Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil

ESTRUTURA TRELIÇADA EM BAMBU PARA UTILIZAÇÃO EM TELHADOS RESIDENCIAIS

Telmo Norberto Moreira Moré

Florianópolis – SC
Agosto de 2003

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil

ESTRUTURA TRELIÇADA EM BAMBU PARA UTILIZAÇÃO EM TELHADOS RESIDENCIAIS

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós- Graduação em Engenharia Civil,
da Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para obtenção
do título em "Mestre em Engenharia Civil ".

Telmo Norberto Moreira Moré

Florianópolis – SC
Agosto de 2003

ESTRUTURA TRELIÇADA EM BAMBU PARA UTILIZAÇÃO EM TELHADOS RESIDENCIAIS

Telmo Norberto Moreira Moré

Área de Concentração – Construção Civil

Orientadora - Profª. Carolina P. Szücs

Florianópolis – SC

Agosto de 2003

MORÉ, Telmo Norberto Moreira. ***Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais.*** Florianópolis, 2003. 69p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Santa Catarina.

Orientadora: Carolina Palermo Szücs

Defesa: Ago/2003

Esta Dissertação de Mestrado enfoca o uso do bambu como material alternativo para a construção de treliças para telhados residenciais. Com o crescimento demográfico, a demanda por moradias aumentou e com isso cresceu a busca de materiais alternativos e de tecnologias que reduzam os custos da construção. O bambu, material de grande potencialidade, pode ser utilizado em grande quantidade por ser facilmente encontrado, com produção de baixo custo e apresentar fácil trabalhabilidade. É um recurso renovável, pois pode ser replantado indefinidamente, não agredindo a natureza. A utilização do bambu na construção, no Brasil, entretanto tem sido pouco freqüente e na maior parte das vezes é muito precária, carecendo de tecnologia de manejo mais apropriada. O presente trabalho pretende divulgar técnicas de manejo e utilização do bambu como material de construção como forma de difundir o material, esclarecendo suas limitações e potencialidades. Dados alguns constrangimentos de ordem cultural do uso do bambu no Brasil, este trabalho apresenta este material para treliças de telhados e mostra também que a utilização de pinos metálicos, fibra de vidro e cola à base epóxi como reforço das ligações, aumentaram consideravelmente a resistência da treliça.

Palavras-chaves: Bambu, Sistema Construtivo, Treliças.

ESTRUTURA TRELIÇADA EM BAMBU PARA UTILIZAÇÃO EM TELHADOS RESIDENCIAIS

TELMO NORBERTO MOREIRA MORÉ

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA
Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____
Profª Drª Carolina Palermo Szücs
Orientadora - UFSC

_____
Prof. Dr. Carlos Alberto Szücs
UFSC

_____
Prof. Roberto de Oliveira, PhD
UFSC

_____
Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo
UNICAMP

Florianópolis – SC
Agosto de 2003

Em memória de meu pai

Coronel Telmo Luiz Moré

AGRADECIMENTOS

À professora Carolina Palermo Szücs, pela oportunidade de realização do curso, por sua excelente orientação com seus ensinamentos teóricos e sugestões feitas ao trabalho, sem as quais esta dissertação não teria sido realizada.

Ao professor Carlos Alberto Szücs pelo auxílio e orientação na realização dos ensaios e ao LEE – Laboratório de Experimentação em Estrutura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao Altervir Castro dos Santos e Gustavo Lacerda Dias, que possibilitaram a realização dos ensaios.

A Débora Trupel e Rodrigo Ferrario pela grande ajuda na parte prática do trabalho.

Aos professores e colegas que de alguma forma ajudaram na realização do curso.

À minha família por ter me agüentado neste período de curso e ter financiado as despesas do mesmo.

ÍNDICE

Lista de figuras ____ ix

Lista de tabelas ____ x

Resumo ____ xvi

Abstract ____ xvii

PARTE 1- UTILIZAÇÃO DO BAMBU COMO SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

1. APRESENTAÇÃO ____ 1

1.1 Justificativas do Trabalho ____ 1

1.2 Objetivos ____ 2

1.2.1 Objetivo Geral ____ 2

1.2.2 Objetivos Específicos ____ 2

1.3 Estrutura do Trabalho ____ 2

2. BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO ____ 4

2.1. Introdução ____ 4

2.2. Potencialidade do bambu ____ 6

3. A PLANTA BAMBU ____ 10

4. O MANEJO DO MATERIAL ____ 16

5. UTILIZAÇÃO DO BAMBU EM ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS ____ 24

5.1. Construções utilizando o bambu ____ 24

5.2. Ligações entre peças de bambu ____ 32

PARTE 2 - TRELIÇA EM BAMBU PARA ESTRUTURA DE TELHADOS

6. APLICAÇÃO DO BAMBU EM TRELIÇAS ESTRUTURAIS PARA TELHADOS _ 35

7. PROJETO DA ESTRUTURA _____ 36

8. METODOLOGIA APLICADA_____ 39

8.1. Solução estrutural em bambu _____39

8.2. Tratamento e construção da viga treliçada com e sem reforço com cola à base epóxi e fibra de vidro _____40

9. ENSAIOS_____45

9.1. Ensaio 1 – Ligações _____ 45

9.2. Ensaio 2 – Viga Treliçada _____ 48

9.3. Análise Resultados Obtidos _____ 53

10. CONCLUSÕES _____ 56

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ 57

12. BIBLIOGRAFIA _____ 59

13. SITES NA INTERNET CONSULTADOS _____ 62

14. ANEXOS_____ 64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Templo Bambushain em Hangzhou,China 4
Figura 2 - Ponte de bambu 4
Figura 3 - A cúpula do Taj Mahal estruturada em bambu 5
Figura 4 - Demoiselle – avião construído por Santos Dumont 5
Figura 5 - Andaimes de bambu 6
Figura 6 - Andaimes de bambu 6
Figura 7 - Sessão transversal do colmo 13
Figura 8 – Células do bambu 13
Figura 9 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações 14
Figura 10 - Brotos comestíveis comercializados 16
Figura 11 - Bambu com seção quadrada 16
Figura 12 - Cesta de bambu 17
Figura 13 - Rede de bambu 17
Figura 14 - Cortina de bambu 17
Figura 15 - Esteiras para vedação 17
Figura 16 - Cerca com ripas de bambu 17
Figura 17 - Torre de bambu 17
Figura 18 - Laminados para pisos 17
Figura 19 - Malha de bambu para lajes 17
Figura 20 - Banco de bambu 18
Figura 21 - Cama de bambu 18
Figura 22 - Processo de cura na mata 19
Figura 23 - Tanque com água para cura do bambu 20
Figura 24 - Bambu curado em rio ou lago 20
Figura 25 - Secagem com fogo 20
Figura 26 - Secagem com maçarico 21
Figura 27 - Bomba de ar comprimido e sistema de mangueiras para Boucherie 22
Figura 28 - Desenho esquemático do Método Boucherie modificado 22
Figura 29 - Tambor para tratamento químico 23
Figura 30 - Banheira de barril de ferro 23

Figura 31 - Residência na Colômbia 24
Figura 32 - Estrutura em bambu 24
Figura 33 - Casa de bambu em Bangladesh 24
Figura 34 - Casa de bambu no Equador 24
Figura 35 - Habitação rural de bambu no Equador 25
Figura 36 - Conjunto habitacional – Equador 25
Figura 37 - Pequena residência em Tatuí-SP 25
Figura 38 - Moradia em bambu / Campinas-SP 25
Figura 39 - Residência (Pod Hale) Havaí 25
Figura 40 - Residência Havaí 25
Figura 41 - Residência (Thai Hale) Havaí 26
Figura 42 – Residência em bambu com 2 pavimentos 26
Figura 43 - Pequena residência – Havaí 26
Figura 44 - Detalhe da Cobertura 26
Figura 45 - Interior de uma habitação 26
Figura 46 - Detalhes da Cobertura 26
Figura 47 - Residência de bambu rebocado 27
Figura 48 - Conjunto Habitacional – Colômbia 27
Figura 49 - Chalé com estrutura em bambu –Colômbia 27
Figura 50 - Painéis de vedação utilizados como paredes 27
Figura 51 - Residência em bambu com cobertura de palha 27
Figura 52 - Cabana de bambu 27
Figura 53 - Pavilhão da Colômbia / Exposição de Hannover 2000 28
Figura 54 - Detalhe - Pavilhão da Colômbia / Exposição de Hannover 2000 28
Figura 55 - Memorial ao crepúsculo / Campo Grande-MS 28
Figura 56 - Memorial dos Índios / Campo Grande-MS 28
Figura 57 - Cobertura estruturada em bambu 28
Figura 58 - Ponte em bambu –Colômbia 28
Figura 59 - Restaurante com estrutura em bambu 29
Figura 60 - Armazém em bambu 29
Figura 61 - Mercado estruturado em bambu 29
Figura 62 - Detalhe da estrutura e fundação – Colômbia 29
Figura 63 - Cobertura em bambu e detalhe construtivo. Colômbia 29

Figura 64 - Quiosque em bambu 30
Figura 65 - Coreto em bambu 30
Figura 66 - Cobertura de apoio 30
Figura 67 - Ponto de ônibus 30
Figura 68 - Cabana de Jô Scheer /Porto Rico 30
Figura 69 - Quiosque UnB / Brasília-DF 30
Figura 70 - Quiosque em Vero Beach, Florida 31
Figura 71 - Cobertura em bambu – Zôo de Frankfurt 31
Figura 73 - Telhas de bambu 31
Figura 74 - Telhas de bambu 31
Figura 75 - Painéis de vedação (paredes) 31
Figura 76 - Detalhe do painel de vedação 32
Figura 77 - Muro de bambu 32
Figura 78 - Muro de bambu 32
Figura 79 - Escada de bambu 32
Figura 80 - Escada de laminado de bambu 34
Figura 81 - Ligações com pinos de bambu 34
Figura 82 - Ligações com cordas de fio de náilon 34
Figura 83 - Detalhe da base da estrutura 34
Figura 84 - Ligações com peça metálicas 35
Figura 85 - Detalhe da ligação 35
Figura 86 - Ligações com pinos de madeira 34
Figura 87 - Ligações com cipó plástico 34
Figura 88 - Ligações com cipó plástico 34
Figura 89 - Estrutura da cobertura –complexidade das ligações 35
Figura 90 - Treliça de bambu para sustentação do telhado 36
Figura 91 - Ponte treliçada em bambu – Colômbia 36
Figura 92 – Esquema de treliças isostáticas 37
Figura 93 –Planta Baixa – Módulo de 3,5 m x 3,5 m 38
Figura 94 - Vista da estrutura 38
Figura 95 - Perspectiva do módulo 39
Figura 96 - Possibilidade de ampliação 39
Figura 97 - Viga treliçada estudada – dimensionamento 40

Figura 98 - Detalhe da estrutura / Vista lateral e Vista frontal ____ 40
Figura 99 - Dimensionamento das vigas treliçadas ____ 41
Figura 100 - Esforços ocorrido nas barras das vigas ____ 41
Figura 101 - Maquete da viga treliçada em estudo ____ 42
Figura 102 - Moita de onde foram extraídas as peças ____ 42
Figura 103 - Corte das peças ____ 42
Figura 104 - Transporte das peças de bambu ____ 43
Figura 105 - Limpeza das peças com água ____ 43
Figura 106 - Óleo queimado utilizado na secagem das peças ____ 44
Figura 107 - Óleo queimado aplicado com pincel ____ 44
Figura 108 - Secagem dos colmos com maçarico ____ 44
Figura 109 - Gás e maçarico utilizado no tratamento ____ 44
Figura 110 - Limpeza das peças para retirar o excesso de óleo ____ 45
Figura 111 - Peças tratadas ____ 45
Figura 112 – Estudo de montagem das vigas ____ 45
Figura 113 - Detalhe das ligações ____ 45
Figura 114 - Cola à base de epóxi e fibra de vidro utilizadas no trabalho ____ 45
Figura 115 - Corpo-de-prova com 20 cm, lixado nas pontas ____ 46
Figura 116 – Corpo-de-Prova pronto para ensaio ____ 46
Figura 117 - A colar é aplicada com pincel e a fibra de vidro
é enrolada na seqüência ____ 47
Figura 118 - Dispositivo de ensaio das ligações ____ 48
Figura 119 - Desenho do dispositivo de ensaio ____ 48
Figura 120 - Base confeccionada para facilitar os furos nos corpos-de-prova ____ 48
Figura 121 - Furadeira utilizada para fazer os furos nos corpos-de-prova ____ 48
Figura 122 – Máquina Universal de Ensaios ____ 49
Figura 123 – Corpo-de-prova ensaiado a tração ____ 49
Figura 124 – Corpo-de-prova com fibra rompido ____ 50
Figura 125 – Corpo-de-prova sem fibra rompido ____ 50
Figura 126 - Furadeira manual utilizada na construção da treliça ____ 50
Figura 127 – Arco de serra usada para serrar as barras rosqueadas ____ 50
Figura 128 – 1ª etapas da construção da viga treliçada ____ 51
Figura 129 – 2ª etapas da construção da viga treliçada ____ 51

Figura 130 – 3ª etapas da construção da viga treliçada _____51
Figura 131 – 4ª etapas da construção da viga treliçada _____51
Figura 132 – 5ª etapas da construção da viga treliçada _____51
Figura 133 - Viga treliçada sem reforço _____ 51
Figura 134 - Detalhe da ligação com fibra _____ 52
Figura 135 - Detalhe da ligação com fibra _____ 52
Figura 136 - Detalhe da ligação sem fibra _____ 52
Figura 137 - Detalhe da ligação sem fibra _____ 52
Figura 138 – Vigas sendo pesadas _____ 52
Figura 139 – Balança _____52
Figura 140 - Desenho esquemático do sistema de aplicação de cargas _____53
Figura 141 - Determinação dos esforços nas barras da
viga treliçada pelo método de Maxwell-Cremona _____ 53
Figura 142- Viga treliçada sendo submetida ao ensaio _____ 54
Figura 143 – Transdutor de deslocamento _____ 54
Figura 144 - Viga sendo ensaiada _____ 54
Figura 145 - Rompimento nas ligações _____ 54
Figura 146 - Deformação do pino metálico na ligação _____ 54
Figura 147 - Viga sem reforço nas ligações sendo ensaiadas _____ 55
Figura 148 - Cisalhamento das barras comprimidas na direção das fibras _____ 55
Figura 149 - Rompimento longitudinal do bambu
no banzo superior (viga sem reforço) _____ 55
Figura 150 - Ruptura da área das ligações (viga sem reforço) _____ 55
Figura 151 - Gráfico de deslocamento _____ 56

ANEXOS

Figura 152 - Ligações entre vigas e pilares _____64
Figura 153 - Sistemas de fixação de bambus
por meio de pinos de madeira ou bambu _____65
Figura 154 - Uniões sobrepostas de peças horizontais
com peças verticais ou inclinadas _____66
Figura 155- União de elementos horizontais _____67
Figura 155- União de topo com intersecção de
elementos verticais e horizontais _____68
Figura 157- Ligações entre bambus feitas com corda
(sisal, cipó plastico ou corda de fios de nailon)_____69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies prioritárias de bambu _____ 12

Tabela 2 – Resistência mecânica de algumas espécies de bambu _____ 15

Tabela 3 – Resultado do ensaio das ligações e diâmetro do corpos-de-prova _____ 47

Tabela 4 – Resultado de ensaio e densidade básica das vigas treliçadas _____ 53

RESUMO

Esta Dissertação de Mestrado enfoca o uso do bambu como material alternativo para a construção de treliças para telhados residenciais. Com o crescimento demográfico, a demanda por moradias aumentou e com isso cresceu a busca de materiais alternativos e de tecnologias que reduzam os custos da construção. O bambu, material de grande potencialidade, pode ser utilizado em grande quantidade por ser facilmente encontrado, com produção de baixo custo e apresentar fácil trabalhabilidade. É um recurso renovável, pois pode ser replantado indefinidamente, não agredindo a natureza. A utilização do bambu na construção, no Brasil, entretanto tem sido pouco freqüente e na maior parte das vezes é muito precária, carecendo de tecnologia de manejo mais apropriada. O presente trabalho pretende divulgar técnicas de manejo e utilização do bambu como material de construção como forma de difundir o material, esclarecendo suas limitações e potencialidades. Dados alguns constrangimentos de ordem cultural do uso do bambu no Brasil, este trabalho apresenta este material para treliças de telhados e mostra também que a utilização de pinos metálicos, fibra de vidro e cola à base epóxi como reforço das ligações, aumentaram consideravelmente a resistência da treliça.

Palavras-chaves: Bambu, Sistema Construtivo, Treliças.

ABSTRACT

This Master Thesis focuses the use of bamboo as alternative for housing roof trusses. With the demographic growth, the demand for housing construction has increased and has led for searching of alternative materials and technologies that reduce construction costs. The bamboo, material of great potentiality, can be widely used due to its availability, low-cost production and for its workability. It is a renewable resource, therefore it can be replanted indefinitely, not without nature damage. The use of the bamboo in the construction, in Brazil, however has been little frequent and in the most of the times it is very precarious, lacking of more appropriate handling technology. The present work present intends to disseminate techniques of handling and use of the bamboo as material of construction as a form tothinout popular this material utilization, clarifying its limitations and potentialities. Given some cultural restraints for using bamboo in Brazil, this work presents this material for roof trusses and sample also that the use of metallic bolts, fibre glass and glue to the base epóxi as reinforcement of the linkings, had consideravelmente increased the resistance of the roof trusses.

Word-keys: Bamboo, Constructive System, Bamboo Trusses.

1. APRESENTAÇÃO

1.1. Justificativas do Trabalho

Esta dissertação de conclusão do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil tem com principal objetivo a disponibilização de informações sobre o bambu e a difusão de técnicas alternativas para seu uso em construção civil, na forma de treliças.

O bambu é uma planta perene que ocorre naturalmente em diversas partes do mundo, apenas na Europa este fato não acontece, e que apresenta inúmeras utilidades. Existem milhares de formas tradicionais documentadas de utilização do bambu (SASTRY, 1999).

Esta planta, pertencente à família das gramíneas, é muito utilizada em inúmeros ramos da ciência e no trabalho humano, destacando-se por sua rapidez de crescimento, sustentabilidade ambiental, seu caráter nutritivo, sua resistência mecânica e sua flexibilidade.

Todas as suas partes podem ser utilizadas. O bambu vem ganhando atenção de pesquisadores, por seu rápido crescimento e múltiplos usos.

O bambu não deixa de ser uma alternativa tecnológica para população de menor poder aquisitivo, podendo proporcionar uma fonte de renda para estas populações que cultivariam o bambu como matéria-prima na composição de vários elementos utilizados na construção civil.

