso. O contrário acontece no caso do bambu, onde o desvio padrão é maior em razão desta variedade de resultados.

Hidalgo-López (2003) fez alguns comentários relativos às partes do colmo e suas características mecânica. Ele comenta que no colmo as propriedades variam da base ao topo, sendo na maioria dos casos a parte superior, parte com vasos condutores menores, porém em maior número e recobertos por uma camada crescente de fibras, a mais resistente à compressão e à flexão; na parte central está a maior resistência a tração, pois possui os maiores entrenós; já a parte inferior do colmo possui geralmente as menores resistências. Nos entrenós a maior resistência fica na parte central, pois nesta área as fibras são mais longas que nas áreas mais próximas aos nós. Na parede do colmo, as resistências à tração aumentam da parte interna para a externa, assim como sua massa específica. Para o autor, não existe diferença muito grande entre os valores de tração dos vasos vasculares na região externa, central e interna da parede do colmo, o que existe é uma diferença na densidade dos vasos, sendo maior na parte externa, por esse motivo existe a variação entre as resistências mecânicas nessa região do colmo.

Janssen (2000 apud PEREIRA, 2012) diz que a massa específica é a propriedade física que mais influencia na propriedade mecânica. O Gráfico 1 mostra um estudo comparativo entre resistência e dureza de alguns materiais e sua massa específica. O gráfico mostra que entre os quatro materiais, o bambu é apenas inferior ao aço em relação a sua resistência por massa específica.

Gráfico 1 – Resistência e dureza de alguns materiais.



Fonte: Janssen (2000 apud PEREIRA, 2012).

Tendo em vista que a resistência do bambu é maior em seu estado seco, Pereira (2012) comenta que a secagem é um processo indispensável, pois reduz a massa do colmo e melhora as propriedades mecânicas.

A massa específica aparente do bambu depende do tamanho, quantidade e distribuição de fibras ao redor dos feixes vasculares, podendo variar de 500 a 800 kg/m³. A camada externa da parede do colmo possui feixes vasculares menores e em maior quantidade, logo, esta região apresenta maior massa específica aparente que a região interna da parede, sendo esta a região mais resistente (LIESE, 1998).

Nem sempre a região com maior massa específica é a mais resistente, Hidalgo-López (2003) afirma que apesar da região nodal possuir um acúmulo de vasos e fibras, esta não é a parte mais resistente quanto à compressão, flexão e cisalhamento.

Beraldo et.al (2004 apud PEREIRA,2012) fizeram ensaios de compressão paralela às fibras e obtiveram resultados de resistência na faixa de 20 a 120 MPa e módulo de elasticidade entre 2,6 e 20 GPa.

Ghavami e Marinho (2005), através de ensaios, chegaram a um valor médio de resistência a compressão de 29,48 MPa e módulo de elasticidade de 12,58 GPa para a espécie *Guadua angustifolia,* e quando compararam ao valor da resistência da espécie *Dendrocalamus giganteus,* perceberam que a esta última é 41,6% mais resistente à compressão. Concluíram também que a resistência à compressão foi pouco influenciada pela presença de nós.

Para a espécie *Phyllostachys pubescens*, também conhecida como *Phyllostachys edulis*, Berndsen et al. (2013) chegaram ao valor médio de resistência à compressão de 40,1 MPa. Os autores perceberam que as resistências variavam em relação à posição do colmo, mas a idade, a partir dos três anos, pouco interferia nos resultados.

De acordo com Beraldo et.al (2004 apud PEREIRA,2012), a resistência à tração do bambu é alta e pode atingir até 370 MPa. Este valor alto de resistência torna atrativa a substituição do aço pelo bambu. Os autores dizem que em geral a resistência à tração do bambu está entre 40 e 215 MPa e seu módulo de elasticidade entre 5,5 e 18,00 GPa.

Nos ensaios de Ghavami e Marinho (2005), o valor médio obtido de resistência à tração foi de 86,96 MPa. Na região central o maior valor encontrado foi de 95,8 MPa sem nó e 82,62 MPa no corpo-de-prova com nó. No topo, o valor de resistência no corpo-de-prova sem nó chegou a 115, 84 MPa, porém no corpo-de-prova com nó a resistência foi a menor de todas, com 64,26 MPa. O módulo de elasticidade médio foi de 15,11 GPa. Os autores perceberam que nas regiões com os nós, a resistência diminui em razão da descontinuidade das fibras e em função disto, os corpos-de-prova se romperam nesta região ou bem próxima a ela. Quando compararam aos valores de resistência à tração da espécie *Dendrocalamus giganteus*, concluíram que o *Guadua angustifolia* é 36,7% menos resistente à tração.

Falando sobre o cisalhamento, Pereira (2012) afirma que quanto maior o teor de umidade, menor será sua resistência. A resistência ao cisalhamento transversal às fibras é em torno de 32,0 MPa, variando entre 20,0 e 65,0 MPa. Já a resistência ao cisalhamento longitudinal varia entre 4,0 e 10,0 MPa.

Ghavami e Marinho (2005) em ensaios de resistência ao cisalhamento perceberam que a espécie *Guadua angustifolia,* quando comparada ao *Dendrocalamus giganteus,* possui um valor 60% mais baixo. Após os ensaios de cisalhamento, tração e compressão, os autores concluíram que os bambus possuem diminuição gradual no sentido da base para o topo, no diâmetro do colmo, na espessura da parede e no comprimento internodal, além disso, os módulos de resistência, que são em função do diâmetro e da espessura da parede, variam ao longo do colmo.

Quanto à flexão, Beraldo et.al (2004 apud PEREIRA,2012) comentaram que o comportamento à flexão estática é importante na análise estrutural. Em geral o valor da resistência encontra-se entre 30 e 170 MPa.

Em virtude de suas excelentes propriedades mecânicas, o bambu pode ser usado em substituição ou em combinação com outros materiais, como o concreto, aço e madeira.

Apesar dessas propriedades, ele ainda é pouco usado na construção civil, muito em virtude da falta de normatização e da sua geometria não totalmente uniforme.

3.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

O processo de produção abrange desde a escolha da melhor espécie para o fim a que se destina até os processos de tratamento da planta para sua conservação.

O bambu melhor se desenvolve em regiões de altas temperatura e taxa de umidade, sendo então sugerido por agrônomos e técnicos o plantio de bambuzais em épocas chuvosas (TEIXEIRA, 2006).

Pereira (2001) diz que a colheita do bambu deve ser feita anualmente, na qual, além dos colmos que serão aproveitados, devem ser retirados os colmos velhos e com defeitos, garantindo o fortalecimento do bambuzal.

De acordo com Pereira (2012), a vitalidade e o desenvolvimento das touceiras dependem da forma de manejo adotada. Apenas os colmos tortos, defeituosos e maduros, com mais de 3 anos, devem ser colhidos. Para isso é necessária a marcação anual de cada colmo em uma moita para saber quando podem ser retirados. É ideal um acompanhamento a cada ano em relação ao desenvolvimento da moita, observando-se a quantidade de novos colmos, seus diâmetros e suas alturas estimadas.

Barros e Souza (2004) comentam que outra forma de saber se o colmo está pronto para a colheita é analisando suas características físicas. Um colmo com idade entre 1 e 2 anos possui folhas, ramos, brácteas e coloração esverdeado; quando maduros, a cor torna-se amarelada e não existe mais a presença das folhas e brácteas; colmos como idades superiores a 6 anos possuem manchas amarelas. Comentam ainda que apesar de ser uma determinação imprecisa, já que isso não acontece em todas as espécies, este modo de observação tem sido satisfatório desde que o observador possua experiência necessária. Os mesmos autores dizem que o corte deve ser realizado nos meses mais frios, pois nesse período os colmos possuem menos seiva e água, sendo assim o ataque por carunchos é menos provável, além de estarem mais leves, facilitando o transporte. O corte deve ser efetuado acima do primeiro nó, como mostra a Figura 11, e também é necessária a limpeza, retirando as folhas do terreno ao redor da touceira, para que os brotos continuem crescendo rapidamente.

Figura 11 – Corte do colmo logo acima do primeiro nó.

Fonte: Righi (2017).

O bambu deve ser, preferencialmente, abrigado em locais cobertos e erguido a 15 cm do solo para evitar a umidade. Além disso, as varas devem ser dispostas em camadas espaçadas para permitir a passagem de ar entre elas, representado na Figura 12 (TEIXEIRA, 2006).

Figura 12 – Armazenamento correto dos colmos de bambu.

Fonte: IL31 Bamboo (1992 apud TEIXEIRA, 2006).

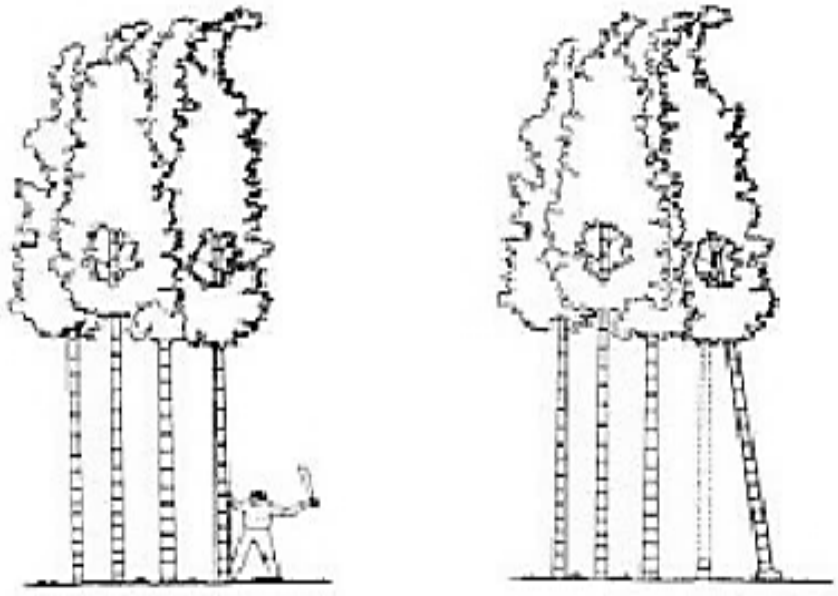
3.5 PROCESSOS DE TRATAMENTOS

Como já visto, as células parenquimáticas do bambu possuem como fonte de reserva polímeros de amido que se tornam atrativos à insetos xilófagos após o corte. Por isso é de fundamental importância que seja feito um processo de tratamento nas varas, a fim de garantir a durabilidade das peças.

De acordo com Teixeira (2006), os tratamentos dos colmos de bambu podem ser feitos de maneira natural e por tratamentos químicos. O tratamento natural por cura na mata consiste basicamente em cortar o colmo e deixá-lo verticalmente apoiado, de 4 a 8 semanas, escorrendo sua seiva; na cura por imersão, o colmo é colocado sob a água e desta forma a seiva é dissolvida; na cura por banho quente e frio, o bambu é imerso em um tanque e aquecido até 90° em meia hora e, em seguida, é resfriado; na cura por aquecimento, como o nome já diz, o colmo é aquecido em fogo, de maneira que não queime, a fim de matar os insetos em seu interior; secagem ao ar, este é o processo mais econômico e nada mais é que deixar o colmo secando em local aberto por aproximadamente 60 dias; a secagem em estufa é o processo mais rápido, permite o controle da umidade, temperatura e velocidade do ar, porém é muito caro e na secagem por fumigação, usa-se as toxinas da fumaça para matar os fungos e insetos.

As figuras a seguir demonstram alguns dos tratamentos naturais citados no parágrafo anterior.

Figura 13 – Tratamento do colmo do bambu por cura na mata.



Fonte: Hidalgo-López (1981).

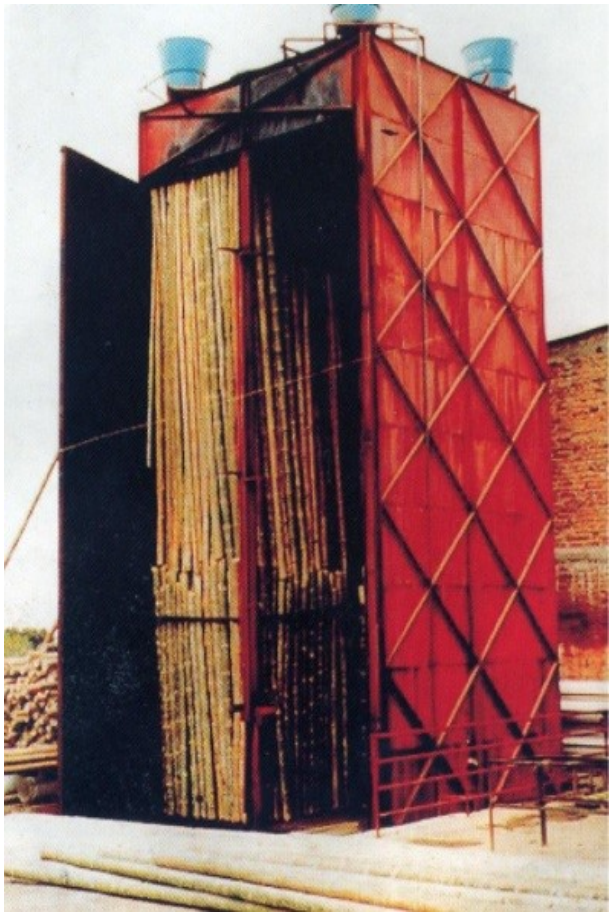
Figura 14 – Tratamento do colmo do bambu por imersão na água.

Fonte: Righi (2017).

Figura 15 – Tratamento do colmo do bambu por banho quente e frio.

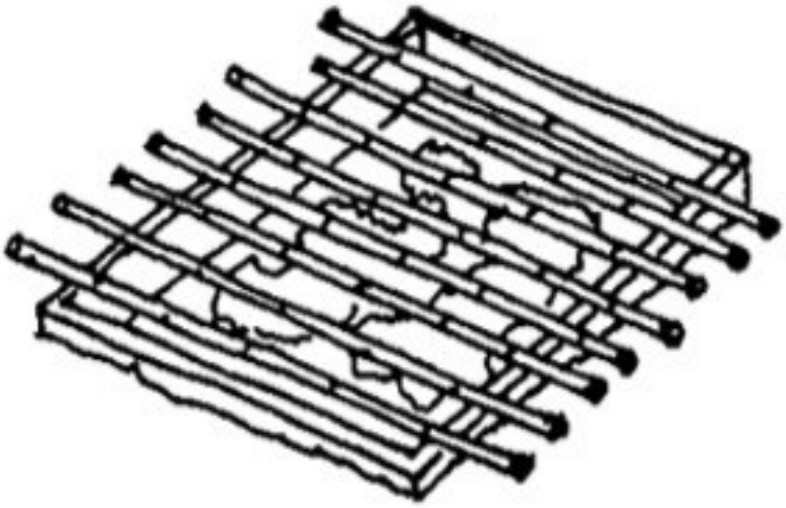
Fonte: IL31 Bamboo (1992 apud TEIXEIRA, 2006).

Figura 16 – Secagem do colmo do bambu por fumigação.



Fonte: Righi (2017).

Figura 17 – Secagem do colmo do bambu por aquecimento.



Fonte: Lengen (2004 apud MAIA, 2012).

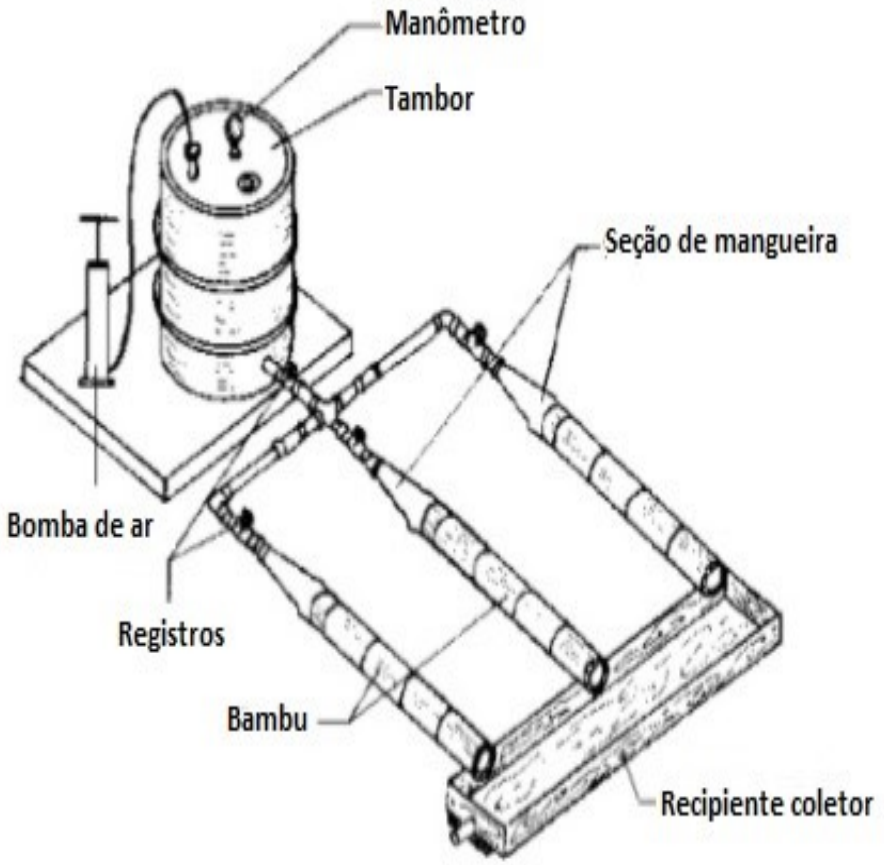
Além dos métodos tradicionais, existem também os métodos de substituição da seiva por tratamento químico, sendo estes os mais eficazes, porém os que exigem maiores

cuidados com o manuseio, aplicação e descarte dos materiais, já que as substâncias utilizadas podem agredir o meio ambiente. De acordo com Moré (2003), é importante salientar que quando utilizado de forma errada, as substâncias químicas podem contaminar o solo e o lençol freático, além de poder ocasionar a intoxicação e a morte do operador.

