

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar  
Curso de Engenharia Civil



**PROJETO DE UMA CASA UTILIZANDO O BAMBU COMO  
PRINCIPAL MATERIAL CONSTRUTIVO**

**Acadêmico: Oiram Miranda Ferrari Filho**  
**Orientador de Conteúdo: Prof<sup>o</sup> Alexandre Guedes Júnior**  
**Co-orientador de Conteúdo: Prof<sup>a</sup>: Raquel Ferreira Kischlat**  
**Orientador de Metodologia: Prof<sup>a</sup>: Rosilda de Oliveira**

Itajaí, Junho de 2003.

**PROJETO DE UMA CASA UTILIZANDO O BAMBU COMO  
PRINCIPAL MATERIAL CONSTRUTIVO**

Trabalho Integrado de Conclusão de Curso (TICC) apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil junto ao curso de Engenharia Civil, na Universidade do Vale do Itajaí, tendo como orientador de metodologia Prof<sup>a</sup> Rosilda de Oliveira, orientador de conteúdo Prof<sup>o</sup> Alexandre Guedes Júnior e co-orientador de conteúdo Prof<sup>a</sup> Raquel Ferreira Kischlat.

**Acadêmico: Oiram Miranda Ferrari Filho**

Itajaí, Junho de 2003.

## **APROVAÇÃO**

OIRAM MIRANDA FERRARI FILHO

PROJETO DE UMA CASA UTILIZANDO COMO PRINCIPAL MATERIAL  
CONSTRUTIVO O BAMBU

Trabalho Integrado de Conclusão de Curso aprovado como requisito para obtenção do Título de Engenheiro Civil, apresentado ao Centro de Educação Superior de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof<sup>o</sup> Alexandre Guedes Júnior  
Geólogo – Msc.

---

Prof<sup>a</sup> Raquel Ferreira Kischlat  
Engenheira Civil – Esp.

---

Prof<sup>o</sup> Jean Pierre Lana  
Engenheiro Civil – Esp.

---

Prof<sup>a</sup> Janete Gomes  
Engenheira Civil – Msc.

---

Itajaí, Junho de 2003.

**DEDICATÓRIA**

**“Dedico este trabalho aos meus pais, Oiram e Naira e minhas irmãs, Ariane e Tanisse, que muito lutaram para eu estar realizando um dos sonhos de minha vida; não esquecendo do meu eterno amigo Vô Mário, que sempre me incentivou e que hoje não esta mais entre os mortais”.**

**“Quando todos os homens, depois de passarem por um momento de reflexão, abrirem mão dos seus interesses particulares, e aprenderem o sentido do coletivo e do social, então estaremos bem próximos de construir um mundo mais justo e perfeito”.**

**( Mário S. Thiago Ferrari)**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Grande Arquiteto Do Universo, que sem ele, não existiríamos.

Agradeço ao meu tio Nargel, grande amigo e idealizador deste projeto.

Agradeço aos meus pais, Oiram Ferrari e Naira Ferrari, que com muito trabalho, suor, dedicação e incentivo, ajudaram a realizar um dos meus sonhos.

Agradeço as minhas irmãs, Ariane e Tanisse, pela ajuda nos trabalhos, pelo carinho e compreensão.

Agradeço ao meu grande amigo Paulus, que sempre presente esteve nas horas que mais precisei e pela ajuda na conclusão deste trabalho.

Agradeço a Arquiteta Fabiana, pela ajuda nos desenhos à mão livre.

Agradeço aos meus orientadores de conteúdo Prof. Alexandre Guedes e Prof. Raquel Kischlat pela confiança, compreensão, discussão e incentivos.

Agradeço aos meus sócios do escritório Cleison e Ricardo, pela confiança e paciência.

Agradeço ao Sr. Reinaldo Tobaldini, por materiais emprestados, conversas e principalmente, pelo companheirismo e incentivo que entusiasmaram ainda mais a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao corpo docente do curso de Engenharia Civil da Univali, que nos corredores sempre estavam dispostos a conversar e tirar dúvidas sobre assuntos diversos.

Agradeço aos amigos que conheci no curso de mão de obra com bambu no Rio de Janeiro, pela força e informações que trocamos.

Agradeço aos meus colegas de faculdade, que juntos passamos bons e ruins momentos e que comigo irão se formar.

Agradeço as pessoas que direta ou indiretamente participaram desta etapa da minha vida, principalmente, para a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII	
LISTA DE FIGURAS.....	IX	
LISTA DE TABELAS.....	XI	
APRESENTAÇÃO.....	XII	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>	
<b>1.1 Problema da pesquisa.....</b>	<b>1</b>	
<b>1.2. Objetivos da pesquisa.....</b>	<b>2</b>	
<u>1.2.1 Objetivo geral.....</u>	<u>2</u>	
<u>1.2.2 Objetivos específicos.....</u>	<u>2</u>	
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>2</b>	
<b>1.4. Perguntas de pesquisa.....</b>	<b>3</b>	
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>4</b>	
<b>2.1. Histórico e considerações sobre bambu.....</b>	<b>4</b>	
<b>2.2 Propagação do bambu.....</b>	<b>6</b>	
<b>2.3 Uso do bambu na construção civil.....</b>	<b>8</b>	
<b>2.4 Critérios de corte do bambu.....</b>	<b>9</b>	
<b>2.5. Tratamentos.....</b>	<b>11</b>	
<b>2.6 Secagem.....</b>	<b>16</b>	
<b>2.7 Propriedades físicas.....</b>	<b>18</b>	
<b>2.8 Características térmicas do bambu.....</b>	<b>21</b>	
<b>2.9 Associação do bambu com outros materiais na construção civil.....</b>	<b>22</b>	Deleted: 23
<u>2.9.1 Associação bambu-concreto.....</u>	<u>22</u>	Deleted: 23
<u>2.9.2 Associação concreto - fibras de bambu.....</u>	<u>25</u>	Deleted: 26
<u>2.9.3 Associação bambu argila.....</u>	<u>26</u>	Deleted: 27
<u>2.9.4 Associação bambu-poliuretano.....</u>	<u>26</u>	Deleted: 27
<b>2.10 Exemplos de aplicações do bambu na construção de moradias.....</b>	<b>27</b>	Deleted: 28
<u>2.10.1 Construção de um protótipo em São Carlos – SP.....</u>	<u>27</u>	Deleted: 28
<u>2.10.2 Projeto experimental de uma habitação em Bauru - SP.....</u>	<u>31</u>	Deleted: 32
<u>2.10.3 Construção de um caramanchão em Visconde de Mauá-Rj.....</u>	<u>32</u>	Deleted: 33
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>	Deleted: 38

<b>3.1. Perspectiva da pesquisa</b> .....	<b>36</b>	Deleted: 38
<b>3.2 População e participantes da pesquisa</b> .....	<b>37</b>	Deleted: 39
<b>3.3 Procedimentos e instrumentos de coleta e análise de informações</b> .....	<b>37</b>	Deleted: 39
<b>3.4. Definição de termos</b> .....	<b>38</b>	Deleted: 40
<b>4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA</b> .....	<b>39</b>	Deleted: 41
<b>4.1. Projetos</b> .....	<b>39</b>	Deleted: 41
<b>4.2. Detalhes Construtivos</b> .....	<b>39</b>	Deleted: 41
<u>4.2.1. Ferramentas para construção com bambu</u> .....	<u>39</u>	Deleted: 41
<u>4.2.2. Escolha do bambu para construção</u> .....	<u>40</u>	Deleted: 42
<u>4.2.3. Tipos de encaixe utilizados na construção com bambu</u> .....	<u>41</u>	Deleted: 43
<u>4.2.4. Fundação</u> .....	<u>43</u>	Deleted: 45
<u>4.2.5. Estrutura</u> .....	<u>44</u>	Deleted: 46
<u>4.2.6. Vedação</u> .....	<u>46</u>	Deleted: 48
<u>4.2.7. Cobertura</u> .....	<u>48</u>	Deleted: 50
<u>4.2.9. Revestimentos</u> .....	<u>51</u>	Deleted: 53
<u>4.2.10. Esquadrias</u> .....	<u>51</u>	Deleted: 53
<u>4.2.11. Vidros</u> .....	<u>54</u>	Deleted: 56
<u>4.2.12. Instalações hidráulicas</u> .....	<u>54</u>	Deleted: 56
<u>4.2.13. Instalações elétricas</u> .....	<u>54</u>	Deleted: 56
<u>4.2.14. Pintura</u> .....	<u>55</u>	Deleted: 57
<b>4.3. Verificação da estrutura em bambu</b> .....	<b>56</b>	Deleted: 58
<u>4.3.1 Verificação da estabilidade da estrutura, conforme força cortante (compressão)</u> .....	<u>57</u>	Deleted: 59
<u>4.3.2 Verificação da estabilidade da estrutura, conforme momento fletor</u> .....	<u>60</u>	Deleted: 62
<u>4.3.3 Verificação do deslocamento da estrutura de bambu</u> .....	<u>61</u>	Deleted: 63
<b>4.4 Verificação do conforto térmico pela estrutura das paredes da residência em bambu</b> .....	<b>62</b>	Deleted: 64
<u>4.4.1. Propriedades térmicas de elementos construtivos da parede</u> .....	<u>62</u>	Deleted: 64
<b>4.5. Planilha de custos para futura construção da residência em bambu</b> .....	<b>65</b>	Deleted: 67
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>69</b>	Deleted: 71
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>70</b>	Deleted: 72
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>74</b>	Deleted: 76

7.1 ANEXO 01 – Projeto arquitetônico da casa de bambu.....74

7.2 ANEXO 02 – Projeto hidrossanitário da casa de bambu.....75

7.3. ANEXO 03 – Projeto elétrico da casa de bambu. ....76

Deleted: 76

Deleted: 77

Deleted: 78

**RESUMO**

O bambu é muito utilizado em numerosos ramos da ciência e do trabalho humano. Entre as vantagens que oferece, estão a de ser uma cultura que não causa danos à natureza, possui resistência, rapidez de crescimento e caráter nutritivo. Esta espécie vegetal libera quatro vezes mais oxigênio na atmosfera do que qualquer lenhosa, garantindo, a esta gramínea, um importante papel no meio industrial e ambiental.

Na construção civil a utilização do bambu como material alternativo sob o ponto de vista estrutural e construtivo mostra-se como viável para duas necessidades marcantes do nosso meio: o custo dos materiais industrializados e, por sua vez, a dificuldade de acesso a eles.

A presente pesquisa, refere-se a um projeto é de uma casa de 81 m<sup>2</sup>, com 2 quartos, sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço e banheiro, tendo sua estrutura de pilares, vigamento e telhado em bambu no formato original (circular) e estrutura das paredes em bambu seccionado tipo esteira, revestida com argamassa de cimento. O projeto da casa de bambu foi realizado com base no curso de capacitação de Mão de obra com o bambu da EBIOBAMBU – Visconde de Mauá-RJ; apresentando ainda, caracterização físico-mecânica, manejo, tratamento e prescrições de caráter prático para que o bambu possa ser solução viável ao uso da população, pretendendo também mostrar que o bambu é uma alternativa de material construtivo ambientalmente correto, pois é renovável e serve como uma opção criativa para estruturas naturais leves e belas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Regiões nativas do bambu .....	5	
<b>Figura 02:</b> Rizoma tipo paquimorfo ou moita .....	7	
<b>Figura 04:</b> Canteiro de propagação de estacas de bambu.....	8	
<b>Figura 05:</b> Corte correto e incorreto de colmo de bambu .....	11	
<b>Figura 06:</b> Cura do bambu na mata .....	12	
<b>Figura 07:</b> Cura do bambu por aquecimento.....	12	
<b>Figura 08:</b> Corte esquemático do sistema de cura por aquecimento .....	12	
<b>Figura 09:</b> Tratamento do bambu por imersão na água.....	13	
<b>Figura 10:</b> Método Boucherie .....	14	
<b>Figura 11:</b> Método Boucherie Modificado.....	16	
<b>Figura 13:</b> Secagem no ar.....	16	
<b>Figura 14:</b> Estufa para Secagem de Bambu .....	17	
<b>Figura 15:</b> Secagem das peças de bambu ao fogo.....	18	
<b>Figura 17:</b> Situação hipotética para determinação do coeficiente térmico do bambu.....	<u>22</u>	Deleted: 23
<b>Figura 19:</b> Corte esquemático da laje.....	<u>24</u>	Deleted: 25
<b>Figura 20:</b> Vigas e laje de bambu recheadas com espuma de poliuretano.....	<u>27</u>	Deleted: 28
<b>Figura 21:</b> Esquema do alicerce .....	<u>28</u>	Deleted: 29
<b>Figura 22:</b> Esquema do gabarito e da montagem da ossatura .....	<u>29</u>	Deleted: 30
<b>Figura 23:</b> Fixação dos painéis no alicerce .....	<u>30</u>	Deleted: 31
<b>Figura 24:</b> Fixação da “esterilla” nos montantes verticais .....	<u>31</u>	Deleted: 32
<b>Figura 25:</b> Vista lateral oeste do Caramanchão - RJ .....	<u>33</u>	Deleted: 34
<b>Figura 26:</b> Vista frontal do Caramanchão .....	<u>34</u>	Deleted: 35
<b>Figura 27:</b> Vista frontal do Caramanchão (próxima) .....	<u>34</u>	Deleted: 36
<b>Figura 30:</b> Vista de dentro para fora do Caramanchão; Estado do RJ .....	<u>36</u>	Deleted: 38
<b>Figura 31:</b> Bambu da espécie <i>pyllostachys pubescens</i> (mossô).....	<u>40</u>	Deleted: 42
<b>Figura 32:</b> Escolha dos diâmetros ideais descritos em projeto.....	<u>41</u>	Deleted: 43
<b>Figura 33:</b> Tipos de encaixes com o bambu.....	<u>41</u>	Deleted: 43
<b>Figura 34:</b> Obtenção de encaixe tipo Boca de pescado com a ajuda da serra copo .....	<u>42</u>	Deleted: 44
<b>Figura 35:</b> Execução do arremate para melhorar o encaixe da peça com serra tico-tico .....	<u>42</u>	Deleted: 44
<b>Figura 36:</b> Execução de encaixe tipo 45° com serrote com dentes de temperado .....	<u>43</u>	Deleted: 45