A questão ambiental é um tema amplamente discutido mundialmente. A poluição causada pela industrialização desordenada gera desequilíbrio por toda parte do globo. O bambu é um material que pode agir com eficiência no combate a inúmeras formas de poluição (PEREIRA, 2001), mostrando-se como excelente alternativa por produzir oxigênio, reciclar a água de rios e lagos e limpar o solo de elementos nocivos. É também um material de fonte renovável, apresentando tempo de maturação relativamente curto, com três anos, já algumas espécies apresentam condições de ser extraídas (FARRELY,1984).

O bambu pode ser extraído sem problemas já que está liberado pela legislação vigente, pois o IBAMA, em sua portaria 48, de 10/07/1985, no artigo 29, autoriza o livre corte da planta, pois, trata-se de uma espécie que não corre risco de extinção.

Apresenta-se, o bambu portanto, como uma alternativa real para a utilização como material de construção, aplicado a programas sociais.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Proporcionar o interesse pela utilização da gramínea bambu como material de construção, onde de forma ilustrativa, são apresentadas características gerais do bambu desde de sua história, anatomia, característica físicas, mecânicas e exemplos construtivos utilizando o bambu como matéria-prima para construção civil, no caso, aplicação em estrutura de telhados.

1.2.2 Objetivo Específico

a. O objetivo especifico da pesquisa é o tratamento da planta bambu para a transformação da mesma em material na construção de vigas treliçadas para telhados com perfil em I, para ensaiá-las à flexão estática (4 pontos).

b. O efeito de ganho de carga e segurança com a colocação da fibra de vidro.

1.2.3. Estrutura do Trabalho

A presente dissertação está dividida em duas partes, além das referências bibliográficas, bibliografia, sites na Internet e anexos.

A PRIMEIRA PARTE é composta pelo Estado da Arte e possui cinco capítulo.

A metodologia para coleta de dados aplicada na pesquisa do Estado da Arte foi de consulta a livros, periódicos, artigos de congressos e sites na Internet que enfocam a utilização do bambo como material de construção.

Capítulo 1, intitulado APRESENTAÇÃO, trata da importância do tema, dados sobre a pesquisa, os objetivos gerais e específicos, como também a estrutura do trabalho.

Capítulo 2, intitulado BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO, mostra um panorama sobre a história e potencialidade da utilização da gramínea bambu como

material de construção, apontando suas vantagens e seus inconvenientes.

Capítulo 3, intitulado A PLANTA BAMBU, trata da parte anatômica do bambu, das formas de plantio e das resistências mecânicas de algumas espécies de bambu.

Capítulo 4, intitulado O MANEJO DO MATERIAL, mostra a transformação planta bambu em material de construção e dos tipos de tratamento dos colmos contra fungos e insetos.

Capítulo 5, intitulado UTILIZAÇÃO DO BAMBU EM ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS, apresenta de forma ilustrativa vários exemplos da utilização do bambu como matéria prima para construção civil e ligações entre peças de bambu.

A SEGUNDA PARTE da dissertação apresenta a parte prática do trabalho que consiste na construção e ensaio de vigas treliçadas em bambu para telhados residenciais, para análises de sua resistência a esforços.

Capítulo 6, intitulado APLICAÇÃO DO BAMBU EM TRELIÇAS ESTRUTURAIS PARA TELHADOS, apresenta possibilidades da utilização do bambu na construção de treliças.

Capítulo 7, intitulado PROJETO DA ESTRUTURA, mostra o projeto de onde surgiu a idéia da construção da viga treliçada em bambu.

Capítulo 8, intitulado METODOLOGIA APLICADA, apresenta a solução estrutural em bambu, assim como o tratamento utilizado e a construção da viga treliçada.

Capítulo 9, intitulado ENSAIOS, apresenta os ensaios realizados e a análise dos resultados obtidos.

Capítulo 10, intitulado CONSIDERAÇÕES FINAIS, apresenta as conclusões finais e sugestões para futuros trabalhos de pesquisa.

Limitações de ordem de tempo e financeiras não permitiram o ensaio de um número mais representativo de treliças, bem como os efeitos da geometria variável do material e o controle da sua idade.

2. BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

2.1 Introdução

A história do bambu coincide com o início da civilização asiática. Acredita-se que o bambu teve sua origem no Cretáceo, antes da era Terciária, na qual surgiu o ser humano (HIDALGO LOPEZ, 1974). A origem da palavra bambu é difícil de ser explicada pelos etimologistas, da mesma forma que diversas espécies ainda são desconhecidas para os botânicos.

Desde os primórdios, o bambu acompanha o homem na sua evolução oferecendo uma infinidade de utilidades. Um dos primeiros elementos da ideologia chinesa que existiu, foi um desenho de bambu constituído por dois talos com folhas e ramos que se denomina CHU, que é um dos mais antigos caracteres chineses. A utilização do bambu foi identificada já entre os anos 1600 a 1100 a.C. (HIDALGO LOPEZ, 1974).

O bambu é uma planta usada desde os antepassados e tem uma significativa importância para a humanidade, sendo conhecido com “madeira dos pobres” na Índia, “o amigo das pessoas” na China e “o irmão” no Vietnã.

Na Ásia são encontrados os exemplos mais antigos de arquitetura com bambu como templos e pontes (figuras 1 e 2).

Fig.1- Templo Bambushain em Hangzhou, China / 1000 Things of Bambu

Fig.2-Ponte de bambu / 1000 Things of Bambu

O Taj Majal possui sua abóboba estruturada em bambu (figura 3), inspiração para toda uma linha construtiva em países ocidentais (FARRELY, 1984).

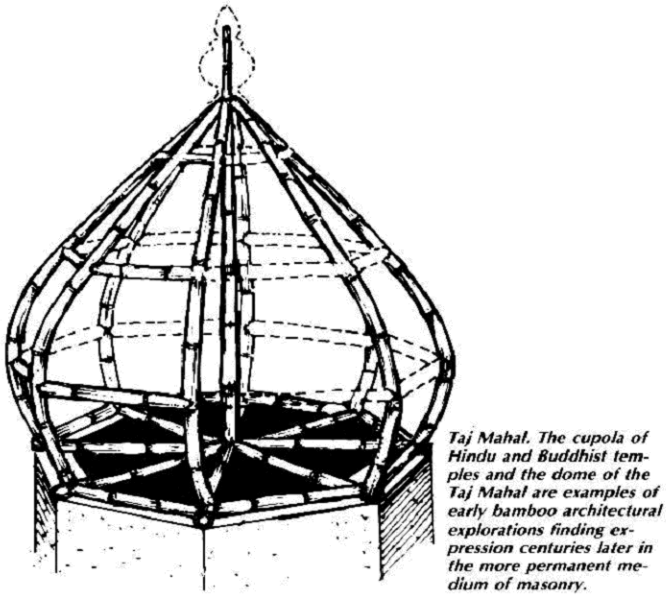


Fig.3- A cúpula do Taj Mahal estruturada em bambu./ (FARRELY, 1984)

Os primeiros filamentos utilizados em lâmpadas por Thomas Edson foram de bambu e nos primeiros aviões construídos por Santos Dumont, como o modelo Demoiselle (figura 4), foram utilizados taliscas de bambu.

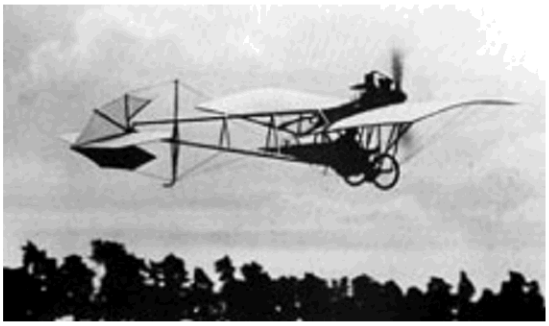


Fig. 4- Demoiselle – avião construído por Santos Dumont
Utilizando colmos de bambu.

De acordo com (FENG e CHAO, 1997), a China é o país que mais produz bambu, possuindo uma área plantada, em 1997, de 3,4 milhões de hectares, com uma produção de um bilhão de colmos anualmente.

2.2 Potencialidade do Bambu como Material de Construção

Com o processo de urbanização acelerado nas grandes cidades aliado a elitização do solo urbano gerou-se um déficit habitacional; a falta de moradia tornou-se um sério problema mundial, principalmente nos países subdesenvolvidos e em via de desenvolvimento.

O bambu ocorre em toda superfície do Vietnã, e apresenta um grande potencial para o desenvolvimento sócio-econômico das zonas rurais e montanhosas deste país (FARRELY, 1984).

Na Ásia, sua importância atinge tal nível que a planta é considerada "divina" em alguns países.

Atualmente o bambu ainda é muito usado no Japão e em Hong Kong na confecção de andaimes utilizados na construção de arranha-céus (figuras 5 e 6).

Fig.5- Andaimes de Bambu / Foto: W. Liese

Fig.6- Andaimes de Bambu / 1000 Things of Bambu

Conhecido como amigo da natureza e a planta dos mil usos entre os orientais, no Ocidente o bambu quase não é explorado, exceto em alguns países sul-americanos.

No atual contexto social e produtivo mundial, observam-se crises assolando países inteiros. Estes se encontram à margem da política econômica mundial, e não conseguem estimular e manter economia própria. Mas existem alguns países vendo o bambu como um dos meios alternativos para aumentar a produtibilidade agrícola, gerar emprego e estimular a indústria. Como exemplo pode-se citar a Costa Rica, com o Projeto Nacional de Bambu. (CHAVES e GUTIERREZ, 1995)

A Costa Rica não possuía espécies adequadas, nem tradição da utilização do bambu na construção civil, mas foi através da implantação de um programa

habitacional de 5 anos que se desenvolveu uma tecnologia construtiva que obteve grande sucesso e credibilidade. Atualmente, a produção habitacional em bambu, neste país, se dá em torno de 1.500 casas por ano, cumprindo um pré-requisito exigido pela Organização das Nações Unidas para construção de unidades habitacionais (BARBOSA e INO, 1998).

Países vizinhos do Brasil, como Equador, Colômbia e Peru, possuem o bambu presente em sua cultura. Até mesmo Costa Rica citada anteriormente, introduziu em sua cultura a exploração do bambu, através do Projeto Nacional de Bambu; a idéia consiste no emprego de um material alternativo, econômico e adequado a uma zona sujeita a abalos sísmico. O projeto tem como objetivo a utilização sustentável do bambu como material de base para realização de um programa de moradia de interesse social e para industrialização e comercialização dos produtos complementáres. Além disso prevê a elaboração de cartilhas que ensinem a construção de residências e painéis de vedação, a instalação de fábricas de painéis que permitam baratear e agilizar o processo construtivo e a fábrica de móveis de bambu.

A utilização do bambu na construção no Brasil tem sido pouco freqüente e precária, por causa da falta de tecnologia apropriada e da falta de pesquisa e informação. Apesar da abundância e da grande variedade de espécies de bambu, esse material tem sido explorado de forma irracional.

Por estar localizado em áreas tropicais e subtropicais, e possuir uma extensa reserva natural, o Brasil pode obter uma boa economia de recursos com a utilização do bambu na construção civil. O principal uso do bambu é como matéria-prima na construção de móveis.

A procura por alternativas de materiais e de tecnologias que diminuam o custo da construção vem sendo cada vez mais intensa. Neste contexto situa-se o bambu, material não convencional de grande potencialidade, podendo ser utilizado em grande quantidade, encontrado em várias regiões e fácil de produzir. É um material estruturalmente eficiente e de boa resistência às intempéries, quando tratado de forma correta. Devido à sua boa flexibilidade, é difícil tombar com o vento. Apresenta igualmente, uma grande importância no combate à erosão em terrenos acidentados.

O sistema redicular do bambu possui uma grande capacidade de conter encostas, áreas erodidas ou sujeitas à erosão.

Segundo GHAVAMI e HOMBECK (1981) a utilização do bambu pode reduzir em até 30% o custo final de uma construção.

O bambu é o recurso natural e florestal que menos tempo leva para ser renovado. É um ótimo captador de carbono, podendo ser utilizado em reflorestamento e como regenerador ambiental (PEREIRA, 2001).

Assim pode-se afirmar que casas feitas de bambu são construções ecologicamente corretas.

Outras formas de aplicação do bambu são: substituição do aço nas peças de concreto armado (BARBOSA,et Al., 1995), como combustível, na indústria de papel e celulose, na fabricação de compensados e chapas, na produção de álcool, pois possui um alto teor de carboidratos (70 a 85%) em relação à matéria seca.

As vantagens na utilização do bambu como material de construção podem ser:

- Disponibilidade do material – é fácil de encontrar touceiras com abundância em áreas rurais.
- Perenidade: embora os colmos tenham uma vida útil variando entre 4 e 15 anos, a touceira (moita) é perene (BAMBUBRASILIS, 2003).
- Sustentabilidade – pelo fato da moita ser perene, com o devido manejo de colheita sempre existirá bambus para abastecer a produção.
- Multiplicidade de espécies- existem várias espécies, algumas são denominadas anãs, com pequeno diâmetro e porte inferior a 1 m, enquanto outras são gigantes diâmetro superior a 20 cm e altura até 30 m (BAMBUBRASILIS, 2003).
- Versatilidade de uso - Segundo LIESE (1986), foi publicado no Japão em 1903, uma lista com mais de milhares de utilizações do bambu.
- Boa trabalhabilidade – é fácil o manuseio com as peças.
- Boa resistência aos esforços mecânicos
- Leveza das peças – o colmo por ser oco faz com que as peças sejam leves, facilitando o transporte. A massa específica aparente situa-se de 500 a 800 kg/m3, denotando um bom desempenho do material em testes mecânicos.
- Aproveitamento integral – todas as partes do bambu são utilizadas. Na construção de uma residência o refugo serve para fazer os móveis e a sobra para objetos decorativos.
- Pouco poluente – utilizando-se todo bambu, não há resíduo.

- Baixo custo de produção – o investimento na produção do bambu é pequeno, pois ele não necessita de muita técnica para seu plantio e manutenção.

Os inconvenientes do uso do bambu:

- Preconceito da população em relação ao material.
- Baixa durabilidade se não tratado convenientemente.
- Susceptibilidade ao ataque de insetos.
- Dificuldade na execução das ligações entre as peças.
- Geometria particular: variabilidade dimensional.
- Mão-de-obra não qualificada.
- Desgaste do maquinário – ferramentas de corte.
- Variações dimencionais.
- Ensaios não normatizados.
- Interdisciplinaridade necessária para: projetos, construções,uso e manutenção.

3. A PLANTA BAMBU

Os bambus são plantas gramíneas, herbáceas gigantes e lenhosas, que se desenvolvem rapidamente. Está classificada como *Bambusea*.

O bambu é o grupo mais variado de plantas da família das gramíneas e a mais primitiva subfamília que se caracteriza por seu talo lenhoso (monocotiledônea).

O crescimento do bambu ocorre de forma diferente das árvores. Da acordo com (AZZINI et al., 2001), o crescimento pode ser comparado a um telescópio, onde os colmos saem do solo com diâmetro e números de nós definidos e, em menos de um ano atingem a altura máxima. Após o primeiro ano, os colmos vão amadurecendo, isto é, vão mudando suas características internas tornando-se mais resistentes.

A planta desenvolve-se bem na maioria dos solos, principalmente nos solos soltos, bem drenados, com pH entre 5,0 e 6,5 (PEREIRA,2001). Solos muito úmidos ou com lençol freático alto podem inibir seu melhor desenvolvimento, enquanto que solos salinos não são adequados para o seu cultivo. Quanto à necessidade de chuvas, de uma maneira geral, os bambus se desenvolvem bem com precipitações da ordem de 1.000 mm anuais ou mais.

Os bambus se distribuem naturalmente entre as latitudes 45º 30' Norte e 47º Sul, desde os trópicos até as regiões temperadas. São encontrados desde o nível do mar até em elevações alpinas, como algumas espécies do gênero *Arundinaria* que se encontram na Índia a 3.000 metros de altitude. Porém, a maioria das espécies ocorre em áreas quentes e com chuvas abundantes da Ásia tropical e sub-tropical, América do Sul e África.

As temperaturas altas promovem o crescimento dos bambus enquanto que as baixas o inibem, exceto alguns bambus do gênero *phyllostachys*, que se desenvolvem mesmo em eventuais mínimas de 8º C até médias máximas de 36º C de temperatura (PEREIRA,2001).

O bambu é uma cultura que se desenvolve facilmente quando as condições lhe são favoráveis. Práticas como calagem, adubação, tratos culturais e irrigação devem ser utilizadas sempre que necessárias, para garantir o melhor desenvolvimento da planta.

O bambu encontra-se constituído por uma parte aérea chamada de colmo e uma subterrânea formada por rizoma e raizes.

O bambu não possue raios, só vasos, feixe de fibras longitudinais e células de parênquimatosas (figuras 7 e 8).

Os principais componentes químicos do colmo do bambu são celulose, hemi-celulose, lignina e, em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. (LIESE, 1996) A composição química do bambu varia com a espécie, as condições de crescimento, a idade e a região do colmo que é considerada. A proporção entre a lignina e os carboidratos varia durante o período de maturação do colmo, o qual pode durar cerca de um ano, após o qual mantêm-se constante.

Em geral se conhece entre 60 e 90 famílias que somam em média 1500 espécies (HIDALGO LOPEZ, 1974).

As espécies nativas de bambu existentes no Brasil são geralmente espécies ornamentais, exceto a espécie *Guadua angustifólia* que também é nativa da Colômbia e está presente na região Norte do país (PEREIRA, 2001).

No Brasil existem 31 espécies de bambu. As mais comuns são: *Bambusa vulgaris*, *Bambusa gracilis*, *Bambusa multiplex*. As espécies ornamentais são: *Thyrsostachys siamensis*, *Phyllostachys nigra* e *Bambusa glacilis*. As espécies usadas na construção são: *Dendrocalamus giganteus*, *D. strictus*, *D. asper*, *Bambusa tulda* e *B. tuldoides* (AZZINI et al., 2001).

Uma interessante particularidade é o fato de que a seção do colmo de bambu, que é oval, pode tomar a forma quadrada, envolvendo-o com uma fôrma sólida, de metal e do formato que se queira produzir no bambu.

Conforme a Tabela 1 o bambu possui características distintas de acordo com cada espécie, com base em critérios relativos à sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agroecologia.

Tabela 1 – Espécies prioritárias de bambu (INBAR), de acordo com PEREIRA (2001).