Pereira (2001) descreve alguns tratamentos químicos. O autor comenta que o método Boucherie com modificações consiste na utilização de uma bomba de ar comprimido e mangueiras adaptadas nos extremos do bambu. A bomba de ar serve para fornecer pressão, retirando a seiva. O produto químico é colocado logo em seguida, ocupando o espaço que anteriormente era ocupado pela seiva. No método por transpiração radial, os colmos verdes são armazenados em recipientes e dentro deste local o produto químico, que serve para a preservação, é borrifado. O tratamento por imersão acontece em um tanque onde o bambu é imerso na substância durante 12 horas.

As Figuras 18 e 19 a seguir ilustram os tratamentos por Boucherie Modificado e por imersão química, expostos no parágrafo anterior.

Figura 18 – Equipamento para o método do Boucherie Modificado.



Fonte: Hidalgo-López (1981, tradução nossa).

Figura 19 – Tratamento dos colmos pelo método de imersão química.

Fonte: IL31 Bamboo (1992 apud TEIXEIRA, 2006).

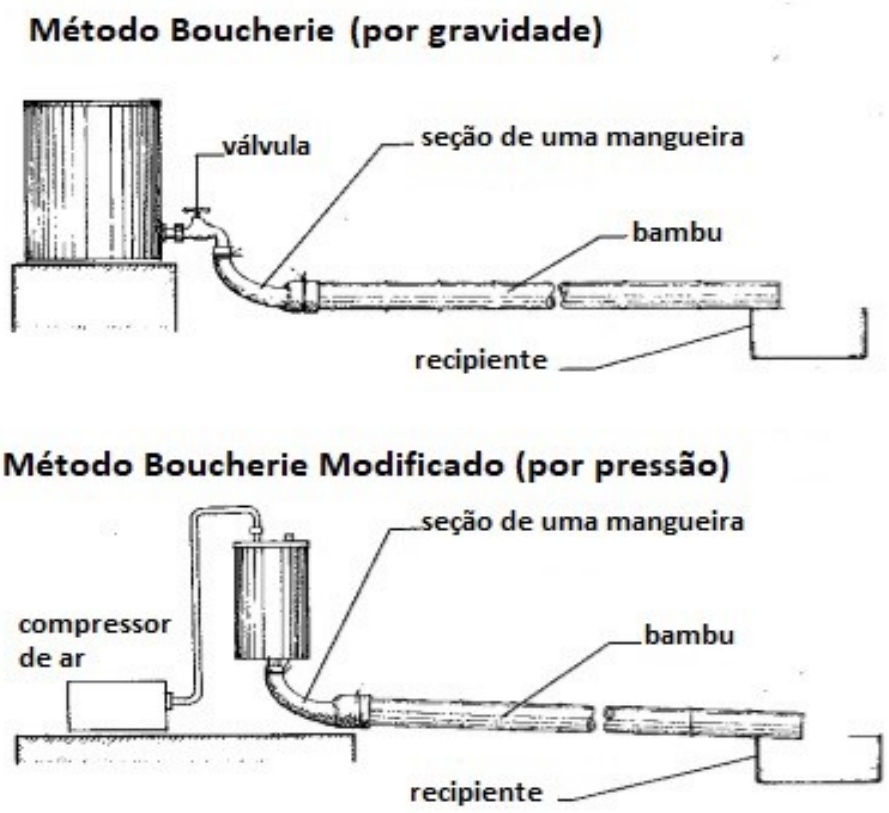
Entre os produtos químicos mais utilizados, pode-se citar: ácido bórico e bórax, óleos, substâncias hidrossolúveis, água de cal, entre outros. A preservação de bambu com bórax e ácido bórico é o método de preservação mais popular porque é eficaz e, apesar de não se saber ao certo, alguns estudos indicam que ele não é tóxico. A mistura entre os dois compostos resulta em sais de boro que são dissolvidos na água e quando ela evapora, os sais permanecem dentro do bambu. Esta técnica é mais indicada para o uso interno, pois quando exposto à chuva e ao vento, o conservante é lixiviado e com o tempo vai saindo do bambu. Nos tratamentos com óleos e oleossolúveis, estes são aplicados na base do bambu e, portanto, são recomendados para os casos em que o bambu permaneça enterrado após o tratamento. Entre os produtos utilizados cita-se: creosoto, alcatrão e pentaclorofenol. Em relação às substâncias hidrossolúveis, deve-se ter cuidado, já que algumas vem sendo proibidas em diversos países, tendo-se como exemplo o CCA (cromo, cobre e arsênio), que apesar de conferir proteção de 50 anos ou mais e de ser adequado para utilização ao ar livre, o arsênio presente no conservante é altamente tóxico e de ação cancerígena. Outra alternativa para o uso ao ar livre é o CCB (cromo, cobre e bromo), mesmo não sendo tão eficaz, nem tendo um grau de fixação tão alto quanto o CCA. O tratamento com água de cal é feito com a imersão do bambu na água de cal por uma semana e é recomendado para colmos recém cortados para que o tempo não afete o material (NACCACHE,2014).

No Brasil, o tratamento mais utilizado no bambu é por imersão das varas utilizando ácido bórico e bórax. O bambu absorve parte dos sais dissolvidos na água, o amido presente é diluído e grande parte deste fica retida na água do tanque; além disso, os sais que

foram absorvidos se aderem à parede lenhosa e dificultam a proliferação dos organismos. O método Boucherie, apesar de muito eficaz, é pouco utilizado no país. Este consiste em aplicar no bambu, por meio de pressão hidrostática, sulfato de cobre para ocupar o lugar da seiva. São retirados os ramos e as folhas das extremidades do bambu para que seja possível acoplar uma luva de borracha e enche-la de produto químico, em seguida, a outra extremidade do bambu é cortada e o colmo é colocado na posição vertical. A luva de borracha deve ficar para cima, assim ela penetra no interior do colmo por pressão hidrostática. No método Boucherie modificado não existe necessidade de a vara estar na posição vertical. O uso de uma substância chamada cipermetrina também é muito utilizado, porém não possui muita duração, é um inseticida biodegradável que possui baixa toxidade para animais de sangue quente. O uso de selantes e verniz também é interessante para a conservação do bambu, porém devido à dificuldade de aderência de produtos selantes com a parede externa do bambu, algumas pesquisas estão sendo feitas para saber de quanto em quanto tempo é necessário aplicar uma nova demão do produto (MARÇAL, 2008).

A Figura 20 a seguir representa os sistemas dos métodos: Boucherie e Boucherie Modificado.

Figura 20 – Tratamento pelos métodos Boucherie e Boucherie Modificado.



Fonte: Hidalgo-López (1981, tradução nossa).

Neste capítulo foi possível compreender que, quando utilizadas espécies apropriadas com características físicas e mecânicas que lhe conferem resistência e durabilidade em conjunto com tratamentos adequados para garantir tais características, o bambu torna-se um material allternativo viável para a construção civil. O próximo capítulo trará um breve contexto histórico da utilização da planta e também serão elencados alguns de seus usos na engenharia civil.

4 HISTÓRICO DO BAMBU E SUAS UTILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Como já exposto anteriormente, o bambu é pouco exigente em relação ao solo e ao clima, por este motivo está presente naturalmente em quase todos os continentes, com exceção da Europa e Antártida. Este fato, aliado às características de resistência, leveza e fácil manuseio contribui com que a planta seja utilizada em diversas aplicações. Este capítulo traz um breve histórico acerca das utilizações do bambu pelo mundo, assim como as possibilidades de seu uso para a construção civil.

4.1 HISTÓRICO

Tem-se registro do uso do bambu como matéria prima para as várias atividades humanas desde a pré-história. De acordo com Hidalgo-López (1974), o bambu teve sua origem no final do período Cretáceo e início do período Terciário, aproximadamente 65 milhões de anos atrás. Sendo assim, uma planta usada desde os antepassados para diversas finalidades.

Na Índia, o bambu é conhecido como “madeira dos pobres”; no Vietnã, como “o irmão” e na China, “o amigo das pessoas” (FARELLY, 1984 apud TEIXEIRA, 2006).

Os chineses possuem uma relação histórica com a planta identificada entre os anos 1600 e 1100 a.C. A prova disso são os registros escritos, onde um dos primeiros ideogramas chineses foi o chamado CHU, o qual já tinha o formato de dois talos de bambu com folhas e ramos (HIDALGO-LOPEZ, 1974).

Na Ásia, a planta já é utilizada há diversos anos na arquitetura. Desde os tempos remotos da história oriental, chineses e japoneses já dominavam a arte de construir em bambu, já que era facilmente encontrado na região. Faziam templos para dedicar à Buda e até mesmo conjuntos habitacionais. As janelas eram constituídas de papel espesso e as paredes de bambu podiam ser móveis, porém ao longo dos anos, a maioria destas construções não resistiram aos incêndios e aos desgastes naturais (FOLHA LITORAL, 2017).

O bambu foi utilizado até mesmo por Thomas Edson, quando este resolveu produzir uma lâmpada em que o filamento fosse de um material mais fino, que resistisse ao calor por mais tempo e exigisse uma pequena quantidade de corrente elétrica para se aquecer. Em 1879, após testar um grande número de metais, decidiu utilizar filamentos de fibras naturais carbonizadas e então, criou uma lâmpada com filamento de algodão cozido que funcionou por 15 horas seguidas. Não satisfeito utilizou o bambu importado do Japão e

produziu uma nova lâmpada que permaneceu acesa por 900 horas. Ao descobrir que os filamentos feitos com o carvão resultante de fibras de celulose duravam mais tempo, passou a trabalhar na implantação do primeiro sistema de distribuição de energia elétrica da cidade de Nova York e fundou a Edison Electric Light Company (CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 2017).

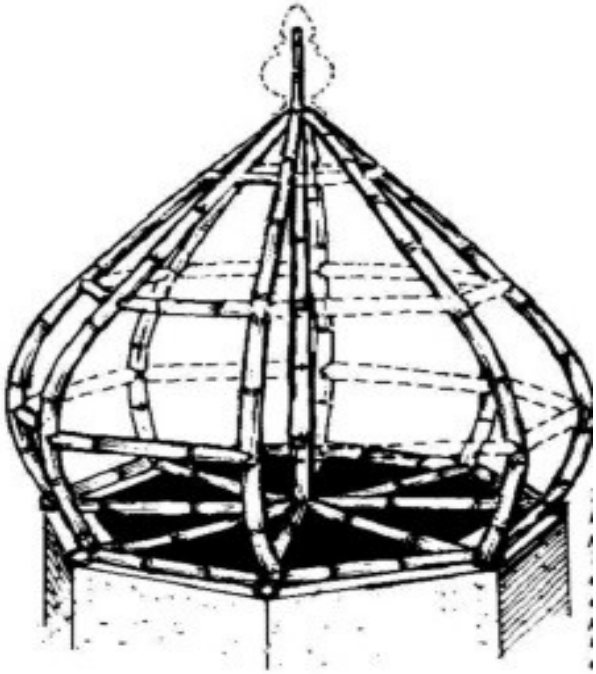
Em outubro de 1906, Alberto Santos Dumont realizou o sonho de poder voar em um equipamento mais pesado que o ar, por meio de um avião construído de seda, bambu, madeira e peças de metal, chamado 14 - Bis. No mês seguinte em uma nova decolagem, o avião sobrevoou a distância de 220 metros em 21 segundos, passando a ser o primeiro recorde reconhecido registrado pela Federação Aeronáutica Internacional (MATSUURA, 2016). A Figura 21 a seguir é uma foto onde aparece o avião, feito de bambu, de Santos Dumont. Esta foto esteve na exposição "O poeta voador, Santos Dumont" que aconteceu entre os dias 26 de abril de 2016 à 19 de fevereiro de 2017 no Museu do Amanhã.

Figura 21 – Pessoas passando em frente ao avião 14-Bis.

Fonte: Matsuura (2016).

Destaque na aplicação do bambu, o Taj Mahal, localizado na Índia, mundialmente conhecido e considerado um dos monumentos mais bonitos construído até hoje, erguido no século XVII teve inicialmente sua cúpula feita em bambu, como mostra a Figura 22, devido principalmente à sua flexibilidade e resistência, porém esta estrutura foi recentemente trocada pelo aço.

Figura 22 – Cúpula do Taj Mahal construída em bambu.



Fonte: Farrely (1984 apud MORÉ, 2003).

Por conta de obras assim, Teixeira (2006) afirma que até hoje, muitos países, principalmente China e Índia, utilizam o bambu como andaime para erguer seus prédios, como mostra a Figura 23 a seguir. Sabe-se que a população asiática consome o bambu também na alimentação, ele é muito apreciado por ser um alimento rico em proteína, cálcio, ferro e vitaminas. Até mesmo cervejas podem ser feitas com a planta.

Figura 23 – Andaimes utilizados em construções na China.

Fonte: Maia (2009).

Na área da engenharia civil, além da função estrutural, a planta pode ser usada como elemento construtivo, por exemplo: paredes, pisos, forros, telhas, entre outros.

Destaca a autora citada anteriormente que na Ásia ainda são encontrados exemplos antigos da arquitetura, como templos e pontes. Para a construção das pontes pênseis asiáticas, são retiradas apenas as camadas externas dos colmos para servirem de cabos de sustentação, não existindo os tecidos provenientes das camadas internas que apresentam substâncias atraentes aos insetos, conferindo longevidade à estrutura. Estas pontes se tornaram exemplo entre a combinação de leveza e resistência (TEIXEIRA, 2006).

A seguir, a Figura 24 ilustra as pontes citadas no parágrafo anterior.

Figura 24 – Ponte suspensa feita de bambu.

Fonte: IL31 Bamboo (1992 apud TEIXEIRA, 2006).

4.1.1 O bambu na América Latina

A planta também é muito utilizada em alguns países da América Latina, como Colômbia, Costa Rica, Equador e Peru, onde é empregada para diversas finalidades, inclusive na construção civil. Podendo substituir os elementos tradicionais de forma total ou parcial, sendo muito comum a utilização de diferentes materiais, como a madeira, o tijolo, o concreto dentre outros, em união com o bambu, como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Casa de bambu e tijolo aparente. União entre diferentes materiais.

Fonte: Sociedad Colombiana del Bambu (2001 apud TEIXEIRA, 2006).

Esses países já utilizam o bambu há milhares de anos e vem ganhando cada vez mais importância para o desenvolvimento econômico dos mesmos.

De acordo com Teixeira (2006), na Colômbia é o material de origem vegetal mais empregado nas construções, ultrapassando até a madeira. Nesse país, existem entidades como a "Sociedad Colombiana del Bambu" que unem diversas pessoas de diferentes qualificações, como cientistas, engenheiros, arquitetos, industriais, artesãos e agricultores em conjunto com empresas autônomas, universidades e o governo federal do país, em seus projetos. Ainda conforme a autora, a Colômbia detém a melhor tecnologia construtiva com a utilização do bambu no mundo e possui importantes obras arquitetônicas com este material, sendo o país de origem de grandes nomes da arquitetura, como Oscar Hidalgo-López, Simón Vélez, Marcelo Villegas, Hector Fabio Silva e outros. Hidalgo-López (2003) afirma que os países latinos americanos possuem as mais avançadas tecnologias de processo construtivo com a planta. Entretanto, Peixoto (2008) comenta que a China possui uma importante contribuição no que se refere ao desenvolvimento do uso do material de forma industrializada, como o bambu laminado para a fabricação de pisos, placas, painéis, entre outros.

O arquiteto colombiano Simón Vélez viu no bambu uma inspiração. A espécie mais utilizada por ele é a *Guadua angustifólia* que cresce em abundância na região andina da Colômbia e já é usada desde os tempos pré-colombianos nas casas. Por muitos anos ainda existiam dúvidas em relação à junção das peças e também da resistência da planta. Ao introduzir cimento no entrenó do caule, Simón Vélez alcançou uma união mais forte que a

madeira. Em 1999 um terremoto atingiu o eixo cafeeiro e as casas estruturadas com bambu resistiram enquanto as construídas de alvenaria foram ao chão (ARQUITETURA SUSTENTÁVEL, 2016).

A seguir, estão imagens de algumas das obras deste arquiteto. A Figura 26 é uma foto da igreja temporária feita em Pereira na Colômbia para funcionar enquanto a catedral da cidade estava sendo reformada. O mesmo projeto foi também executado na própria fazenda do arquiteto, em meio a uma lagoa, como ilustra a Figura 27, localizada em Cartagena na Colômbia, para servir como um templo sem religião.