<b>Figura 37:</b> Detalhe da fundação e colocação das peças de bambu (pilares) .....	<u>44</u>	Deleted: 46
<b>Figura 38:</b> Detalhe da fixação da estrutura na fundação .....	<u>45</u>	Deleted: 47
<b>Figura 39:</b> Detalhe da fixação das vigas através de barra rosqueável em forma de gancho .....	<u>45</u>	Deleted: 47
<b>Figura 40:</b> Detalhe do cavilhamento das vigas de bambu no pilar.....	<u>46</u>	Deleted: 48
<b>Figura 41:</b> Construção da esteira de bambu “ <i>esterilla</i> ”.....	<u>47</u>	Deleted: 49
<b>Figura 42:</b> Construção da <i>esterilla</i> . .....	<u>47</u>	Deleted: 49
<b>Figura 43:</b> Aplicação das camadas de chapisco e emboço.....	<u>48</u>	Deleted: 50
<b>Figura 44:</b> Detalhe esquemático da parede da casa de bambu .....	<u>48</u>	Deleted: 50
<b>Figura 49:</b> Telhas <i>Onduline®</i> - a telha ecológica .....	<u>50</u>	Deleted: 52
<b>Figura 50:</b> Detalhe da fixação da porta nos pilares de bambu.....	<u>52</u>	Deleted: 54
<b>Figura 51:</b> Detalhe da fixação da janela nos pilares de bambu .....	<u>53</u>	Deleted: 55
<b>Figura 52:</b> Detalhe em corte da instalação elétrica no interior da parede de bambu.....	<u>55</u>	Deleted: 57
<b>Figura 53:</b> Lançamento das cargas atuantes na estrutura de bambu.( Fachada Norte/sul).....	<u>57</u>	Deleted: 59
<b>Figura 54:</b> Lançamento das cargas atuantes na estrutura de bambu.( Fachada Leste/Oeste)..	<u>57</u>	Deleted: 59
<b>Figura 55:</b> Gráfico da força cortante da estrutura de bambu. Fachada Norte/Sul.....	<u>58</u>	Deleted: 60
<b>Figura 56:</b> Gráfico da força cortante da estrutura de bambu. Fachada Leste/Oeste.....	<u>58</u>	Deleted: 60
<b>Figura 57:</b> Gráfico do momento fletor da estrutura de bambu. Fachada Norte/Sul.....	<u>60</u>	Deleted: 62
<b>Figura 58:</b> Gráfico do momento fletor da estrutura de bambu. Fachada Leste/Oeste.....	<u>60</u>	Deleted: 62
<b>Figura 59:</b> Deslocamento no eixo x de 2,1 cm, após uma carga concentrada de vento de 120Km/h. ....	<u>61</u>	Deleted: 63
<b>Figura 60:</b> Deslocamento no eixo x de 1,82 cm, após uma carga concentrada de vento de 120Km/h.. ....	<u>62</u>	Deleted: 64
<b>Figura 61:</b> Gráfico da curva de conforto térmico de um dormitório, com uma das fachadas voltada para o Sul.....	63	

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 01:</b> Resistência térmica do espaço de ar interno do bambu.....	34	
<b>Tabela 02:</b> Dimensão e quantidade das janelas .....	<u>53</u>	Deleted: 55
<b>Tabela 03:</b> Dimensão e quantidade de portas .....	<u>54</u>	Deleted: 56
<b>Tabela 04:</b> Descrição dos materiais e seus respectivos pesos. ....	<u>56</u>	Deleted: 58
<b>Tabela 05:</b> Descrição dos coeficientes para o cálculo do vento na região do projeto .....	<u>56</u>	Deleted: 58
<b>Tabela 06:</b> Dados retirados do Programa de Conforto térmico. ....	<u>63</u>	Deleted: 65
<b>Tabela 07:</b> Dados retirados do Programa de Conforto térmico. ....	<u>63</u>	Deleted: 65
<b>Tabela 08:</b> Resultados obtidos e verificação da aceitação da parede proposta .....	<u>64</u>	Deleted: 66

## **APRESENTAÇÃO**

Atendendo à Instrução nº /ProEn/ 2003 e do Regulamento do Curso de Engenharia Civil submetemos à consideração superior o presente TICC realizado no período de 20/02/2003 a 30/06/2003; bem como as considerações pessoais a respeito do mesmo.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Problema da pesquisa**

O Brasil possui cerca de 5.506 municípios e uma população de 169,5 milhões de habitantes, dos quais 29 milhões encontram-se abaixo da linha da miséria. Com relação à ocupação do solo, 81,2% dos brasileiros vivem em áreas urbanas com 75% dos municípios brasileiros compostos por comunidades de até 20 mil habitantes, enquanto os outros 25% concentram populações de mais de um milhão de habitantes. Este quadro de concentração da população em centros urbanos aliados a uma má distribuição de renda da população, gera um processo de ocupação desordenada dos espaços urbanos comumente chamados de favelização, cuja característica principal são a falta de controle do poder público, as habitações de baixa qualidade e condições precárias de saneamento e higiene. (IBGE, 2000).

A forma de degradação inconsciente do homem é o que mais preocupa governos e sociedades, pois, repercute nos meios físico-biológicos e socioeconômicos, além de afetar os recursos naturais e a saúde humana, podendo causar desequilíbrios ambientais no ar, nas águas, no solo e no meio sociocultural.

A reciclagem dos materiais, nas áreas mais carentes principalmente, o aproveitamento de resíduos, a utilização de energia solar, bem como a ampliação do uso de materiais alternativos como o bambu, são contribuições que se pode dar para amenizar uma situação sócio-ambiental tão complexa e preocupante. (Ghavami, 1992).

O bambu é um material não poluente, tubular, longo e resistente, flexível, fácil de manusear e transportar, de baixo custo financeiro e principalmente, as reservas de bambu são fontes renováveis e sustentáveis, sendo que, as plantações de bambu podem vir a reconstituir áreas devastadas em um curto período de tempo, contribuindo para a diminuição da extração da madeira nativa, devastação das florestas, podendo funcionar como estabilizador de encostas e taludes. Além disto, esta planta de fácil obtenção e manejo, com bom efeito estético.

Na cultura brasileira, construções com bambu vêm sendo feitas de forma empírica, sendo ainda uma área com pouca literatura e pesquisas de campo, enquanto que em outros países como a Colômbia, China, Índia, o uso do bambu, na construção civil, já se encontra numa fase bem desenvolvida e a aceitação, deste tipo de material já é consagrada.

## **1.2. Objetivos da pesquisa**

### 1.2.1 Objetivo geral

Projetar e detalhar o método construtivo de uma casa utilizando o bambu como principal material.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar a possibilidade da utilização do bambu para fins residenciais na indústria da construção civil.
- Projetar uma casa utilizando o bambu como principal material construtivo.
- Detalhar o método construtivo, quando utiliza-se o bambu como material construtivo.
- Averiguar os custos para uma residência construída com bambu.

## **1.3 Justificativa**

No Brasil, tornam-se preocupantes as migrações do campo para as metrópoles, que, aliadas a um déficit habitacional já existente, acabam por agravar o problema da ocupação desordenada do solo.

Muitas famílias, não possuindo, portanto condições para adquirirem moradias concluídas no mercado imobiliário, são praticamente compelidas a escolher entre instalar-se precariamente ou clandestinamente em áreas centrais e urbanizadas (favelas ou cortiços), além de promoverem alteração e desequilíbrio no meio ambiente (Strong, 2003)

Dos cerca de 1.300 municípios brasileiros criados desde 1998, somente 10% têm programas de regularização fundiária. A maior parte (46%) se formou a partir de loteamentos irregulares e quase a metade (49%) não tem cadastros dessas áreas ocupadas, enquanto 47% deles não sabem quem vive em suas favelas (IBGE, 2000).

O custo da construção de casas para a população de baixa renda é relacionado principalmente ao custo dos materiais e a velocidade de execução. Neste sentido, visando

viabilizar a construção de moradias de baixos custos, novas tecnologias e novos materiais são empregados; o Bambu é um deles.

“Material como o bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de preparo, sua fonte é renovável e de baixo custo, comenta Ripper (1994)”.

A forma circular do bambu e sua seção oca tornam o material mais leve, de fácil transporte e armazenagem, permitindo rápidas construções de estruturas temporárias e permanentes. Em cada um dos nós do bambu existe um tabique ou parede transversal que além de torná-lo mais rígido e elástico, evita sua ruptura ao curvar-se. A constituição de fibras nas paredes do bambu permite a construção transversal ou longitudinal de peças em qualquer tamanho, utilizando ferramentas manuais simples, descreve Ghawani (1998).

O bambu é utilizado integralmente, sem desperdícios, possuindo uma superfície lisa, limpa e de cor atrativa, não necessitando ser polida, pintada ou lixada. Pode ser usado em combinação com qualquer tipo de material para construção, incluindo concreto.

#### **1.4. Perguntas de pesquisa**

- O Bambu é um material possível de ser utilizado para fins residenciais na indústria da construção civil?
- Quais as principais especificações no projeto de uma casa utilizando o bambu como principal material construtivo?
- Quais os principais detalhes do método construtivo, quando utiliza-se o bambu como material construtivo?
- Qual o custo de uma residência construída com bambu?

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Histórico e considerações sobre bambu

Segundo Valenovsky (1928) apud Oliveira (1980) a origem do bambu situa-se na era Cretácea, um pouco antes do início da Época Terciária, quando se originou o homem. Pode-se dizer que com o começo da civilização na Ásia a história do bambu se inicia. Já na pré-história o bambu fazia parte significativa da vida do homem.

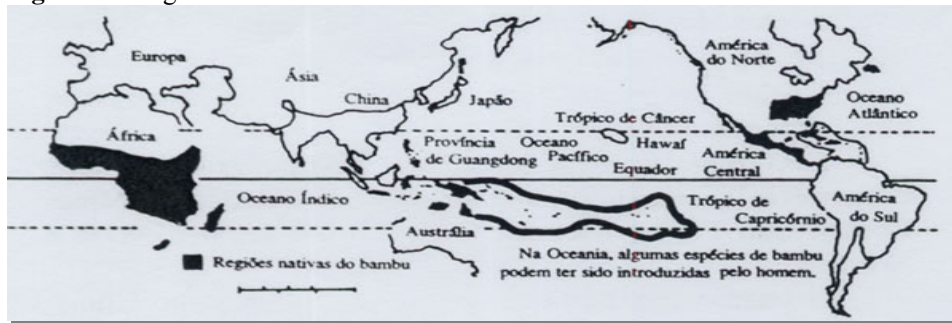
Sítios arqueológicos no Equador mostram que o bambu é utilizado há cerca de 5000 anos na América do Sul, primeiramente pelos indígenas, conforme Parsons (1991).

Existe no mundo 47 gêneros e 1250 espécies de bambu, dos quais, só no Japão encontram-se 13 gêneros e 662 espécies; porém, a classificação botânica do bambu é muito difícil de ser feita, pois a maior parte das espécies floresce e algumas dão frutos em intervalos de tempo muito longos (30, 60 e até 120 anos) e são flores e os frutos que permitem a classificação, afirma Makito (1976) apud Oliveira (1980).

Já Raizada e Chartterjii (1976) estimam em 30 gêneros e 550 espécies.

O botânico Clure (1973), fez uma revisão na classificação dos bambus nos continentes; excetuando a Europa, todos os demais continentes têm espécies nativas de bambu (Figura 01). Constatou também que na América Latina, há existência de bambus desde **39° 25' N** da parte oriental dos Estados Unidos, até **45° 23' 30" S** no Chile e até **47°S** na Argentina. No Brasil foi registrada em 1976 a existência de 85.000 Km<sup>2</sup> de bosques de bambu, no Estado de Acre, nos limites com a Bolívia e Peru, onde se encontram espécies muito importantes para a exploração econômica, como por exemplo a *Bambusa gradua*, que domina a maior extensão; isto se dá pelos fatores climáticos, edafológicos e selváticos da região.

**Figura 01:** Regiões nativas do bambu.



**Fonte:** Graça, 1988, p. 18

Segundo Deogun (1936), várias espécies foram observadas sob o aspecto das necessidades mínimas de precipitação pluviométrica e constatou-se que o *Dendroclamus strictus* nees, indica como média mínima de precipitação anual de 762 mm. Quanto à média de precipitação máxima anual, existem espécies em zonas onde a precipitação é superior 6.350 mm.

A grande maioria das espécies de bambus desenvolvem-se a temperaturas que estão entre 9° C e 36°C, porém há parte delas que resiste à neve, como é o caso do *Dendrocalamus strictus* que suporta temperaturas baixas até - 5,5°C.

A umidade relativa é um dos fatores que determina a distribuição das espécies em diferentes zonas. De acordo com Huberman (1959), os bambus desenvolvem-se em locais com umidade relativa de 80% ou mais.

Segundo Ueda (1956), os solos sedimentares e drenados são os mais apropriados para o cultivo dos bambus, porém, nos úmidos o bambu se desenvolve relativamente bem; já que os salinos são estéreis para essa planta. É muito comum encontrar bambus associados com outras árvores, como por exemplo, o gênero *Arundinaria* que é encontrado em bosques onde existem carvalhos e cedros.

De acordo com Clure (1973), o bambu é constituído de uma série de eixos formados por segmentos que se constituem nos nós e entrenós, variando em sua forma segundo correspondem à raiz, rizoma, ao caule ou às ramagens.

O rizoma do bambu, além das funções de reserva de alimento e estrutural de fixação da planta no solo, é também um elemento básico para a propagação, que ocorre pela sua ramificação.

O caule é cilíndrico, com entrenós ocos e nós apresentando internamente septos que interrompem o vazio dos entrenós. Dependendo da espécie os caules têm diferentes alturas, diâmetros e formas de crescimento; a *Arundinaria*, por exemplo, é um arbusto, ao passo que o *Dendrocalamus giganteus* chega a alcançar a altura de 30 metros e um diâmetro médio de 0,26 metros. O caule possui um crescimento muito rápido se comparado a outras plantas. O crescimento médio diário é de 0,08 m a 0,10 m ao dia, porém a casos em que este crescimento médio é da ordem de 0,40 m, como exemplo o *Dendrocalamus giganteus*.

O bambu obedece a uma relação matemática afirmada por Satow (1899) apud Oliveira (1980) que é baseada no número 3, pois os caules amadurecem entre 3 e 6 anos, florescem aos 30, 60, 90 ou 120 anos, o número de nós é divisível por 3, os rizomas mais curtos têm de 3 a 6 nós, os mais longos de 9 a 12, o número total de nós nos caules mais longos é de 60, 63 ou 66.

Para se determinar a idade de um caule, não se pode proceder como com as árvores, pois o bambu não aumenta de diâmetro com a idade.

Deogun (1936), observando o *Dendrocalamus strictus*, concluiu que os caules novos, de menos de 1 ano, apresentam brácteas ainda aderidas aos nós e os entrenós estão cobertos com um pó fino branco, não possuem ramas; os caules de 2 anos apresentam brácteas secas em certos pontos e apresentam ramas e a penugem junto dos nós desprende-se facilmente; os caules de 3 anos não têm brácteas e a penugem é manchada e não desprende facilmente; os caules de 4 anos são verdes, com pouca ou nenhuma penugem, apresentam manchas claras.

Já Rehman e Ishad (1959), por têm outros processos para distinguir a idade dos caules; nas matas os bambus mais maduros são os do centro, pois o desenvolvimento dos rizomas se faz daí para a periferia. Outro critério é o teor de umidade; os caules imaturos apresentam praticamente a mesma porcentagem de umidade em toda a sua altura, ao passo que os caules maduros a umidade decresce com a altura do caule.

## **2.2 Propagação do bambu**

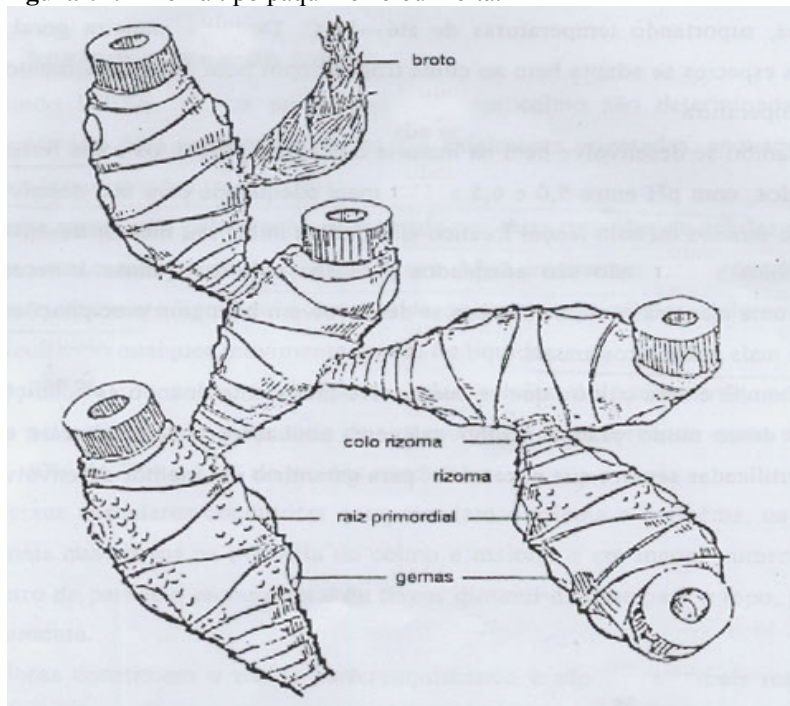
Os bambus propagam-se através de sementes ou fracionamento vegetal, descreve Deogun (1936).