Espécies	Valor			Manejo	Clima e Ecologia		Recursos Genéticos				
	C	RI	E		CL	SL	D	S	IV	T	F
Bambusa Bambos	++	++	++	D	h.d.s	r.m.p	H	L	M	M	H
B. blumeana	++	++	++	D	h.d.s	r.m.p	H	L	H	H	H
B. polymorpha	+	+	-	D	h.d	r.m	H	H	M	H	H
B. textilis	+	++	+	D	st	r.m	M	L	H	H	L
B. tulda	+	++	+	D	h.d	r.m	H	M	H	H	H
B. vulgaris	-	-	++	D	h.d.s	r.m.p	L	L	L	L	L
Chephalostachyus pergralicile	+	++	+	W	h.d	m	M	L	M	H	M
Dendrocalamus Asper	++	+	++	D	h.d	r	H	H	M	H	H
D. giganteus	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H
D. latiflorus	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L
D. strictus	++	+	++	D	d.s	m.p	M	L	L	H	M
Gigantochloa apus	+	++	+	D	h	r	H	H	M	H	H
G. levis	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H
G. pseudoarundinária	++	+	+	D	h.d	r	M	L	H	H	L
Guadua angustifolia	++	++	++	W	h	r.m	H	H	H	H	H
Melocana baccifera	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M
Ochilandra	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H
Phyllostachys pubencens	++	++	++	D	t	r.m	M	M	L	L	L
Thyrsostachis siamensis	++	++	++	D	d.(h)	w.(r)	M	M	L	H	L

Valor: C = Potencial para comercialização ++ (alto) ; + (médio) ; - (baixo)
RI = Indústria rural ++ (alto) ; + (médio) ; - (baixo)
E = Regenerador ambiental ++ (alto) ; + (médio) ; - (baixo)

Manejo: D = Domesticado
W = Selvagem

Clima e Ecologia: CL = Clima - h (trópicos úmidos); d (trópicos secos);
s t (subtropical); s (semi-árido); t (temperado)
SL = Solo – r (rico); m (médio); p (pobre)

Recursos genéticos: D = Desgaste genético
S = Necessidade de pesquisa sobre armazenamento de sementes
IV = Necessidade de pesquisa sobre reprodução in vitro
T = Necessidade de maiores transferências
F = Necessidades de levantamentos futuros
H (alto) – M (médio) – L (baixo)

3.1 Colmo do bambu

De acordo com (LIESE, 1986), a estrutura anatômica determina as propriedades de um colmo de bambu.

O colmo é a parte aérea que possui forma de tronco de cone e contém uma série de entrenós (ocos) separados de forma transversal por diafragmas (nós), dos quais saem os ramos e destes as folhas.

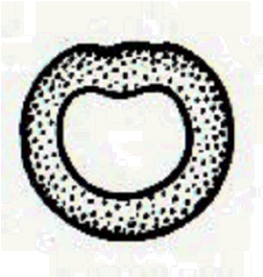
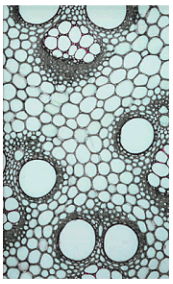


Fig.7- Seção transversal do colmo do bambu (FARRELY, 1984)



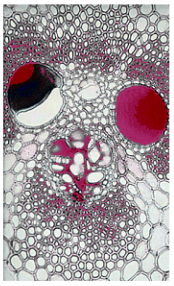


Fig.8- Células de bambu./ 1000 Things of Bambu

Os nós contêm menor quantidade de substâncias solúveis, cinza e lignina e maior quantidade de celulose do que os internós. A estação do ano influencia o teor de materiais solúveis em água, como o amido, sendo a extração mais importante na estação seca do que na chuvosa. Após a celulose, a lignina é o mais importante constituinte do bambu.

O crescimento dos colmos de bambu apresenta vários estágios de lignificação da base para o topo de um mesmo colmo; longitudinalmente a lignificação em cada internó ocorre do topo em direção à base do colmo, enquanto que transversalmente ela ocorre de dentro para fora, complementando-se em uma estação de crescimento.

A parte exterior do colmo possui duas camadas de células epidermais cobertas por uma camada cutinizada e com cera. Na parte mais interna aparece uma camada mais grossa e bastante lignificada, formada por inúmeras células esclerenquimáticas (fibras). O tecido de um colmo é formado por células de parênquima, feixes vasculares e fibras. De uma forma geral, o colmo possue 50% de células parênquimatosas, 40% de fibras, 10% de tecidos condutores (vasos).

O xilema e o floema são compreendidos pelos feixes vasculares condutores. O tecido esclerenquimático é constituído pelas fibras que são responsáveis pela resistência dos colmos. (LIESE,1986).

Segundo (JANSSEN, 1988), as partes constituintes de um colmo do colmo são: cavidade, diafragma, nó, ramo, internó ou entrenó e parede, conforme ilustra a figura 9.

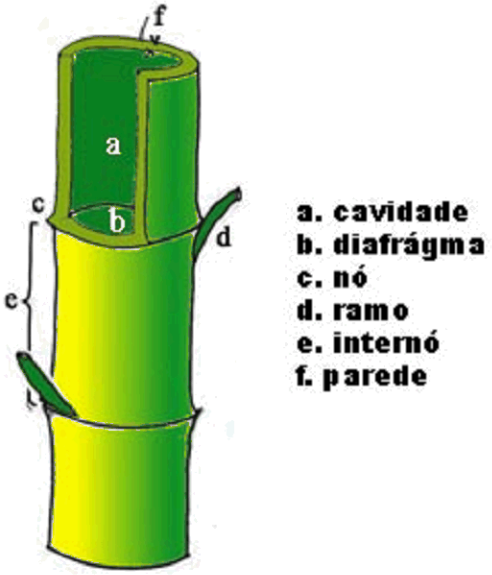


Fig.9 – Vista longitudinal com seção de um colmo de bambu e suas denominações(PEREIRA,2001).

Os colmos possuem diâmetro, altura, espessura da parede e forma de crescimento distinto de acordo com a espécie. Alguns colmos apresentam apenas alguns centímetro de altura e poucos milímetros de diâmetro sendo usados de forma ornamental ou são somente arbustos, mas outros podem chegar a 40 metros de altura e até 30 centímetros de diâmetro; estes são os gigantes.

O diâmetro do colmo, é o mesmo desde o período que ele nasce até seu tamanho final, depende da espécie.

As folhagens que possuem formato triangular, que caem do colmo quando o bambu alcança a altura máxima, são chamadas de brácteas.

Depois da época de crescimento do colmo, inicia-se o seu amadurecimento, que pode demorar até 3 anos, quando atinge sua resistência máxima, dependendo da espécie. De acordo com a Tabela 2, o bambu apresenta resistência mecânica variável, conforme a espécie considerada.

O bambu possui excelentes propriedades mecânicas, as quais são influenciadas pelo conteúdo de umidade do colmo, e se correlacionam com a idade e densidade deste, mas dependem principalmente do conteúdo de fibras, responsável pela

resistência. Na condição seca a resistência é maior do que na condição verde, a exemplo do que ocorre para madeira.

Um grande inconveniente encontrado por pesquisadores para a determinação das características mecânicas dos colmos do bambu, tem sido a inexistência de uma padronização dos ensaios. Isso leva cada pesquisador adotar sua própria metodologia, tornando difícil a comparação entre os resultados obtidos.

Tabela 2 – Resistência Mecânica de algumas espécies de bambu (PEREIRA, 2001)

Tração (MPa)	**Compressão (MPa)**	**Flexão (MPa)**	**Cisalhamento (MPa)**	**Espécies**
135	40	108	46	*Dendrocalamus giganteus*
285	28	89	66	*D. asper*
	63			*D. strictus*
103	27	75	56	*Bambusa multiplex*
111	34	93	54	*B. tuldoides*
317	28	90	41	*B. vulgaris var. vittata*
149	46	124	41	*B. vulgaris Schard*
	45			*B. balcoa*
297	34	76	9,5	*B. arundinacea*
130	42	102	48	*Guadua superba*
237	29	82	8,0	*G. verticilata*
120	42			*Plyllostachys bambusoides*
296	30	84	7,2	*Gigantochoa apus*

3.2 O rizoma

O rizoma é o órgão que tem a finalidade de reprodução do bambu e possui uma grande importância no seu desenvolvimento.

Pode ser de dois tipos: leptomorfo ou alastrante (ocorre em clima temperado), quando os colmos nascem isoladamente e paquimorfo, entouceirador ou moita (ocorre em regiões tropicais) os colmos se encontram agrupados. A diferença se dá na sutileza da aplicação. (HIDALGO LOPEZ, 1982)

4. O MANEJO DO MATERIAL

4.1 Colheita dos colmos (extração da matéria-prima)

Deve-se executar o corte anualmente, colhendo-se os colmos maduros, retirando também os defeituosos e os que estão secando na moita. Deve-se evitar o corte de colmos jovens ou imaturos, pois eles não atingiram suas resistências máximas. Se a exploração da moita não for feita anualmente acarretará o congestionamento dos colmos, dificultando seu manejo e, se o corte for excessivo, poderá ocasionar o enfraquecimento da moita.

A resistência máxima do bambu ocorre entre os 3 e os 7 anos, após este período de vida útil ele seca na própria moita.

Segundo HIDALGO LOPEZ (1974), o aproveitamento do colmo de de algumas espécies bambu, conforme sua idade, obedecerá aos seguintes prazos:

- 30 dias: horticultura, alimento, deformação artificial da seção (retangular; quadrada); (figuras 10 e 11)

Fig.10- Brotos comestíveis comercializados. / LinAn China

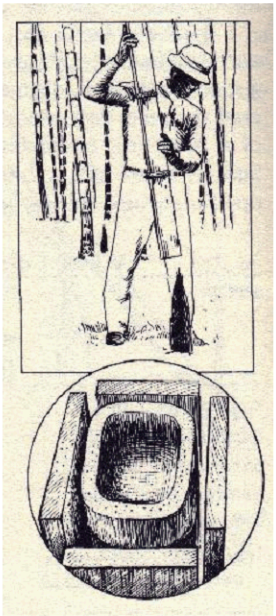


Fig.11 Bambu com seção quadrada. / (FARRELY, 1984)

- 6 meses a 1 ano: artesanato, cestaria (figuras 12, 13 e 14).

Fig.12 Cestas/1000 Things of Bambu Fig.13 Rede/ 1000 Things of Bambu Fig.14 Cortina /1000 Things of Bambu

- 2 anos: esteiras para paredes e esteirilhas ripas (figuras 15 e 16).

Fig.15- Esteiras para vedação/ 1000 Things of Bambu

Fig.16- Cercas com ripas de bambu/ Bambubrasileiro

- 3 anos: estruturas; laminado colado para pisos; reforço de concreto; mobiliário residencial (figuras 17 à 21).

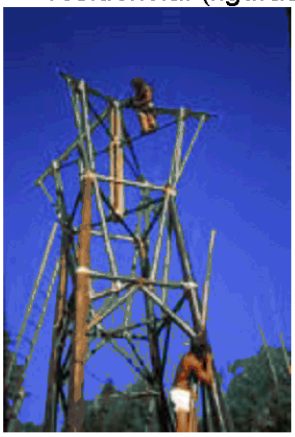


Fig.17- Torre de bambu 1000 Things of Bambu

Fig.18-Laminados para piso / 1000 Things of Bambu

Fig.19- Malha de bambu para lajes/ 1000 Things of Bambu

Fig.20- Banco de bambu / bamboohardwoods

Fig.21- Cama de bambu / High-touch

A idade dos colmos não é fácil de ser avaliada. Colmos de até 1 ano não possuem folhas nem ramos e apresentam cor mais esverdeada. Possuem brácteas, que são folhas caulinares, cobrindo os nós dos colmos inferiores e uma pelagem cerosa nos internós. Colmos mais velhos, entre 1 e 2 anos, possuem folhas, ramos e ramificações, e uma coloração um pouco amarelada, podendo conter ainda algumas brácteas. Colmos com 3 ou mais anos não apresentam mais brácteas e possuem manchas provocadas por fungos e musgos nos internós.

Conforme LIESE (1986), a colheita não deve ser feita na época do crescimento dos colmos, pois pode-se danificar os brotos que estão em desenvolvimento (época das chuvas). O corte dever ser realizado na estação seca do ano, pois os colmos estão com menor quantidade de água, tornando-se mais leves e facilitando o transporte. Outro motivo para efetuar o corte na época seca é que,nessa época, os colmos possuem menor quantidade de seiva tornando-se menos vulneráveis ao ataque de fungos e insetos.

O corte dos colmos de bambu pode ser efetuado com auxílio de moto serra, machado, serrote ou facão. Deve se feito junto ao solo, para espécies alastrantes, e para espécies que se formam em moita, o corte deve ser feito a 20 centímetros do solo e bem acima do nó, para evitar o acúmulo de água, o que ocasionaria o apodrecimento da base que ficou na moita.

4.2 Tratamento dos colmos

O bambu está sujeito à deterioração por ação de fungos e cupins. Quando tratado de forma correta pode durar muitos anos, na Ásia existem construções milenares feitas

com o bambu. Sem nenhuma forma de tratamento a vida útil de um colmo pode alcamçar de 1 a 3 anos.

O bambu deve ser seco para evitar grandes variações de dimensionamento causadas pela absorção e evaporação de água que faz com que a peça rache. Eliminando a água dos colmos se evitará que os fungos se propaguem.

A secagem e o armazenamento das peças é um ponto importante a ser considerado para conservação das mesmas.

Quando o colmo de bambu é cortado ele ainda estará úmido por dentro, e, desejando utiliza-lo para fins de construção de objetos ou estruturas deve-se secá-lo para obter resistência e durabilidade.

De acordo com Lopez (1978), existem diversos métodos de tratamento para aumentar a vida útil do bambu:

4.2.1 Métodos tradicionais

Os métodos tradicionais de preservação para aumentar a vida útil das peças de bambu são:

a. Cura na mata

Após o corte o bambu é posto na moita na posição vertical com as ramas e folhas sem contato com o piso por uns 30 dias (figura 22). Este é o método mais simples, aumenta a resistência contra as brocas, mas não contra o ataque de fungos e cupins.

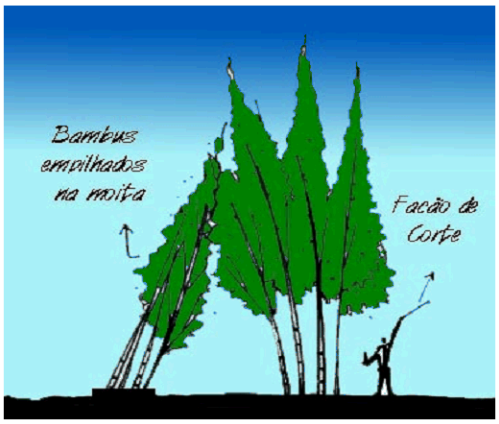


Fig.22- Processo de Cura na mata./ (HIDALGO LOPEZ, 1984)

b. Cura em água

Consiste em deixar os colmos submersos em água por várias semanas, pode ser em um tanque ou em rios ou lagos (figuras 23 e 24). Este tratamento melhora a resistência contra o ataque de insetos e fungos. Ele age diluindo o amido da polpa interna, trata-se de uma forma rudimentar de provocar a extração, degradação, do amido contido nas células parenquimatosas.

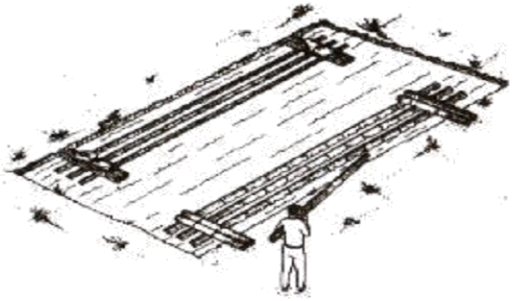


Fig.23- Tanque com água para cura do bambu./ (SALGADO ,1994)

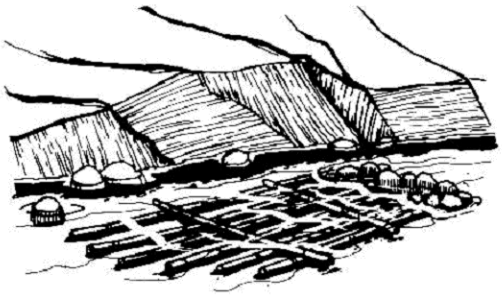


Fig.24- Bambu curado em rio ou lago./ (HIDALGO LOPEZ, 1984)

c. Cura pelo fogo

Os colmos são submetidos à ação do fogo. Com fogo pode-se obter resultados mais rápidos, mesmo em locais de climas mais frios e úmidos.

Segundo VAN LENGEN (1997) "faz-se um buraco pouco profundo e cobre-se o solo e as esquinas com tijolos, para que não perca calor. O bambu deve ser colocado a uns 50 cm acima do fogo. Para que seque de maneira uniforme, deve-se virar os colmo de vez em quando. Com este método, a parede do colmo fica mais resistente aos insetos, mas cuidado! Se o fogo for muito forte poderá abrir ou deformar os colmos." (figura 25)

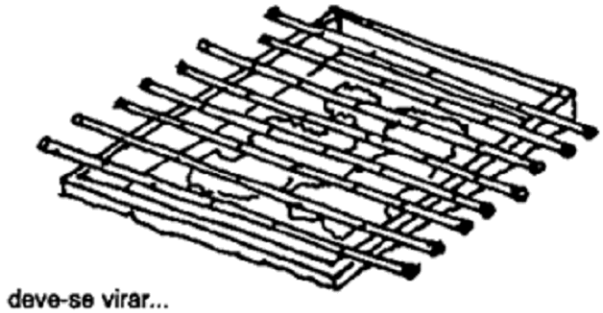


Fig.25 - Secagem com fogo (VAN LENGEN,1997)

Outro processo de secagem com fogo é a utilização de uma fonte de calor como o maçarico (figura 26). Neste caso é importante utilizar fogo baixo e passá-lo em um só

sentido o longitudinal. Porém, é um método mais demorado e trabalhoso, pois deve ser feito um de cada vez.

Fig.26- Secagem com maçarico/ Foto: Siqueira A.

Pode-se também defumar o bambu, introduzindo-o em um compartimento com pouca saída de ar, de forma que tenha fogo e fumaça sob os colmos de bambu.

A fervura (cocção) é um método muito utilizado para tratamento de bambu, consistindo em ferver o bambu em água. Aconselham-se períodos de 15 a 60 minutos para cada grupo de bambus que caibam no recipiente utilizado para fervura. Costuma-se passar um pano molhado de óleo diesel no bambu antes de ferver para hidratar e dar uma textura nas peças. A soda cáustica é outra forma recomendada para o tratamento, e deve-se misturar à água na proporção de 10 (água) para 1 (soda cáustica), mantendo o tempo de cocção de aproximadamente 15 minutos.