Figura 26 – Igreja provisória em Pereira, na Colômbia, vista por dentro.

Fonte: Arquitetura Sustentável (2016).

Figura 27 – Templo em Cartagena, Colômbia, projetada por Simón Vélez.

Fonte: Arquitetura Sustentável (2016).

A Figura 28 mostra um edifício que é sede da Corporação Autônoma Regional de Risaralda, também situada em Pereira, uma estrutura significativa com 6524m² construídos de *Guadua*.

Figura 28 – Edifício sede da Corporação Autônoma Regional de Risaralda. Obra do arquiteto Simón Vélez.

Fonte: Teixeira (2006).

Mas não é só na América que Simón Vélez é conhecido por sua versatilidade, construindo não somente igrejas, mas também pontes. A Figura 29 representa uma das muitas pontes já projetadas por ele que está localizada num resort em Ghangzhou na China.

Figura 29 – Ponte em Guangzhou, na China, projetada por Simón Vélez.

Fonte: Arquitetura Sustentável (2016).

4.1.2 O bambu no Brasil

Para Teixeira (2006), no Brasil, o bambu é encarado com preconceito, sendo frequente a eliminação de bambuzais para em seu lugar produzir grãos e criar bovinos. O acesso de informação a respeito desta planta como material de construção é difícil no país, existem poucos dados técnicos e científicos e quando existem, são estrangeiros ou até mesmo desatualizados. Destaca ainda a autora que além disso, não existem muitas pessoas preparadas e treinadas para a sua utilização.

Apesar do bambu possuir várias vantagens construtivas, este material ainda não é muito difundido no Brasil, principalmente pelo desconhecimento de suas aplicações na área da construção. Entretanto, a planta vem ganhando notoriedade e aos poucos, está começando a ser reconhecida.

Assim é que respeitáveis eventos científicos, como o Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas em Madeira - EBRAMEM e o Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, dedicam parte de sua programação para trabalhos que tenham o bambu como tema. Da mesma forma, cada vez mais seminários estão sendo criados, na medida que organismos financiadores também têm aprovado projetos. Como exemplo, tem-se o III Seminário da Rede Brasileira de Bambu, realizado em 2015, que contou com a participação do renomado arquiteto colombiano Simón Vélez. Estes seminários possuem muita importância, pois neles são apresentados os resultados de pesquisas recentes acerca do bambu e ajudam a difundir o seu uso para a área da construção civil (APUAMA, 2017).

Em 2011, o Governo Federal sancionou uma lei de incentivo ao plantio do bambu, a Lei Federal Nº 12484 que institui a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu – PNMCB.

Conforme o Art. 1º da citada Lei, de 8 de setembro de 2011, ela tem por objetivo desenvolver a cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados. De acordo com o Art. 3º são diretrizes da Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu, a valorização da planta como produto capaz de suprir necessidades ecológicas, econômicas, sociais e culturais; o desenvolvimento tecnológico do manejo, cultivo e aplicações; e o desenvolvimento de polos de manejos sustentados, cultivo e de beneficiamento do bambu (BRASIL, 2011).

Nota-se então que apesar de ainda existir o preconceito, a partir da publicação da lei de incentivo de 2011 e juntamente com tais pesquisas e investimentos, a gramínea vem ganhando espaço no mercado brasileiro como elemento construtivo.

As universidades possuem um importante papel, pois além de desenvolver tecnologicamente o produto, ajudam a promover a disseminação do uso de bambu na construção. A Universidade Federal de Santa Catarina conta com professores experientes no assunto, como exemplo o professor Fernando Barth, do departamento de Arquitetura e Urbanismo, que recentemente ganhou o primeiro lugar no Concurso Internacional Camboo Design Challenge, com o projeto Hyperbamboo, um pavilhão feito com uma estrutura hiperbólica de bambu (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2017). O estado também conta com a Associação Catarinense do Bambu, a BAMBUSC, criada em 2 de maio de 2005, a qual tem por finalidade:

> [...] desenvolver, dentro dos princípios da sustentabilidade, a cadeia produtiva do bambu e seus derivados no Estado de Santa Catarina, através de:
> I - desenvolvimento de pesquisas tecnológicas, cursos de treinamento, seminários, congressos e exposições;
> II - apoio às atividades voltadas à emissão de normas de padronização tecnológica referentes aos múltiplos usos do bambu e seus derivados;
> III - promoção de eventos de intercâmbio de conhecimentos técnicos e culturais entre os seus associados e também com pessoas e entidades externas;
> IV - prestação de serviços especializados de consultoria;
> V - publicação de livros, revistas, filmes, vídeos e quaisquer outros meios de divulgação;
> VI - promoção de campanhas de conscientização e de divulgação (ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DO BAMBU, 2017).

A crescente valorização da planta vem contribuindo para que sejam voltadas pesquisas que visam a sua aplicabilidade de diversas formas, possibilitando novas tecnologias e ampliando as possibilidades do bambu como material sustentável. A seguir são mostradas algumas obras onde o bambu está presente como material de construção.

A Figura 30 é uma casa estruturada em bambu do gênero *Guadua,* localizada em Jundiaí, no estado de São Paulo projetada pelo arquiteto André Chaluppe, morador da cidade de Garopaba em Santa Catarina. A casa já possui 7 anos e não sofreu nenhum tipo de ataque por fungos ou insetos, desmistificando a ideia de que a planta não possui durabilidade e, portanto, não serve como material estrutural.

Figura 30 – Casa estruturada em bambu *Guadua* tratado localizada na cidade de Jundiaí em São Paulo e projetada pelo arquiteto André Chaluppe.

Fonte: Acervo pessoal do Arq. André Chaluppe (2017).

A Figura 31 mostra um domo geodésico, também conhecido como cúpula geodésica. Este é um tipo de estrutura arquitetônica utilizada por diversas civilizações desde a antiguidade, possui grande estabilidade e resistência mecânica, além de leveza e praticidade. A estrutura basicamente se auto sustenta devido às suas diversas formas geométricas que se apoiam umas nas outras criando um sistema de transmissão de tensão. São diversos os usos para este tipo de estrutura, característica proporcionada principalmente porque criam-se vãos livres em seu interior sem necessidade de pilares. O bambu é um dos muitos materiais utilizados para a confecção de domos, sendo uma excelente opção quando se leva em consideração a sustentabilidade. O domo representado na figura a seguir possui 10 metros de diâmetro com uma área de 80 m², é um espaço para eventos na beira da praia na barra de Ibiraquera na cidade de Imbituba em Santa Catarina.

Figura 31 – Domo Geodésico feito em bambu Guadua para locação de eventos em Imbituba, Santa Catarina.

Fonte: Acervo pessoal do Arq. André Chaluppe (2017).

A Figura 32 é a estrutura de uma casa com dois pavimentos totalmente feita em bambu do gênero *Guadua,* localizada na cidade de Garopaba em Santa Catarina, também projetada pelo arquiteto André Chaluppe. A estrutura foi executada sobre uma base de pedra com o intuito de distanciá-la do solo, garantindo a proteção contra umidade, visto que esta diminui a resistência do material, pois atrai fungos e insetos.

Figura 32 – Casa de dois pavimentos, em Garopaba SC, com estruturas totalmente feitas em bambu *Guadua*.

Fonte: Acervo pessoal do Arq. André Chaluppe (2017).

A Figura 33 representa a aplicação do bambu como forro em uma varanda, contribuindo para o sombreamento e também para a estética da residência, deixando o ambiente mais aconchegante.

Figura 33 – Varanda com forro de bambu, em Imbituba, SC.

Fonte: Acervo pessoal do Arq. André Chaluppe (2017).

A Figura 34 mostra o restaurante Casa Bela em Holambra, no interior paulista. São 700 m² construídos em bambu e taipa de pilão. Projeto da equipe Espelho D'Água Bioarquitetura, de Campinas, SP, formada por vários arquitetos e paisagistas.

Figura 34 – Restaurante Casa Bela em Holambra, construído em bambu e taipa de pilão.

Fonte: Espelho D'Água (2017).

No Brasil, o maior exemplo de uso desse material é o Centro Cultural Max Feffer, situado em Pardinho, no estado de São Paulo. O centro cultural foi projetado pela arquiteta Leiko Motomura, do escritório Anima. Nele funciona o Centro de Excelência do Bambu, ligado ao Instituto Jatobás, que tem como objetivo expandir o conhecimento sobre o uso dessa gramínea. Assim, o Centro de Cultura Max Feffer é a primeira edificação a conquistar, na América Latina, o selo Leed na categoria Gold, emitido pelo United States Green Building Council (USGBC). O centro possui 800m² de cobertura sinuosa estruturada em bambu, como mostra a Figura 35.

Figura 35 – Centro Cultural Max Feffer com cobertura estruturada em bambu.

Fonte: Paiva (2017).

Percebe-se, assim, que o bambu é um material de origem milenar muito usado de diversas maneiras desde os antepassados. Tratando-se da sua utilização no âmbito da construção civil destacam-se os países asiáticos e alguns latino americanos. Oscar Hidalgo López e Simón Vélez são arquitetos muito conhecidos e considerados de referência nessa área. A seguir serão demonstradas algumas formas como a gramínea pode ser empregada nas áreas de engenharia civil e arquitetura.

4.2 UTILIDADES DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O bambu é um material muito versátil e no que diz respeito ao seu uso na construção isso não é diferente. Ele pode ser empregado de diversas maneiras, permitindo

uma grande diversidade, desde elementos decorativos até elementos estruturais. Embora também seja possível o projeto de casas de alto padrão, é visto no bambu uma solução para a construção de habitações acessíveis às pessoas com baixa renda, onde a planta pode ser utilizada em elementos estruturais, paredes, pisos, entre outras formas.

Alguns dos principais elementos construtivos e estruturais que compõem as diversas aplicações da planta como material de construção, serão comentados a seguir.

4.2.1 Pilares

Os pilares são elementos estruturais verticais que recebem as ações das vigas, ou lajes, dos pavimentos superiores e as transmitem para os elementos inferiores ou fundações. O mau dimensionamento e posicionamento destes elementos pode ocasionar vários problemas, como a desestabilidade da estrutura no ponto de vista global. Necessita-se também da escolha certa dos materiais e do cuidado na execução.

É possível dizer que o bambu está apto para ser usado como pilar nas construções devido às características já comentadas neste trabalho. Ele possui resistência suficiente para suportar cargas de edificações com vários pavimentos, porém como qualquer outro material são necessários cuidados e atenções na escolha do bambu adequado, nos processos de tratamentos e produção bem como na própria execução do elemento estrutural, a fim de garantir segurança e a boa qualidade da estrutura.

As estruturas tradicionais de pilares feitos com o bambu, utilizam os colmos com diversos tipos de encaixes, entalhes e cortes. As conexões são geralmente encaixadas ou unidas por cordas feitas também com o mesmo material, fazendo com que o sistema estrutural seja leve e flexível com grande absorção de energia sísmica (DUNKELBERG, 1996 apud PADOVAN, 2010).

De acordo com Padovan (2010), o método contemporâneo de construção com o bambu é baseado nos métodos tradicionais, porém com o acréscimo de novas tecnologias, materiais e técnicas. Os pilares e as vigas vêm recebendo novos tipos de conexões, uso de argamassa, parafusos de fixação e esperas metálicas, permitindo uma melhor transferência dos esforços. Não é recomendada a pregação do material, pois esta pode causar fissuras e até mesmo a quebra do bambu. Este fato é comentado no item 4.2.10.

Teixeira (2006) comenta que os pilares precisam ser feitos da melhor parte da planta, ou seja, da parte média à parte inferior do colmo, pois nessa região os nós conferem maior resistência estrutural. Para ela, os bambus utilizados em pilares costumam ter

capacidade de absorver alta energia, tornando-se seguro para zonas com frequentes abalos sísmicos. Ainda segundo a autora, é necessário proteger a planta contra a umidade do solo e dos pisos, portanto, o pilar não deve ser colocado diretamente em contato com o solo. A durabilidade do elemento pode ser diminuída caso esta regra não seja obedecida. Os pilares podem ser apoiados em bases feitas de concreto ou outro material, distanciando o bambu do chão, como mostram as Figuras 36 e 37.

Figura 36 – Pilares de bambu apoiados em base de concreto.

Fonte: Teixeira (2006).

Figura 37 – Pilares de bambu apoiados em base de concreto.

Fonte: Marçal (2008).

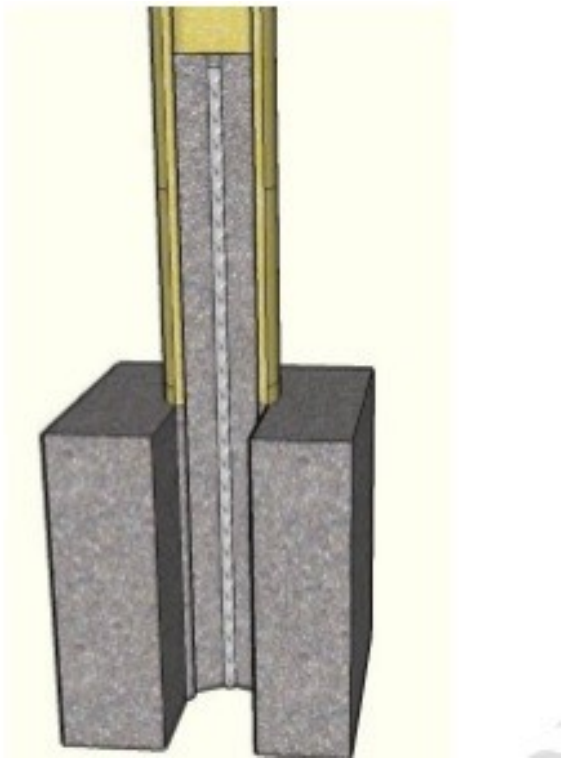
Segundo Marçal (2008), a altura que o bambu deve ser elevado do solo, com a finalidade de mantê-lo seguro da umidade e dos ataques de insetos e animais, é em torno de 50 centímetros, podendo ser usado, além da base de concreto, diferentes tipos de apoios como conexões de aço e até mesmo garrafa pet preenchida com concreto. Existe também a possibilidade de impermeabilização do pavimento ou da vara de bambu, como mostra a Figura 38, porém a distância do solo é uma técnica mais segura e proveitosa. O autor comenta ainda que os casos em que o bambu fica enterrado apenas são recomendados para obras rurais que não necessitam ter muita durabilidade ou resistência à elevadas cargas.

Figura 38 – Impermeabilização da vara de bambu com um saco plástico para poder ser enterrada.

Fonte: Marçal (2008).

A ligação entre os pilares e a fundação podem ser de diversas formas, sendo mais comum é o preenchimento do colmo com concreto, por meio de uma abertura circular. Para que exista uma interação ideal, recomenda-se utilizar uma barra de ferro chumbada que fique 30 cm na fundação e 30 cm dentro do bambu (MARÇAL, 2008).

Figura 39 – Ligação entre o pilar de bambu, preenchido com concreto, e a fundação.



Fonte: Marçal (2008).

Na Figura 39, nota-se a presença da barra de aço chumbada e o preenchimento de concreto no pilar de bambu. Este sistema de apoio com incorporação do pilar à sapata confere rigidez à estrutura. Porém, segundo Jayanetti e Follett (1998, apud Padovan 2010), a estrutura também pode ser simplesmente apoiada, sendo recomendada em países com muitos abalos sísmicos já que este sistema permite a movimentação.

4.2.2 Vigas

Sabe-se que as vigas são elementos estruturais horizontais responsáveis por transmitir aos pilares as ações das lajes e demais elementos, como: paredes, portas, entre outros.

Quando feita de bambu, assim como qualquer outra peça que necessite de durabilidade, ela também precisa dos cuidados na escolha da espécie mais adequada, como por exemplo a *Guadua angustifolia,* bem como seus processos de tratamento e produção

Nas estruturas tradicionais, segundo Padovan (2010), a sustentação da edificação é constituída por pilares e vigas feitos com colmos inteiros da planta. Existem, porém, outras maneiras em que o bambu pode ser utilizado para compor estas estruturas.

Para Teixeira (2006), estas peças de bambu são altamente resistentes e também muito eficazes em regiões com abalos sísmicos. Podem ser produzidos diversos modelos, inclusive em arcos, como mostra a Figura 40. De acordo com a autora, o comprimento indicado para cada peça é de aproximadamente três metros, pois quanto mais longa, mais deflexão.

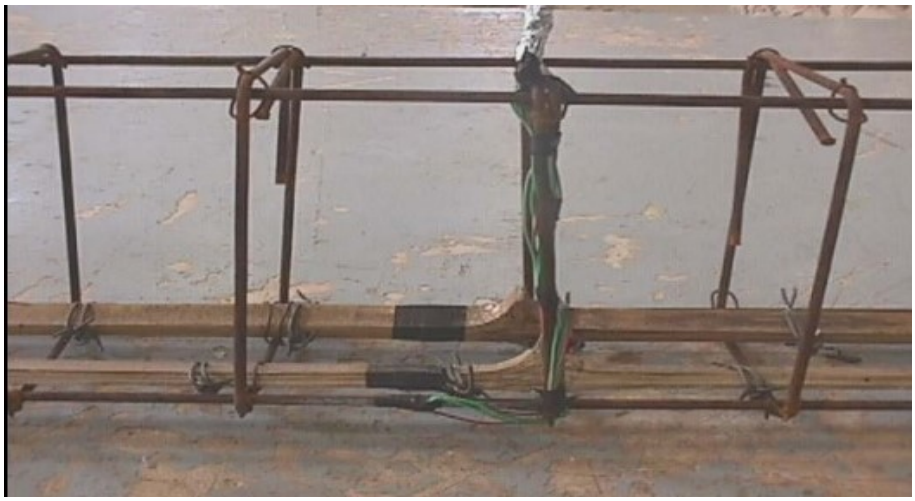
Figura 40 – Viga construída na terra indígena dos Krahô, Tocantins.