A reprodução por semente é pouco utilizada, sendo que depende do florescimento, que ocorre muitos anos após o nascimento da planta. O momento mais adequado para colher às sementes é após o seu amadurecimento.

Já a reprodução por fracionamento pode se dar pelo método de transplante direto do rizoma, do caule e por segmentos do caule, que neste deve existir o caule as ramas e o rizoma.

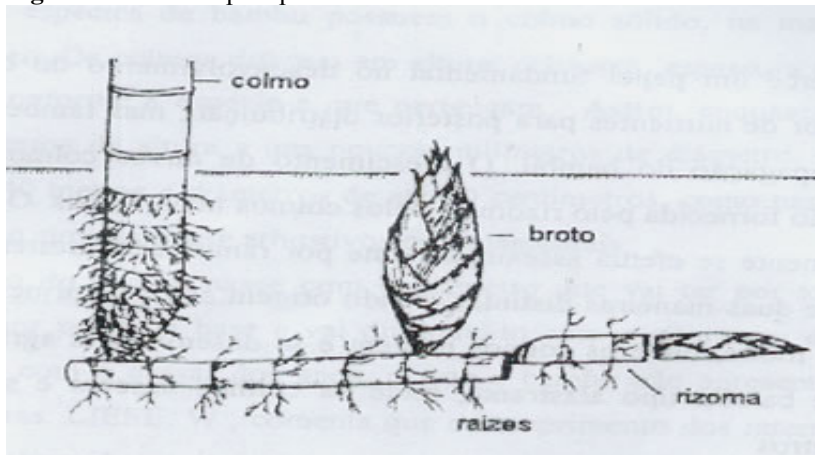
O sistema por rizoma exige que o mesmo tenha gemas ainda não desenvolvidas e de preferência que seja rizoma jovem. O nascimento de novos colmos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas. Esta ramificação ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo tipo moita, onde os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros e o grupo de bambu tipo alastrante, onde os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros. (Figuras 2 e 3 respectivamente).

**Figura 02:** Rizoma tipo paquimorfo ou moita.



Fonte: Lopez; 1974 p.28.

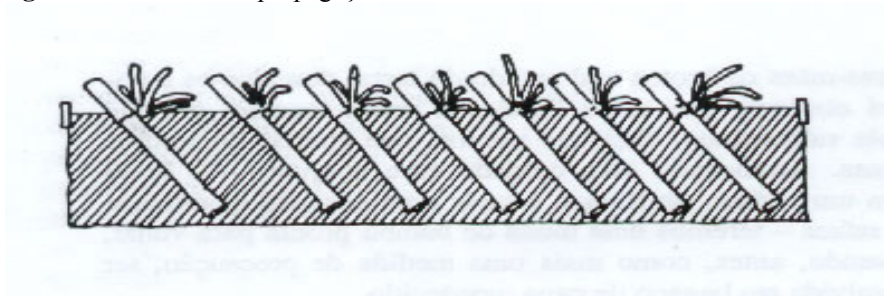
**Figura 3:** Rizoma tipo leptomorfo ou alastrante.



Fonte: Lopez; 1974 p.29.

O método pelo segmento do caule, constitui-se do enraizamento de estacas ou pedaços de colmos e ramos. Nesse caso, cortam-se pedaços de 60 a 120 cm de comprimento, contendo nós com gemas. Os pedaços cortados poderão ser colocados no solo deitados ou oblíquos. Figura 04. O método do transplante de caule, no mesmo, deve haver ramos, folhas e rizoma, comenta Graça, 1988.

**Figura 04:** Canteiro de propagação de estacas de bambu.



Fonte: Graça; 1988, p. 32.

### 2.3 Uso do bambu na construção civil

Na construção civil, têm-se empregado o bambu com grande êxito em vista das técnicas aplicadas e dos resultados obtidos. Entretanto existem outros campos de exploração do material, em fase preliminar de investigação, onde a falta de informação e a ausência de

experimentos científicos têm dificultado encontrar a tecnologia adequada. O arquiteto López (1978) propõe que se estabeleçam normas técnicas, apoiadas em experiências criteriosas, a fim de aplicar corretamente o bambu. Seja no âmbito da engenharia, nas suas mais variadas modalidades, seja no da arquitetura, pode-se enumerar muitas formas de utilizar o bambu onde as metas foram atingidas, sendo que em alguns casos os produtos finais suscitam a admiração geral, como, por exemplo, o templo hindu Taj Mahal, considerado de rara beleza, com cúpulas cujas estruturas são de bambu e permanecem por muito tempo.

No Brasil, Reis (1959), enfatizou as possibilidades do largo emprego do bambu como material de construção civil, em vista das suas características de resistência determinados esforços e pelo fato de estar disseminado em grande parte do globo terrestre. Os graus de dureza, flexibilidade e resistência, que o bambu vai adquirindo nas suas etapas de desenvolvimento e maturação, condicionam os usos que se pode dar a este vegetal. Adquire o seu desenvolvimento máximo em menos de um ano após ter brotado do solo, tempo este muito curto se comparadas as suas qualidades para fins estruturais com as de outras madeiras, cujo completo desenvolvimento leva de 15 a 100 anos. O caule do bambu apresenta um comportamento diferenciado ao longo do seu comprimento, fato este que se deve às características físicas, variáveis em função do diâmetro, da espessura e composição das paredes, da distância entre nós. O extremo inferior apresenta-se com o maior diâmetro, com paredes bem espessas e nós pouco distanciados uns dos outros. Contudo, é muito resistente aos esforços de tração e menos resistente aos esforços de compressão, presta-se para vários tipos de peças e sistemas estruturais, abrangendo desde cabos para estruturas pênseis até estruturas rígidas, podendo ser associado com outros tipos de materiais de construção, como por exemplo, o concreto, onde seu papel é o de reforço.

Reis (1959), diz ainda que para o emprego do bambu na construção civil são necessários tratamentos de conservação, de aprimoramento, ensaios de laboratório para avaliar o seu comportamento à solicitação de esforços (propriedades físicas e mecânicas).

#### **2.4 Critérios de corte do bambu**

O corte do bambu deve ser feito com ferramenta (normalmente utiliza-se o machado) bem afiada para não rachar o toco do bambu. Além disso, o corte deve ser feito a, no mínimo 30 cm do solo e logo acima de um dos nós, para não permitir a entrada de água da chuva. Se

isto acontecer, os rizomas poderão morrer e não emitirão brotos. Portanto, ao se fazer o corte em uma touceira de bambu, é preciso estar atento para a maneira como será feito, criando condições para que os rizomas da planta cortada emita novos brotos, garantindo, assim, a sobrevivência da touceira, comenta Pereira, 1990.

Além do corte, outros pontos também devem ser levados em consideração para garantir a manutenção da touceira:

- \* O número de colmos extraídos em uma touceira em uma única vez poderá atingir, no máximo, 50 % do total;

- \* Retirar os colmos velhos e deteriorados, bem como o excesso de folhas de dentro da touceira, antes de cortar os bambus sadios e maduros;

- \* Cortar somente os colmos maduros, preservando os mais novos;

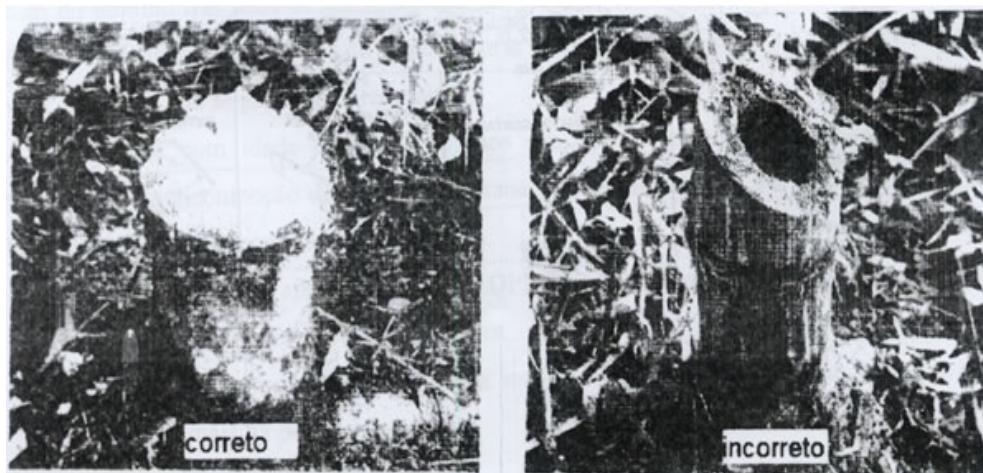
- \* As estações certas para colheita são o Outono e o Inverno nos subtópicos, e na estação seca nos trópicos (quando os insetos estão em estado de hibernação).

- \* Os corte deve ser feito na lua Minguante, fase em que a seiva circulante da planta diminui de volume e ocorre a menor troca de umidade entre o bambu e o solo, protegendo, assim, o caule contra a ação de insetos e fungos.

Deogun (1953), recomenda que os caules sejam cortados usando facões afiados, nunca machado para evitar que as taquaras se rachem, a altura de 0,15m a 0,30m do nível do solo, imediatamente acima de um nó (de forma a evitar o depósito de água dentro do entrenó, o que provoca o apodrecimento do rizoma). Figura 05.

A falta de método no corte do bambu pode levar a apreciáveis perdas.

**Figura 05:** Corte correto e incorreto de colmo de bambu.



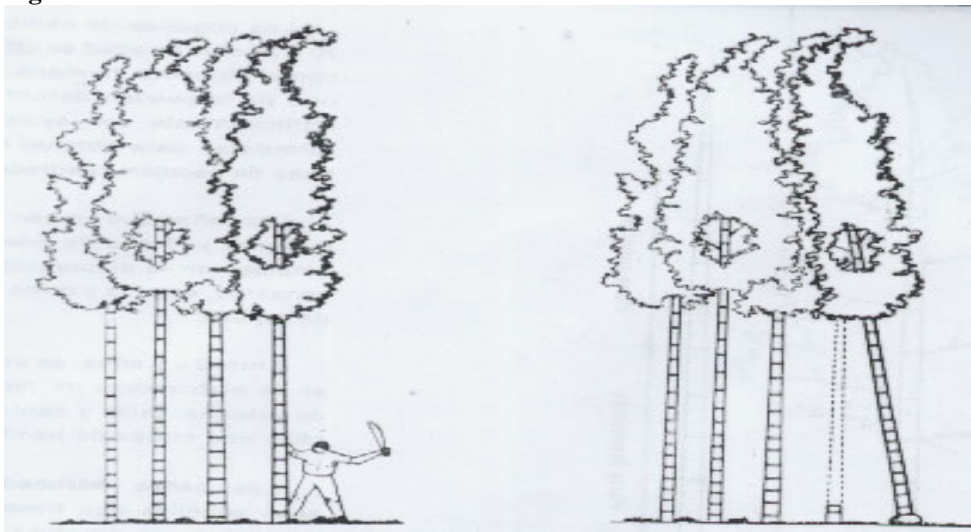
Fonte: Pereira; 1997. P. 21

## 2.5. Tratamentos

Igual a madeira, algumas espécies de bambu são mais propensas que outras ao ataque de insetos e fungos e por tanto devem ser tratadas com produtos químicos inseticidas (contra insetos) e fungicidas (contra fungos). Este tratamento inicia após o corte do caule. Alguns desses tratamentos consistem em tirar a seiva e reduzir o amido dos caules, pois segundo Plank (1977), quanto maior a quantidade de amido e umidade dos caules, maior é a tendência de ataque por insetos xilófagos e fungos.

Segundo Prushothan, Sudan e Sagar (1953) apud Oliveira (1980), a cura pode ser feita na mata, quando os caules cortados são recostados junto aos caules não cortados, na posição mais vertical possível, sem remover as folhas nem os ramos, afastando-os do solo, apoiando-se sobre pedras ou outro tipo de suporte, por aproximadamente 8 semanas. Com este tipo de cura, os caules mantêm seu colorido natural, não se racham e resistem ao ataque dos fungos. Figura 06.

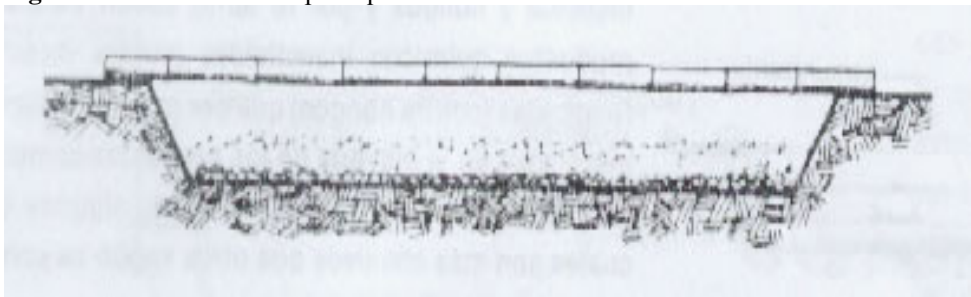
**Figura 06:** Cura do bambu na mata.



**Fonte:** Lopez; 1974, p.02.

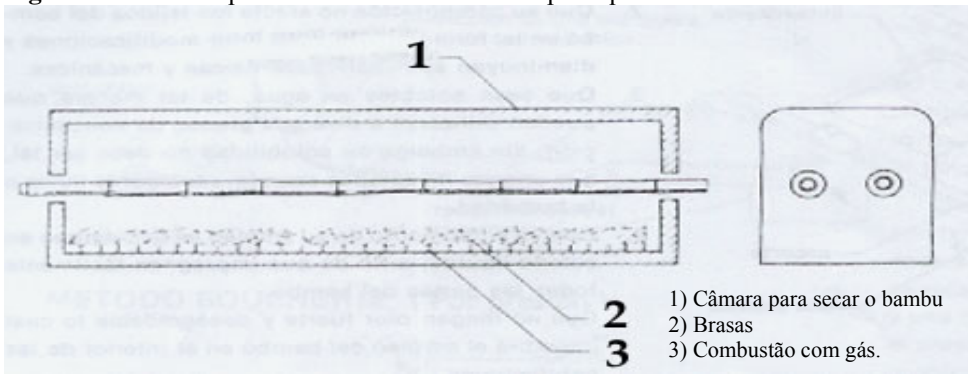
Para uma maior rapidez da cura do caule do bambu Plank (1977), desenvolveu a cura por aquecimento, que consiste em colocar os caules cortados sobre o fogo, girando-os sem queimá-los. Com este procedimento mata-se qualquer inseto que estiver em seu interior. O fogo endurece as paredes externas imunizando-as ao ataque dos insetos. Figuras 07 e 08.