4.2.2 Substituição da seiva por tratamento químico

Os tratamentos com substâncias químicas são mais eficazes do que os tratamentos tradicionais, porém requerem maiores cuidados em seu manuseio, aplicação e descarte deste materiais, pois estas substâncias agridem o meio ambiente. Alguns produtos utilizados no tratamento são: Pentox, Bórax e CCB (Cu-Cr-B).

É importante salientar que o uso indevido dessas substâncias químicas muito tóxicas pode ocasionar a intoxicação grave e até a morte do operador, além de contaminar o solo ou lençol freático no local de despejo dos resíduos. Correntes ecológicas afirmam que os tratamentos naturais agridem menos o meio ambiente, portanto sendo mais ecologicamente responsáveis.

Os métodos de tratamento químico segundo PEREIRA (2001) são:

a. Método "Boucherie" modificado

Método também usado no tratamento da madeira. Utiliza-se uma bomba de ar comprimido para fornercer pressão, e mangueiras adaptadas nas extremidades do bambu; a seiva é retirada do colmo por pressão e no seu lugar é inserido o produto químico (figuras 27 e 28).

Fig.27- Bomba de ar comprimido e sistema de mangueiras para boucherie/Bamboo Brasil Design

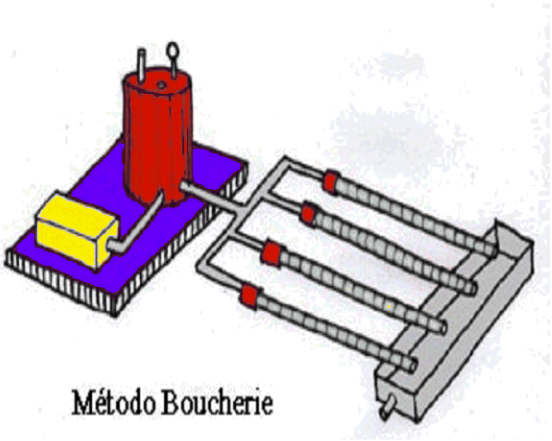


Fig.28- Desenho esquemático do Método Boucherie modificado.

b. Método da transpiração radial.

O método consiste em armazenar os colmos de bambu verdes em recipientes, que podem ser tambores metálicos soldados nas dimensões que se deseja fazer as peças ou mesmo envolvê-las em lona plástica, em seguida, já dentro deste local, borrifa-se os bambus com o produto de preservação, lacrando-o por tempo determinado (figura 29).

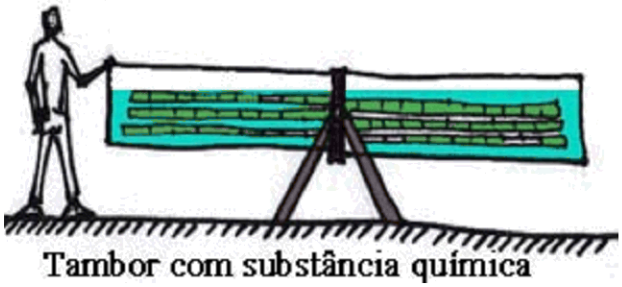


Fig.29- Tambor para tratamento químico

c. Tratamento por imersão

Os bambus são imersos em um tanque com a substância química designada, durante um período de 12 horas.

Para banhar os troncos na solução pode-se construir uma banheira tambores metálicos cortados ao meio e soldados (figura 30), como na sugestão de VAN LENGEN (1997):

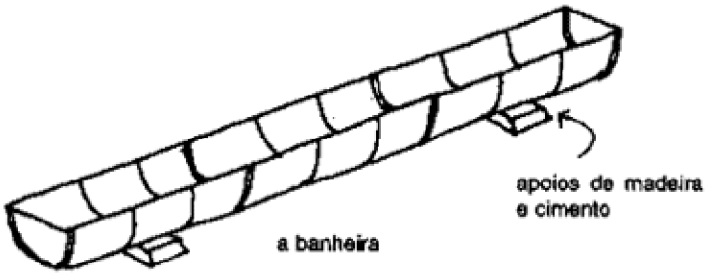


Fig.30- Banheira de barril de ferro (VAN LENGEM, 1997)

5. APLICAÇÃO DO BAMBU EM ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS

Este capítulo tem como finalidade mostrar, com ilustrações, uma variedade de exemplos de construções, e detalhes construtivos nos quais se utilizou o bambu como matéria-prima.

5.1 Construções Utilizando o Bambu como Material de Construção

Serão apresentadas soluções técnicas adotadas, através da compilação dos exemplos construtivos, utilizando o bambu como material para construção civil (figuras 31 à 79).

Fig.31- Residência na Colômbia/ W. Liese

Fig.32- Estrutura em bambu/ W. Liese

Fig.33- Casa de bambu em Bangladesh/
1000 Things of Bambu

Fig.34- Casa de bambu no Equador/
1000 Things of Bambu

Fig.35- Habitação rural de bambu no Equador/ Bambubrasileiro

Fig.36- Conjunto habitacional – Equador/ Bambubrasileiro

Fig.37- Pequena residência em Tatuí-SP / Bambubrasilis

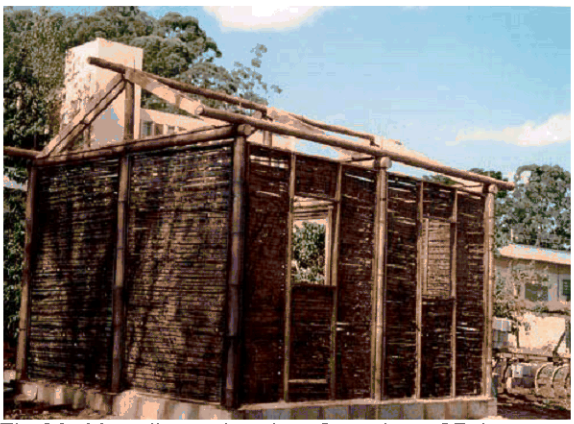


Fig.38- Moradia em bambu- Campinas-SP / Bambubrasilis

Fig.39- Residência (Pod Hale) Havaí / Bambootechnologies

Fig.40- Residência Havaí / Bambootechnologies

Fig. 41 – Residência (Thai Hale) Havaí/ Bambootechnologies

Fig.42- Residência com 2 pavimentos/

Fig.43- Pequena residência - Havaí / Bambootechnologies

Fig.44- Detalhe da Cobertura / Bambootechnologies

Fig.45- Interior de uma habitação / Bambootechnologies

Fig.46-Detalhes da Cobertura/ Bambubrasilis

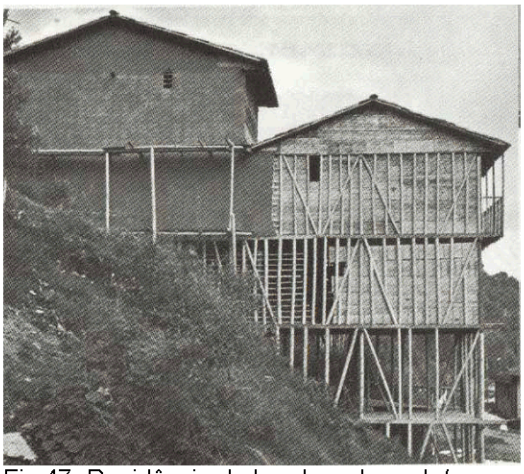


Fig.47- Residência de bambu rebocado/ Cobijo

Fig.48- Conjunto Habitacional- Colômbia / 1000 Things of Bambu

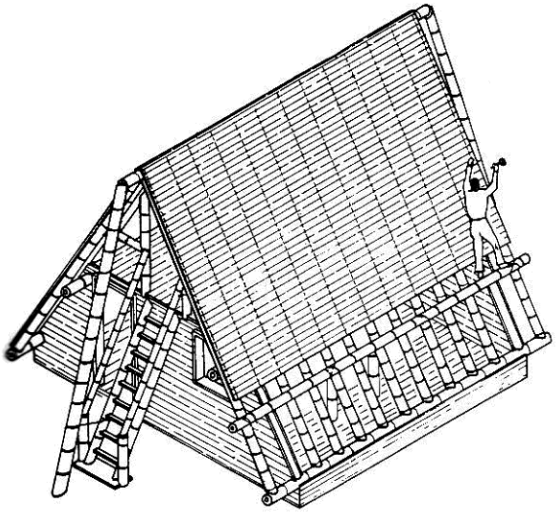


Fig.49- Chalé com estrutura em bambu-Colômbia FARRELY, D. (1984)

Fig.50-Painéis de vedação utilizados como paredes/ Vivenda Hogar de Cristo - Equador

Fig.51-Residência em bambu

Fig.52- Cabana

Fig.53- Pavilhão da Colômbia
Exposição de Hannover 2000 /
1000 Things of Bamboo

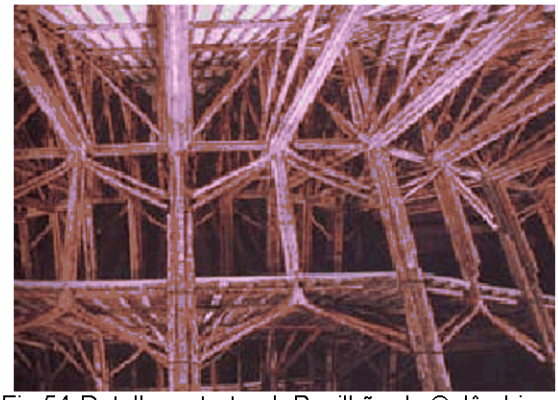


Fig.54-Detalhe estrutural- Pavilhão da Colômbia
Exposição de Hannover 2000/
1000 Things of Bamboo

Fig.55-Memorial ao crepúsculo/ Bambubrasileiro
CampoGrande– MS. / Bambubrasileiro

Fig.56- Memorial dos Índios em Campo
Grande– MS. / Bambubrasileiro

Fig.57- Cobertura estruturada em bambu.
.

Fig.58- Ponte em bambu-Colômbia./
1000 Things of Bamboo

Fig.59 - Restaurante / Liese W.

Fig.60- Armazém- Colômbia/ Liese

Fig.61- Mercado estruturado em bambu / Foto: Ximena

Fig.62- Detalhe da estrutura e fundação- Colômbia/ Stamm

Fig.63- Cobertura em bambu e detalhe construtivo.Colômbia/ Moran

Fig.64- Quiosque / Bamboo Accents

Fig.65- Coreto / Bambootechnologies

Fig.66- Cobertura de apoio / Bambootechnologies

Fig.67- Ponto de ônibus/ Liese W.

Fig.68-Cabana de Jô Scheer/Porto Rico 1000 Things of Bamboo

Fig.69- Quiosque UnB- Brasília

Fig.70-Quiosque em Vero Beach, Florida / 1000 Things of Bamboo

Fig.71-Cobertura em bambu – Zôo de Frankfurter/ 1000 Things of Bamboo

Fig.72- Telhas de bambu/ Liese.

Fig.73- Telhas de bambu / 1000 Things of Bamboo

Fig.74- Painéis de vedação (paredes)

Fig.75- Detalhe do painel de vedação

Fig.76-Muro de bambu / 1000 Things of Bamboo

Fig.77 – Muro de bambu/1000 Things of Bamboo

Fig.78- Escada de bambu/ Bambubrasileiro

Fig.79- Escada de laminado de bambu/
1000 Things of Bamboo

5.2 Ligações entre Bambus

As ligações estruturais (figuras 80 à 89) em colmos de bambu merecem as seguintes observações (anexos 1 à 6):

- Ligações parafusadas: deve-se evitar o contato direto entre as peças, e entre o bambu e o parafuso. Para evitar fissuras e esmagamento, principalmente em vigas, faz-se uso de segmentos de borracha ou silicone. Desta forma, também evita-se a entrada de água e insetos. Permite, ainda, um melhor ajuste entre as peças. Recomenda-se, enrijecer o interior dos colmos, nos pontos mais vulneráveis das peças, por meio de injeção de resina ou concreto, evitando o fendilhamento e o

esmagamento das peças.

- As ligações nas quais usam entalhes devem vir associadas à outras soluções (amarras, parafusos, pinos, cavilhas e colas).
- Nas ligações de peças roliças em ângulo nas estruturas espaciais deve-se utilizar elementos padronizados (metal, plástico ou similar), para facilitar a execução dos entalhes e garantir a rigidez da ligação.
- As ligações nas quais se utiliza a técnica de amarras, devem vir sempre associadas à utilização de parafusos, pinos ou peças para enrijecimento dos colmos, evitando o afrouxamento e a instabilidade das ligações.

Fig.80- Ligações com pinos de bambo
1000 Things of Bamboo

Fig.81- Ligações com cordas de fio de náilon

Fig.82- Detalhe da base da estrutura /
Liese

Fig.83-Ligação com peças metálicas/
Piano

Fig.84-Ligações com peças metálicas/ Shoei Yoh

Fig.85-Detalhe da ligação/ Shoei Yoh

Fig.86- Ligação com pinos de madeira
Mirante – Brasília- DF

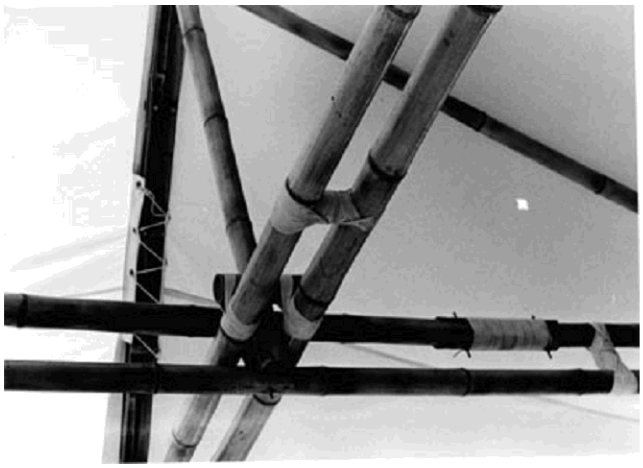


Fig.87- Ligações com cipó plástico/ UnB-Brasília-DF

Fig.88- Ligações com cipó plástico/
Brasília-DF

Fig.89- Estrutura da cobertura -complexidade
das ligações./ 1000 Things of Bamboo

6. APLICAÇÃO DO BAMBU EM TRELIÇAS ESTRUTURAIS DE TELHADO

Dos vários sistemas construtivos pesquisados, a forma mais empregada do bambu em coberturas é na forma de peças roliças, seja na composição de pequenos módulos nas tesouras, nas estruturas espaciais, ou como terças e caibros. Para grandes vãos, existe também a possibilidade de adotar soluções em treliças planas ou espaciais.

A treliça é uma das mais importantes formas estruturais da engenharia, pois com ela pode-se construir pontes e coberturas residenciais (figuras 90 e 91). Elementos treliçados também suportam grandes cargas em um vão considerável, sem o comprometimento da estrutura.

Algumas recomendações para o uso do bambu em estruturas telhados são (BARBOSA e INO, 1998):

a- As peças de bambu para a construção da cobertura devem estar secas, tratadas, impermeabilizadas e devidamente protegidas das intempéries;

b- Ter atenção na confecção das ligações. Deve-se seguir as recomendações específicas para as mesmas, afim de garantir a estabilidade da estrutura;

c- Devido ao seu reduzido peso o bambu possibilita a pré-fabricação de estruturas modulares, de fácil manuseio, transporte e montagem.

O bambu pode ser utilizado como material para construção dos mais diversos tipos de treliças.

Fig.90- Treliça de bambu para sustentação do telhado./ Brasília –DF

Fig.91- Ponte treliçada em bambu/ Colômbia-1000 Things of Bamboo

7. PROJETO DA ESTRUTURA

A seguir serão apresentadas diversas formas de treliças que podem utilizar o bambu como matéria prima para suas construções (figura 92).

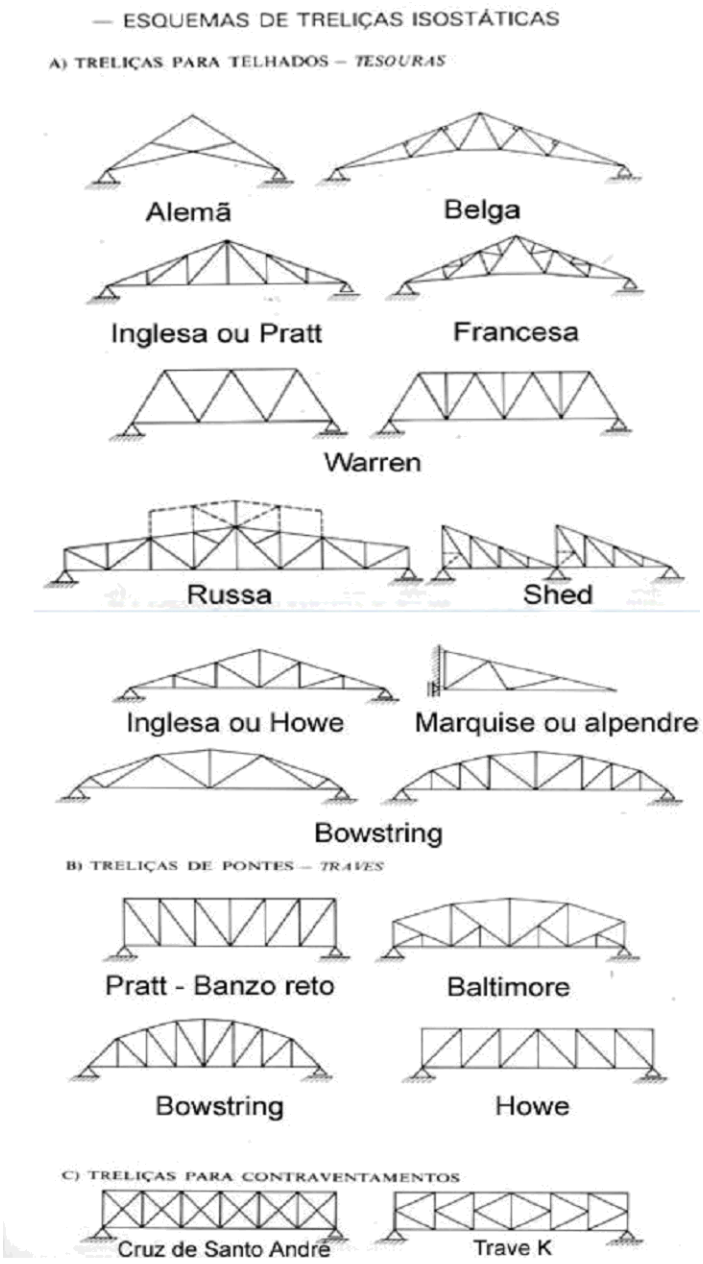


Fig. 92 – Esquema de treliças isostáticas (MOLITERNO, 1981)

Apartir do estudo das treliças, optou-se pela treliça Howe, pois ela se adequa melhor a proposta de construção.