Fonte: Arquivo Cantoar – FAU/UnB (apud TEIXEIRA, 2006).

Em um estudo realizado na Universidade Estadual de Campinas, onde foram construídas seis vigas com taliscas de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, Ferreira (2002) concluiu que a utilização do bambu como armadura longitudinal nas peças de concreto é viável, porém é fundamental a garantia da boa aderência entre a planta e o concreto, utilizando algum tipo de tratamento. Foi assim que a autora recomendou o uso de verniz com anéis de arames farpados, como mostra a Figura 41: o primeiro para impermeabilizar as taliscas e o segundo para melhorar a aderência com o concreto.

Esta utilização do bambu como armadura de elementos construídos em concreto é conhecida como bambucreto, a mesma está melhor explicada no item 4.2.9 mais adiante.

Figura 41 – Armadura longitudinal de taliscas envernizadas feitas de bambu com anéis de arame farpado.

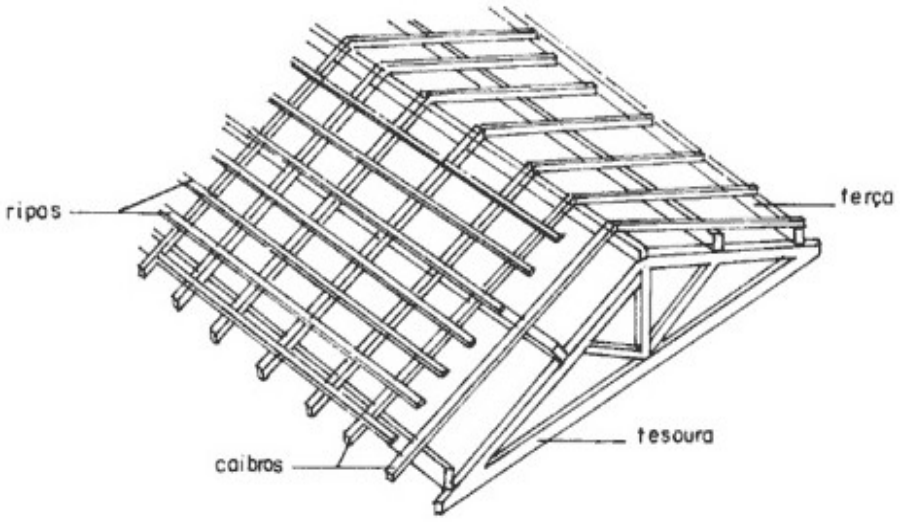


Fonte: Ferreira e M. Junior (2004).

4.2.3 Telhados

Entre as muitas funcionalidades do bambu para a construção civil, é possível citar também seu emprego nas coberturas, seja na confecção das terças, caibros e ripas, ou até mesmo nas tesouras e estruturas espaciais. A tesoura é uma estrutura em treliça e o principal elemento do telhado; as terças são peças distribuídas longitudinalmente que unem as tesouras e recebem as cargas dos caibros, esses por sua vez ficam posicionados transversalmente e recebem as cargas das ripas, nessas apoiam-se as telhas. A Figura 42 a seguir mostra o posicionamento destes elementos na estrutura de um telhado.

Figura 42 – Representação dos elementos de um telhado.



Fonte: Freitas (2011).

De acordo com Padovan (2010), o primeiro tipo de cobertura utilizando o bambu era o simples empilhamento dos colmos, em forma cônica, com prolongamento até o solo, lembrando as cabanas de tribos indígenas de várias regiões do mundo. Utilizavam-se também tramas de tecido de bambu desde a cobertura até as laterais, como mostra a Figura 43, com trançado extremamente estreito garantindo a estanqueidade. Ainda segundo o autor, as construções tradicionais serviram de inspiração para o desenvolvimento tecnológico de construções contemporâneas que usam a planta como material construtivo.

Figura 43 – Cobertura com tramas de tecido de bambu em uma casa na Etiópia.

Fonte: Stamm (2007 apud PADOVAN, 2010).

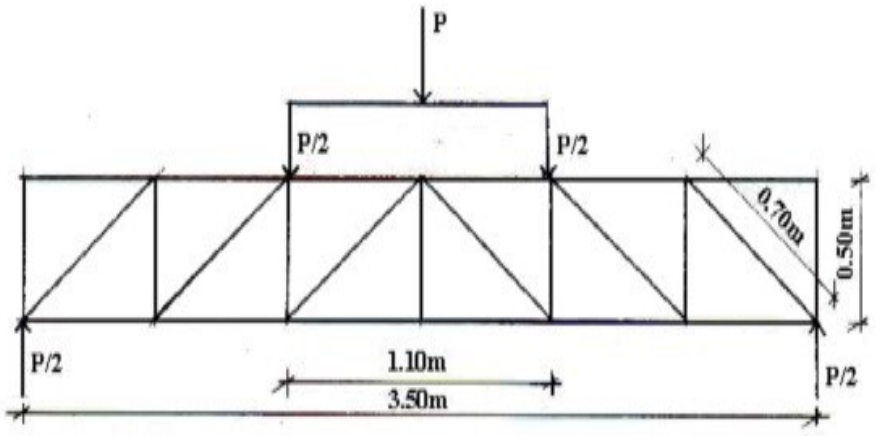
Padovan (2010) comenta ainda que as evoluções da engenharia nas estruturas de cobertura com bambu ampliaram as possibilidades de aplicação, podendo ser utilizadas hoje em dia, até mesmo em grandes vãos, como por exemplo o Pavilhão Zeri, uma das maiores e mais importantes obras de Simón Vélez, de acordo com Padovan (2010), ele possui uma cobertura feita com *Guadua angustifolia*, em forma de polígono decágono, com vão de 30,5 metros. A estrutura foi inicialmente montada em escalas reais, na Colômbia, para testes realizados por técnicos da Universidade de Stuttgart, da Alemanha e após sua aprovação foi construída para a Exposição de Hannover, em 2000. Sant' Ana e Vaz Filho (2013) dizem que o pavilhão apresenta balanços de até 7 metros. O pavilhão modelo é apresentado na Figura 44.

Figura 44 – Pavilhão construído na Colômbia como modelo do apresentado na Exposição Hannover na Alemanha em 2000.

Fonte: La Patria (2017).

Moré (2003) propôs o bambu da espécie *Bambusa vulgaris* Schard, por ser comumente encontrada no estado, como material alternativo para a construção de treliças em telhados residenciais. A treliça estudada foi do tipo Howe com banzos duplos e geometria simétrica nas suas barras, como mostra a Figura 45. A treliça possuía duas peças de bambu com 3,5 metros de comprimento no banzo superior e duas de igual tamanho no banzo inferior, era também composta por sete montantes de 0,5 metros de altura e 6 diagonais de 0,7 metros. As barras montantes são as que ficam posicionadas verticalmente.

Figura 45 – Sistema de treliça proposto por Moré (2003) em sua dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Cívil.



Fonte: Moré (2003).

Para a confecção da treliça apresentada por Moré (2003), foram extraídos bambus que apresentassem diâmetros parecidos. As peças foram limpas com água para eliminar a contaminação por matéria orgânica e estocadas em local coberto. A secagem dos bambus foi por meio da utilização de um maçarico, com a finalidade de extrair a umidade eliminando o amido e açúcares presentes nos colmos. O autor observou na hora da montagem da estrutura a fragilidade das ligações, devido principalmente ao fato das paredes dos colmos do bambu possuírem espessuras distintas e como solução adotou a utilização de fita com fios de fibra de vidro e cola com base epóxi aplicados em cada extremidade do trecho de bambu onde existisse uma ligação mecânica. Após a análise de alguns ensaios, o autor concluiu que a utilização de treliças de bambu, com reforço de fibra de vidro e cola epóxi, mostraram-se com resistência satisfatória para cumprir a função de sustentar uma cobertura, além disso percebeu que após a aplicação de carga, a peça retornou quase à sua posição inicial, confirmando a flexibilidade do material.

O já citado arquiteto colombiano Simón Vélez é também reconhecido por suas obras complexas que utilizam o bambu como o principal material para estruturas de telhados. Em suas ligações, o arquiteto utiliza a injeção de concreto nos locais parafusados, aumentando a superfície de contato entre o parafuso e a parede do colmo e consequentemente a resistência da conexão, assim, diminuem as chances de patologias e cisalhamento que podem surgir na união e fixação das peças; esse método será melhor mencionado no item 4.2.10. As Figuras 46 e 47, a seguir, são obras desse arquiteto: a primeira é um terminal de ônibus e a segunda uma casa de campo, ambas na Colômbia.

Figura 46 – Cobertura do terminal de Ônibus em Cali, Colômbia. Projeto de Simón Vélez.

Fonte: Vélez (2015).

Figura 47 – Estrutura de telhado em uma casa de campo na Colômbia, projetada por Simón Vélez.

Fonte: Vélez (2015).

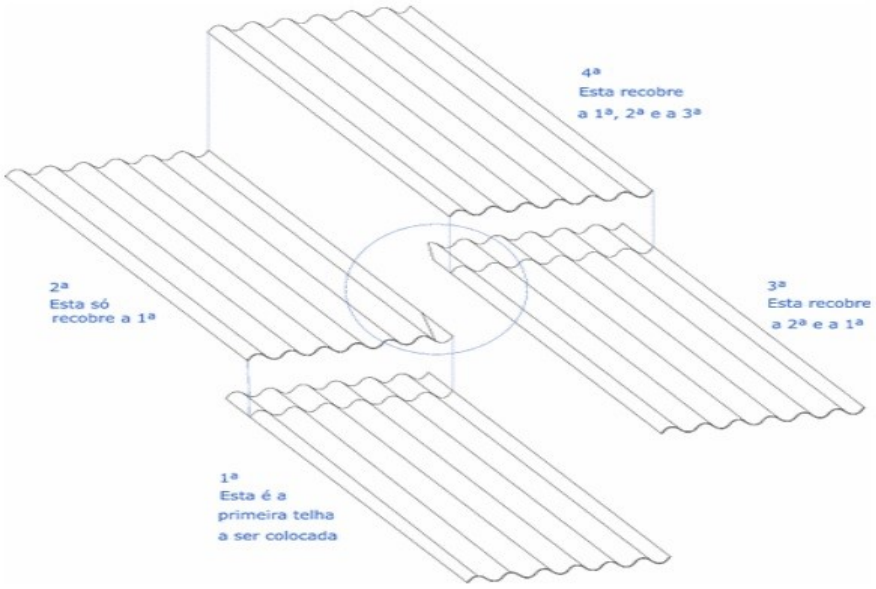
Destaca-se que as inúmeras possibilidades de formas criadas por arquitetos e engenheiros permitem a valorização da estrutura, assim sendo, tem-se os benefícios do método construtivo aliados com a beleza estética. Vale evidenciar também a importância da utilização de beirais de grandes dimensões para a proteção das estruturas de bambu das chuvas e sol, os quais podem prejudicar o material.

4.2.4 Telhas

Além de ser utilizado na estrutura de sustentação de telhados, a planta também pode ser usada como o próprio revestimento, ou seja, no lugar das telhas.

A maior dificuldade é conseguir peças de bambu com diâmetros e comprimentos suficientes para cobrir a área do telhado. Como alternativa, pode-se dividir os colmos em placas que fiquem transpassadas de maneira semelhante às chapas de telhas de fibra ondulada, como mostra a Figura 48 a seguir (BAMBU TRAMADO, 2011).

Figura 48 – Transpasse em chapas de telhas de fibra onduladas.



Fonte: Joinville (2012).

Para Benetti et al (2009 apud MAIA, 2012), as telhas de bambu precisam ser amarradas umas às outras com arame galvanizado para que o vento não as tire do lugar.

Destaca Hidalgo-López (2003), que as construções tradicionais na China utilizavam colmos de grandes diâmetros cortados ao meio como telhas tipo capa-canal.

A Figura 49 representa as telhas tipo capa canal, onde uma peça fica posicionada de forma côncava e a outra de forma convexa, a côncava escoa a água da chuva e a convexa protege os canais (PINHAL, 2009).

Figura 49 – Telhas de bambu do tipo capa e canal

Fonte: Bambu Tramado (2011).

4.2.5 Escadas

Outra aplicação expõe Benetti et al (2009 apud MAIA, 2012), quando diz que as escadas feitas com bambu são geralmente apoiadas em outros materiais, normalmente no concreto, para evitar o contato direto com o solo, pois como já mencionado a umidade pode reduzir significativamente a vida útil das estruturas confeccionadas com este material.

No que concorda Teixeira (2006), quando salienta que as escadas podem ser feitas de bambu desde que sejam tomadas algumas precauções: como não deixar as estruturas em contato direto com o solo e cuidar com as ligações das peças. A autora também comenta que na junção dos degraus podem ser usados elementos metálicos, fibras naturais, entre outros, que ajudam nas ligações e estruturação dos elementos.

Como o cuidado com a umidade é importante, a Figura 50 mostra a maneira como uma escada de bambu não deve ser executada, estando em contato com o solo pode haver ataque de fungos e insetos que diminuem a resistência dos colmos.

Figura 50 – Escada executada em contato direto com o solo, favorecendo o ataque de fungos e insetos.

Fonte: IL31 Bamboo (1992, apud TEIXEIRA, 2006).

Já a Figura 51 representa a forma correta de execução da escada, sobre uma base de concreto, evitando o contato dos colmos com o solo. A escada é um projeto da Arquiteta Ana Maria França em Goiânia.

Figura 51 – Escada executada sobre uma base de concreto. Projeto da Arq. Ana Maria França, em Goiânia, GO.

Fonte: Foto de Ana Maria França (1997, apud TEIXEIRA, 2006).

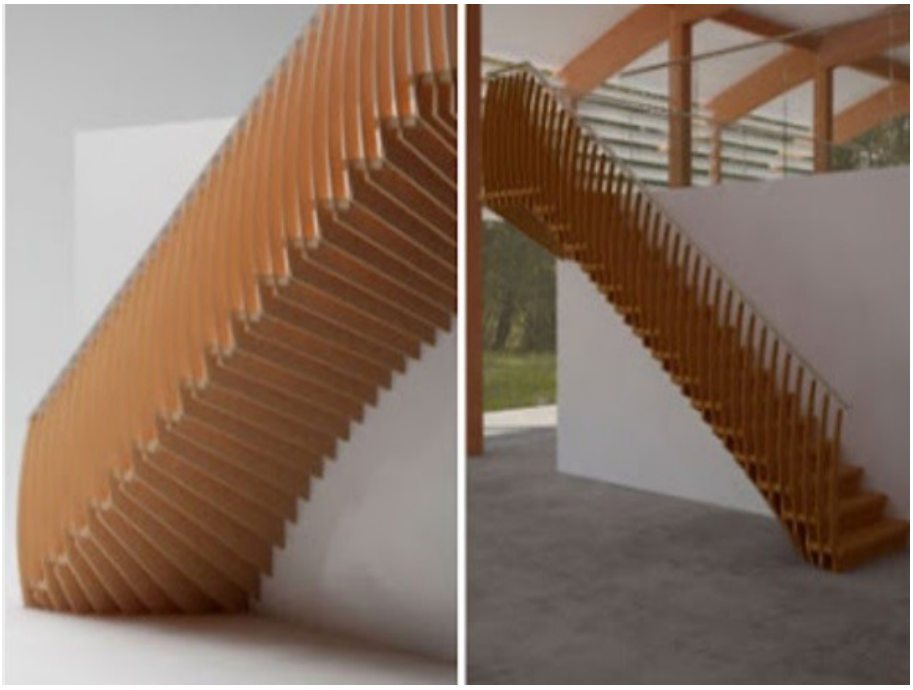
Em muitos casos, as escadas não são apenas um elemento de utilização, mas também representam objetos de decoração. O bambu permite diferentes formas e excelente efeitos estéticos, como mostram as figuras a seguir.

Figura 52 – Escada com corrimão de Bambu.

Fonte: ArqSoul (2011).

Na Figura 52, o corrimão de bambu contribui na estética do ambiente deixando-o com um aspecto de casa de praia e combinando com o resto da decoração.

Figura 53 – Escada de bambu com agradável visual estético.



Fonte: Gionda Junior (2011).

Figura 54 – Diferentes formas de escada de bambu

Fonte: Yamauchi (2012).