**Figura 07:** Cura do bambu por aquecimento.



**Fonte:** Lopez; 1974, p.03.

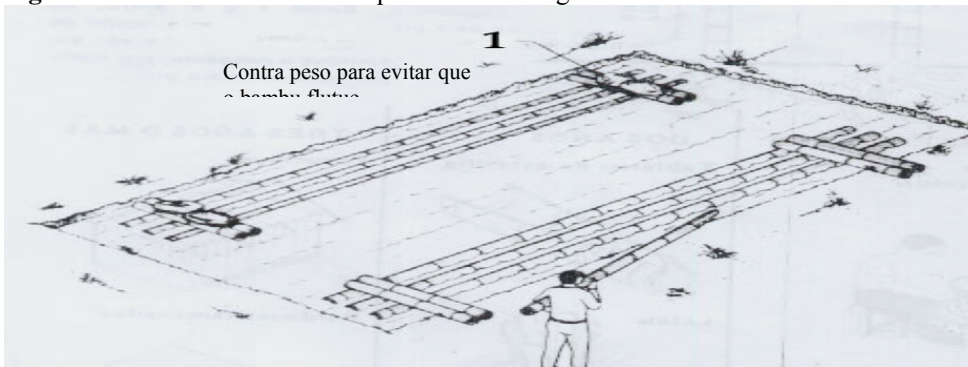
**Figura 08:** Corte esquemático do sistema de cura por aquecimento



Fonte: Lopez; 1974 p.03.

Já White (1948), descreve um tratamento por imersão que consiste em manter os caules submersos em água por mais de 4 semanas. A água penetra no interior do caule, expulsando o amido, deixando o caule protegido de fungos e insetos. Figura 09.

**Figura 09:** Tratamento do bambu por imersão na água

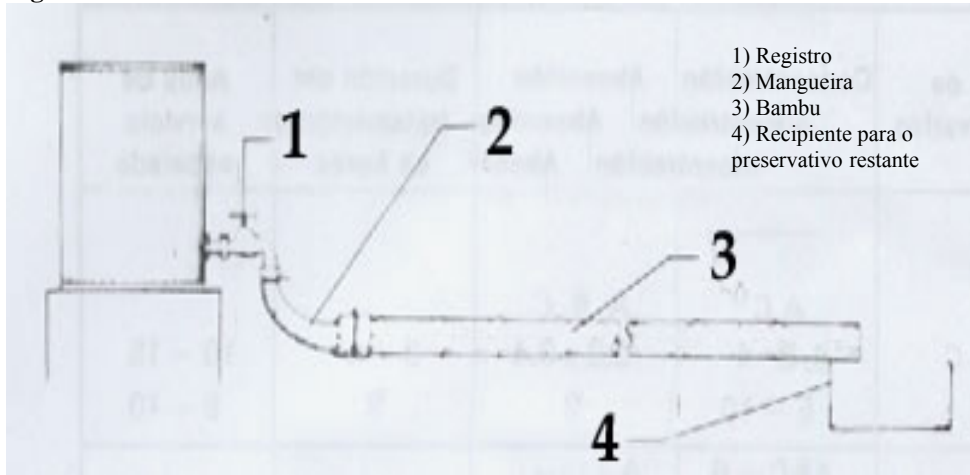


Fonte: Lopez; 1974 p.02.

Idealizado por Boucherie (1873) apud Oliveira (1980), o tratamento consiste em fazer penetrar pelo extremo do bambu, através de pressão hidrostática, sulfato de cobre que expulsa a seiva ocupando o seu lugar. Introduce-se um tubo de borracha no extremo do caule do bambu (sem ramos e folhas) e se enche de preservativo. Isto feito cerra-se a outra extremidade do bambu e se coloca na posição vertical, de tal forma que o preservativo fique na parte superior e penetre no interior do caule por pressão hidrostática. Dependendo do tamanho do bambu, este método pode levar 2 semanas.

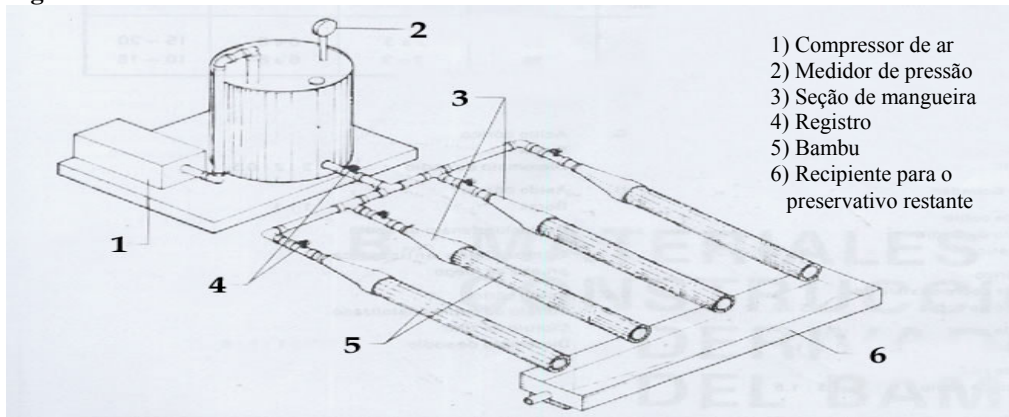
Dos produtos preservativos de uso corrente destacam-se sais e azeites que são soluções de creosoto e petróleo com pentaclorofenol, empregando nos bambus que vão ficar em contato direto com a água e umidade do solo. Já os sais são aplicados dissolvidos em água. Figura 10.

**Figura 10:** Método Boucherie



**Fonte:** Lopez; 1974, p.05.

O método Boucherie modificado é mais rápido e permite tratar vários bambus ao mesmo tempo. O método implica em aplicar uma pressão de 10 a 15 libras no recipiente do preservativo, ao invés de fazê-lo penetrar por gravidade. A pressão provoca uma rápida penetração e absorção do preservativo e inclusive dispensa a necessidade de colocar o bambu na posição vertical. Na maior parte dos casos, após 2 ou 3 minutos de aplicada a pressão, começam a sair gotas de seiva pelo extremo oposto ao da introdução do preservativo. O tratamento está completo quando a concentração da cor do líquido que sai é igual à do depósito. (Prushothan, sudan e sagar, 1953, apud Oliveira, 1980) (Figura 11).

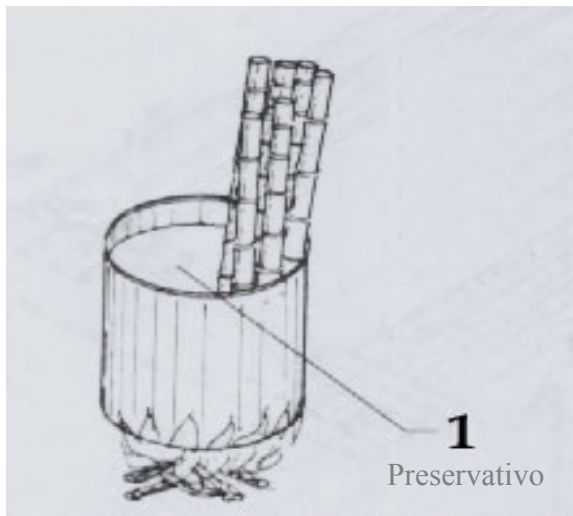
**Figura 11:** Método Boucherie Modificado

Fonte: Lopez; 1974 p.05.

O método da substituição de seiva consiste em tratar as peças ainda verdes (recém cortadas) introduzindo-as, verticalmente, em um tambor ou recipiente semelhante, contendo a solução preservativa (Arseniato de cobre cromato), onde devem permanecer por um período de 5 a 15 dias (dependem da espécie e da espessura do bambu).

A seiva, na parte superior das hastes, que se encontra fora da solução preservativa, criará uma diferença de pressão, resultando na absorção da solução, pelas hastes, através da parte inferior das peças de bambu, que se encontram mergulhadas na solução, deve-se repor a solução periodicamente. Para acelerar o tratamento, pode-se aquecer a solução, fazendo com que a seiva evapore mais rapidamente e o tratamento acabe em menos tempo. (Figura 12).

**Figura 12:** Método de substituição de seiva.



Fonte: Lopez; 1974 p.05.

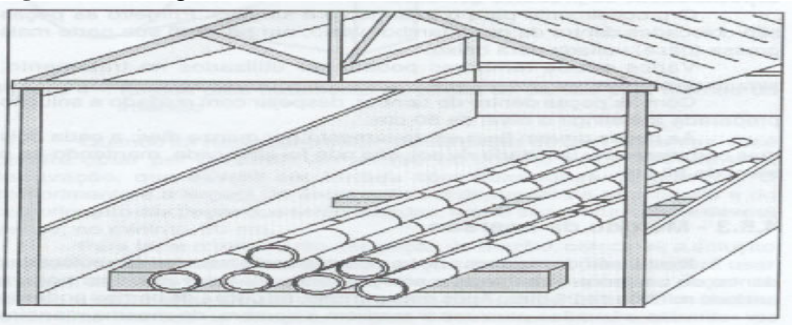
## 2.6 Secagem

A secagem do bambu é desejável tanto quanto o é para qualquer madeira que vá ter uso na construção civil.

A secagem no ar, os caules são empilhados na posição horizontal, protegidos da ação do sol e da chuva através de cobertura. A duração do processo de secagem depende do teor de umidade da atmosfera, comenta Reis (1959), (Figura 13).

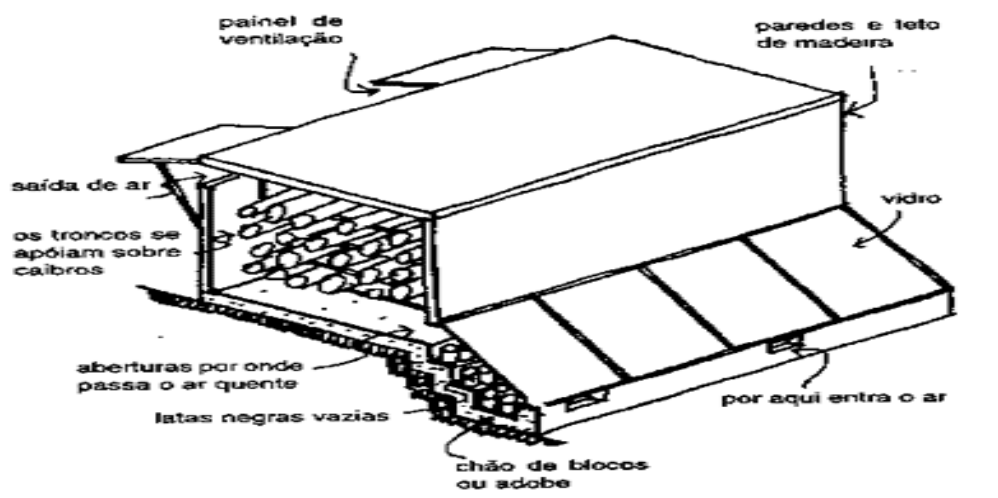
Já a secagem em estufa, o controle da temperatura, umidade relativa e a circulação de ar podem ser total, sendo que este sistema é mais rápido que a secagem ao ar. (Figura 14).

**Figura 13:** Secagem no ar.



Fonte: Reis, 1959. p.56.

**Figura 14:** Estufa para Secagem de Bambu.



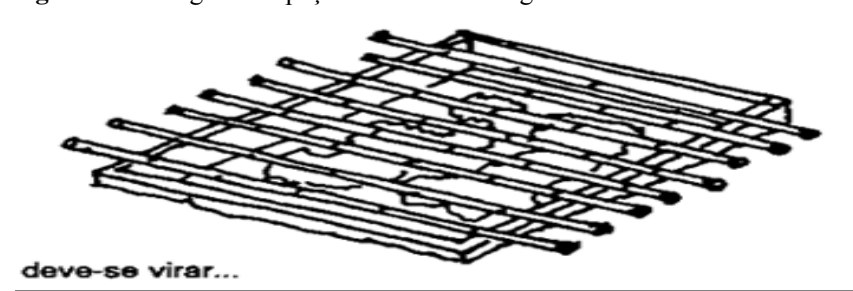
Fonte: Villa; 1998, p.47

Outro processo de secagem dos caules do bambu é através do fogo aberto, que consiste em colocar os caules apoiados em dois suportes a uma altura de aproximadamente 0,50m do solo. Sob os caules são colocados carvões ou madeira em brasa, não devendo ultrapassar a altura de 0,15m do solo, para que se mantenham a uma distância aproximada de 0,35m dos caules, a qual, devem ser girados constantemente. (Figura 15).

Durante a secagem podem surgir defeitos nos caules, de acordo com as observações de Rehman e Ishaq (1959).

A secagem provoca gretas que se originam nos nós e nas zonas deterioradas, ocasionadas pelo mau estado do caule e a excessiva contração do material. Pode ocorrer o aparecimento de rachaduras nos extremos do bambu, quando submetidos a secagem em estufa ou ao ar livre, causado por grande contração.

**Figura 15:** Secagem das peças de bambu ao fogo.



Fonte: Villa; 1998, p.48.

## 2.7 Propriedades físicas

O número de espécies de bambu é muito grande. Na verdade pouco se conhece dessa gramínea, quer nos seus aspectos botânicos, quer quanto às propriedades físicas e químicas.

O uso que se vem fazendo do bambu, como material de construção, por si só elegeu um elenco de espécies de melhor comportamento à solicitação dos esforços de tração e compressão.

Com essas espécies, que apresentaram melhor desempenho na prática, foram realizados ensaios.

Quanto à resistência à tração foi utilizado régua de bambu das espécies *Plyllostachys pubescenes* e *Dendrocalamus strictus*, conforme descreve Datta (1936).

Resistência à tração na zona do internódio,

<i>Plyllostachys pubescenes</i>	Média	1.893 Kg/cm <sup>2</sup>
	Mínima	1.293 Kg/cm <sup>2</sup>
	Máxima	2.312 Kg/cm <sup>2</sup>

<i>Dendrocalamus strictus</i>	Média	1.094 Kg/cm <sup>2</sup>
	Mínima	948 Kg/cm <sup>2</sup>
	Máxima	1.239 Kg/cm <sup>2</sup>

## Módulo de resistência à tração na zona do internódio

<i>Plylostachys pubescenes</i>	Média	190.677 Kg/cm <sup>2</sup>
	Mínima	88.589 Kg/cm <sup>2</sup>
	Máxima	364.972 Kg/cm <sup>2</sup>

<i>Dendrocalamus strictus</i>	Média	14.233 Kg/cm <sup>2</sup>
	Mínima	124.306 Kg/cm <sup>2</sup>
	Máxima	158.687 Kg/cm <sup>2</sup>

## Resistência à tração na zona do nó.

Segundo Glenn (1936), o nó é a parte mais frágil de um caule submetido à tração.

<i>Plylostachys pubescenes</i>	1.472 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	1.094 Kg/cm <sup>2</sup>

## Módulo de elasticidade à tração na zona do nó

<i>Plylostachys pubescenes</i>	.225.691 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	153.467 Kg/cm <sup>2</sup>

## Resistência à compressão na zona do internódio

<i>Plylostachys pubescenes</i>	489 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	350 Kg/cm <sup>2</sup>

## Módulo de elasticidade à compressão na zona do internódio

<i>Plylostachys pubescenes</i>	226.253 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	155.382 Kg/cm <sup>2</sup>

## Resistência à compressão na zona do nó

<i>Plylostachys pubescenes</i>	484 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	328 Kg/cm <sup>2</sup>

## Módulo de elasticidade à compressão na zona do nó

Conforme Glenn (1936), foram testadas peças de 0,30 m de comprimento e 0,03 m de diâmetro externo e 0,0045 m de espessura de parede, proporção que evita o fenômeno de flambagem.