Esta seção tem como finalidade apresentar o projeto da estrutura do módulo habitacional no qual se utiliza a viga treliçada Howe como principal peça estrutural de telhado, como também pode servir de estrutura do entre piso em uma residência.

Estas vigas treliças fazem parte da uma estrutura, que possue múltiplas formas de expansão.

Este módulo pode expandir-se para as laterais, como também para cima formando mais um pavimento (figuras 93, 94, 95 e 96).

O telhado pode ser de uma ou duas águas, e a cobertura em telhas de bambu, pranchas de madeira ou telhas asfálticas.

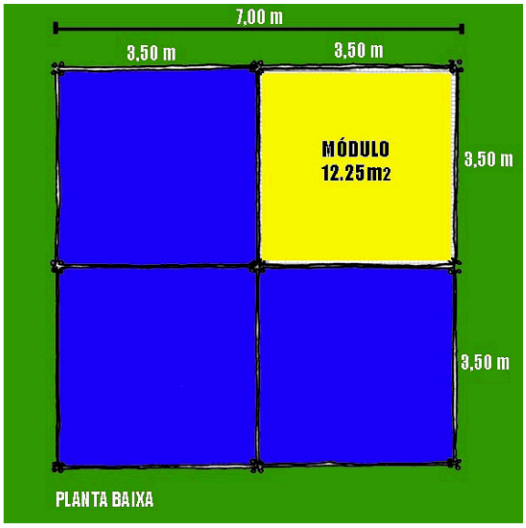


Fig.93-Planta Baixa- Módulo de 3.5m x 3.5m

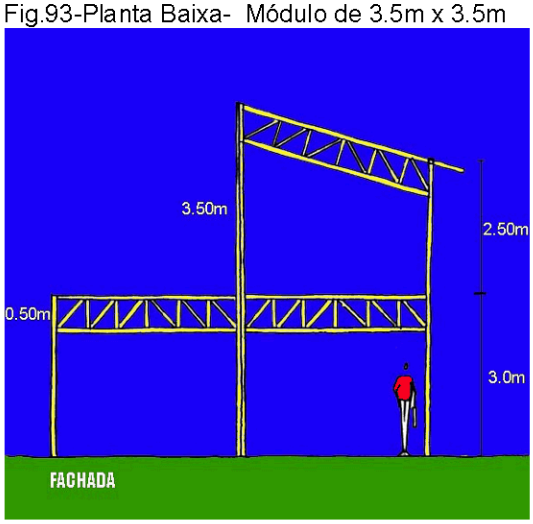


Fig.94-Vista da estrutura

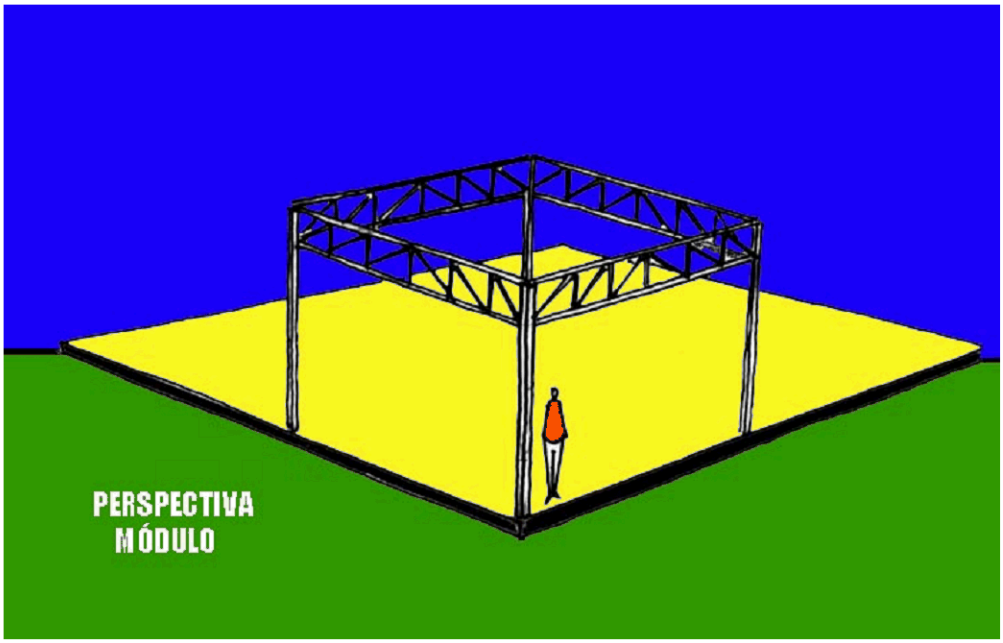


Fig.95-Perspectiva do módulo

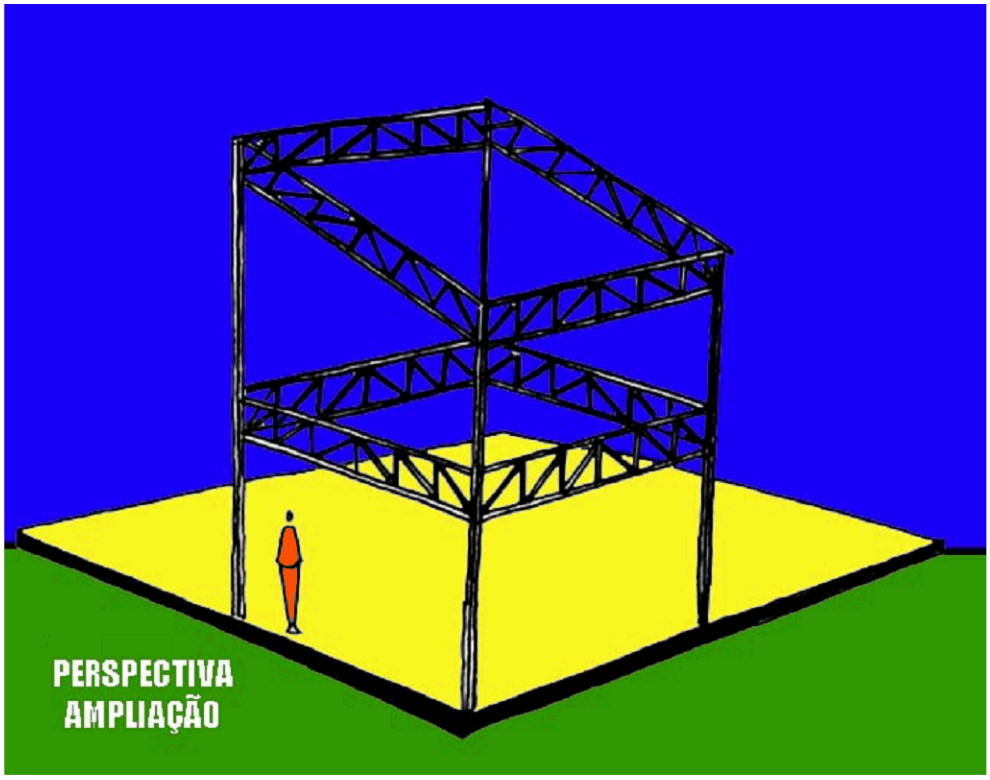


Fig.96- Possibilidades de ampliação para as laterais e para um segundo pavimento

Para o dimencionamento da viga treliçada (figuras 97 e 98) foi levado em conta a construção de módulos com o mínimo de conforto para serem utilizados como cômodos de uma habitação.

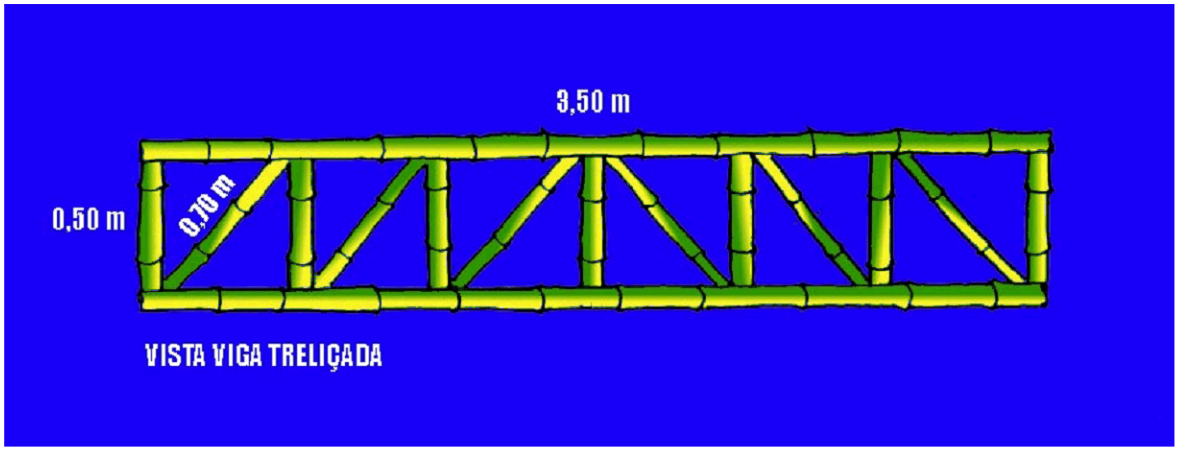


Fig.97-Viga treliçada estudada - dimensionamento

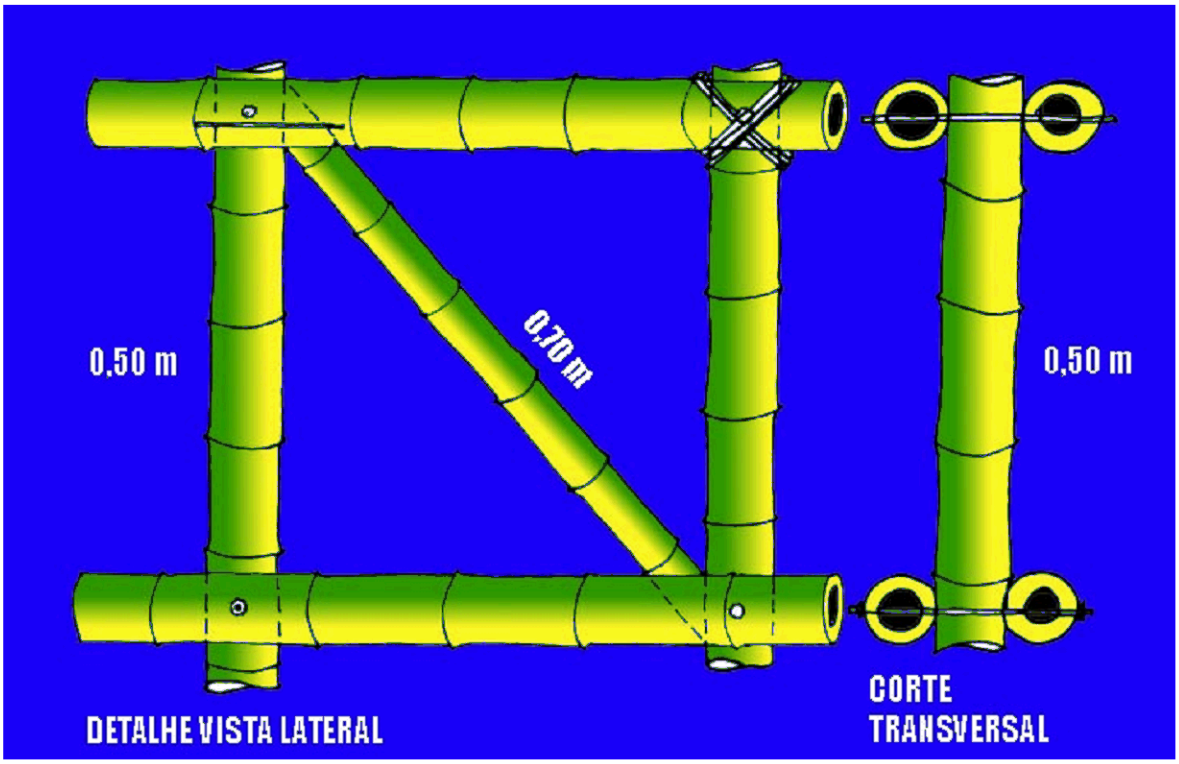


Fig.98- Detalhe da estrutura

8. METODOLOGIA APLICADA

8.1. Solução Estrutural em Bambu

A treliça a ser estudada é a viga treliçada Howe com perfil I, que possui banzos duplos e é simétrica na geometria das barras com seguintes dimensões: 3,5 metros de comprimento por 0,50 metros de altura. Possui duas peças de bambu de 3,5 metros no banzo superior, duas peças de bambu do mesmo tamanho no banzo inferior, sete montantes de 0,50 metros e 6 diagonais comprimidas 0,70 metros (figura 99).

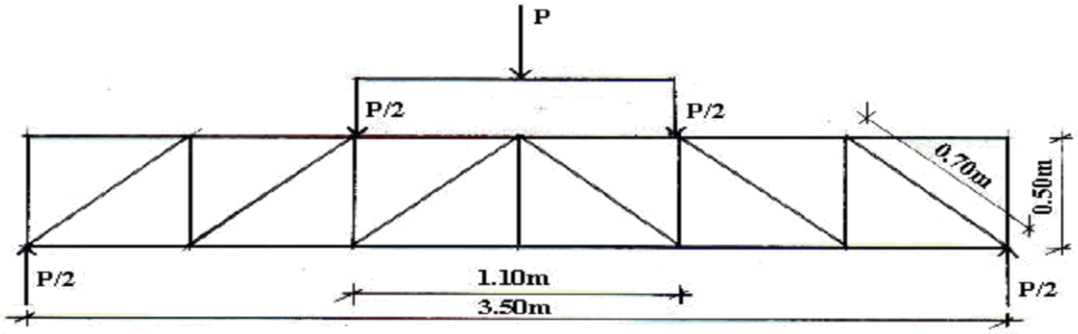


Fig.99-Dimensionamento da viga treliçadas

As barras verticais (montantes) estão submetidas a esforços de tração e as barras diagonais estão sujeitas a esforço de compressão. O banzo superior é submetido à compressão e o banzo inferior à tração (figura 100).

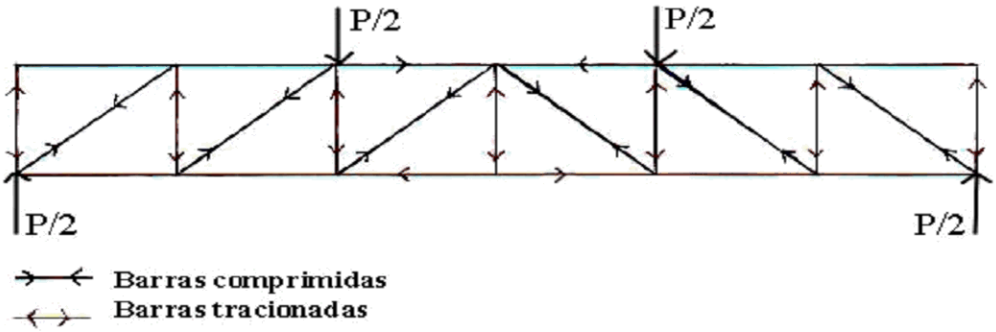


Fig. 100- Esforços ocorrido nas barras das vigas.

A escolha por este tipo de treliça deve-se ao fato dela poder ser usada na estrutura de telhados, assim como também no entre piso, em uma residência de 2 pavimentos.

8.2. Tratamento e Construção da Viga Treliçada

Esta parte teve como objetivo a transformação do bambu em material para construção de treliças (figura 101).

No presente estudo foi utilizada uma das espécies de bambu mais comum encontradas na Ilha de Santa Catarina, o *Bambusa Vulgaris Schard*.

A metodologia aplicada nos ensaio consistiu no tratamento de secagem das peças, estudo das ligações, confecção da viga treliçada na escala de 1:1 e ensaio de rompimento das peças para análise de sua resistência.

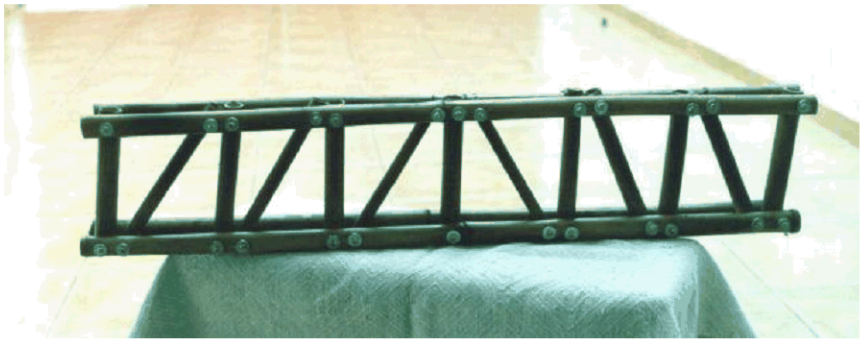


Fig.101- Maquete da viga treliçada em estudo.

Os bambus foram extraídos em Florianópolis-SC no bairro de Cacupé, às margens da rodovia SC-401.

As peças foram coletadas nos meses de janeiro e fevereiro de 2003. Buscou-se extrair sempre os mais maduros e que apresentasem diâmetros parecidos. Foi utilizado facão e arco de serra para extração (figuras 102 e 103).

Fig.102-Moita da qual foram extraídas as peças

Fig.103- Corte das peças (facão e arco de serra)

Todos os bambus retirados foram serrados com 3,5 metros, na dimensão da

treliça a ser estudada.

No transporte utilizou-se um automóvel com bagageiro no qual as peças de bambu foram amarradas (figura 104).

Fig 104. Transporte das peças de bambu

As peças foram limpas com água, pois poderiam estar contaminadas por matéria orgânica, e estocadas em local coberto para a proteção contra as intempéries (figura 105).

Fig 105. Limpeza das peças com água

A secagem dos bambus consistiu em três etapas:

a. Aplicação do óleo queimado, que tem por finalidade hidratar e dar textura às peças. Este processo foi feito com um pincel, com o qual se aplicou o óleo ao longo dos colmos de bambu (figuras 106 e 107).

Fig.106- Óleo queimado utilizado para Hidratar e dar textura às peças

Fig.107- O óleo queimado aplicado com pincel

b. Secagem das peças com o uso do maçarico tem como objetivo extrair a umidade eliminando o amido e açúcares. Neste processo utilizou-se gás de cozinha e um maçarico (figuras 108 e 109). O fogo foi passado em uma só direção.

Fig.108-Secagem dos colmos com maçarico.

Fig.109- Gás e maçarico utilizados no tratamento.

c. Limpeza das peça com água e sabão, para não ocorrer o inconveniente de sujeira no manuseio (figuras 110 e 111).