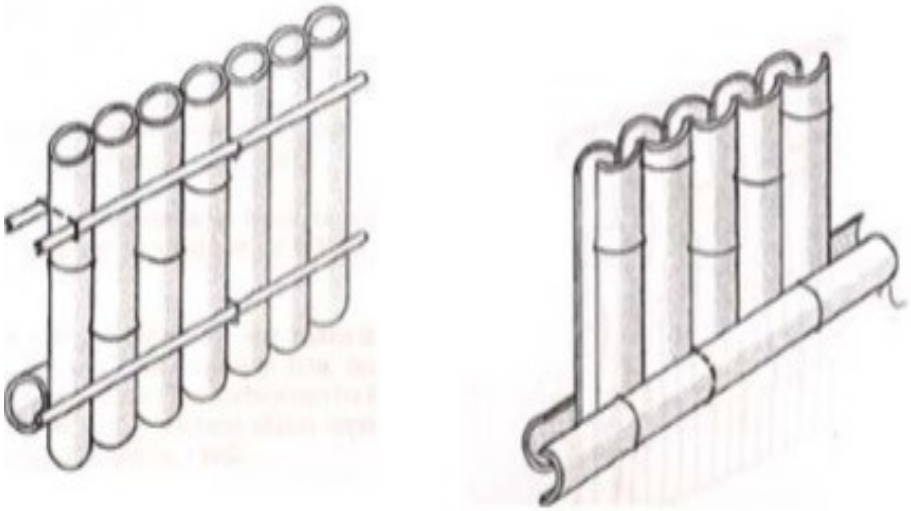
As Figuras 53 e 54 mostram que além da utilização de colmo inteiro, pode-se utilizar os laminados de bambu para a confecção das escadas, representando novamente a versatilidade da planta.

4.2.6 Paredes e Painéis de vedações

Um dos principais componentes construtivos com bambu é o painel para vedação. Eles podem ser executados de diversas formas, que variam de região para região e também do clima onde são construídas as edificações, determinando assim a necessidade total ou parcial do fechamento. As vedações podem ser feitas de diversas maneiras, com tecnologias e técnicas distintas.

Segundo Padovan (2010), as paredes compostas de colmos inteiros, lado a lado, ou de bambus cortados ao meio, como mostra a Figura 55, são muito utilizadas como métodos tradicionais na Ásia, assim como painéis de tiras e ripas de bambu trançadas. Em locais onde a temperatura é muito baixa sugere-se revestir os painéis com argamassa feita de barro.

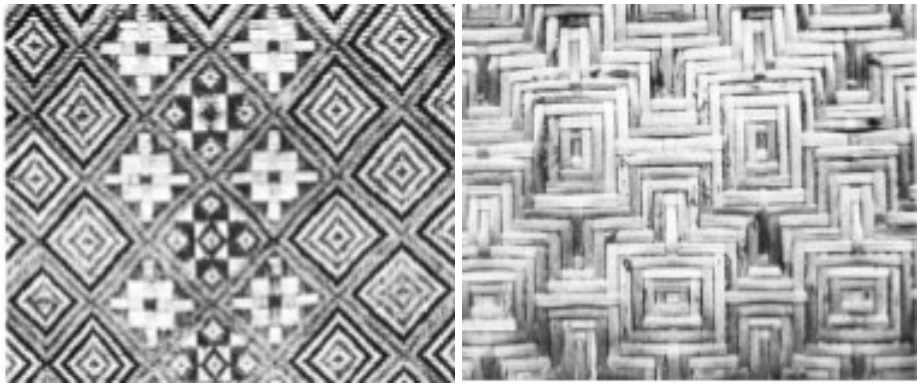
Figura 55 – Paredes com colmos inteiros de bambu e de colmos cortados ao meio



Fonte: Jayanetti e Follett (1998, apud PADOVAN,2010).

De acordo com Hidalgo-López (2003), a utilização de bambus entrelaçados do tipo esteira é uma tradição deixada pelos antepassados nas construções atuais. O autor comenta ainda que painéis feitos dessa forma podem ainda apresentar desenhos decorativos devido às suas formas geométricas, como mostra a Figura 56.

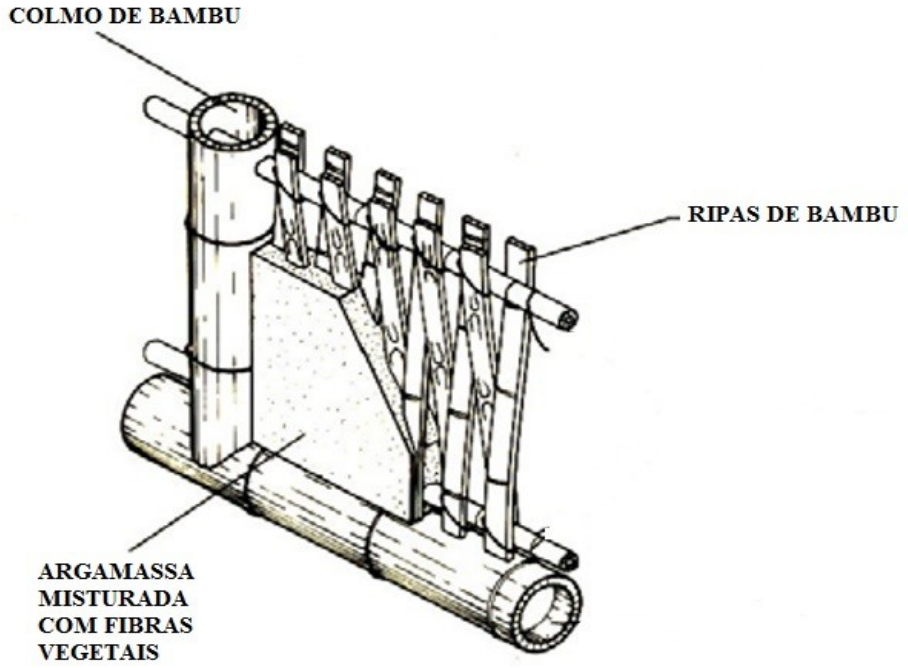
Figura 56 – Painéis artesanais de bambu do tipo esteira com tramas formando desenhos geométricos.



Fonte: Hidalgo-López (2003).

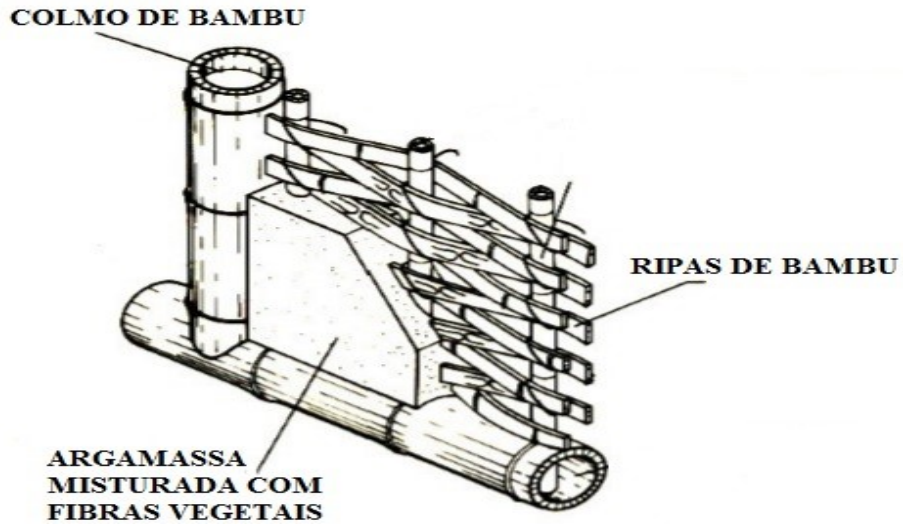
Ainda de acordo com Hidalgo-López (2003), existem os painéis denominados de Quincha, comuns no Peru, Chile e partes da Índia. Consistem basicamente em ripas de bambu trançadas na horizontal ou vertical, entre pequenos colmos, como mostram as Figuras 57 e 58. Após a montagem dos quadros, é aplicada uma argamassa de revestimento, feita de barro e fibras vegetais, como palha de arroz, e em seguida é feito o acabamento da superfície. Esse pode ser realizado com a própria argamassa de revestimento ou com uma camada de argamassa de regularização aplicada sobre a anterior.

Figura 57 – Painel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas verticalmente.



Fonte: Hidalgo-López (2003, tradução nossa).

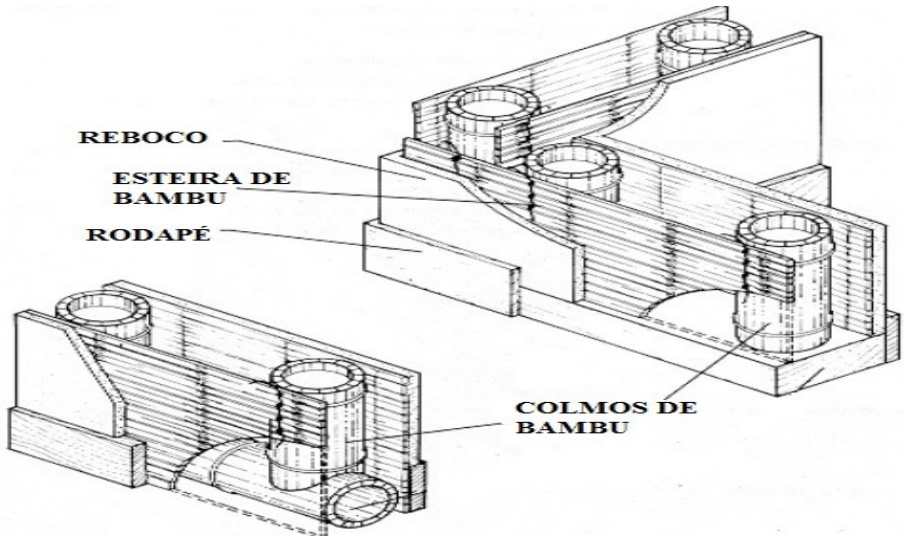
Figura 58 – Painel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas horizontalmente.



Fonte: Hidalgo-López (2003, tradução nossa).

Padovan (2010) comenta que no método contemporâneo utilizam-se as argamassas com cimento Portland e a cal adicionados à areia, em substituição às fibras naturais das construções tradicionais, fornecendo acabamento similar às edificações convencionais de alvenaria aos painéis tipo Quincha e Bahareque. Ainda conforme o autor, o tipo de parede Bahareque é muito utilizado em países da America Latina, principalmente na Colômbia. O método consiste basicamente em bambus dispostos horizontalmente em duas camadas, formando esteiras, envolvendo a estrutura de sustentação, como mostra a Figura 59. Os painéis são argamassados, revestidos e alisados, conforme figura a seguir, podendo receber posterior pintura.

Figura 59 – Painel tipo Bahareque com esteiras duplas.



Fonte: Hidalgo-López (2003, tradução nossa).

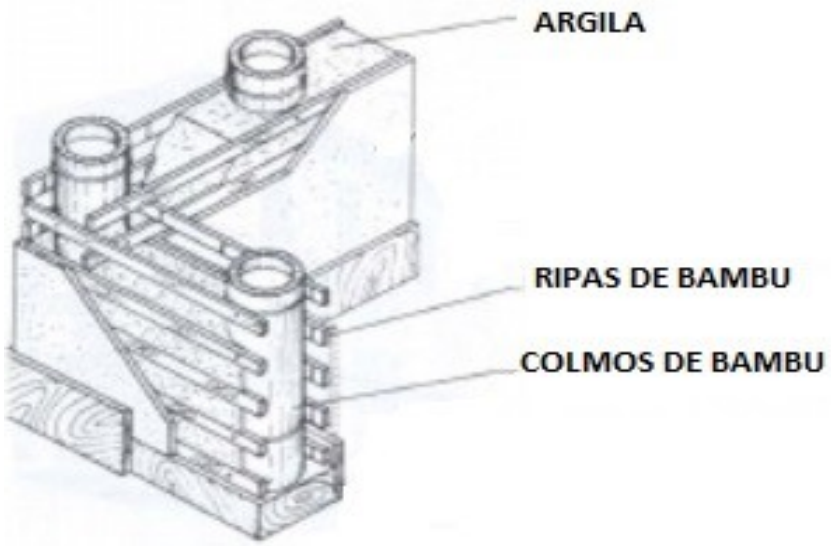
A Figura 60 a seguir é uma escola no município de Barcelona, na Colômbia. Nela foi utilizado o método de Bahareque como uma solução econômica. É também um projeto do Arq. Simón Vélez, já mencionado algumas vezes neste trabalho. A figura mostra a semelhança que as paredes de bambu podem possuir com as convencionais de alvenaria.

Figura 60 – Uso de Bahareque em escola na cidade de Barcelona, na Colômbia.

Fonte: Vélez (2000, apud TEIXEIRA, 2006).

Hidalgo-López (2003) afirma que as paredes podem também ser feitas com ripas de bambu fixadas horizontalmente nos dois lados, interno e externo, e simplesmente preenchidas por barro ou argila, como mostra a Figura 61. O autor diz que este tipo de parede é utilizado, normalmente, apenas para o primeiro pavimento das edificações.

Figura 61 – Parede de bambu preenchida com argila.



Fonte: Hidalgo-López (2003, tradução nossa).

Destaca-se que os painéis de bambu também podem ser do tipo pré-fabricados e são muitas as possibilidades de industrializações. Os mesmos são confeccionados de acordo com o dimensionamento e a forma desejada, bem como as exigências de projeto. Esses tipos de painéis possuem normalmente baixo peso, boa capacidade estrutural e facilidade na montagem, podendo muitas vezes ser uma técnica facilmente aprendida pela própria população.

A Figura 62 demonstra o processo construtivo de uma casa feita com painéis pré-fabricados de bambu, do tipo esteira. Primeiramente foi feita a preparação da fundação com previsão para os pontos hidráulicos, em seguida os painéis foram fixados na mesma. Após a fixação de todos, os painéis foram rebocados e receberam a pintura como acabamento (TEIXEIRA, 2006).

Figura 62 – Etapas construtivas de residência com painéis pré-fabricados de bambu no Equador.

Fonte: Botero (2005, apud TEIXEIRA, 2006).

4.2.7 Pisos e forros

Observam-se ainda, várias aplicações do bambu na confecção de elementos construtivos, como pisos e forros. São diversas as formas empregadas para a fabricação desses componentes, desde colmos inteiros até materiais industrializados, como por exemplo o bambu laminado.

O colmo inteiro do bambu por ter um formato cônico e muitas variações dimensionais traz dificuldade para a montagem das peças, além da dificuldade de se encontrar outra com as mesmas dimensões quando é necessária a reposição de partes quebradas ou com defeitos. Sendo assim, a industrialização é uma excelente opção para quando se deseja usos mais proveitosos do material.

De acordo com Van der Lugt, Vogtländer e Brezet (2008, apud FERREIRA, 2014), as principais partículas industrializadas a partir do bambu são as folhas, as lâminas, os chips e as fibras, como mostra a Figura 63, onde as representações estão em ordem. A partir dessas partículas vários produtos industriais de bambu podem ser produzidos. As folhas são muito utilizadas para acabamentos, já para pisos e forros as mais indicadas são as lâminas. Com os chips e as fibras podem ser produzidos materiais similares aos provenientes da madeira, como o OSB e o MDF. Os chips também são conhecidos como cavacos, eles são pequenos pedaços obtidos da picagem ou trituração dos colmos.

Figura 63 – Partículas produzidas através de colmos de bambu: folhas, lâminas, chips e fibras.

Fonte: Kumar (2012, apud FERREIRA, 2014).

Moizés (2007) diz que procedimentos e maquinários utilizados para a madeira podem ser aproveitados e adaptados para a fabricação de painéis e lâminas de bambu. Ainda conforme o autor, os processos de produção consistem basicamente no corte dos colmos, no tratamento de imunização, na colagem, disposição das peças, no processamento e nos acabamentos superficiais. A fabricação do bambu laminado é muito parecida com a da madeira. O produto é feito pela união de camadas de bambu, podendo também ser prensado para conseguir peças mais finas e posteriormente envernizado.

Teixeira (2006) comenta que a união das camadas pode ser feita com resinas fenólicas, que são polímeros termorrígidos formados pela reação química de condensação entre um fenol, que é um álcool aromático derivado do benzeno, e um aldeído. Mas, de acordo com Silva (2006, apud FERREIRA, 2014), deve-se ter cuidado com o tipo de adesivo

utilizado, devendo-se dar preferência para colas com baixo impacto ambiental. O autor comenta ainda que no Brasil os adesivos ecológicos mais estudados são os poliuretanos monocomponentes de origem vegetal provenientes do óleo da mamona, sendo essa uma boa opção para a junção das camadas.

Os pisos e forros de bambu podem ser encontrados em diversas colorações. As peças fabricadas de bambu podem possuir cores naturais, serem descoloridas e também carbonizadas, variando assim suas cores e tonalidades. Para a descoloração, o material é colocado num tanque e imerso em soluções químicas a alta temperatura. O cozimento do bambu remove a lignina, descolorindo-o em porcentagem que depende do tempo e da concentração destas soluções, das quais as normalmente utilizadas são o dióxido de cloro, hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio. Deve-se regular o tempo de imersão para que as peças não percam resistência nem tenham sua aparência danificada. Conforme o autor, peças laminadas são normalmente imersas em dióxido de cloro ou hipoclorito de sódio por uma hora, entretanto estes produtos formam compostos organoclorados e o descarte da grande quantidade de água, utilizada para o branqueamento, contendo estes organoclorados podem constituir um grave problema ambiental. Neste contexto, pode-se utilizar o peróxido de hidrogênio, também conhecido como água oxigenada, pois ele não forma esses compostos e pode substituir efetivamente os produtos anteriores. A carbonização serve para escurecer a coloração de peça. O material é aquecido, provocando o escurecimento do amido presente nas células de parênquima. Nesse processo, as fibras são enfraquecidas pela presença do vapor e da alta pressão, podendo a peça perder 20% de sua dureza. O bambu é colocado dentro de uma caldeira de vapor e submetido à uma temperatura de 150ºC atingindo cores uniformes (MOIZÉS, 2007). As Figuras 64, 65 e 66 a seguir representam os tons naturais e os tons obtidos pela descoloração e carbonização.