<i>Plylostachys pubescenes</i>	237.995 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	156.085 Kg/cm <sup>2</sup>

## Resistência à flexão

A experiência foi feita com varas de bambu com diâmetro externo de 0,07m e 0,08 m, apoiadas sobre 2 suportes distanciados 1,75 m; descreve Glenn (1936), em seu experimento.

<i>Plylostachys pubescenes</i>	935 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	1.022 Kg/cm <sup>2</sup>

## Módulo de elasticidade à flexão

Conforme Datta (1936), o ensaio foi realizado para medir a resistência a tração das áreas externas e internas das paredes do caule. Podem ser distinguidas 2 camadas: uma interna de coloração branca e porosa, equivalendo a aproximadamente 70% da espessura da parede; outra, externa, de coloração escura e compacta, perfazendo 30% da espessura total.

<i>Plylostachys pubescenes</i>	193.864 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	177.881 Kg/cm <sup>2</sup>

Peso específico

<i>Plylostachys pubescenes</i>	0,79 Kg/cm <sup>3</sup>
<i>Dendrocalamus strictus</i>	0,62Kg/cm <sup>2</sup>

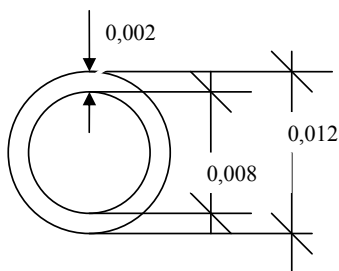
## 2. 8 Características térmicas do bambu

O coeficiente de condutibilidade térmica para caules secos, de densidade 790 Kg/m<sup>3</sup> (corresponde a densidade da madeira pesada) pode-se adotar a condutibilidade térmica da ordem de  $\lambda = 0,25$  Kcal/mh°C, determinado por Hodge (1957) apud Oliveira (1980).

As espessuras utilizadas do caule de bambu (figura 16) como experimento para a determinação do coeficiente de condutibilidade térmica é:

Diâmetro externo -	0,012 m
Espessura das paredes -	0,002 m
Diâmetro interno -	0,008 m

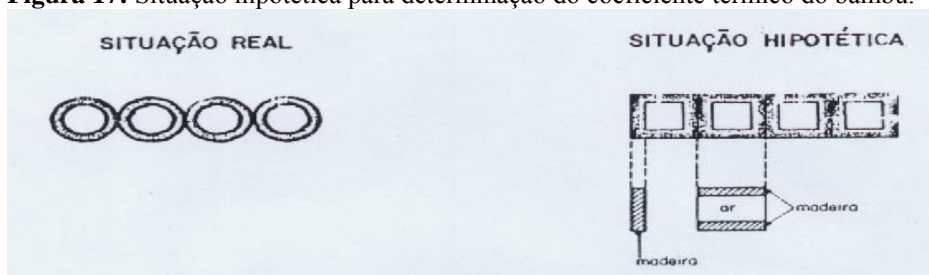
**Figura 16:** Espessuras do caule do bambu.



**Fonte:** Do autor.2003.

Tendo em vista que a conformação circular da secção do bambu é complexa como abordagem de cálculo, foi feito um modelo hipotético, onde tudo se passa como se as seções fossem quadradas, o que implica em um erro da ordem de 2%, aceitável para a avaliação. (Figura 17).

**Figura 17:** Situação hipotética para determinação do coeficiente térmico do bambu.



**Fonte:** Hodge apud Oliveira, 1980,p.88.

Para a amostra, a situação possui cerca de 22% de madeira (bambu) e 78% madeira-ar-madeira, identificando no experimento a resistência térmica do espaço de ar,  $R(\text{m}^2\text{h C}^\circ/\text{Kcal})$ , ver tabela 01.

**Tabela 01.** Resistência térmica do espaço de ar interno do bambu.

USO	Resistência térmica do espaço de ar $R(\text{m}^2\text{h C}^\circ/\text{kcal})$
Vertical	0,17
Horizontal fluxo ascendente	0,16
Horizontal fluxo descendente	0,18

**Fonte:** Aziz, 1980.p, 78,

O valor do coeficiente de condutibilidade térmica encontrado para o bambu, é bom, principalmente por ser um caule que possui espessura estritamente fina, mas se associado a outros materiais, o bambu alcançará melhores resultados, comenta Aziz (1978).

Um fator importante é que o bambu tratado demora mais tempo para queimar do que a madeira, apresentando melhor capacidade de isolamento térmico, comenta Hodge (1957) apud Oliveira (1980).

## 2.9 Associação do bambu com outros materiais na construção civil

### 2.9.1 Associação bambu-concreto

A associação bambu-concreto é uma técnica já bastante testada e alguns tipos já foram inclusive comercializados pelo setor de materiais de construção.

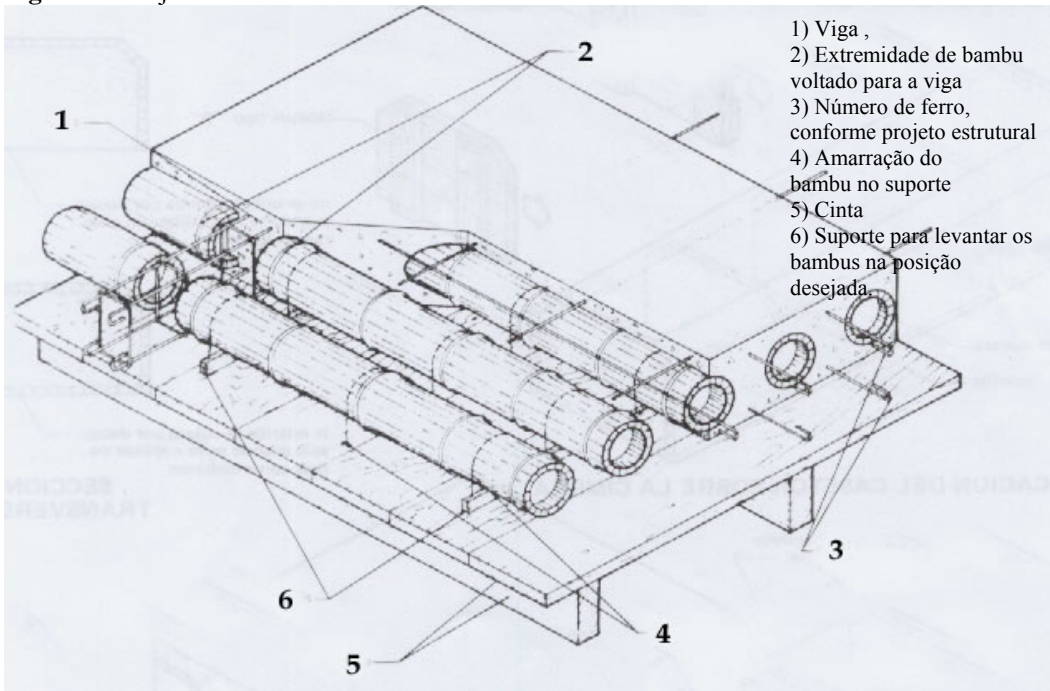
Nesta combinação o bambu pode desempenhar o papel de elemento resistente aos esforços de tração e compressão, ou agir como fator importante na diminuição dos componentes construtivos, não esquecendo da redução do peso das peças. (Figura 18 e 19).

A história do concreto reforçado com bambu começou com os chineses que não foram os idealizadores, mas os primeiros a fazer uso da associação em edificações. Chou (1914), realizou as primeiras experiências que subsidiaram em 1918 a construção de estacas para pontes de estradas de ferro na China.

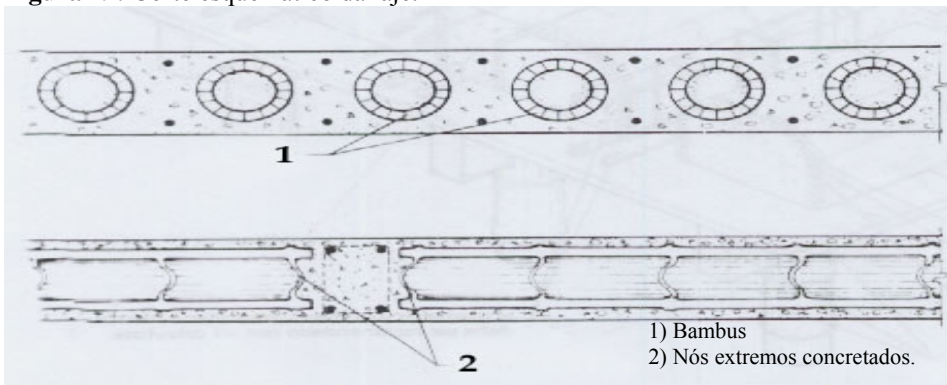
Através de ensaios realizados na Alemanha, Bauman (1936), examinou peças de concreto armado de bambu, com o fim de averiguar a aderência, a resistência, o comportamento da camada protetora de recobrimento, absorção de água pelo bambu, seu inchamento e contração e também as possibilidades de sua impermeabilização.

Segundo Chou (1914), “a aderência é fundamental na associação de corpos heterogêneos”. Foram utilizados diversos tipos de varas de bambu; com e sem nós, com ancoragem tipo pé de cabra, com ganchos dobrados a 180° e também com ganchos fechados até encontrar a vara principal. Antes da concretagem o bambu foi impermeabilizado com massa de calafetação, pois caso contrário absorveria a água do concreto e com o tempo perdê-la-ia, contraindo-se, ficando frouxo dentro do concreto curado.

Durante a experiência, o autor notou que a aderência entre o bambu e o concreto é satisfatória, verificando-se que é da ordem de 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> quando usadas tiras de bambu sem nós (com nós esta taxa se eleva).

**Figura 18:** Laje de concreto com Bambu

Fonte: Lopez, 1974, p.46.

**Figura 19:** Corte esquemático da laje.

Fonte: Lopez, 1974, p.47.

Com relação à resistência, os ensaios foram executados com peças de dimensões 0,10 m x 0,10 m x 0,56 m e também 0,20 m x 0,20 m x 1,10 m, submetidas à ação de duas cargas igualmente distintas das extremidades das peças. Com este esquema estrutural foram

verificadas as cargas de ruptura das peças e de fendilhamento<sup>1</sup> e notou-se que algumas romperam-se nas extremidades em virtude das tensões de cisalhamento. Foram então empregados estribos abertos envolvendo o bambu com o fim de combater aquelas tensões de cisalhamento e minorar o fendilhamento.

“Os resultados confirmaram que a resistência do concreto-bambu é superior à do concreto simples e que a armadura mista bambu-estribo de ferro é muito adequada para vigas”, comenta o autor.

Quanto aos ensaios de compressão, foram usados corpos de prova de dimensões 0,10 m x 0,10 m x 0,56 m de concreto de resistências diferentes e armaduras de bambu previamente secos e impermeabilizados com *mayorits*<sup>2</sup> e 10% de verniz, para que o bambu não absorva a água da mistura e ocasione fissuras na peça. Os resultados evidenciaram que a resistência da secção composta concreto-bambu é da ordem de 20% a 25% superior à secção de concreto simples.

De acordo com Bauman (1936), pôde-se verificar que o bambu é mais resistente aos esforços de compressão e tração que o concreto simples, concluindo – se, portanto, que os elementos estruturais de concreto-bambu são mais resistentes e mais leves que os de concretos simples. Nas áreas de peças estruturais que funcionam à tração, o desempenho do bambu, na associação bambu-concreto, é semelhante ao do ferro quando associado ao concreto, se utilizado com secção 12 vezes a do ferro; porém a peça ficará com uma secção transversal bastante vantajada.

### 2.9.2 Associação concreto - fibras de bambu

Pakotiprapha, Pama e Lee (1978), apud Oliveira (1980), apresentaram no Simpósio sobre barateamento da construção habitacional realizado na cidade de Salvador – Brasil, um estudo relatando a aplicação de fibras de bambu como reforço do concreto.

O experimento demonstrou que as fibras melhoram sensivelmente a resistência do concreto, evitando o aparecimento de fissuras. Foram feitas pesquisas em busca da melhor proporção das fibras para alcançar as propriedades mecânicas desejáveis.

---

<sup>1</sup> Fendilhamento: fendas nas estruturas, ocasionadas por tensões de tração e flexão.

<sup>2</sup> *Mayorits*: impermeabilizante industrial líquido de cor transparente, absorvido pelas madeiras, com a função de não permitir que água e ou umidade penetre internamente na madeira.

As fibras devem ser curadas, secadas e moidas, para alcançar resistência considerável às tensões, flexibilidade, flutuação no concreto e capacidade de dispersão na mistura.

Os autores informaram que os russos e japoneses já empregaram as fibras de bambu como reforço do concreto para execução de painéis leves para vedação. Na Índia foram executadas construções utilizando peças de cimento armado com fibras de bambu.

### 2.9.3 Associação bambu argila

A parede de argila reforçada com bambu é uma técnica construtiva bastante antiga. Nas regiões rurais brasileiras a famosa “casa de pau-a-pique” foi inúmeras vezes construídas com bambu e barro. Os japoneses ainda hoje fazem uso desta tecnologia que vem de tempos imemoriais. O tradicional emprego se justifica pela eficiência do material como isolante térmico, pelo baixo custo e pelos aspectos plásticos conferidos pelo colorido e textura da argila.

Santos (1975), comenta que os sistemas construtivos das paredes de argila consistem de uma estrutura de bambu formando pilares e vigas nos quais se apóiam malhas feitas de réguas de 0,008 m a 0,013 m de largura, ou ainda caules de tamanho e diâmetro pequenos. Sobre esta esteira assim constituída vai-se projetando camadas de argila, à mão.

No Brasil, no período colonial, costumava-se acrescentar à argila palha e estrume de vaca para evitar as fissuras e fendas que se apresentam no barro pelo efeito da contração que surge ao secar-se. No Japão além do emprego das casas de paredes de argila armada de bambu também são fabricados tijolos de barro com bambu que traduzem as mesmas vantagens do tijolo perfurado: maior densidade e maior isolamento acústico, comenta Magalhães (1980).

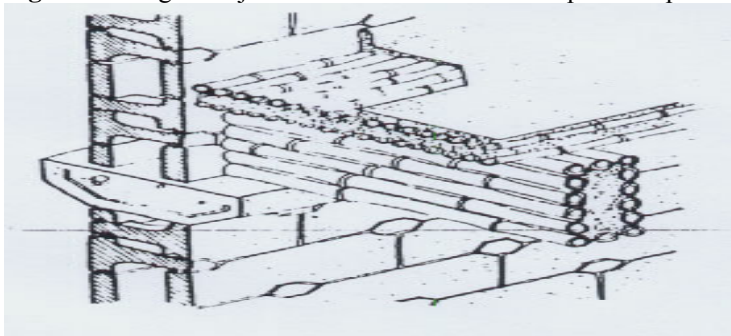
### 2.9.4 Associação bambu-poliuretano

Partindo dos princípios de que as edificações poderiam ser executadas pelos próprios moradores e de que a construção teria que ser de baixo custo, Alexander (1969), desenvolveu uma solução construtiva para habitação, onde algumas peças seriam prensadas em bambu associado ao poliuretano.