Fig.110- Limpeza das peças para retiras o excesso de óleo

Fig.111- Peças tratadas

Na hora da montagem das treliças observou-se a fragilidade das ligações, pois as paredes dos bambus tinham espessuras distintas (figuras 112 e 113).

Fig.112 Estudo de montagem das vigas.

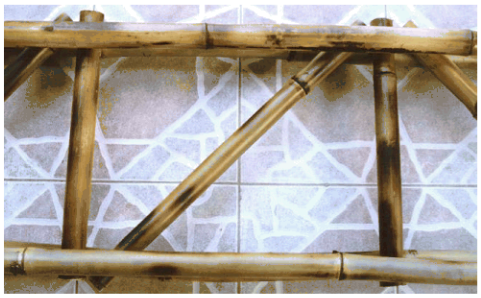


Fig.113- Detalhe das ligações

Para resolver este problema nas ligações foram utilizados fita com fios de fibra de vidro orientados longitudinalmente, com 5 mm de espessura e cola com base epóxi como reforço das ligações (figura 114).

Fig.114 Os dois componentes da cola a base epóxi e fibra de vidro utilizadas no trabalho.

A cola e a fibra de vidro foram aplicadas da seguinte forma: em cada

extremidade do trecho de bambu onde haveria uma ligação mecânica do nó da treliça o bambu foi lixado, em seguida foi misturado os 2 componentes da cola (resina epóxi e poliamino-amida) para aplicação com pincel (figuras 115 e 116). Na seqüência a fibra de vidro foi enrolada manualmente em toda esta região, antes da montagem da treliça.

Para verificar se as ligações estariam mais eficientes foram ensaiadas à tração 14 corpos-de-prova de 20 cm cada, sendo que 7 deles possuíam 5 cm de fibras e cola em cada extremidade, e 7 foram confeccionados sem fibra nem cola.

As decisões sobre a geometria dos corpos-de-prova, foram tomadas empiricamente, sobre hipóteses de uso já que não existem normas.

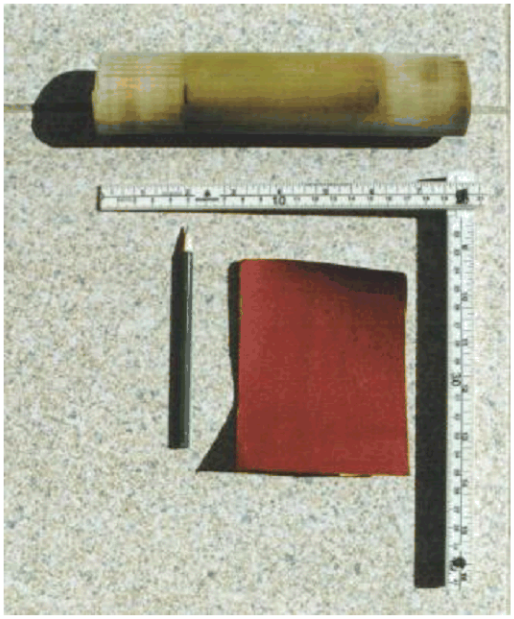


Fig.115- Corpo-de-prova com 20 cm, lixado nas pontas

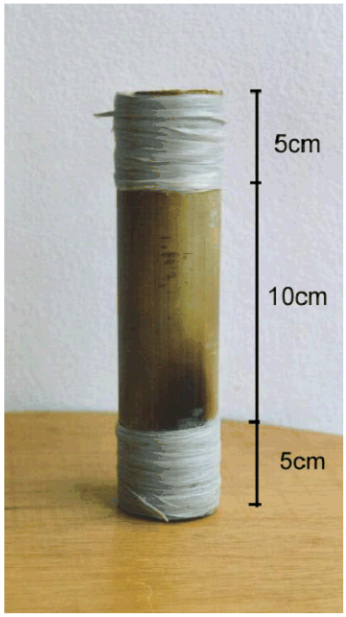


Fig. 116- Corpo-de-Prova pronto para ensaio

9. ENSAIOS

9.1 Ensaio 1 – Ligações

Na primeira parte dos ensaios destrutivos, que pretendeu avaliar a resistência das ligações, foram submetidos a esforços de tração 14 corpos-de-prova, metade com cola e fibra de vidro e a outra metade sem este reforço.

Cada corpo-de-prova foi cortado com 20 cm de comprimento usando arco de serra, para o melhor acabamento, e a 5 cm de cada extremidade as peças foram lixadas para a aplicação da cola de base epóxi com a fibra de vidro. A cola foi aplicada com pincel sobre os 5 cm lixados; logo em seguida a fibra foi enrolada (figura 117). Foram dadas duas voltas ao redor do bambu e para o acabamento a cola foi aplicada mais uma vez.

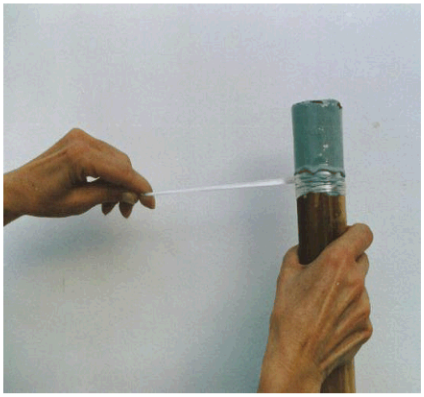


Fig.117- A Cola é aplicada com pincel; o fio de fibra de vidro é enrolada na seqüência

Após sete dias de secagem, período recomendado pelo fabricante da cola, os corpos-de-prova foram preparados paras os ensaios. Cada extremidade foi furada à 2,5 cm, no centro da parte com fibra, com uma broca de 1,05 cm para ser conectando a peça ao dispositivo de ensaio e submetê-la ao esforço de tração (figuras 118 e 119).

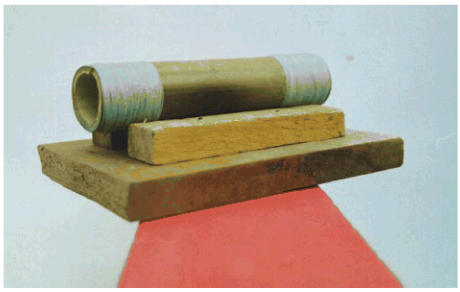


Fig.118- Base confeccionada para facilitar a furação dos corpos-de-prova.

Fig.119- Furadeira utilizada para fazer os furos nos corpos-de-prova

Este ensaio exigiu a confecção de um dispositivo no qual pudesse ser realizado o teste (figuras 120 e 121). Este dispositivo de ensaio foi projetado para que na hora da aplicação de carga não houvesse nenhuma distorção na aplicação dos esforços. Para isto foi criada uma rótula na parte superior.

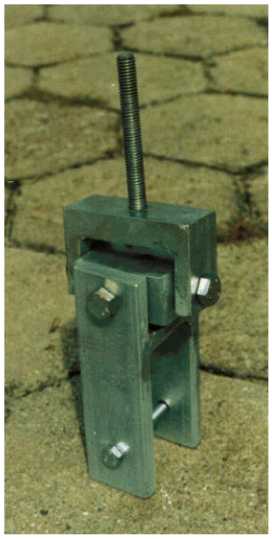


Fig.120- Dispositivo para o ensaio das ligações

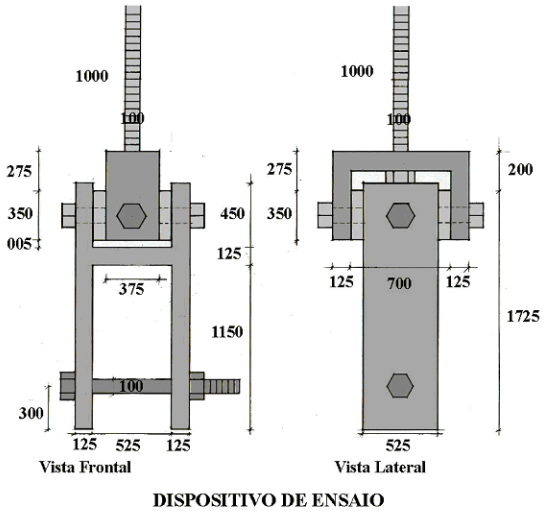


Fig.121- Desenho do dispositivo de ensaio

Os copos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração na Máquina Universal de Ensaios, do LEE- Laboratório de Experimentação em Estruturas da UFSC (figuras 122 e 123).

Fig.122- Máquina Universal de Ensaio

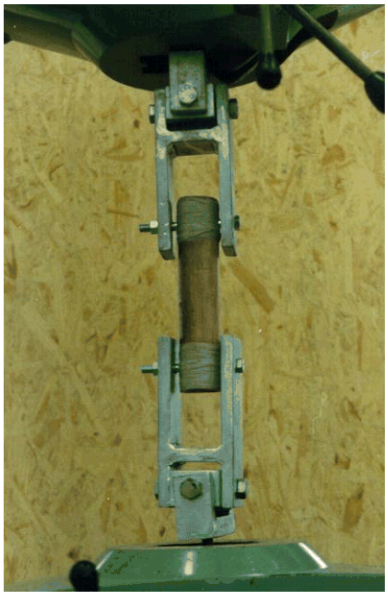


Fig.123- Corpo de prova ensaiado a tração

Os ensaios de tração foram ensaios destrutivos, de cada um dos corpos de prova para análise e comparação dos resultados (tabela 3).

Tabela 3 – Resultados do ensaio das ligações e diâmetro do corpos de prova

Corpo de Prova	Esforço à Tração (kgf)	Diâmetro Externo De. mm	Diâmetro Interno Di. mm	Diâmetro Ext.- Diâmetro Int. De – Di mm	Parede Pa= (De – Di)/2 mm
1	510	43	34	09	4,5
2	980	39	22	17	8,5
3	410	47	39	08	4,0
4	820	39	24	15	7,5
5	500	43	32	11	5,5
6	530	44	32	12	6,0
7	590	43	33	10	5,0
8	370	45	33	12	6,0
9	470	51	36	15	7,5
10	420	43	29	14	7,0
11	260	43	35	08	4,0
12	360	45	36	09	4,5
13	270	45	35	10	5,0
14	380	43	35	08	4,0

Média dos ensaios com fibra de vidro e cola epóxi - 620 kgf	1 a 7
Média dos ensaios sem fibra de vidro e cola epóxi – 361 kgf	8 a 14

Fig.124- Cisalhamento – corpo-de-prova com fibra

Fig.125- Cisalhamento – corpo-de-prova sem fibra

Pode-se observar o cisalhamento, na reigão das ligações, como tipo de ruptura ocorrido nos corpos-de-prova (figuras 124 e 125).

a. Ensaio 2 – treliças

Foram ensaiadas quatro vigas treliçadas feitas em bambu, sendo três utilizando fibra de vidro e cola com base epóxi; como reforço nas ligações e tratamento de secagem das peças. Uma só com o tratamento de secagem, sem reforço. Esta última foi feita como contra prova, pois através dos ensaios das ligações, mostrou-se que houve o fendilhamento das peças na região com o tratamento da fibra com a cola, mostrando que a treliça sem tratamento teria uma resistência inferior à da treliça com reforço.

As ligações foram feitas utilizando-se de aço rosqueadas de ¼" de diâmetro, onde o bambu foi furado com furadeira elétrica (figura 126) e as barras foram introduzidas, serradas com arco de serra (figura 127) e rosqueadas para o travamento da conexão.

Fig.126- Furadeira manual utilizada na construção da treliça

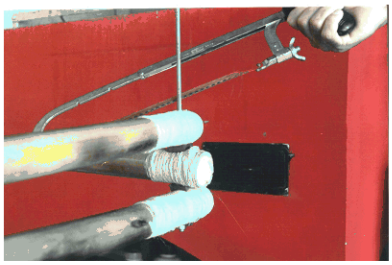


Fig.127- Arco de serra usada para serrar as barras rosqueada

As vigas treliçadas foram construídas com 3,50 m de comprimento por 0,50 m de altura. Cada um das vigas possuía 4 peças de 3,50 m onde duas eram o banzo superior e duas o inferior, 7 peças verticais de 0,50 m e 6 peças transversais de 0,70m (figuras 128 à 133).

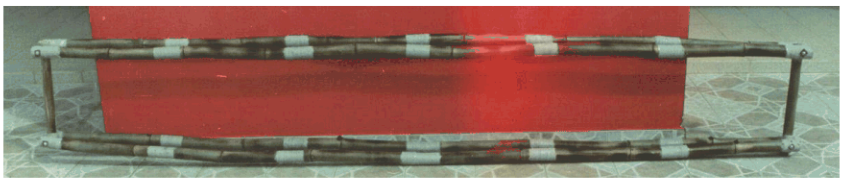


Fig.128- 1ª etapas da construção da viga treliçada

Fig.129- 2ª etapas da construção da viga treliçada

Fig.130- 3ª etapas da construção da viga treliçada

Fig.131- 4ª etapas da construção da viga treliçada

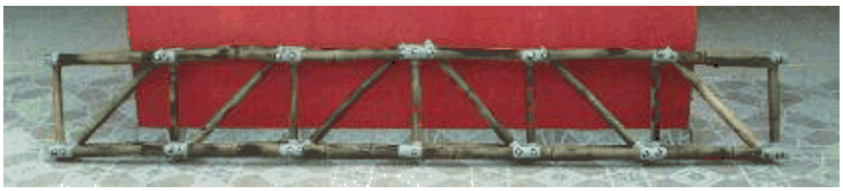


Fig.132- 5ª etapas da construção da viga treliça com reforço

Fig.133- Viga treliçada sem reforço

Em média os bambusapresentavam 45 mm de diâmetro externo.

Nas vigas com reforço a cola e a fibra de vidro foram aplicadas da seguinte forma: todas as peças de 0,50 m e 0,70 m foram lixadas nas extremidades nos dois lados com 7 cm. Aplicou-se à cola com pincel e, em seguida, a fibra de vidro foi enrolada nas pontas das peça (figuras 134 e 135). As peças de 3,5 m, na região da ligação de cada peça, também receberam o mesmo tratamento da cola com a fibra de vidro. Nas vigas treliçadas sem reforço, as ligações foram feitas utilizando somente com pinos metálicos (figuras 136 e 137).

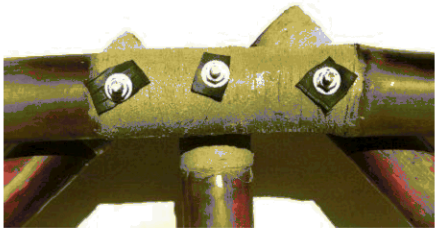


Fig.134- Detalhe da ligação com fibra

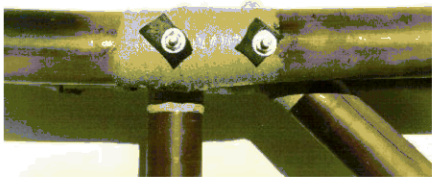


Fig.135- Detalhe da ligação com fibra

Fig.136- Detalhe da ligação sem fibra

Fig.137- Detalhe da ligação sem fibra

As vigas treliçadas pesaram, em média 15 kg (figuras 138 e 139).

Fig.138- Vigas sendo pesadas

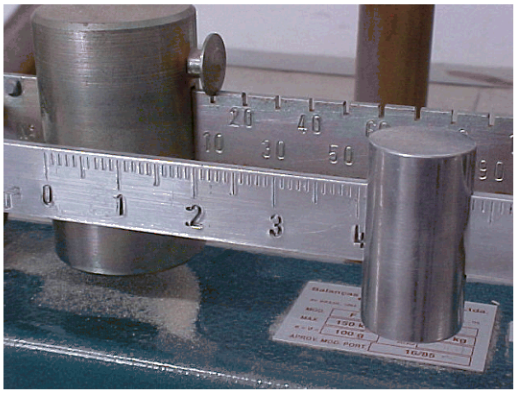


Fig.139- Balança utilizada

As vigas foram submetidas ao ensaiode flexão, 4 pontos receberam carga, 2 de apoio nas extremidades e 2 centrais, com 0,50 m do centro para esquerda e 0,50 m do centro para direita (figura 140).

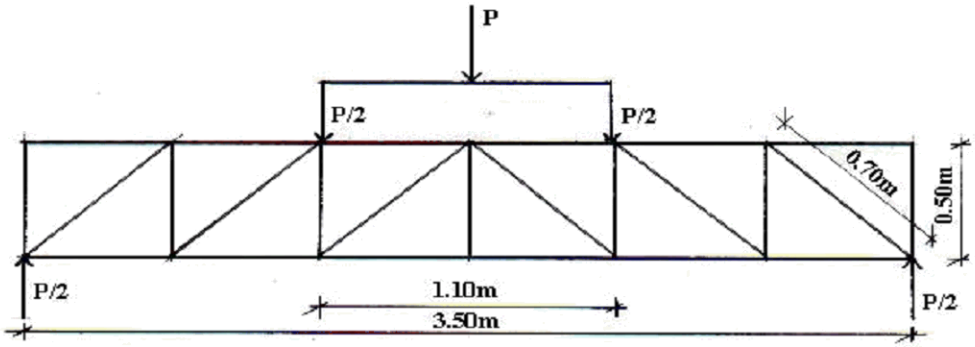
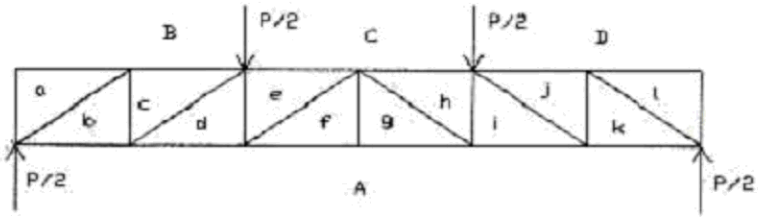
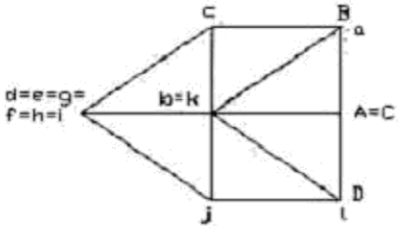


Fig.140- Esquema da aplicação de cargas (flexão estática - 4 pontos).





bc- 620 Kgf (tracionada) *
jk - 620 Kgf (tracionada)

ab- 952 Kgf (comprimida)
cd- 952 Kgf (comprimida)
ij - 952 Kgf (comprimida)
kl- 952 Kgf (comprimida)

P = 1240 Kgf Estimativa de ruptura

* Esforços em bc e jk (620 Kgf) - foi um dado obtido através dos ensaios à tração (média aritimética dos esforços nos corpos-de-prova . Este resultado foi utilizado para estimar a carga de rompimento (**P**)das vigas treliçadas.