Figura 64 – Exemplo de tons naturais das lâminas de bambu.

Fonte: Zenbamboo (2006, apud MOIZÉS, 2007).

Figura 65 – Exemplo de tons das lâminas de bambu descoloridas.

Fonte: Moizés (2007).

Figura 66 – Exemplo de tons das lâminas de bambu carbonizadas.

Fonte: Moizés (2007).

O piso de bambu apresenta vantagens como fácil manutenção, resistência, fácil instalação e requer menos manutenção que o piso de madeira, além de valorizar o imóvel e promover beleza estética e requinte, como mostra a Figura 67 a seguir.

Figura 67 – Ambientes residenciais com pisos feitos de bambu.

Fonte: Eco Casa (2010).

De acordo com Padovan (2010), a utilização de forros de bambu melhora a temperatura ambiente, criando um colchão térmico que permite a circulação de ar e a troca de calor.

O terminal 4 do aeroporto Barajas de Madri, na Espanha, inaugurado em fevereiro de 2006, possui seu forro confeccionado em painel pré-fabricado de tiras laminadas de bambu. São aproximadamente 200 mil m² que cobrem e decoram o aeroporto. O espaço foi projetado pelo escritório Richard Rodgers Associados, atualmente chamado de Rogers Stirk Harbour + Parceiros, e colaboração do estúdio Lamela. Além da beleza fornecida pela integração entre o aço e o bambu, a cobertura possui clareiras de vidro que permitem a entrada de luz natural. As cores do arco-íris foram utilizadas para facilitar a orientação dos visitantes (ROGERS STIRK HARBOUR PARTNES, 2017). Tais características são mostradas nas Figuras 68 e 69 a seguir.

Figura 68 – Forro em bambu com clareiras de vidro do Terminal 4 do aeroporto Barajas em Madri.

Fonte: Arquitetura Unimar (2012).

Figura 69 – Cores utilizadas nas estruturas de aço do aeroporto Barajas de Madri para a orientação dos visitantes.

Fonte: Arquitetura Unimar (2012).

4.2.8 Portas e janelas

As portas e janelas são elementos indispensáveis em todas as edificações. Elas fornecem privacidade e segurança, além de permitir a ventilação e iluminação natural do ambiente. Essas peças também ajudam a decorar e valorizar o projeto arquitetônico devido aos seus diversos modelos e materiais de confecção.

O bambu, além da versatilidade e resistência, possui uma beleza estética natural. Muitas vezes os produtos feitos a partir deste material transformam-se em verdadeiras decorações que contribuem para formar ambiente leves, harmoniosos e elegantes.

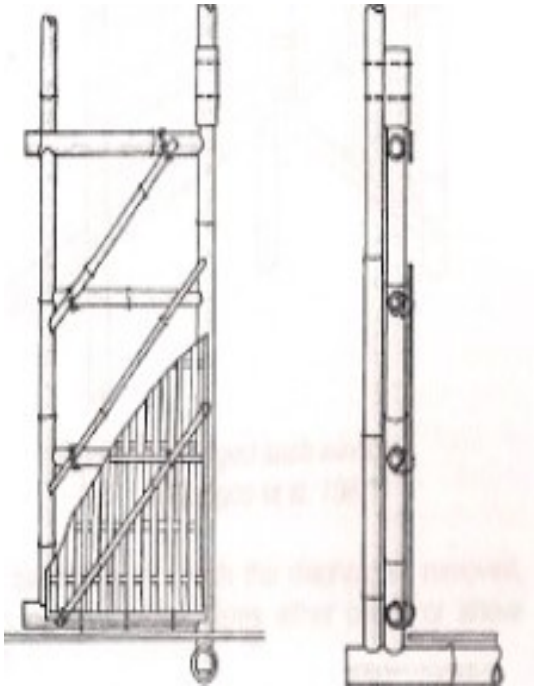
Quando se fala da utilização do bambu como matéria prima, logo se pensa em um aspecto rústico, porém é possível usá-lo em vários tipos de design.

De acordo com Padovan (2010), as portas e janelas de bambu nas edificações tradicionais são feitas simplesmente com a montagem de colmos com pequenos diâmetros, como representam as Figuras 70 e 71, formando painéis que podem também ser revestidos de tecidos de tiras da planta. Nos métodos contemporâneos, elas tiveram seus acabamentos aprimorados, novos encaixes, novas colorações, passaram a ser utilizadas também em conjunto com outros materiais, como o vidro.

Figura 70 – Janela de bambu feita pelo método tradicional.

Fonte: Decora Interi (2014).

Figura 71 – Porta tradicional de bambu



Fonte: Jayanetti e Follett (1998, apud PADOVAN, 2010).

Atualmente, os processos de industrialização contribuem para o arranjo de peças mais modernas, duráveis e uniformes, como mostram as Figuras 72 e 73 a seguir.

Figura 72 – Janelas modernas feitas com réguas de bambu.

Fonte: Ecoeficientes (2014).

Figura 73 – Esquadrias de bambu em união com o vidro.

Fonte: Lamboo (2017).

4.2.9 Bambucreto

O concreto armado tem o objetivo de aproveitar a capacidade do concreto em resistir aos esforços de compressão e a do aço aos esforços de tração.

A utilização do bambu como reforço do concreto, o chamado bambucreto, representado na Figura 74, é outra alternativa viável para a construção, devido a sua alta resistência à tração. O emprego do bambu substituindo o aço em estruturas de concreto armado já é uma realidade principalmente em países como China, Índia, Colômbia, Peru e Equador. De acordo com Santos (2015), os bons resultados obtidos na construção de casas populares e prédios com até quatro pavimentos nesses países, estimulam o Brasil a pesquisar essa tecnologia. O autor comenta ainda que em entrevista feita com o engenheiro civil Vitor Hugo Silva Marçal, o entrevistado afirma que na Colômbia existem casas de bambu estrutural revestidas de concreto com mais de 100 anos que continuam íntegras e funcionais

Figura 74 – Emprego do bambu em substituição ao aço numa estrutura de concreto armado.

Fonte: Rodrigues (2015).

Janssen (2000, apud PADOVAN, 2010), diz que a utilização da planta como substituta do aço no concreto armado é vantajosa devido não só à sua resistência à tração como também pelo seu baixo preço. O autor comenta que em estudos realizados, a resistência à tração comum no reforço com aço é de 160 MPa, 8 vezes maior que com bambu, 20 MPa. Entretanto, a massa por volume do aço, de acordo com o autor, é de 7850 kg/m3, quase 16 vezes mais pesada que a do bambu de aproximadamente 500 - 600kg/m3. Assim, o autor conclui que o bambu é mais barato já que o preço em relação ao peso próprio é menos da metade do aço.

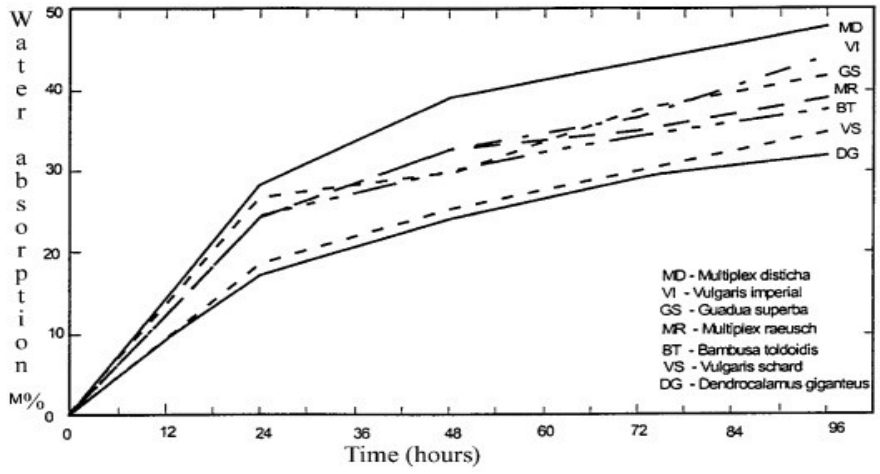
Destacam Pereira e Beraldo (2008 apud, SOUZA, 2014) que os colmos de bambu apenas podem substituir o aço em obras que não sejam submetidas a grandes esforços ou em vãos inferiores a 3,5m, pois o módulo de elasticidade da planta é apenas 10% do aço.

Ferreira (2002) fala que a planta é um material higroscópico, por isso absorve e libera água muito rápido, variando suas dimensões. Assim, quando em contato com o concreto fresco pode absorver parte da água e inchar. Após o endurecimento, começa a perder o que foi absorvido e retorna para sua dimensão inicial, causando fissuras e má aderência entre os dois materiais. Portanto, para que a interação entre bambu e concreto não fique prejudicada, torna-se necessário o uso de impermeabilizantes. Além disso, recomenda-se que a planta seja imersa em água dois a três dias antes da concretagem, para que não absorva a água de amassamento. Um concreto de traço rico e secagem rápida também favorece essa interação.

No que concorda Ghavami (2004, apud BENAVIDES, 2012) quando recomenda um tipo de resina epóxi chamado Sikadur-32 gel junto com areia aplicados direto no bambu. O produto limita a capacidade de absorção de água pela planta, já a areia melhora a aderência com o concreto.

Alguns estudos foram feitos sobre a capacidade de várias espécies de bambu em absorver água, o resumo dos resultados é apresentado no Gráfico 2. Tal absorção causa a variação de dimensões da planta que podem ocasionar fissuras e rachaduras mesmo no concreto já curado. A espécie com o menor índice de absorção foi a *Dendrocalamus giganteus*, sendo então considerada a mais adequada para este fim (GHAVAMI, 2005).

Gráfico 2 – Resumo dos resultados obtidos em estudos sobre a absorção de água em diferentes espécies de bambu.



Fonte: Ghavami (2005).

Silvestre Filho (2009) comenta que a vida do bambucreto é até certo ponto incerta. De acordo com o autor, o concreto por possuir o Ph 13, é muito alcalino para o bambu. Isso destrói com o tempo as camadas que contém fibras de celulose. Dessa forma, ele ressalta a importância de considerar uma boa porcentagem de área de seção transversal do bambu em relação a área de concreto da peça.

Ferreira (2002) em seus estudos sobre vigas de concreto armado com ripas de bambu, já mencionados nesse trabalho no item 4.2.2, afirma ser possível a aplicação da mesma hipótese de cálculo usada no concreto armado com aço, desde que sejam adotados coeficientes de segurança majorados.

Percebe-se então que a utilização do bambucreto é um processo viável, porém ainda muito complicado. Mesmo que se utilizem hipóteses já criadas para barras de aço é necessário que aconteçam mais estudos para que se criem normatizações específicas para o bambu e não adaptadas do aço, para que assim seja possível a padronização dos produtos e avanços tecnológicos que garantam a qualidade do material.

4.2.10 Conexões e ligações de bambu

De acordo com diversos autores, como Teixeira (2006), Padovan (2010), Maia (2012) e Benavides (2012), o bambu por ser constituído basicamente de fibras muito longas, com alta densidade específica, principalmente nas paredes externas, é suscetível a sofrer cisalhamento caso seja submetido a compressão paralela ou perpendicular aos filamentos, portanto recomenda-se a utilização de ligações parafusadas e não pregadas. São muitas as possibilidades de conexões, podendo-se criar diferentes formas de encaixes de acordo com o uso da estrutura. Tais variedades permitem que além da função prática, agreguem também valor estético à edificação.

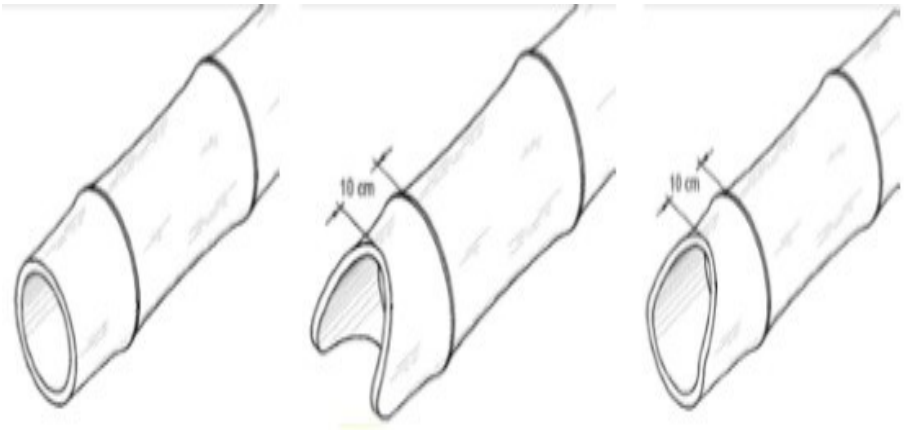
Padovan (2010) diz que as conexões tradicionais consistem principalmente em encaixes que podem ou não ter amarrações com cordas, perfurações para passagem de amarrações, pinos de apoio ou parafusos de travamento. Os encaixes podem ser feitos com peças na mesma direção, peças ortogonais, peças diagonais e também com peças passantes umas às outras.

Benavides (2012) comenta que os principais entalhes citados no Regulamento Colombiano de Construção -NSR-10 são os chamados: corte reto, corte boca-de-peixe e corte

bico de flauta. Hidalgo-López (2003) além dos já citados, comenta também do corte tipo flange com uma ou duas abas e do tipo bisel.

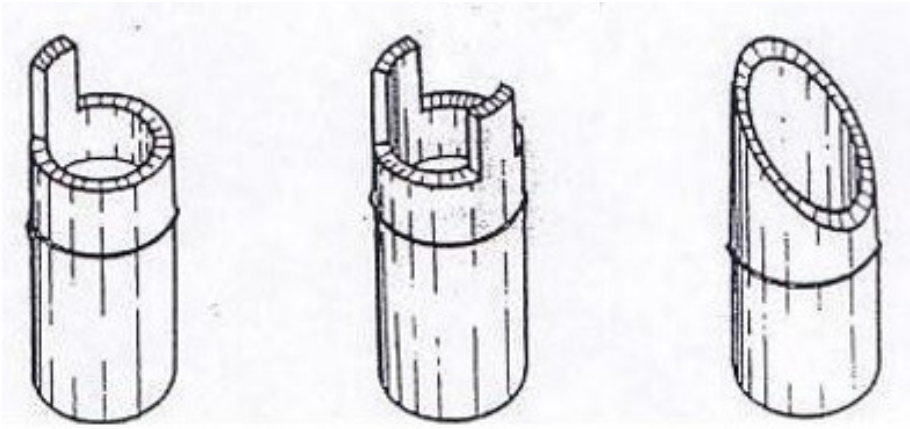
As Figuras 75 e 76 ilustram os entalhes citados no parágrafo anterior.

Figura 75 – Entalhes do tipo corte reto, boca-de-peixe e bico-de-flauta, respectivamente.



Fonte: Regulamento Colombiano de Construção NSR-10 (2010, apud BENAVIDES,2012).

Figura 76 – Entalhes do tipo flange com uma aba, flange com duas abas e bisel.



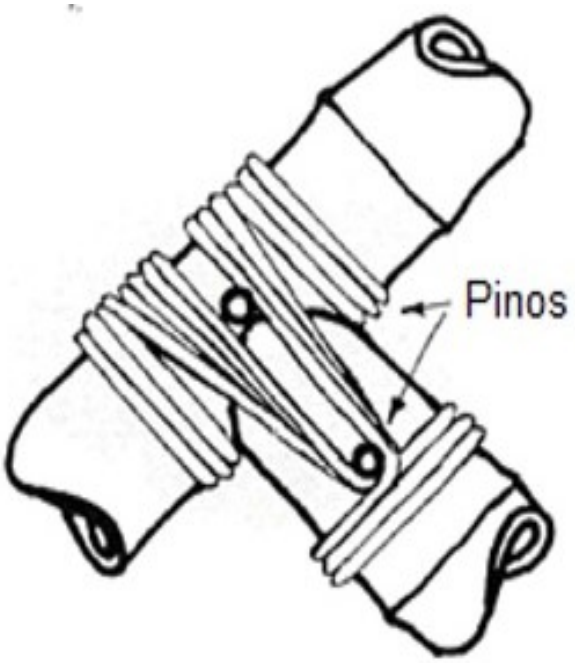
Fonte: Hidalgo-López (2003).