A estrutura foi idealizada com vãos pequenos e cargas leves, a ser resolvida em parte com bambu, por ser abundante e de baixo custo. Foram propostas vigas e lajes de bambu e

espuma plástica. As vigas, de secção retangular, foram compostas de canas de 0,06 m de diâmetro dispostas lado a lado em toda periferia, formando uma caixa cujo interior foi preenchido com espuma de poliuretano. As lajes foram constituídas de 2 esteiras de canas, unidas pela referida espuma. As vigas de 0,20 m x 0,40 m e vão de 3,50 m foram sujeitas a uma carga de 1.300 Kg, uniformemente distribuída; constataram flechas de 0,008 m e o desempenho foi considerado bom, conclui Alexander (1969) (figura 20).

**Figura 20:** Vigas e laje de bambu recheadas com espuma de poliuretano.



**Fonte:** Alexander, 1969, p. 57.

## 2.10 Exemplos de aplicações do bambu na construção de moradias

### 2.10.1 Construção de um protótipo em São Carlos – SP.

Este projeto foi elaborado e construído dentro do desenvolvimento da Dissertação de Mestrado de Mamani (1989), sob a orientação do professor titular João Cesar Hellmeister, em 1989, na EESC-SP. O trabalho “Painéis de Bambu – Argamassa, teve 2 objetivos: conhecer novas técnicas de sistemas construtivos utilizando o bambu e estimular novas pesquisas para melhorar a utilização do mesmo como material para construção. Para a pesquisa utilizou-se basicamente 3 materiais: madeira, bambu e argamassa.

O protótipo foi construído para avaliar em condições reais de ocupação, e analisar os problemas dentro de um sistema construtivo de bambu e argamassa, do ponto de vista tecnológico e funcional.

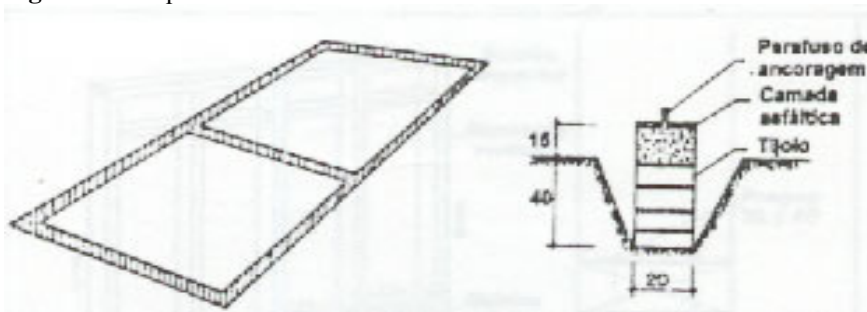
Os componentes foram parcialmente pré-fabricados. A mão de obra foi constituída por carpinteiros, no laboratório, e no canteiro, por pedreiro e um servente. O volume de madeira

serrada foi de 1,80 m<sup>3</sup>; de bambu 3,50 m<sup>3</sup> e de argamassa 2,00 m<sup>3</sup>. A área total do protótipo foi de 18 m<sup>2</sup>.

Utilizou-se o método banho frio em tambor aberto, em função do custo benefício, empregou-se um preservativo hidrossolúvel classificado quimicamente como CCA tipo A (arseniato de cobre cromado), em solução a 3%. O bambu adquiriu coloração esverdeada. O mesmo processo foi utilizado para a madeira serrada.

O alicerce foi feito com uma largura de 20 cm, profundidade 40 cm e uma elevação do solo de 15 cm. A fixação dos painéis foi feita através de parafusos chumbados, com esperas de 20 cm de comprimento, nos eixos de alicerce, com espaçamento de 1,50 cm. Segundo Mamani (1989), é necessário a colocação de uma manta asfáltica sobre o alicerce. (figura 21).

**Figura 21:** Esquema do alicerce.



**Fonte:** Mamani; 1989 p.141.

O sistema estrutural é formado por uma grelha de madeira de Eucalipto, semi-industrializado (pré-cortado) e pré-fabricado. A grelha foi montada no chão, utilizando montantes verticais a cada 55,00 cm de distância, com seções de 2,50 x 8,00 cm e comprimento máximo de 2,45 m (Figura 22). A ossadura<sup>3</sup> dos painéis são empregadas em soleiras já fixadas sobre o alicerce através dos parafusos de ancoragem (figura 23).

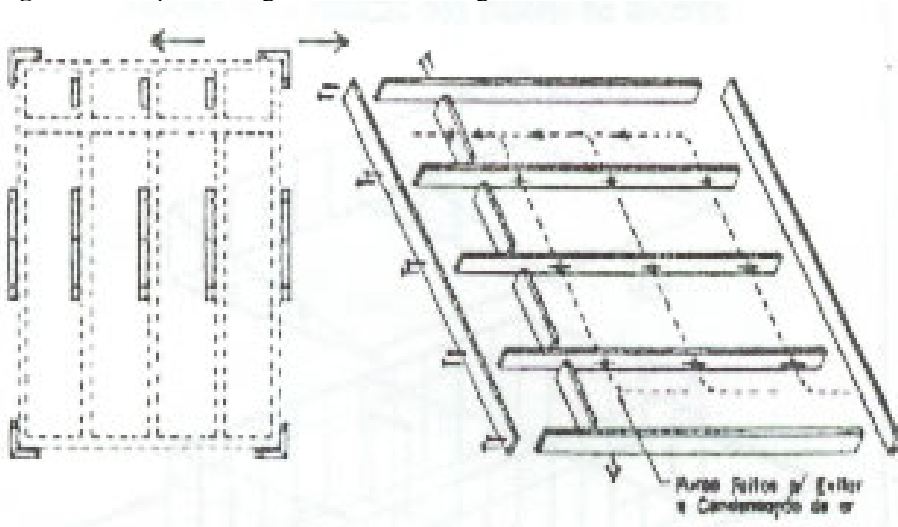
Foram preparados 6 painéis externos e 1 painel interno: 3 painéis cegos, 2 painéis de janela e 1 painel porta. A seqüência destes painéis foi:

- Fixação das soleiras inferiores nos parafusos de ancoragem sobre o alicerce já impermeabilizado;
- Fixação 1º painel pelo canto oposto ao acesso;

- Os painéis foram fixados com o mínimo de pregos para permitir possíveis ajustes;
- Colocação da soleira de amarração;
- Montagem das empenas, oitões e viga vierendel;
- Após a verificação do alinhamento, foram pregadas as terças (5,00 x 8,00 cm), espaçadas em 1,20 m;
- Fixação das telhas de fibrocimento com inclinação de 15°.

As peças utilizadas como revestimento foram 2,40 m, em forma de tábuas de bambu “esterillas”, com dimensões aproximadas de 2,00 x 3,00 x 0,05m. O bambu utilizado foi a espécie *Dendrocalamus giganteus*.

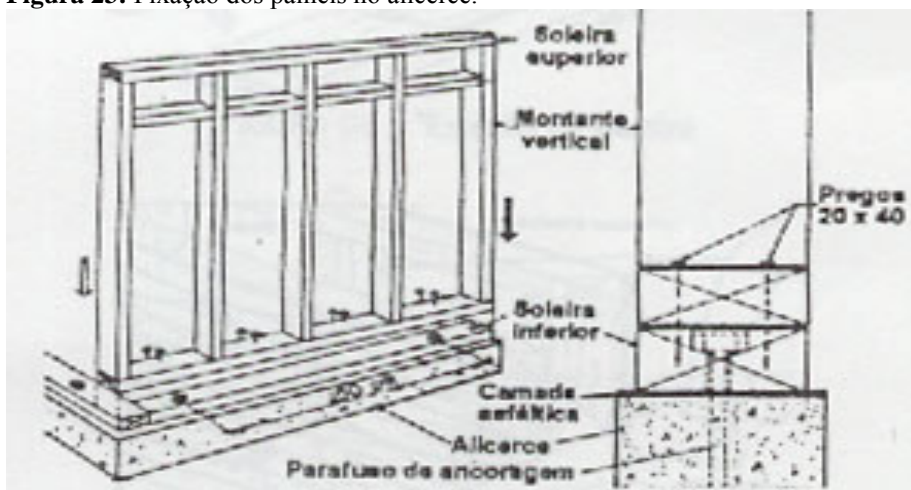
**Figura 22:** Esquema do gabarito e da montagem da ossatura.



Fonte: Mamani; 1989, p.141.

<sup>3</sup> Ossadura: Refere-se a estrutura de sustentação, geralmente em madeira, podendo ou não ser revestida.

**Figura 23:** Fixação dos painéis no alicerce.



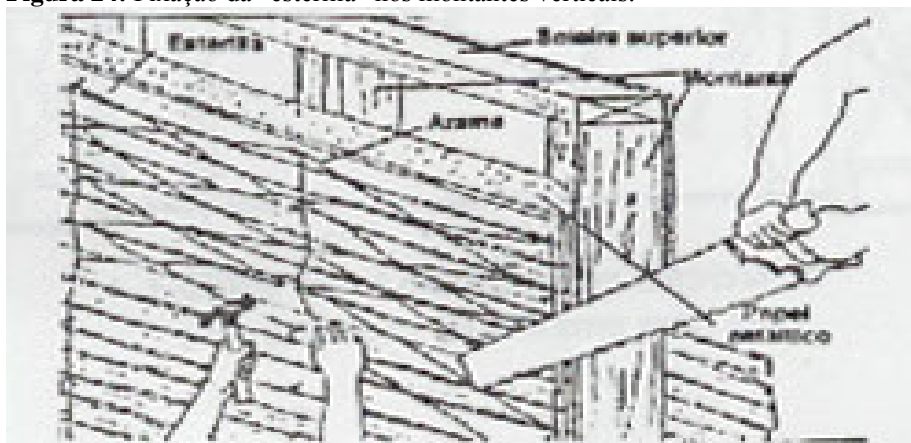
**Fonte:** Mamani; 1989, p.142.

As esterilhas foram pregadas por pregos de 15 x 30 distanciados de 8 a 10 cm sobre os montantes verticais e amarrados por arame nº 8. A pregação inicia-se pelos cantos deixando para fora a parte interna do bambu. (Figura 24)

A argamassa de revestimento iniciou-se nas paredes interiores, aplicando 3 camadas: chapisco, emboço e reboco. A camada de chapisco cria condições de aderência, esta é aplicada sobre a superfície previamente umedecida para melhorar a impregnação da nata do aglomerante e o endurecimento subsequente, criando uma superfície rugosa. O chapisco deve ser excessivamente rico em cimento 1: 2 – (cimento e areia grossa). O emboço é a primeira camada de revestimento, cuja função é regularizar a superfície de base, deve-se aplicar pressão com a desempenadeira, deslocando-a de baixo para cima, mantendo superfície rugosa para permitir aderência da Segunda camada, o reboco.

O reboco foi aplicado 3 dias após o emboço com um acabamento fino. A face externa da habitação iniciou-se quando a face interna estava quase seca, da mesma maneira, mas deixando sem reboco uma faixa na parte superior de todos os painéis, para evitar a condensação da umidade no interior dos painéis. A cura dos painéis foi feita em 14 horas molhando-as com água, gradativamente. As paredes receberam uma proteção com uma pintura à base de cal, cola e óleo, tanto internamente, quanto externamente.

**Figura 24:** Fixação da “esterilla” nos montantes verticais.



**Fonte:** Mamani; 1989, p.143.

Para se colocar as esquadrias deve-se verificar se os vãos estavam bem esquadrejados para se evitar frestas ou trincas com a colocação destas. A soleira inferior foi cortada para a colocação do batente da porta.

De acordo com Mamani (1989), apareceram algumas fissuras no primeiro mês, tanto na vertical como na horizontal, mas só na face externa. Foi assinalada alguma possível causa:

- Instabilidade volumétrica do bambu com a variação da umidade, por ser um material anisotrópico, sendo diferente da contração da argamassa como material isotrópico, especialmente quando se tem insolação direta. A instabilidade volumétrica provocou, portanto, a absorção da água pelo bambu da argamassa de revestimento, prejudicando a cura e diminuindo a aderência entre o bambu e a argamassa.

### 2.10.2 Projeto experimental de uma habitação em Bauru - SP

O projeto experimental desta residência foi construído em Bauru, cidade de grande importância econômica para o interior do Estado de São Paulo. A habitação foi composta basicamente por painéis trançado de bambu em tiras e estrutura de madeira. Segundo Pereira (1997), o baixo custo da construção torna a moradia construída viável economicamente às

condições financeiras das classes mais desfavorecidas, principalmente pela rapidez de execução, facilidade de montagem e baixo custo do material – bambu.

A fundação foi feita com uma viga baldrame, onde se apoiaram os pilares roliços de eucalipto e posteriormente a ossadura serrada. O bambu não foi utilizado estruturalmente. Optou-se por peças roliças de eucalipto, devido a dificuldades de se encontrar peças de bambu de grandes dimensões na região. Os pilares principais foram fixados a cada 3,50 m de distância, totalizando uma área de construção de 28 m<sup>2</sup>.

A ossadura dos painéis foram executadas com madeira serrada de 7,50 x 2,50 cm. A distância entre montantes e verticais é de 0,75cm para aberturas e de 0,50 cm para painéis. Os fechamentos das paredes foram feitas de painéis de bambu trançado em fitas de largura igual a 1,50 cm e com comprimento variável. Utilizou-se a espécie *Bambusa tuldoídes*. As placas de bambu trançado foram pregadas na face externa e interna da ossadura de madeira, deixando um colchão de ar em seu interior. Os painéis foram rebocados com cimento e areia somente na face externa das paredes. Nas áreas úmidas, banheiro e cozinha os painéis foram rebocados até a altura de 1,80 m e 1,20 m respectivamente, recebendo um revestimento de azulejo. A fixação das placas foi feita em uma semana, utilizando-se apoios, e o reboco dos painéis em aproximadamente um mês.

A estrutura da cobertura foi feita com madeira serrada e telha de barro.

O bambu utilizado não foi tratado com produtos químicos preservativos, porém foram constatados alguns pontos de aparecimento de insetos xilófagos.

Não foi realizada uma apropriação dos custos. Constata-se apenas que o m<sup>2</sup> das placas trançadas de bambu é de R\$ 3,00. Portanto, para os 28 m<sup>2</sup> de área construída foi gasto em média de R\$ 84,00 em vedação.

### 2.10.3 Construção de um caramanchão em Visconde de Mauá-Rj

Desenvolvido quase que todo em bambu, a construção do Caramanchão na Serra da Mantiqueira, a cerca de 1600 m acima do nível do mar, no município de Visconde de Mauá-RJ (figuras 25, 26 e 27), foi um desafio vencido para a equipe da EBIOBAMBU (Escola de Bio-Arquitetura e Centro de Pesquisa e Tecnologia Experimental em bambu).

A obra iniciada em Novembro de 2002 levou cerca de 4 meses para ser concluída, tendo como principal dificuldade o acesso ao local da construção do caramanchão.

Para a execução das fundações foram utilizados tubos de concreto com diâmetro de 60 mm, como vigamento foi utilizado madeira de lei (Massaranduba), em forma de octágono e assoalho de madeira de lei (Ipê da Serra). Para os pilares de sustentação, paredes e madeiramento do telhado foi utilizado bambu *Plylostachys pubescenes* (*mossô*).

Na vedação, utilizou-se vidro e bambu de menor diâmetro e nas aberturas, a caixa das portas e janelas, feita de madeira Itaúba, presa diretamente nos bambus de sustentação (pilares).

A cobertura ficou por conta de telhas cerâmica do tipo romana, porém, para melhorar a iluminação interna, foram substituídas, na cumeeira, algumas telhas cerâmica por telhas translúcidas (figuras 28, 29 e 30).