Fig.141- Avaliação dos esforços nas barras da viga treliça pelo método de Maxwell-Cremona

Foram colocados dois apoios de contenção nas extremidades de cada viga de forma a evitar a perda de estabilidade lateral da mesma. Nos pontos centrais onde a carga foi aplicada, através de um macaco hidráulico, foram colocados dois pedaços de madeira para evitar o esmagamento pontual das peças pela máquina de ensaio (figuras 142 à 150).

Fig.142- Viga treliçada sendo submetida ao ensaio

Fig.143- Viga com reforço sendo ajustada para ensaio transdutor de deslocamento

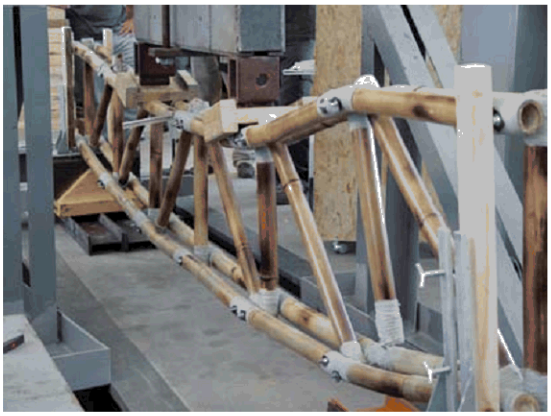


Fig.144- Viga com reforço sendo ensaiada

Fig.145- Rompimento nas ligações com reforço

Fig.146- Deformação do pino metálico na ligação

Fig.147- Viga sem reforço nas ligações sendo ensaiada

Fig.148- Cisalhamento das barras comprimidas na direção das fibras

Fig.149- Rompimento longitudinalmente do bambu no banzo superior (viga sem reforço)

Fig.150- Ruptura da área das ligações (viga sem reforço)

9.3. Análise Resultados Obtidos

Tabela 4- Resultado de ensaio e o peso específico das vigas treliçadas.

Vigas Treliçadas	Carga de Ruptura – Kgf	Peso – Kgf
1	917,1	15,3
2	784,3	14,8
3	1.091,2	15,5
4	511,8	14,1

Vigas com reforço (média)	930,86 Kgf
Vigas sem reforço	511,80 Kgf

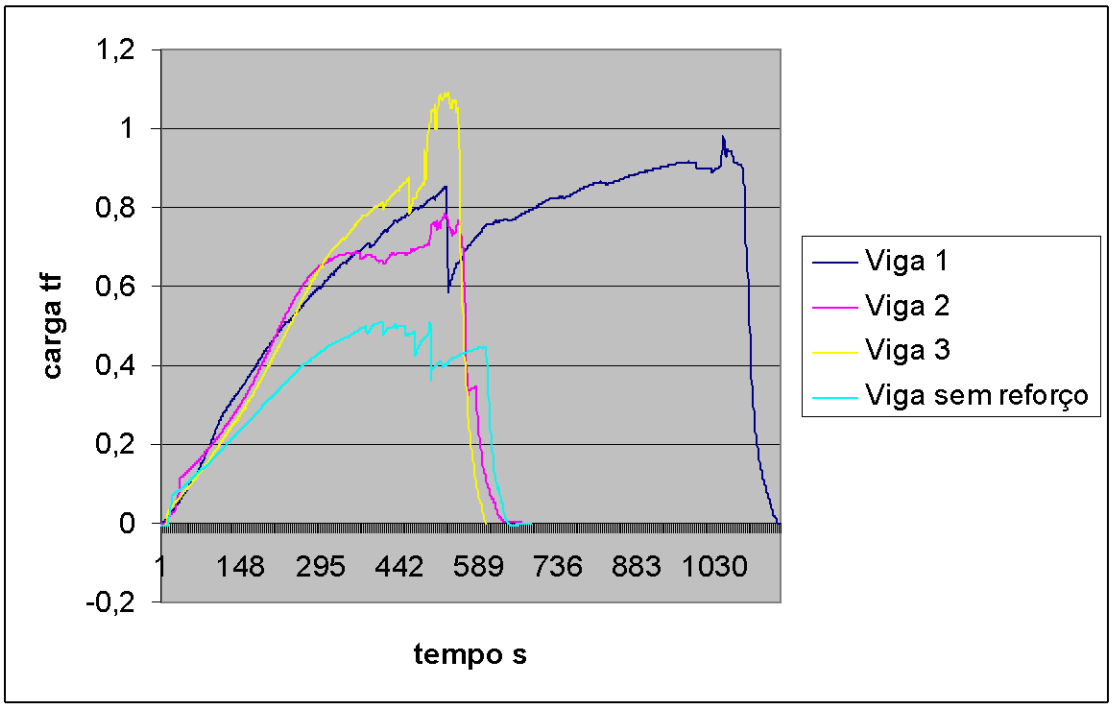


Fig. 151- Gráfico de deslocamento das vigas treliçadas quando submetidas à esforços
Carga (toneladas-t) x tempo (segundos-s)

A utilização de fibra de vidro e cola à base de exópi, aumentou a resistência das ligações da viga treliçada aos esforços em 45% se comparada com a treliça sem o reforço (tabela 4).

A partir dos resultados encontrados nos ensaios observou-se que as vigas treliçadas em bambu, com reforço de fibra de vidro e cola base epóxi, possuíram uma resistência satisfatória para cumprir a função de sustentar um telhado (figura 151).

Outro detalhe ocorrido no ensaio foi que após a aplicação da carga a viga treliçada retornou quase à sua posição inicial mostrando a flexibilidade do material.

Pode-se observar que com a diminuição da espessura da parede do colmo, ocorreu uma diminuição na resistência mecânica.

Foi observado um ganho considerável em termos de segurança nas vigas com reforço nas ligações, pois embora ocorrendo a ruptura, ela se dava por esmagamento da parede do furo e flexão localizada dos parafusos, sem no entanto ocorrer o desabamento (colápso). Por outro lado, as treliças sem reforço nas ligações quando ropem causam o colápso (desabamento) da estrutura.

10. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo divulgar técnicas de tratamento para a aplicação correta do bambu como material de construção, dando ênfase à sua utilização em estruturas de telhado.

Também pretendeu contribuir para a promoção no uso do material, principalmente nas regiões onde ele aparece com freqüência.

Os sistemas construtivos utilizando o bambu devem levar em conta a cadeia produtiva, desde o cultivo da planta até a montagem da edificação, tendo em vista a implementação de produção seriada de unidades pré-fabricadas, com qualidade e baixo custo, sendo uma opção viável para regiões onde o bambu é abundante.

Deve-se lembrar que esta técnica construtiva vem de encontro ao conceito mundial de sustentabilidade, pois o bambu é um material obtido de fonte renovável, atendendo a aspectos ecológicos, de redução dos gastos energéticos e de melhor aproveitamento dos recursos naturais.

O Brasil possui inúmeras espécies de bambu, faltando, no entanto, o incentivo para o uso desta matéria-prima. Pode-se também constatar a existência de pouca bibliografia nacional, mostrando o uso de técnicas utilizando o bambu na construção civil. Se houver uma maior difusão do material bambu, no que diz respeito a tratamento e técnicas construtivas, o mesmo será muito mais aceito pele população.

Pode-se observar que utilização de fibra de vidro e pinos metálicos como reforço das ligações, para vigas treliçadas em bambu, aumentaram significamente a resistência das peças, apesar do número de treliças ensaiadas ser pouco representativo estatísticamente.

Para melhoria do processo de aplicação da fibra de vidro, sugere-se a possibilidade de sistematizar sua aplicação com uma maquina simples de enrolar, facilitando e tornando mais rápido o trabalho.

Se esta pesquisa cumprir o objetivo de incentivar e orientar o uso correto do bambu como material para construção civil os objetivos estabelecidos estarão sido alcançados.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZINI, A. e SALGADO, L.A. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. O Agrônomo, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas,1981, p.61-80.

BARBOSA, J. e INO A. Utilização do Bambu na Produção de Habitação de Interesse Social. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 163p.

BERALDO, A.L e ZOULALIAN, A. Bambu – Material alternativo para construções rurais. In: V Encontro Brasileiro em Madeira e em Estrutura em Madeira. EBRAMEM, 1995. Belo Horizonte, MG, 425-440p.

CHAVES A.C. e GUTIERREZ J.A. Bamboo Preservation: Achievements and goals at the Costa Rica Bamboo National Project Proc. (IV Intern. Bamboo Congress, Bali, Indonesia, 1995.

FARRELY, D. The book of bamboo. Sierra Club Books. San Francisco, EUA. 1984, 340p.

FENG, W. e CHAO, C. Bamboo towards the 21st century. In: International Bamboo Workshop.1997, Zhejiang, China.

BARBOSA, N., GHAVAMI K., e LIMA JUNIOR H. Comportamento em Serviço de Lajes de Concreto Reforçadas com Bambu. In: V Encontro Brasileiro em Madeira e em Estrutura em Madeira. EBRAMEM, 1995. Belo Horizonte, MG, 441-454 p.

HIDALGO LOPEZ, O. Bambu su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel, construccion, arquitectura, ingenieria, artesania. Estúdios Técnicos Colombiano. Cali - Colombia. 1974, 318p.

HIDALGO LOPEZ, O. Nuevas técnicas de construccion con bambu. Ed. Estudios Técnicos Colombiano. Cali – Colombia. 1978, 136p.

HIDALGO LOPEZ, O. Tipos de bambu y metodos de cultivo. In Simposio Latino Americano de Bambu, 1984, Guaiaquil

JANSSEN, J.J.A. Building with bamboo. Intermediate Technology Publications. London. 1988, 68p.

LENGEN J. V. Manual do arquiteto descalço. Ed. Tibá e Papéis e Cópias de Botafogo Ltda. ME - Rio de Janeiro – Brasil, 1997.

LIESE, W, Characteriztion and utilization of bamboo. In: XVIII IUFRO World /congress. Ljubljana, Yugoslavia, 1986.

MOLITERNO, A. Caderno de projetos de telhados em estrutura de madeira. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1981.

PEREIRA, M.A.R. Bambu – Espécies, Características e Aplicações. UNESP, Campus de Bauru 2001, 54p.

SASTRY,C.B. Timber for the 21st Century.INBAR,1999.

12. BIBLIOGRAFIA

BARBOSA. J.C. e INO, A. Utilização do bambu na produção de habitação de interesse social. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 1997.

CAMUS E.G. e CHEVALIER P. Les Bambusées. Ed. Paris 1913.

CHAVES A.C. e GUTIERREZ J.A. The Costa Rica Bamboo National Project. Proceedings of the International Bamboo Workshop. Bamboo Current Research. India, 1998.

CORRÊA M.P. Dicionário de Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas vol.1 - Edição de 1984.

DUNKELBERG K. Bambus- Bamboo (Bamboo as a building material). Stuttgart.

GHAVAMI K. e HOMBECK R. V. Applications of bamboo as a construction material. In: Proceedings of the Latin America Symposium Applied to Low Cost Housing. IPT-CIB, São Paulo, 1981.

HIDALGO LOPEZ, O. Tipos de bambu y metodos de cultivo. In Simposio Latino Americano de Bambu, 1982, Guaiaquil.

INBAR. Priority species of bamboo and rattan. International network for bamboo and rattan. IDRC. New Delh, India.1994.

JANSSEN J.J.A. Bamboo in Building Structures. Wibro, Eindhoven. 1981.

KATAYAMA. Construções utilizando bambu. In Take TokentiKu – Revista Arquitetura de Bambu. Ed. Inax Booklet, Tokio, v.6, n.4, 1989.

LANVIN; JEAN-DENIS; KOUYOUNIJI JEAN LUC; BONFILS, PIERRE. Bambou des

produits por demain. Bambu produto para o futuro. CTBA info Paris n.90, p.58-61, 2001.

LIESE, W. Bamboos – Biology, silvies, properties, utilization. Eschborn, dt. Ges. Fur. Tehcn Zusammnarbeit (GTZ).1985.

MCCLURE F. A. Genera of Bamboos Native to the New World Ed. by Thomas R. Soderstrom / Smithsonian Institution Press - Washington, USA ,1973.

MOREIRA,L.E.- Desenvolvimento de Estruturas Treliçadas Espaciais de Bambu. Pontifícia Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado.1991.

NOMURA T.; TOMAZELLO FILHO M. e AZZINI A. Production and utilization of bamboo in Brazil. In: XVIII IUFRO World Congress, Ljubljana, Yugoslavia, 1986.

OHKE, M. Material bambu. In Take TokentiKu – Revista Arquitetura de Bambu. Ed. Inax Booklet, Tokio, v.6, n.4, 1989.

PARSONS J. Giant American Bamboo in the Vernacular Architecture of Colombia and Ecuador, Geographical Review, The American Geographical Society,1991.

PEREIRA, M. A. R. Bambu é opção para usos múltiplos. Revista da Madeira, Curitiba, V.12, 2002.

SZŰCS, C.P. Utilização da madeira na construção da habitação. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 1979.

TOMAZELLO FILHO M. e AZZINI A. Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris Schrad*). In: O Papel, São Paulo,1988.

13. SITES NA INTERNET SOBRE BAMBU

- INBAR, Rede internacional para bambu e rattan

www.org.cn

- Bambu- Brasileiro

www.bambubrasileiro.com

- IBF. Fundação internacional para bambu

www.bamboocentral.org

- EBS. european bambu society

www.bodley.ox.ac.uk/users/djh/ebs

- Bamboo Web of Hawaii

www.kauai.net.bambooweb/bamboo.html

- IBA. Associação internacional de bamboo

www.bamboo.org.au/iba

- Bambouseraie de Prafance

www.bambouseraie.fr

- Bambubrasilis

www.agr.unicamp.br/bambubrasilis/

- Constructions with Bamboo - Bamboo Connection

www.bambus/new/eng/reports/connect/index/pdf.html

- Bamboohardwoods

www.bamboohardwoods.com

-Zhubaobamboo

-www.zhubaobamboo.com

14. ANEXOS

1. União de Vigas e Colunas

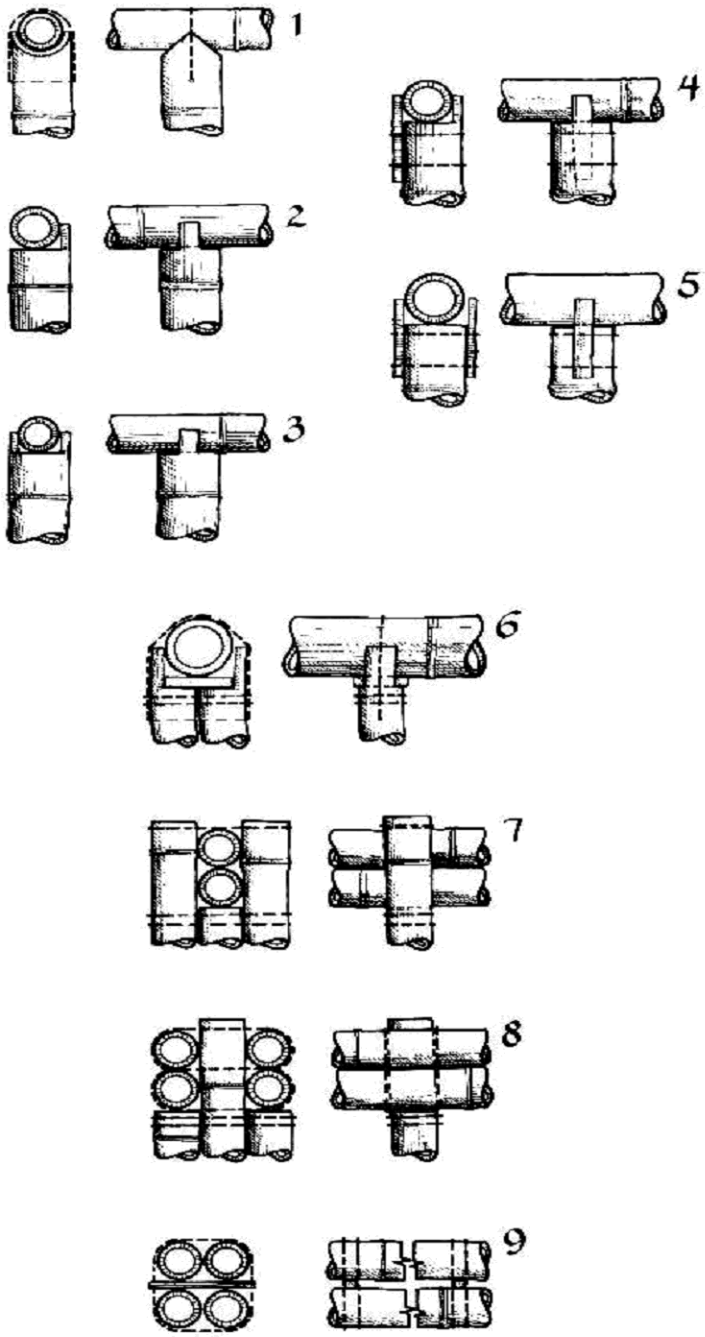


Fig.151- Ligações entre vigas e pilares/ FARRELY, D.