Os cortes devem ser feitos de forma que a peça estrutural comece e termine próxima a algum nó do colmo. Além disso, nos casos em que são utilizados parafusos, esses não devem ter espaçamentos entre si menores que 150 mm ou maiores que 250 mm e seus diâmetros devem ter no mínimo 9,5 mm; já os diâmetros dos furos feitos nos colmos para essa finalidade precisam ser 1,5 mm maiores do que os parafusos. Para um colmo submetido à compressão, a distância entre o parafuso até seu extremo não deve ser menor que 100 mm, para os que estão sendo tracionados essa distância passa para 150 mm. Todos os elementos

metálicos utilizados devem ser tratados contra a corrosão antes de ser aplicado (BENAVIDES, 2012).

As amarrações são formas tradicionais para fazer a junção das peças e podem ser feitas utilizando-se as fibras de origem vegetal que são passadas em torno de cada colmo ao menos duas vezes e em seguida fazem a ligação de todos os membros. Pinos podem ser usados como ancoragem nas amarrações, transferindo os esforços para a parede do bambu, como mostra a Figura 77 (PADOVAN, 2010).

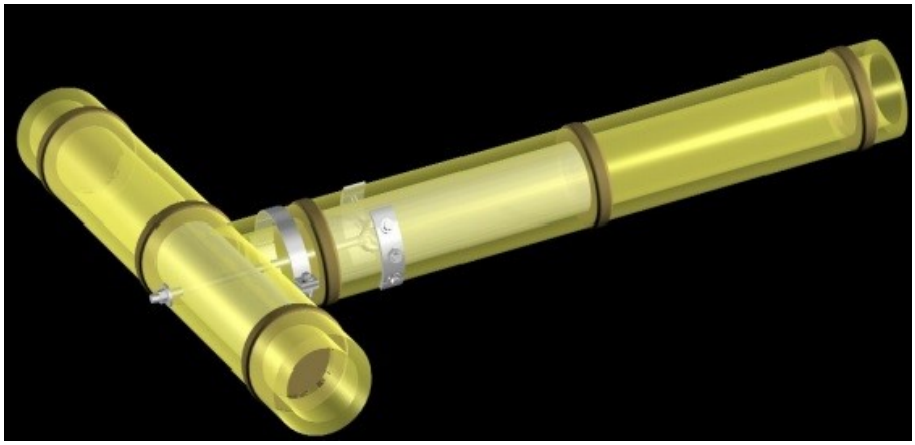
Figura 77 – Conexão de bambu com amarração e pino para ancoragem



Fonte: Cusack (1999, apud PADOVAN, 2010).

Quanto às conexões mais modernas, o tipo de ligação mais utilizada hoje em dia é a chamada “Ligação Vélez”. O método desenvolvido pelo arquiteto colombiano Simón Vélez consiste em fazer uma abertura na parte superior do colmo para preencher os segmentos de bambu a serem parafusados com concreto após o travamento da estrutura, como mostra a Figura 78. Assim, com o aumento da superfície de contato do parafuso e da parede de bambu as chances de cisalhamento, fissuras e esmagamento são diminuídas (MAIA, 2012).

Figura 78 – Modelo de ligação do arquiteto Simón Vélez



Fonte: Arranz, Braga e Caminhola (2011).

Apresentado um breve histórico de utilização do bambu, assim como algumas de suas aplicações para a engenharia civil e arquitetura, o próximo capítulo traz as vantagens e desvantagens da utilização dessa planta como material de construção.

5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL.

Em tempos onde o mundo está cada vez mais preocupado com a situação do meio ambiente, pessoas e empresas buscam novas alternativas de materiais e tecnologias que visem a redução dos impactos já gerados e a reestruturação ambiental. A construção civil ocupa lugar de destaque na economia nacional de muitos países, porém o consumo indiscriminado e impensado dos materiais não renováveis acaba gerando uma série de impactos ambientais. Nesse contexto, surge o bambu como uma alternativa de matéria-prima renovável a ser utilizada em diversas áreas. A seguir encontram-se as principais vantagens e desvantagens quando aplicado nas construções. Muitas das características agora apresentadas já foram citadas anteriormente no trabalho.

5.1 VANTAGENS QUANTO À DISPONIBILIDADE DO MATERIAL PARA APLICAÇÃO NA ENGENHARIA CIVIL

Como já comentado no item 3.1 deste trabalho, de acordo com Hidalgo-López (2003) o bambu é pouco exigente em relação ao solo e ao clima e está presente naturalmente em quase todos os continentes. Sendo assim, torna-se fácil encontrar e cultivar esse material.

De acordo com Pereira (2001), a gramínea é o recurso natural que leva o menor tempo para ser renovado. Como já citado no item 3.3, o bambu está pronto para o corte entre três e cinco anos após o plantio, e nos anos seguintes, ele pode ser colhido anualmente (NOGUEIRA, 2008). Apesar dos colmos terem vida útil variando entre 4 e 15 anos, a touceira vai continuar permitindo colheitas anuais, ou seja, é perene (APUAMA, 2017). Sendo assim, a gramínea possui um ciclo de vida bastante longo e não requer replante, diferentemente dos pinus e eucalipto.

O material é, portanto, uma matéria-prima renovável, já que com a facilidade de cultivo e o correto manejo aliados à produtividade e perenidade das touceiras existirá sempre bambu para abastecer o mercado.

5.2 VANTAGENS QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

Uma das vantagens da gramínea em relação às suas características físicas é a leveza. No item 3.3 já foi comentado que a massa específica aparente do bambu se situa entre

500 e 800 kg/m³ (LIESE, 1998). A planta possui uma ótima relação entre sua resistência e sua massa específica, sendo muito vantajosa quando comparada com materiais de resistências parecidas. O aço, por exemplo, possui resistência similar, porém densidade 90% maior (PEREIRA, 2001).

A composição do bambu, sua formação e arranjo molecular, principalmente as fibras que são abundantes, tornam o material resistente à tração mecânica de forma comparável aos outros compostos naturais ou sintéticos (OLIVEIRA, 2013). Ghavami e Marinho (2001), comentam que devido a forma de seção circular o centro de gravidade se mantém estável, quanto mais retilíneo for o colmo menor será a chance de flambagem da peça. Os autores afirmam ainda que apesar da resistência à compressão ser menor que a resistência à tração, seu valor também é satisfatório.

Em relação à sua versatilidade, no capítulo 4 foram apresentadas algumas utilizações na área da construção civil. Percebendo-se então as diversas formas em que o bambu pode ser empregado, desde elementos estruturais até elementos de vedações.

Entre as vantagens, destaca-se também a baixa energia consumida em sua produção. A energia consumida na produção de um metro cúbico de bambu é, segundo Ghavami et al. (2003, apud OLIVEIRA, 2013), 50 vezes menor que para o mesmo volume de aço e 8 vezes mais baixa para o mesmo volume de concreto, tendo assim menos impactos na sua produção.

“Os bambuzais diminuem a erosão do solo, retêm água, regulam caudais hídricos, reduzem as temperaturas e apresentam carbono estocado na forma de tecido lenhoso” (BENAVIDES, 2012, f. 128). Considera-se que cerca de 50% da massa do bambu seja constituída por esse elemento. Portanto, como há o rebrote anual, existe a necessidade de se obter grande quantidade de carbono para o desenvolvimento de seus tecidos (APUAMA, 2017).

De acordo com Benetti et al. (2009, apud MAIA, 2012) a gramínea pode retirar cerca de 62 toneladas de CO_2 por hectare plantado ao ano, esse valor é 3 vezes maior que o de uma floresta nativa ou reflorestada, além disso libera aproximadamente 35% a mais de oxigênio.

Sendo assim, por ser um material oco, circular e cheio de fibras, a gramínea possui leveza, facilidade em seu transporte, armazenamento e manejo, além de resistência suficiente para ser utilizado de diversas maneiras na construção civil. A baixa energia consumida em sua produção e a capacidade de absorver mais dióxido de carbono e gerar mais

oxigênio do que a mesma quantidade de árvores são características que também fazem do bambu um material ecologicamente viável.

Além de possuir vantagens, como qualquer outro material similar ele também possui alguns inconvenientes quando utilizados como material de construção, tais desvantagens serão comentadas a seguir.

5.3 DESVANTAGENS QUANTO À FALTA DE INFORMAÇÃO PARA O USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O preconceito da população em relação à resistência do bambu é um dos problemas que mais dificulta sua utilização na construção civil. Muitas vezes ele é caracterizado pela sociedade como material popular e de má qualidade, sendo esse um falso estigma. A maioria das pessoas veem o bambu apenas como material ornamental e não enxergam seu potencial nas edificações, principalmente por falta de informação.

Além disso, outros fatores podem ser desvantajosos para a utilização dessa gramínea, como por exemplo a falta de mão-de-obra qualificada, a escassez de fornecedores de matéria-prima em larga escala e a inexistência de maquinário apropriado. A falta de fornecedores de mudas apropriadas para a construção civil, quando se pensa em escala industrial, se mostra um entrave na disseminação de seu uso. A propagação *in vitro* será de grande importância para plantios efetuados em larga escala (APUAMA, 2017).

A inexistência de normas técnicas brasileiras também dificulta o destaque do bambu em relação aos outros materiais. Entretanto, no dia 12 de julho de 2017, nas dependências do SINDUSCON – SP, foi realizada a primeira reunião para discutir uma proposta de criação da Norma Brasileira para Estruturas de Bambu. Muitos profissionais atuantes de diversos setores envolvidos com a cultura, comercialização e utilização do bambu, estiveram presentes. Tal proposta baseia-se na ABNT NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira (APUAMA, 2017).

Percebe-se então que recentemente a comunidade envolvida com a gramínea deu um passo fundamental para a conscientização da planta como material de alternativa sustentável para ser empregado nas construções civis. Espera-se que com a divulgação do bambu como material de construção e com a próxima Norma Brasileira para Estruturas de Bambu, a planta não seja mais vista como de baixa qualidade e que passem a existir fornecedores, empresas e mãos-de-obra qualificadas.

5.4 DESVANTAGENS QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

O colmo do bambu ao longo de seu comprimento varia seu diâmetro e também a espessura de sua parede. Essa variação dimensional muitas vezes é um problema para sua utilidade na construção. Além disso, em função de sua característica higroscópica, em presença de variações de umidade e temperatura, o material incha e contrai, formando rachaduras. Essas rachaduras além de causarem a instabilidade da estrutura, abrem passagem para o possível ataque de fungos e insetos que não atacariam diretamente pela casca (APUAMA, 2017).

A baixa durabilidade quando não tratado adequadamente também se mostra uma desvantagem para a construção civil. Como já visto no capítulo 3, são necessários alguns tratamentos para evitar o ataque de fungos e insetos ao longo do bambu e assim garantir a vida útil da estrutura. Além disso, durante sua utilização outros cuidados precisam ser tomados, como evitar expor o colmo à excessiva umidade, já que pode absorvê-la com facilidade e evitar variações bruscas de temperatura ou fontes de calor intenso, esses podem causar fissuras e rachaduras no colmo (GHAVAMI E BARBOSA, 2007 apud OLIVEIRA, 2013).

O bambu pode rapidamente ser consumido pelo fogo, principalmente quando possui seu teor de umidade interno reduzido. Além disso, devido suas cavidades ocas, as chamas queimam interna e externamente o colmo, facilitando sua proliferação (OLIVEIRA, 2013). Ele pode ser tratado a base de produtos que diminuam sua inflamabilidade, porém em locais suscetíveis a incêndios torna-se essencial verificar as normas locais de edificação antes da construção (LAWRENCE, 2017).

De acordo com Ghavami e Marinho (2001), o bambu possui forte tendência em sofrer rompimento paralelo às fibras quando exposto ao esforço cortante. Não sendo recomendado quando submetido à essa situação.

Sendo assim, nota-se que existem alguns aspectos que devem ser considerados antes da utilização do bambu como material construtivo. Além de levar em consideração os esforços cortantes e o risco de incêndio do local é necessário cuidar para que a peça receba o tratamento adequado, diminuído as chances de variação dimensional e de ataque por fungos e insetos e, assim, evitar a perda de sua durabilidade.

Comentados os prós e contras da utilização do bambu nas construções civis, o próximo capítulo traz as principais considerações sobre esta monografia, assim como sugestões para trabalhos futuros que possam contribuir para a disseminação dessa gramínea

como material de construção renovável, para que se criem normatizações, empresas e mão de obra especializadas e também acabe com a ideia de ser um material de baixa qualidade, minimizando as desvantagens e otimizando as vantagens de sua empregabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na necessidade de encontrar materiais que causassem menos prejuízos ao meio ambiente, pensou-se no bambu como alternativa viável. Entendeu-se que as informações seriam encontradas a partir de uma pesquisa bibliografia, buscando através de diversas fontes. Pode-se então perceber diversas opiniões registradas acerca do assunto. Como o objetivo era tornar o tema mais explícito, gerando maior conhecimento e familiaridade, o estudo foi exploratório, já que a autora desconhecia a realidade da qual procurava referências. Assim, após todas as leituras foi possível compreender e formar opiniões próprias.

Constatou-se que a planta se desenvolve em diversas condições do ambiente e possui mais de 1500 espécies. Neste trabalho foram apresentadas as três que mais se adequam para o setor de construções, quais sejam: *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys edulis*. Estudos mostraram que algumas dessas gramíneas possuem características físicas e mecânicas que permitem sua viabilidade na construção, inclusive em substituição total de elementos como o concreto, a madeira e o aço, sendo as fibras as maiores responsáveis pela resistência desse material. Falou-se também dos processos de produção, que vão desde a escolha da espécie mais adequada até os tratamentos da planta para a sua conservação. Observou-se que alguns cuidados devem ser considerados no manejo, como esperar a idade certa para o corte, assim como efetuá-lo de maneira correta, acima do primeiro nó, para que a vitalidade e o desenvolvimento das touceiras não sejam prejudicados. Uma parte das células possui polímeros de amido como fonte de reserva, isso torna o bambu atrativo ao caruncho e aos fungos após o corte, por isso são necessários alguns tratamentos para garantir a durabilidade das peças. Esta revisão bibliográfica mostrou que esses tratamentos podem ser naturais ou químicos. Os naturais comentados foram: cura na mata, cura por imersão, cura por banho quente e frio, cura por aquecimento, secagem ao ar, secagem em estufa e secagem por fumigação. Já os tratamentos químicos mais falados foram os Boucherie e Boucherie modificado. Nesses são necessários cuidados no manuseio, na aplicação, no descarte e escolha dos elementos químicos de forma que não agridam o meio ambiente. Em relação ao histórico, sua utilização data desde a pré-história e em muitos países asiáticos e latino americanos seu emprego em edificações já é uma realidade há vários anos, aparecendo tanto em estruturas de vedação como em elementos estruturais submetidos à vários tipos de esforços, como tração e compressão. Por ser muito versátil, utiliza-se o bambu em diversas aplicações e todas as suas partes podem ser aproveitadas. Entretanto, mesmo com tantas vantagens, no Brasil seu uso ainda é bastante restrito, muito devido ao preconceito da

população, que o considera como de baixa qualidade, a inexistência de normatizações e a falta de incentivo às pesquisas e às produções em larga escala. Foram também apontados alguns de seus proveitos para a engenharia civil, como na confecção de pilares, vigas, telhados, telhas, escadas, paredes, painéis de vedações, pisos, forros, portas e janelas. As conexões e o bambu em substituição às armaduras longitudinais, também foram assuntos abordados neste trabalho. Por fim, sintetizou-se as vantagens e desvantagens da planta como material construtivo, mostrando as características que a tornam uma matéria prima sustentável, principalmente pelo seu rápido crescimento, por ser auto renovável e por absorver mais carbono do que liberar.

Desta forma, como os objetivos específicos eram: descrever as características morfológicas da planta, apresentar as principais espécies para a engenharia civil, identificar características mecânicas, compreender os processos de produção e tratamento, apresentar o contexto histórico, apontar possibilidades de uso nas construções, elencar vantagens, incluindo seus aspectos sustentáveis, e desvantagens quando aplicados nas edificações, todos foram alcançados.

Como o objetivo geral deste trabalho foi de, por meio de uma revisão bibliográfica, descrever o uso do bambu na construção civil como uma alternativa de material sustentável, esse foi alcançado.

Sendo assim, com base na revisão da literatura, destaca-se que o bambu além de ser um agente de preservação da natureza, constitui-se em material adequado para as construções, apresentando características físicas e mecânicas que o tornam capaz de substituir com segurança e vantagens ecológicas os materiais convencionais das edificações, além de ser leve e de fácil manejo, transporte e armazenamento, fatores que podem diminuir o custo da construção. Dessa forma, a gramínea vem se mostrando com grande potencial para a industrialização de edificações.

Espera-se que esta monografia contribua com a disseminação da gramínea como matéria prima renovável e se direcionem estudos para seu avanço científico e tecnológico, ampliando cada vez mais este tema. Além do mais, tornou-se essencial para o aprendizado da autora, principalmente em relação à sua autonomia e crescimento pessoal e acadêmico.

Por fim, sugerem-se alguns trabalhos futuros que possam contribuir ainda mais para a divulgação do bambu como material renovável para a construção civil:

a) Estudo mais detalhado sobre as conexões e encaixes de peças de bambu;
b) Ensaios de conforto térmico e acústico; e
c) Comparativo entre diferentes normas já existentes, como exemplo, a da China, da Colômbia e do Equador.

Assim, fica constatada que esta pesquisa contribui para a importância da preservação do meio ambiente, promovendo o desenvolvimento sustentável e o conhecimento de uma diferente forma construtiva que vem se consolidando.