**Figura 25:** Vista lateral oeste do Caramanchão - Visconde de Mauá-RJ



**Fonte:** Do autor; 2003.

**Figura 26:** Vista frontal do Caramanchão.



**Fonte:** Do autor; 2003.

**Figura 27:** Vista frontal do Caramanchão (próxima).



**Fonte:** Do autor; 2003.

**Figura 28:** Detalhe da estrutura do telhado, vigas, mão francesa e vedação.



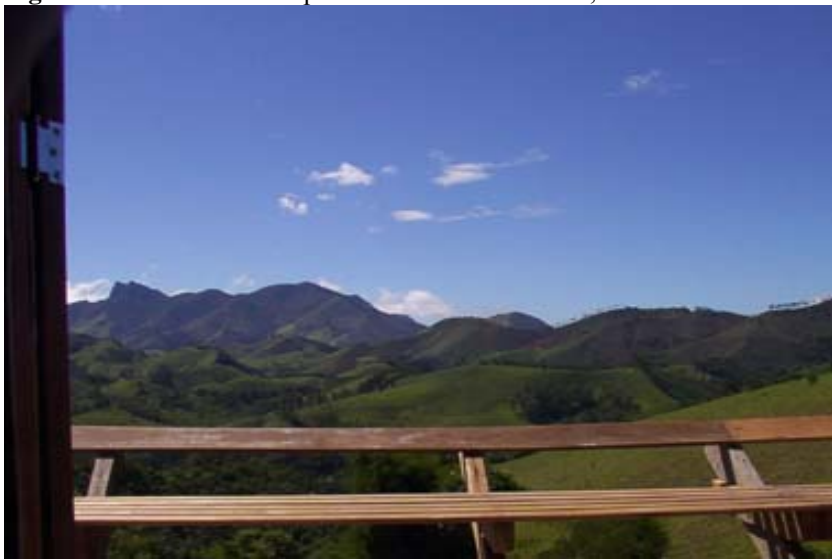
**Fonte:** Do autor; 2003.

**Figura 29:** Ponto central de sustentação do telhado (mãos francesas).



**Fonte:** Do autor; 2003.

**Figura 30:** Vista de dentro para fora do Caramanchão; Estado do RJ.



**Fonte:** Do autor; 2003.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Perspectiva da pesquisa

O estudo realizado é de natureza predominantemente qualitativa, com delineamento descritivo e exploratório. Descritivo, pois o pesquisador procurou conhecer, analisar e descrever as características de um projeto tendo como principal material construtivo o bambu (Triviños, 1987).

De acordo com Gil (1991), as pesquisas descritivas e exploratórias são as que mais se preocupam com a atuação prática e são as mais aplicadas, pois, geralmente assumem a forma de levantamento de dados.

O método utilizado é um estudo de caso. Pois, foi desenvolvido um projeto de uma casa com 81 m<sup>2</sup>.

### **3.2 População e participantes da pesquisa**

O presente trabalho refere-se à descrição do projeto de uma casa, a qual tem o bambu como principal material construtivo. A casa possui cerca de 81 m<sup>2</sup>, dividida em 2 dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

Sendo o projeto idealizado pelo autor, tendo a ajuda da Arq. Gabriela Mendes nos desenhos em Auto Cad, Arq. Fabiana Laurindo nos desenhos a mão livre, além da troca de informações com profissionais de outros estados do Brasil, contribuindo estes para a melhoria do conteúdo didático da pesquisa.

### **3.3 Procedimentos e instrumentos de coleta e análise de informações**

Para obter as informações que atendam o problema proposto, utilizou-se instrumentos de coleta e análise de informações:

O projeto da casa de bambu foi realizado com base no curso de capacitação de Mão de obra com o bambu da EBIOBAMBU em Visconde de Mauá-RJ; no período de 13 a 24 de Março de 2003.

Buscando bibliografias internacionais, periódicos, trocando informações com profissionais da área e Internet, foi possível chegar ao término do trabalho, pois, existe um grande déficit em materiais didáticos falando sobre o bambu.

### 3.4. Definição de termos

**Bambu:** Vegetal familiar na paisagem brasileira, classificado cientificamente como *Bambuseae*, uma extensa família das gramíneas de seção tubular, longa, resistente, leve, flexível e de fácil manuseio.

**Construção civil:** Ato ou efeito de construir; atividade relacionada com a construção de edifícios.

**Degradação:** Ato ou efeito de degradar, destruir.

**Habitação:** Ato ou efeito de habitar; lugar ou casa onde se habita; morada; vivenda; residência.

**Projeto:** Ato ou efeito de projetar; criar e detalhar algo que será elaborado ou construído.

## **4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA**

### **4.1. Projetos**

Os projetos Arquitetônico, Hidrossanitário e Elétrico, encontram-se respectivamente nos anexos 01, 02 e 03.

### **4.2. Detalhes Construtivos**

O projeto é de uma casa de 81 m<sup>2</sup>, com 2 quartos, sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço e banheiro, tendo sua estrutura de pilares, vigamento e telhado em bambu no formato original (circular) e estrutura das paredes em bambu seccionado tipo esteira, revestida com argamassa de cimento.

O projeto está locado em um terreno plano, com vegetação rasteira, de 280 m<sup>2</sup> (14m x 20m) próximo ao morro do Condomínio Panorâmico Bombinhas, situado na Rua Tamanduá Mirim, no bairro de Bombas – Bombinhas - SC.

Não foram feitos estudos geológicos para determinação do tipo de solo, mas sim, conversado com construções vizinhas, determinando o tipo de fundação para o projeto.

#### 4.2.1. Ferramentas para construção com bambu

Trena de no mínimo 5 metros;

Lápis de carpinteiro;

Martelo;

Serrote de videa (dentes temperados) não amolável,

Formão de ¾” e de 1”;

Alicate médio;

Chave combinada de 5/16” e de ¼”;

Arco de serra (com lâmina);

Serra tico-tico 4300V (veloc. Variável);

Furadeira de impacto HP2040 (profissional);

Suporte para serra copo;  
Serra copo de 4,5", 5,0", 5,5", 25mm e 32 mm;  
Linha de nylon 0,40;  
Grosa ;  
Nível de bolha;  
Enchó<sup>4</sup>

#### 4.2.2. Escolha do bambu para construção

A espécie utilizada no projeto da habitação é o *Plyllostachys pubescenes* "Mossô. (figura 31), não é encontrado em larga escala na região de Bombinhas, sendo este trazido de São Paulo, com diâmetro a partir 11,5 cm para as peças estruturais (pilares e vigas) e diâmetros de variação entre 10 cm a 9 cm para a vedação, formação das esteiras "esterillas" das paredes externa e internas.

As peças são fornecidas maduras secas e curadas por aquecimento, tratadas quimicamente contra insetos e fungos, utilizando como preservativo a mistura de sulfato de cobre, ácido bórico, cloreto de zinco e dicromato de sódio, deixando o bambu com baixo teor de umidade, impermeável e pronto para o uso estrutural.

**Figura 31:** Bambu da espécie *plyllostachys pubescenes* (mossô).



Fonte: Graça, 1988.

---

<sup>4</sup> Encho: ferramenta de uso manual, parecido com uma enxada, mas, de tamanho reduzido.

A principal etapa antes de iniciar a construção, é a escolha das peças de bambu. Para encontrar os diâmetros descritos em projeto, utiliza-se uma trena (figura 32).

**Figura 32:** Escolha dos diâmetros ideais descritos em projeto.



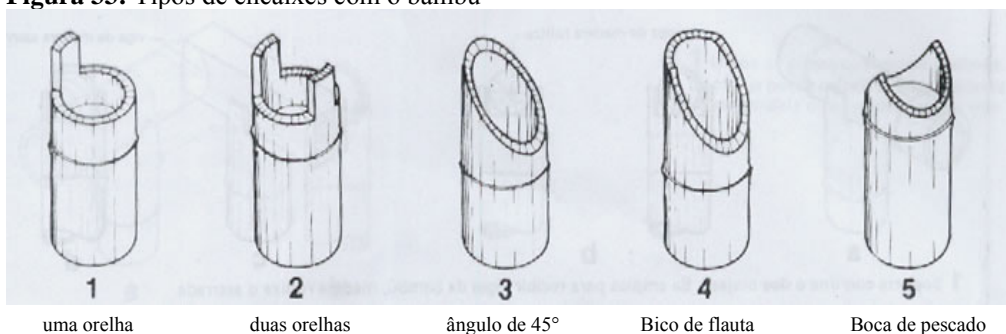
**Fonte:** Do autor, 2003.

#### 4.2.3. Tipos de encaixe utilizados na construção com bambu

Existem diferentes tipos de encaixes, cada um com sua função. (figura 33).

Os encaixes podem ser feitos com “serra copo” de diferentes diâmetros, formão, arco de serra, serrote com dentes temperado, grosa ou lima e serra tico-tico. (figuras 34, 35 e 36), respectivamente.

**Figura 33:** Tipos de encaixes com o bambu



Fonte: Lopez, 1974, p.75.

**Figura 34:** Obtenção de encaixe tipo Boca de pescado com a ajuda da serra copo.



Fonte: Do autor, 2003.

**Figura 35:** Execução do arremate para melhorar o encaixe da peça com serra tico-tico.



Fonte: Do autor, 2003.

**Figura 36:** Execução de encaixe tipo 45° com serrote com dentes de temperado.



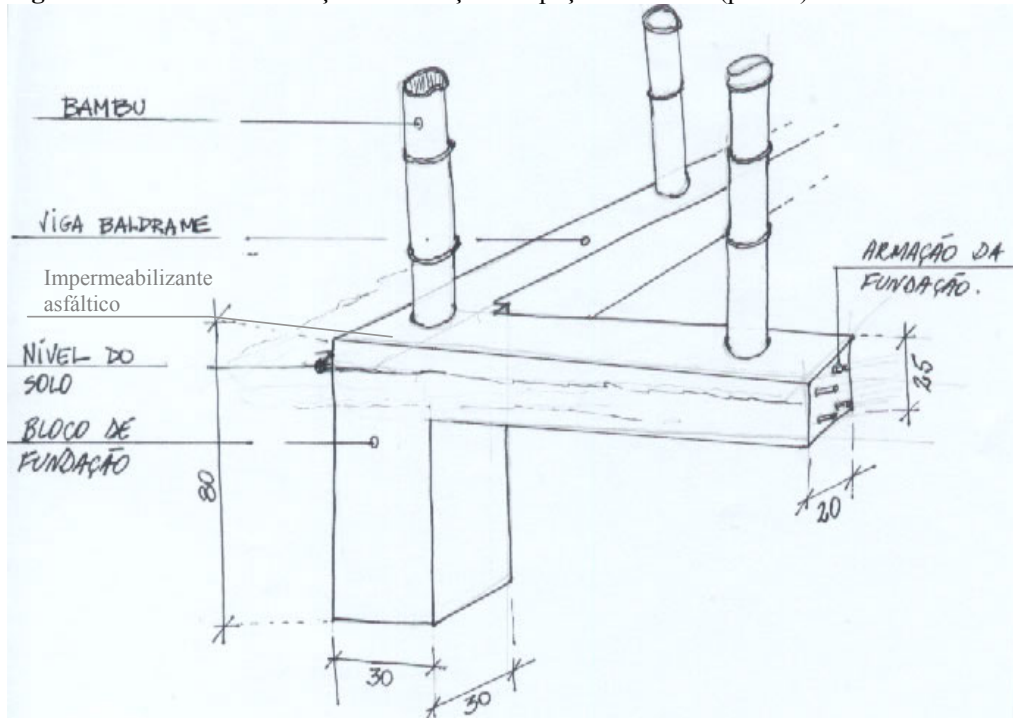
**Fonte:** Do autor, 2003.

#### 4.2.4. Fundação

A fundação executa-se com blocos isolados de concreto com dimensões 0,80 x 0,30 m, nos pilares de extrema, armada com barras de ferro de CA 50B Ø 6,3 mm nas extremas e estribadas a cada 8cm com ferro CA 60 Ø 4,2 mm, interligados pela viga baldrame de dimensão 0,20 x 0,25 m, armada com barras de ferro de CA 50B Ø 6,3 mm como negativo e barras de ferro CA 60 Ø 5,0 mm como positivo, estribadas a cada 8cm, com ferro CA 60 Ø 4,2 mm (figura 37).

Utiliza-se impermeabilizante na mistura do concreto (vedacit) e pintura asfáltica (Neutrol) na superfície das vigas baldrame, com o concreto endurecido.

**Figura 37:** Detalhe da fundação e colocação das peças de bambu (pilares).



Fonte: Do autor, 2003.

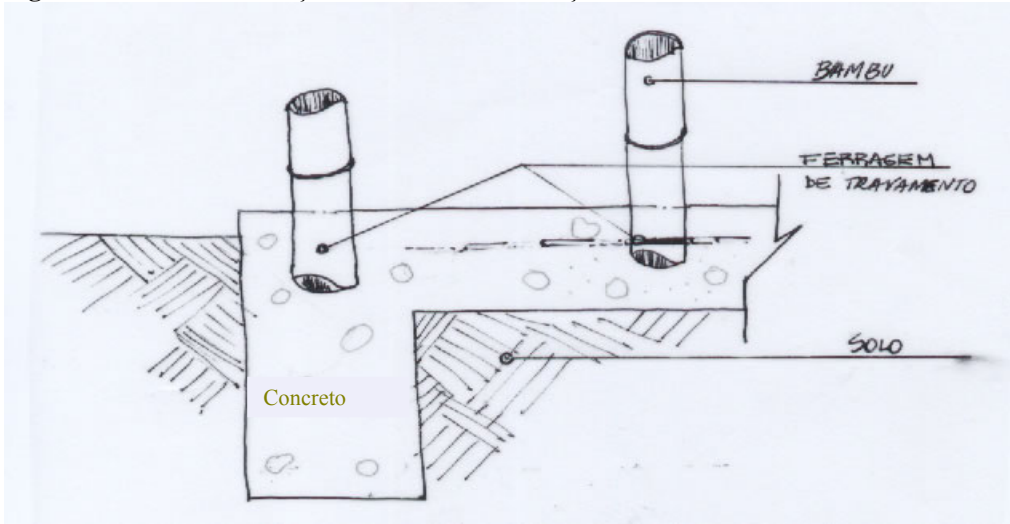
#### 4.2.5. Estrutura

Os pilares de bambu (*Plyllostachys pubescenes* “Mosso”), fixados a cada 1,50m, tendo em uma das extremidades 2 barras de ferro de  $\varnothing$  6,3 mm, atravessada na peça e amarrada junto a armadura da fundação. Cerca de 20cm de bambu recebe uma de mão de impermeabilizante a base de asfalto (Neutrol) e este é concretado junto a fundação. (figura40)

As vigas confeccionadas em bambu (*Plyllostachys pubescenes* “Mosso”), com diâmetro variado entre 10 cm a 9,5 cm, encaixado nos pilares através de encaixe tipo “boca de pescado”. Para o travamento das peças utiliza-se barra rosqueável de 5/16” em forma de

gancho, sendo que, na parte em contato com o bambu é colocado arruela de borracha, arruela metálica e porca sextavada, existindo a possibilidade de colocar cavilhas<sup>5</sup>. (figura 41)

**Figura 38:** Detalhe da fixação da estrutura na fundação



Fonte: Do autor, 2003.

**Figura 39:** Detalhe da fixação das vigas através de barra rosqueável em forma de gancho.



Fonte: Do autor, 2003.