2. Sistemas de Fixação de Bambus por Meio de Pinos de Madeira ou Bambu

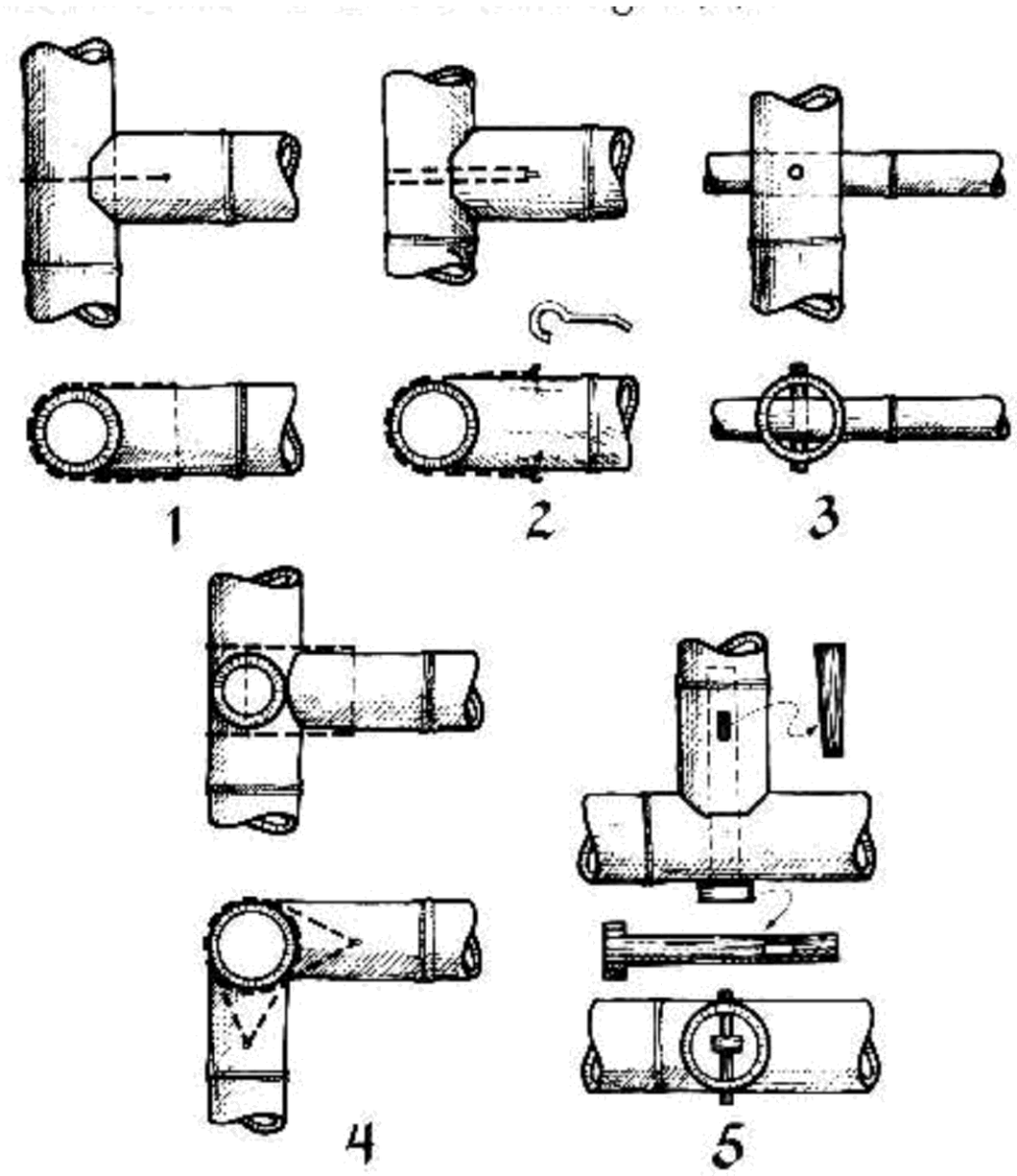


Fig.152- Sistemas de fixação de bambus por meio de pinos de madeira ou bambu/ FARRELY, D.

3. Uniões Sobrepostas de Peças Horizontais com Peças Verticais ou Inclinadas

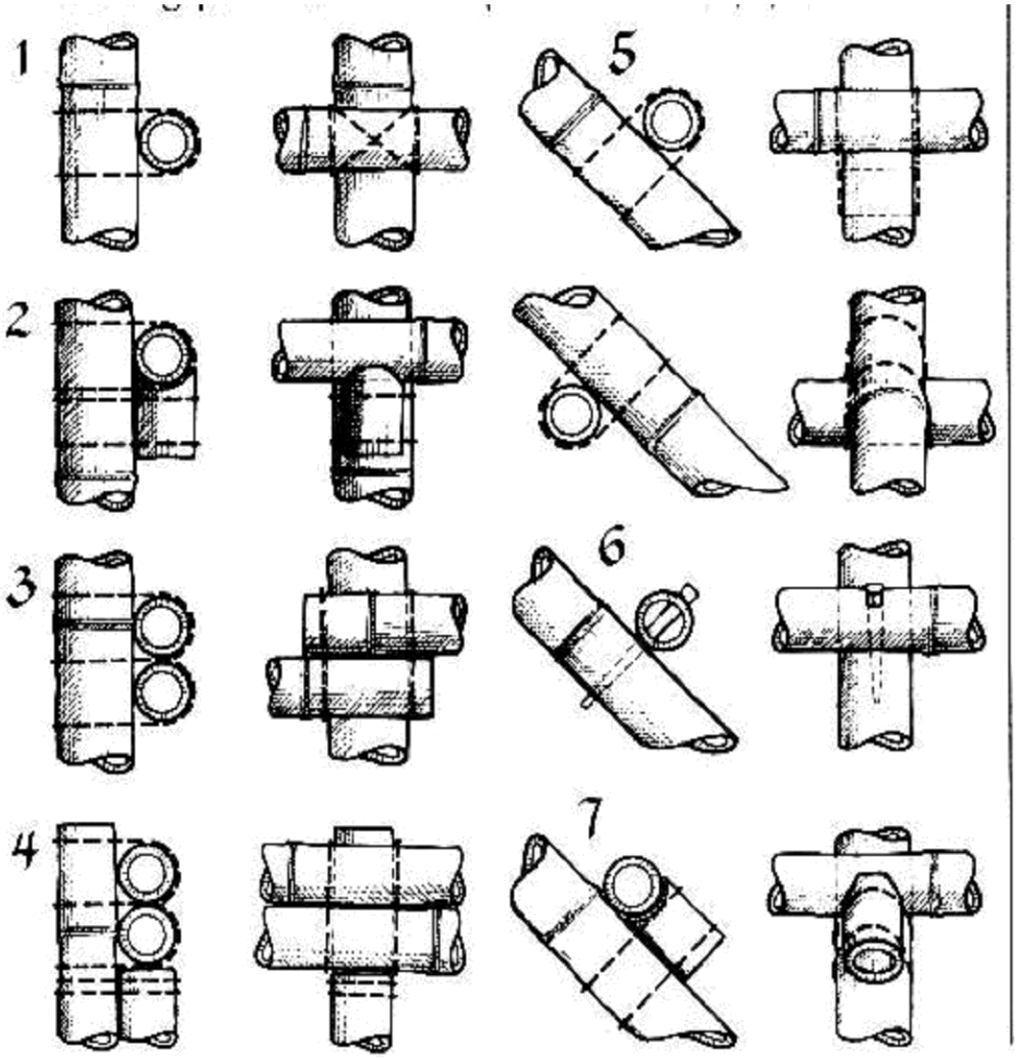


Fig.153- Uniões sobrepostas de peças horizontais com peças verticais ou inclinadas/ FARRELY, D.

4. União de Elementos Horizontais

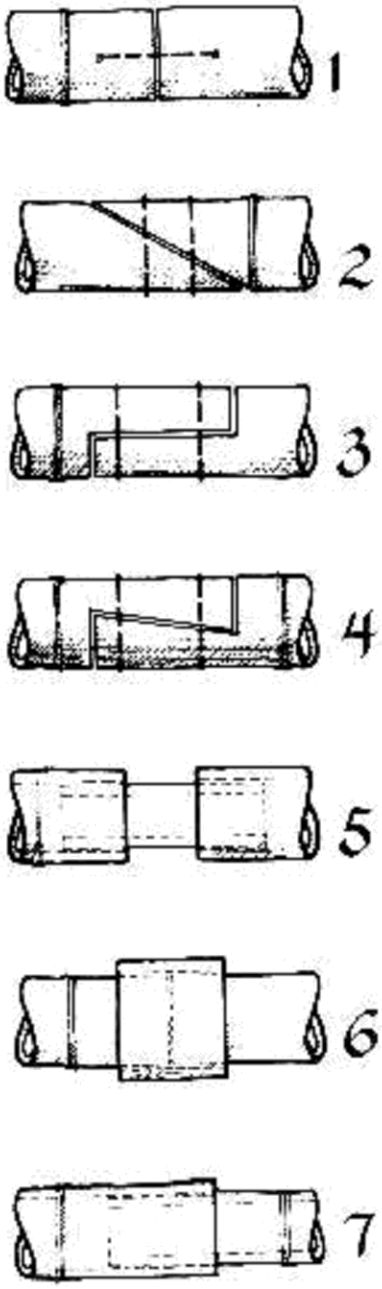


Fig.154- União de elementos horizontais/ FARRELY, D.

5. União de Topo com Intersecção de Elementos Verticais e Horizontais

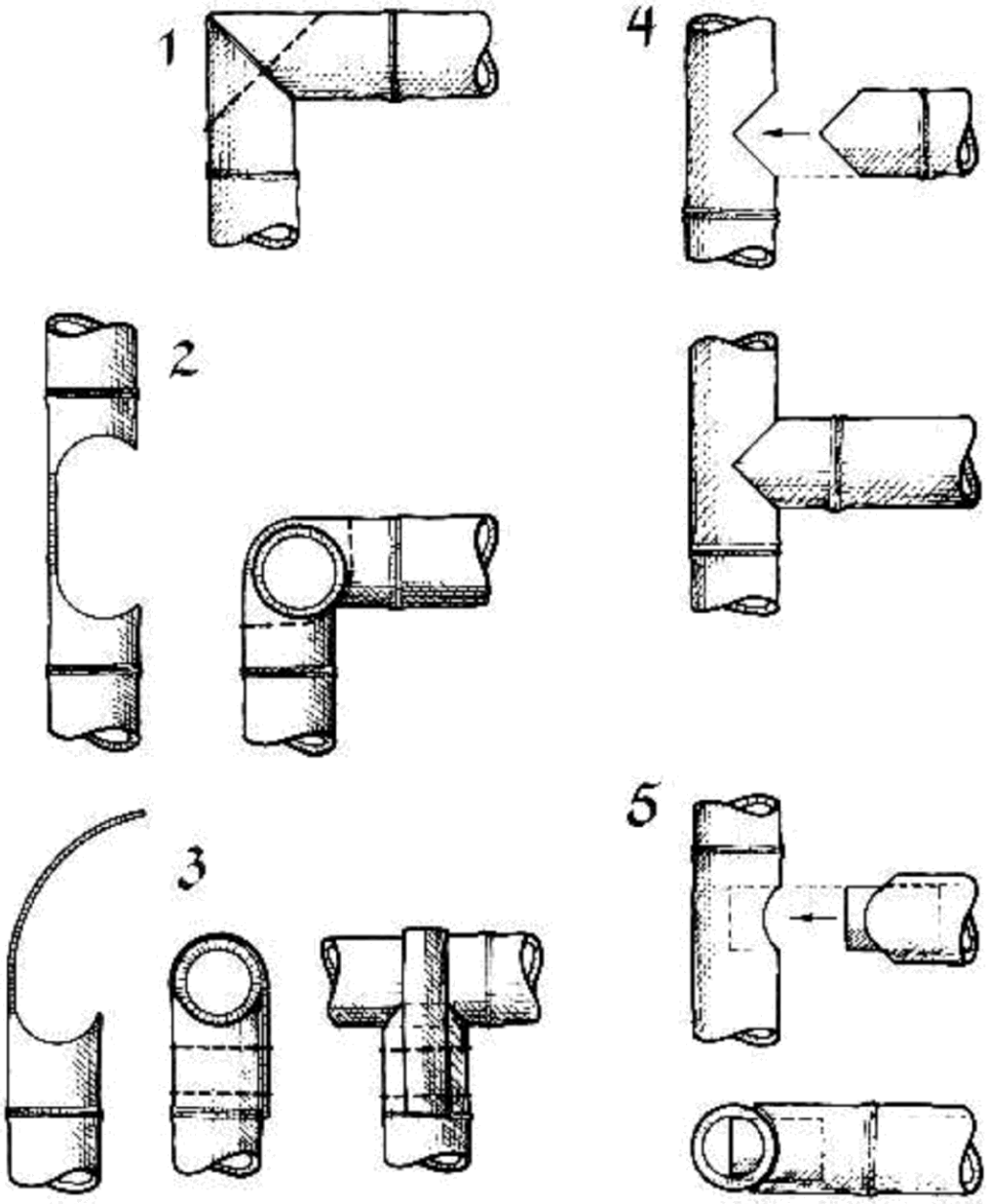
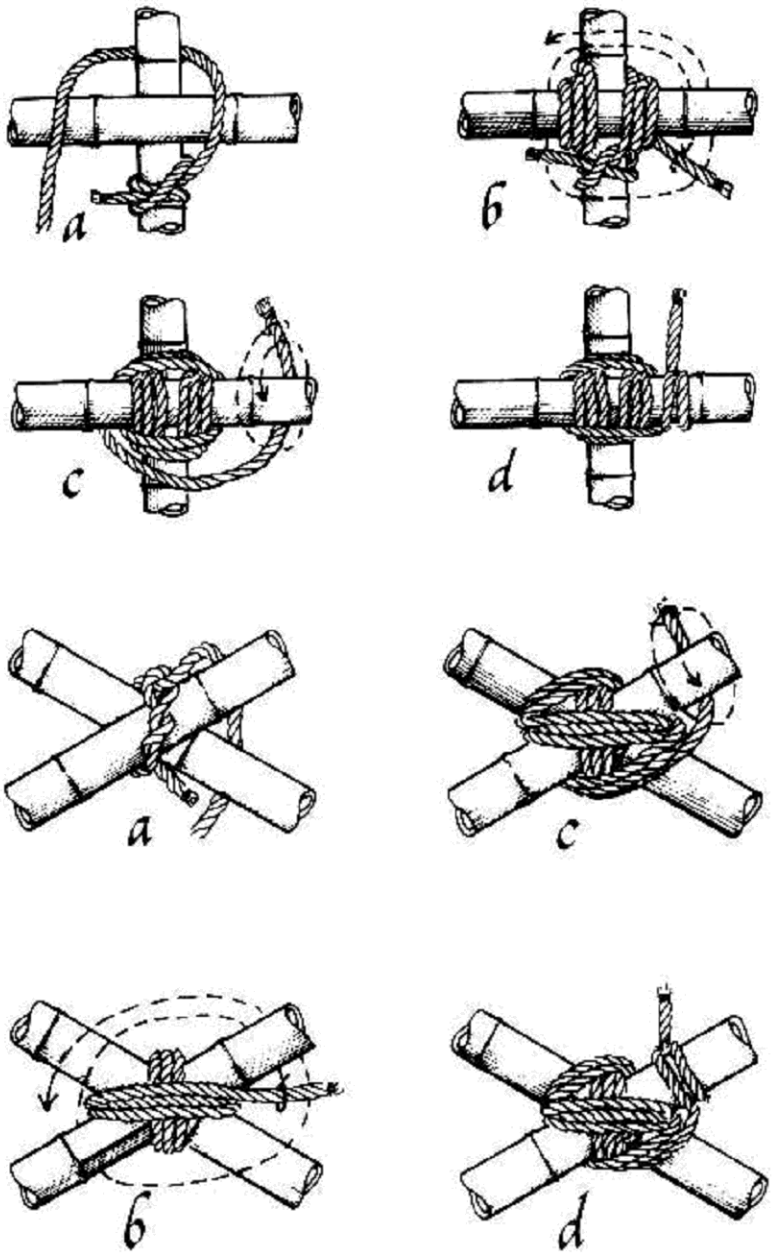


Fig.155- União de topo com intersecção de elementos verticais e horizontais/ FARRELY, D.

6. Amarrações com cordas



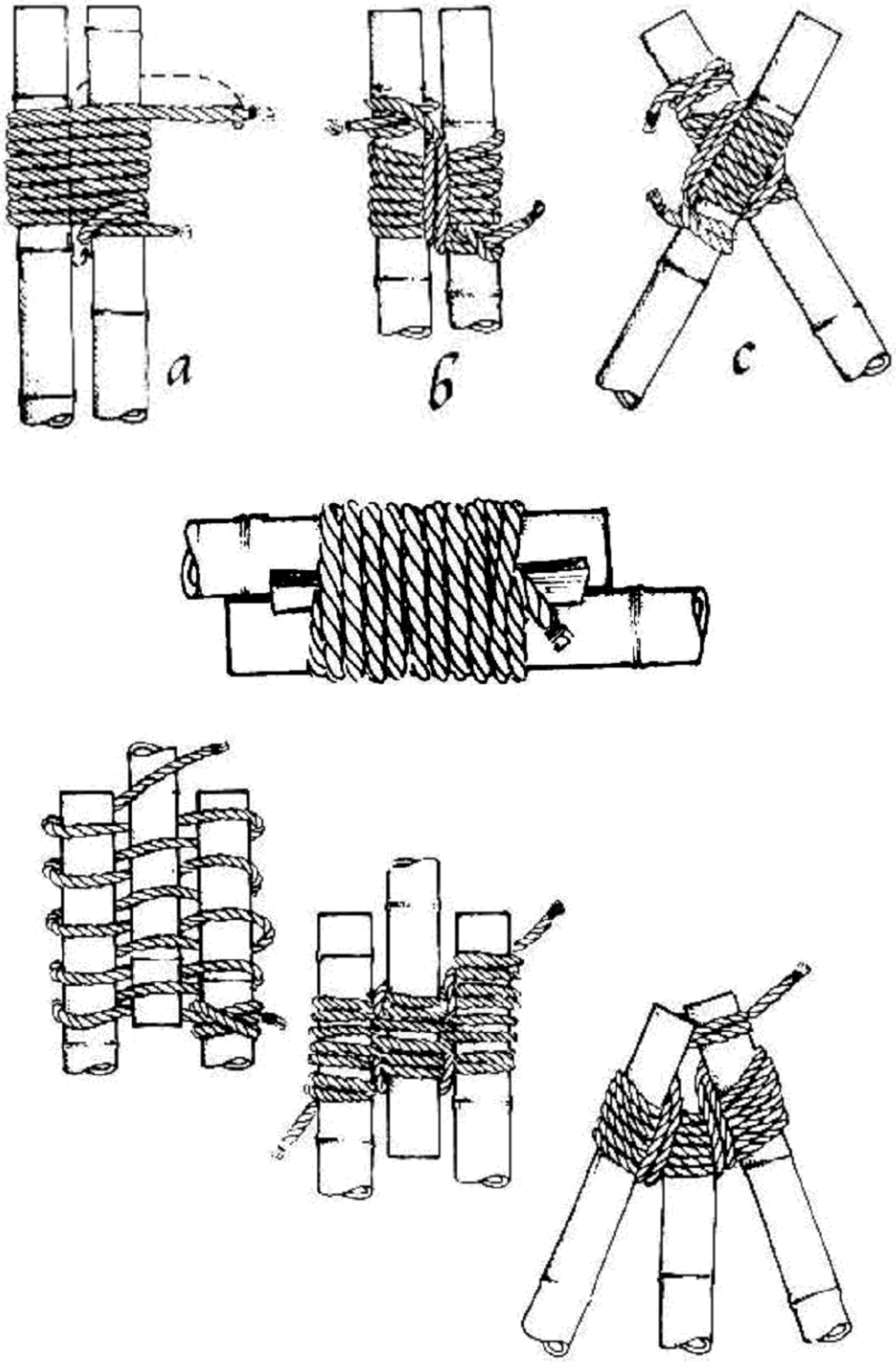


Fig.156- Ligações entre bambus feitas com corda (sisal, cipó plastico ou corda de fios de nailon).