REFERÊNCIAS

APUAMA. **História do Bambu.** 2017. Disponível em: < http://apuama.org/bambu/>. Acesso em: 18 ago. 2017.

APUAMA. **Norma Brasileira para Estruturas em Bambu.** 2017. Disponível em: <http://apuama.org/norma-brasileira-para-estruturas-de-bambu/>. Acesso em: 06 out. 2017.

APUAMA. **Prós e Contras.** 2017. Disponível em: < http:// http://apuama.org/pros-e-contras//>. Acesso em: 05 out. 2017.

ARQSOUL. **Escadas.** 2011. Disponível em: <http://arqsoul.blogspot.com.br/2011/11/escadas.html>. Acesso em: 15 set. 2017.

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL. **Bambu e a "Arquitetura Vegetariana" de Simón Vélez**. 2016. Disponível em: <http://www.arquiteturasustentavel.org/a-arquitetura-de-bambu-do-arquiteto-colombiano-simon-velez-2/>. Acesso em: 18 ago. 2017.

ARQUITETURA UNIMAR. **Aeroporto de Madri:**T4 em busca de uma arquitetura sustentável**.** 2012. Disponível em: <https://arquiteturaunimar.wordpress.com/2012/08/15/aeroporto-de-madri-t4-em-busca-de-uma-arquitetura-sustentavel/>. Acesso em: 21 set. 2017.

ARRANZ, Flávia Aguiar; BRAGA, Débora Coting; CAMINHOLA, Patrícia Felipe. **Construções de bambu:** análise estrutural de um edifício de bambu. 2011. 102 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011. Disponível em: <https://www.scia.net/sites/default/files/thesis/construcoes_de_bambu_-_debora.pdf>. Acesso em: 29 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DO BAMBU. **A BambuSC.** 2017. Disponível em: <http://bambusc.org.br/?page_id=2>. Acesso em: 25 ago. 2017.

BAMBOO BOTANICALS. **Phyllostachys edulis (moso).** 2017. Disponível em: <http://www.bamboobotanicals.ca/html/bamboo-species/phyllostachys-edulis-moso.html>. Acesso em: 14 abr. 2017.

BAMBU TRAMADO. **Telhado de bambu.** 2011. Disponível em: <http://bambutramado.blogspot.com.br/2011/06/telhado-de-bambu.html>. Acesso em: 09 set. 2017.

BARROS, Bruna Rosa de; SOUZA, Flávio Antônio Miranda de. Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://docplayer.com.br/9297491-Bambu-alternativa-construtiva-de-baixo-impacto-ambiental.html>. Acesso em: 05 maio 2017.

BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo. **Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu guadua:** um estudo de caso no Equador. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/99326>. Acesso em: 29 set. 2017.

BERNDSEN, Rodrigo Strzelecki et al. Resistência à flexão estática e à compressão paralela do Bambu-Mossô (Phyllostachys pubescens). **Floresta**, [S.l.], Curitiba, v. 43, n. 3, p. 485-494, jul. / set. 2013. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/29319/21092>. Acesso em: 26 abr. 2017.

BRASIL. Lei 12.484, de 8 de setembro de 2011. **Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CAPELLO, Giuliana. Construções de Bambu. **Revista Téchne,** São Paulo, v. 14, n.108**,** mar. 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286055-1.aspx>. Acesso em: 07 abr. 2017.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. **Lâmpada Elétrica.** 2017. Disponível em: <http://memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pag=6&codTit1=44304&pagina=destaques/almanaque/invencoes&menu=388&iEmpresa=Menu>. Acesso em: 09 ago. 2017.

DECORA INTERI. **Sustentabilidade: Cortiça e bambu.** 2014. Disponível em: <http://decoracaodeinterioresepaisagismo.blogspot.com.br/2014/02/sustentabilidade-cortica-e-bambu.html>. Acesso em: 22 set. 2017.

DEMO, Pedro. **Introdução à metodologia da ciência.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985. 118 p.

ECO CASA. **Piso de Bambu.** 2010. Disponível em: <http://www.ecocasa.com.br/piso-de-bambu>. Acesso em: 21 set. 2017.

ECOEFICIENTES. **Réguas aparelhadas de bambu.** 2014. Disponível em: <http://ecoeficientes.com.br/guia-de-empresas/reguas-aparelhadas-de-bambu/>. Acesso em: 22 set. 2017.

ESPELHO D'ÁGUA. **Bioarquitetura.** 2017. Disponível em: <http://espelhodagualagos.blogspot.com.br/p/bioarquitetura.html>. Acesso em: 19 set. 2017.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos. **Vigas de concreto armadas com bambu.** 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas, 2002. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258714/1/Ferreira_GisleivaCristinadosSantos_M.pdf>. Acesso em: 01 set. 2017.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos; M. JUNIOR, Armando L. Armaduras de bambu em vigas de concreto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Armadura%20de%20bambu%20-%20Ferreira%20&%20Junior%20-%20Campinas.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

FERREIRA, Leonardo Menezes Chaib. **Design de móveis e bambu laminado colado**: consideração ao tratamento térmico e às características físicas e mecânicas com vistas ao

projeto de produtos. 2014. 180 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/17237>. Acesso em: 21 set. 2017.

FILGUEIRAS, Tarciso S. ; GONÇALVES, Ana Paula Santos. A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, Califórnia, USA, v. 18, n.1, p.7-18,2004.

FILGUEIRAS, Tarciso S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (gramineae: bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 11, n.1, p. 47-66, 1988.

FOLHA LITORAL. Bambu faz de Ibiraçu polo de excelência em derivados da planta. **Jornal Folha do Litoral,** Aracruz**,** 23 jun. 2017. Economia, p. 09. Disponível em: <http://www.folhalitoral.com.br/site/index.php?p=noticias_ver&id=7477>. Acesso em: 09 ago. 2017.

FREITAS, Walber. **Telhados.** 2011. Disponível em: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2011/11/madeiramento-telhado.gif>. Acesso em: 08 set. 2017.

GHAVAMI, Khosrow. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. **Cement & Concrete Composites,** v. 27, n. 6, p. 637-649, Jul. 2005. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0958946504001337/1-s2.0-S0958946504001337-main.pdf?_tid=6f4ad5c8-9fd8-11e7-94fc-00000aab0f27&acdnat=1506113939_fef1f9859d86c2931c01b9fa52584a67>. Acesso em: 22 set. 2017.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. . **Determinação das propriedades dos bambus das espécies:** Mosó, Matake, Guadua angustifólia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia. Rio de Janeiro: PUCRJ- Departamento de Engenharia Civil, 2001. 53 p.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. . Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 107-114, mar. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000100016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 abr. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 171p.

GIONDA JUNIOR. Claudio. **Técnicas construtivas sustentáveis – bambu na arquitetura**. 2011. Disponível em: <http://giodas.blogspot.com.br/2011/12/tecnicas-construtivas-sustentaveis.html>. Acesso em: 15 set. 2017.

GRECO, Thiago Machado et al. Diversity of bamboo in Brazil. **Journal of Tropical and Subtropical Botany,** Guangzhou, v. 23, n. 1, p. 1-16, 2015.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **Bamboo the gift of the gods.** Bogotá: D'Vinni, 2003. 553 p.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **Bambu su cultivo e aplicaciones en:** Fabricacion de papel, Construcion, Arquitectura, Ingeniería y Artesania. Cali, Colômbia: Estudios Tecnicos Colombianos Ltda., 1974. 318 p.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **Manual de construcción con bambú.** Cali, Colômbia: Estudios Tecnicos Colombianos Ltda., 1981. 71 p.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. Tipos de bambu y metodos de cultivo. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE BAMBU, 2., 1982, Guaiaquil, Equador. **Anais...** Guaiaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 1982. p. 1-11.

INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). **Priority species of bamboo and rattan.** 1998. 116 p. Disponível em: <https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Priority_species_of_bamboo_and_rattan_49.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2017.

JOINVILLE. Secretaria de Infraestrutura Urbana. **Especificação de serviços:** manutenção em coberturas. 2012. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfGVYAI/especificacao-manutencao-coberturas>. Acesso em: 29 set. 2017.

KLEIN, Roberto M.; SMITH, Lyman B. ; WASSHAUSEN, Dieter C. **Gramíneas:** 1. Bambusa até 44. Chloris. ITAJAÍ: Herbário "Barbosa Rodrigues", 1981. 436 p.

LA PATRIA. **Feira de Manizales.** 2017. Disponível em: <http://www.lapatria.com/micrositio-feria-de-manizales-2013/recinto-del-pensamiento-23134>. Acesso em: 29 set. 2017.

LAMBOO. **Windows and Doors.** 2017. Disponível em: <https://www.lamboo-glazing.com/windows--doors--operables?lightbox=i211o8w>. Acesso em: 22 set. 2017.

LAWRENCE, Antonia. **Inflamabilidade de diferentes tipos de madeira**. 2017. Disponível em: < http://www.ehow.com.br/inflamabilidade-diferentes-tipos-madeira-lista_4392/>. Acesso em: 06 out. 2017.

LIESE, Walter. **Bamboos - Biology, silvies, properties, utilization**. Hamburgo, Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 1985. 132 p.

LIESE, Walter. **The anatomy of bamboo culms.** China: Technical Report, 1998. 204 p.

MAIA, Camila Lima. **Uso do bambu como material de construção.** 2012. 78 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MAIA, Gabriel Kozlowski. Tensegrity de bambu: Estruturas adaptáveis e eficientes. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC-RIO, 17., 2009, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/civ/gabriel.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

MARÇAL, Victor Hugo Silva. **Uso do bambu na construção civil**. 2008. 60 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008. Disponível em: <http://www.bambusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/tratamentobambu_vitor_hugo_marcal.pdf>. Acesso em: 19 maio 2017.

MATSUURA, Sérgio. **Santos Dumont é homenageado 110 anos após voo do 14-Bis.** 2016. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/santos-dumont-homenageado-110-anos-apos-voo-do-14-bis-19153579>. Acesso em: 09 ago. 2017.

MICHELON, Anderson Luiz da Silva. **Estudo comparativo de dois tipos de painéis de MDP:** com adição de papel impregnado e lâminas de bambu. 2011. 119 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Itapeva, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119980/000787017.pdf?sequence=1> Acesso em: 23 abri. 2017.

MOIZÉS, Fábio Alexandre. **Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo.** 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial–Área de Concentração: Planejamento de Produto) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96263/moizes_fa_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 set. 2017.

MORÉ, Telmo Noberto Moreira. **Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais.** 2003. 69 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MOTTA, Alexandre de Medeiros et al. **Universidade e Ciência**. Tubarão: Editora Unisul, 2013. 158 p.

NACCACHE, Anna Carolina Aiex Naccache. T**ratamentos do bambu como reforço em concreto.** 2014. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ctc/CIV/CIV-Anna%20Carolina%20Aiex%20Naccache.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2017.

NOGUEIRA, Cláudia de Lima. **Painel de bambu laminado colado estrutural.** 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-30052008-143617/pt-br.php>. Acesso em: 23 abri. 2017.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Andrade de. **Conhecendo o bambu e suas potencialidades para o uso na construção civil.** 2013. 82 f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/100.pdf>. Acesso em: 5 out. 2017

PADOVAN, Roberval Bráz**. O Bambu na Arquitetura:** Design de conexões estruturais. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru – SP, 2010.

PAIVA, Cida. **Centro cultural ganha certificação Gold.** 2017. Disponível em: <https://arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/selo-leed-centro-cultural-max-feffer>. Acesso em: 19 set. 2017.

PEIXOTO, Luciana Kaviski. **Sistema construtivo em bambu laminado colado:** proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008. Disponível em:

<http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9731/1/2008_LucianaKaviskiPeixoto_reduzida.pdf >. Acesso em: 26 set. 2017.

PEREIRA, Marco Antônio dos Reis. **Bambu:** Espécies, Características e Aplicações. Departamento de Engenharia Mecânica/Unesp. Bauru. 2001, 56 p. Apostila.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. **Projeto bambu:** introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012. 200 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106710>. Acesso em: 14 abr. 2017.

PINHAL. **O que é telha capa canal?** 2009. Disponível em: <http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-telha-capa-canal/>. Acesso em: 09 set. 2017.

REIS, Arley. **Palestra divulga o potencial do bambu na arquitetura e construção.** 2009. Disponível em: < http://noticias.ufsc.br/2009/12/palestra-divulga-potencial-do-bambu-na-arquitetura-e-construcao/>. Acesso em: 20 out. 2017.

RIGHI, Luiz Antônio. **Oficina de bambu.** 2017. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/righi/agenteeficiente/bambu.php>. Acesso em: 04 ago. 2017.

RODRIGUES, Sandra. **Bambucreto:** O bambu substituindo o ferro na construção civil. 2015. Disponível em: <http://bambushow.blogspot.com.br/2015/01/bambucreto.html>. Acesso em: 22 set. 2017.

ROGERS STIRK HARBOUR PARTNES. **T4 Madrid Barajas Airport.** 2017. Disponível em: < https://www.rsh-p.com/projects/t4-madrid-barajas-airport/>. Acesso em: 21 set. 2017.

SANT'ANA, Rogério Ribeiro de; VAZ FILHO, Hélio Ferreira. Bambu na arquitetura: potencial construtivo e suas vantagens econômicas. In: REUNIÃO ANUAL DE CIÊNCIAS, 3., 2013, Uberlândia. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.computacao.unitri.edu.br/erac/index.php/e-rac/article/view/132/174>. Acesso em: 29 set. 2017.

SANTOS, Altair. **Pesquisa consolida bambu como parceiro de concreto.** 2015. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/bambu-parceiro-do-concreto/>. Acesso em: 22 set. 2017

SCHRÖDER, Stéphane. **Comparando Propriedades Mecânicas do Bambu:** Guadua VS Moso. 2011. Disponível em: < https://www.guaduabamboo.com/guadua/comparing-mechanical-properties-of-bamboo-guadua-vs-moso?rq=edulis>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SCHRÖDER, Stéphane. **Dendrocalamus giganteus.** 2010. Disponível em: <https://www.guaduabamboo.com/species/dendrocalamus-giganteus>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SCHRÖDER, Stéphane. **Espécies de bambu das Américas.** 2014. Disponível em: <https://www.guaduabamboo.com/distribution/american-bamboo-species>. Acesso em: 06 abr. 2017.

SCHRÖDER, Stéphane. **O que é Guadua Angustifolia?** 2014. Disponível em: <https://www.guaduabamboo.com/guadua/what-is-guadua-angustifolia >. Acesso em: 10 abr. 2017.

SCHRÖDER, Stéphane. **Phyllostachys.** 2010. Disponível em: <https://www.guaduabamboo.com/genera/phyllostachys?rq=Phyllosta>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SILVESTRI FILHO, João Ricardo. **Dispositivos de ancoragem em varetas de bambu na associação com o concreto.** 2009. 112 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009. Disponível em: <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000040/000040E0.pdf > Acesso em: 22 set. 2017.

SITIO DA MATA BAMBUS. **O que é e para que serve o Guadua angustifólia?** 2014**.** Disponível em: <http://sitiodamatabambus.blogspot.com.br/2015/05/tudo-sobre-o-bambu-guadua-angustifolia.html>. Acesso em: 14 abr. 2017.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos de bambu na construção civil.** 2014. 102 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica do Paraná, Campo Mourão, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5872/1/CM_COECI_2014_1_08.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

TEIXEIRA, Anelizabete Alves. **Painéis de Bambu para Habitações Econômicas:** Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006. Disponível em: < http://repositorio.unb.br/handle/10482/5185>. Acesso em: 14 abr. 2017

TROPICAL BAMBOO. **Dendrocalamus.** 2006. Disponível em: <http://www.tropicalbamboo.org/subspecies/Dendrocalamus/D_giganteus1sm.jpg>. Acesso em: 14 abr. 2017.

TROPICAL BAMBOO. **Dendrocalamus.** 2006. Disponível em: <http://www.tropicalbamboo.org/subspecies/Dendrocalamus/656.jpg>. Acesso em: 14 abr. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Professor de arquitetura da UFSC ganha concurso internacional de design com bambu.** 2017. Disponível em: <http://noticias.ufsc.br/2017/03/professor-de-arquitetura-da-ufsc-ganha-concurso-internacional-de-design-com-bambu/>. Acesso em: 18 ago. 2017.

VÉLEZ, Simón. **Projects**. 2015. Disponível em:< http://www.simonvelez.net/projects.html>. Acesso em: 09 set. 2017.

YAMAUCHI. Maria. **Pesquisar materiais – Bambu.** 2012. Disponível em: <http://construirporyamauchi.blogspot.com.br/2012/03/pesquisar-materiais-bambu.html> Acesso em: 15 set. 2017.

ZAPPELINI, Júlia. **Caracterização citogenética de três espécies de bambu nativas da América do Sul:** Guadua chacoensis (Rojas) Londoño & P.M. Peterson, Guadua angustifolia Kunth e Chusquea tenella Nees (Poaceae). 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) -

Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/179902/348735.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 out. 2017.

ZAPPELINI, Júlia. **Diversidade Genética de Espécies de Bambu na Ilha de Santa Catarina:** Observações Preliminares. 2014. 32 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132086/J%C3%9ALIA%20ZAPPELINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 out. 2017.