<sup>5</sup> Cavilha: Peça em madeira fixa na estrutura como parafuso.

**Figura 40:** Detalhe do cavilhamento das vigas de bambu no pilar.



Fonte: Do autor, 2003

#### 4.2.6. Vedação

As paredes de vedação interna e externa são dupla e construída de painéis de bambu em tiras (*esterillas*) (figuras 41 e 42).

A ossadura dos painéis executada-se com madeira serrada de 2,50cm x 5,5cm em forma de quadro, fixada entre os pilares de bambu através de parafusos 3/8" x 40mm

A *esterillas* são amarradas na ossadura com *nylon* de espessura 0,40 e nas extremidades, a esteira é pregada com prego de aço.

O painéis de bambu são chapiscados e revestidos com argamassa de cimento (emboço), de traços 1:3 e 1:2:9 respectivamente, seguindo até o telhado com pé direito variável (figura 43).

No encontro da parede com a estrutura de bambu (laterais e superior), cola-se, com cola de contato, uma borracha de espessura 1,5mm, formando uma junta de dilatação, evitando a fissuração no encontro de diferentes materiais (argamassa de cimento e cal e o bambu) (figura 44).

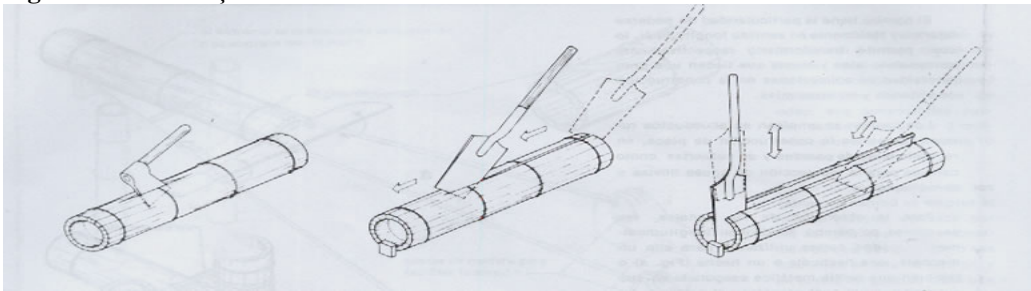
---

As paredes com aberturas o quadro de reforço é feito em madeira serrada de 2,50 cm x 5,0 cm , respeitando as dimensões da esquadria.

Para melhorar as características térmicas e acústicas da parede de bambu, no espaço entre uma placa e outra (interna e externa) obteve-se um espaço ocupado com ar.

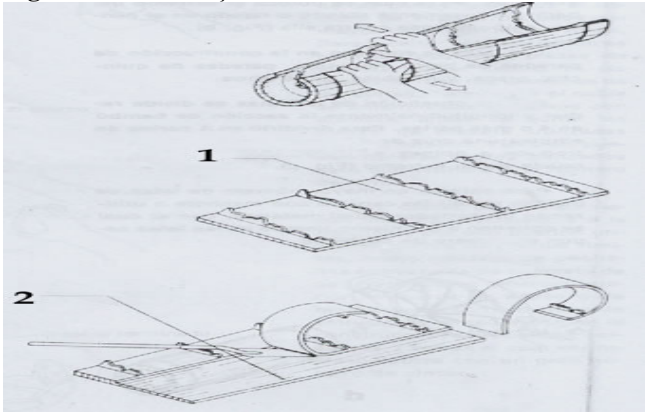
Na vedação dos oitões do telhado, utiliza-se quadro em madeira serrada, fixo na estrutura do telhado (tesoura) com parafuso 3/8" x 40mm, vedado com vidro 4 mm. Para não ficar o envidraçamento vulnerável a ação do vento, utiliza-se uma armação em bambu em forma de grelha, de 4 cm de diâmetro amarrada com nylon 0,40, ficando na frente do vidro.

**Figura 41:** Construção da esteira de bambu “*esterilla*”.



**Fonte:** Lopez, 1974, p56.

**Figura 42:** Construção da *esterilla*.



**Fonte:** Lopez, 1974, p.56.

#### **Construção da *esterilla*:**

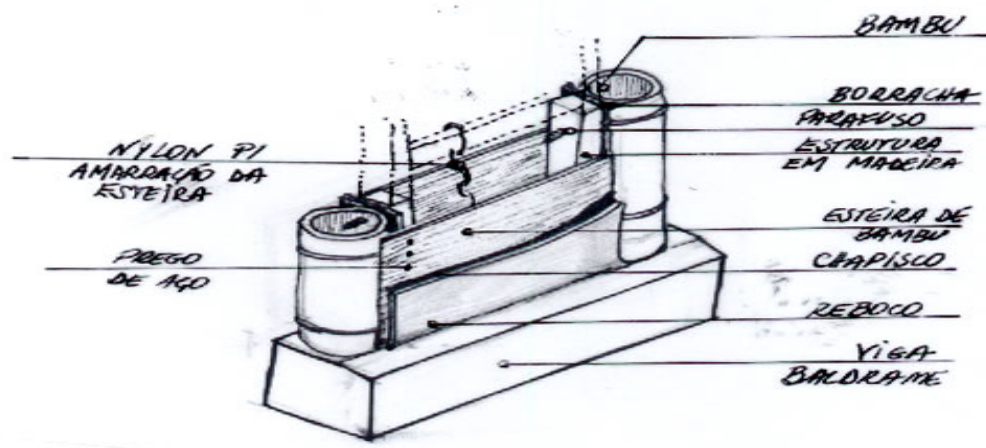
Corta-se o bambu da medida necessária, faz-se cortes nos nós, em seguida, abre-se o bambu de uma extremidade a outra, estica-se o bambu. 1) Limpa-se os nós quebradiços  
2) Retirada superficial da camada interna; para evitar os insetos e fungos.  
Concluído esta etapa, é necessário tratar o bambu.

**Figura 43:** Aplicação das camadas de chapisco e emboço



Fonte: Mamani; 1989 p.143.

**Figura 44:** Detalhe esquemático da parede da casa de bambu



Fonte: Do autor, 2003

#### 4.2.7. Cobertura

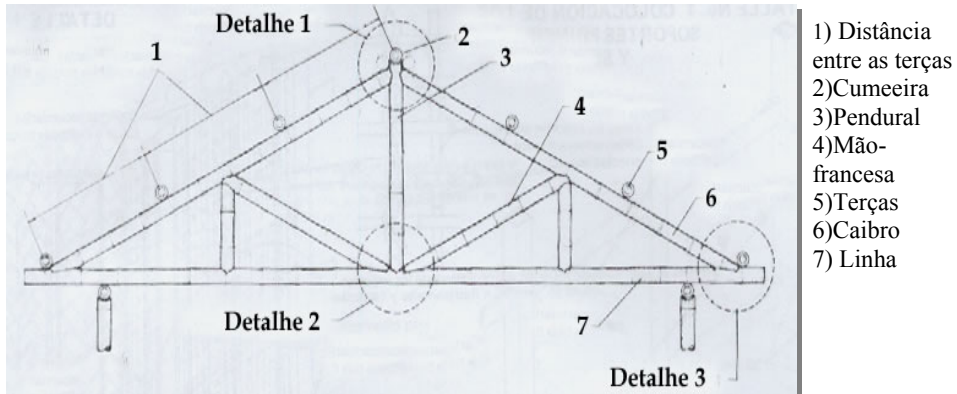
A estrutura do telhado (tesoura) de bambu (*Plyllostachys pubescenes* “Mossô”), de diâmetro variando entre 11cm e 9,5cm, tendo as ligações fixas com parafuso, porca, anel de borracha e arruelas, utilizando cavilhas para evitar que as peças não girem (Figuras 45, 46, 47 e 48).

O forro, composto fibras vegetais em forma de esteira, é pregado por cima das terças do telhado (tesoura). Melhorando o isolamento térmico e infiltração, é pregado nas terças

junto do forro, lado de cima, a manta térmica aluminizada, ficando o forro e as tesouras internamente amostra.

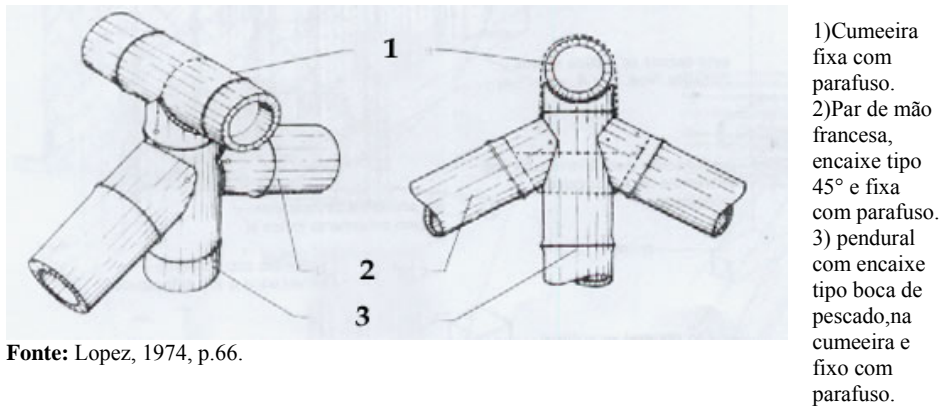
Como cobertura, a opção é a telha ecológica, que além de ser fabricada com fibras vegetais e betume asfáltico, é leve, fácil de manusear, não quebra e ajuda como isolante térmico (figura 44). Estas são fixadas nas terças de bambu através de prego de telha com arruela de borracha.

**Figura 45:** Detalhe da estrutura do telhado em bambu.



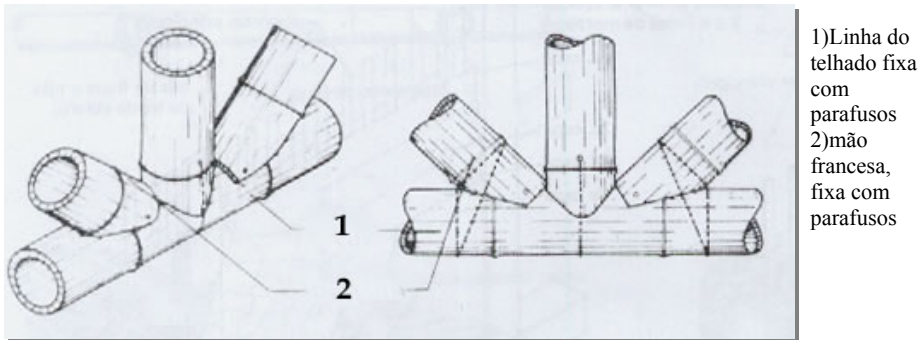
**Fonte:** Lopez, 1974, p.66

**Figura 46:** Detalhe 1 da estrutura do telhado em bambu.



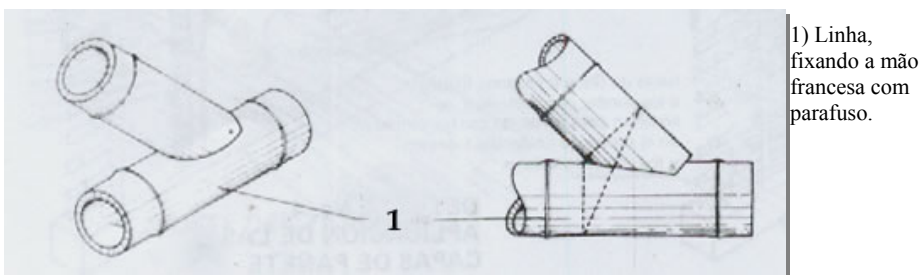
**Fonte:** Lopez, 1974, p.66.

**Figura 47:** Detalhe 2 da estrutura do telhado em bambu



Fonte: Lopez, 1974, p.66.

**Figura 48:** Detalhe 3 da estrutura do telhado em bambu



Fonte: Lopez, 1974, p.66

**Figura 49:** Telhas *Onduline*® - a telha ecológica.



Fonte: *Onduline* do Brasil, 2003.

#### 4.2.8. Pavimentação

O contrapiso de concreto de traço 1: 3 (massa seca), aplicado sobre o alicerce aterrado com areia suja, reguado e nivelado.

#### 4.2.9. Revestimentos

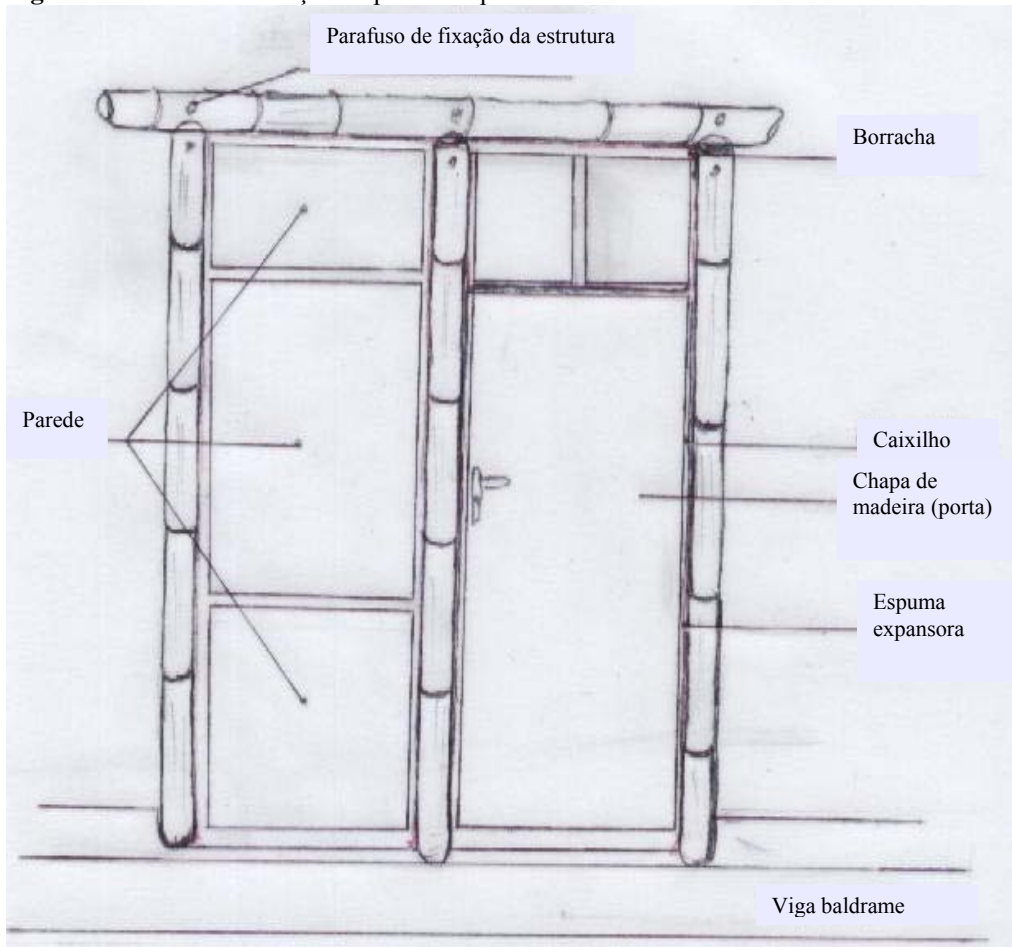
Sobre o contrapiso acabado, aplica-se argamassa colante e posteriormente, piso cerâmico de 30 x 30 cm.

Nas áreas molhadas (paredes) optou-se pela pintura, em função da carência de testes de arrancamento, com a parede de bambu.

#### 4.2.10. Esquadrias

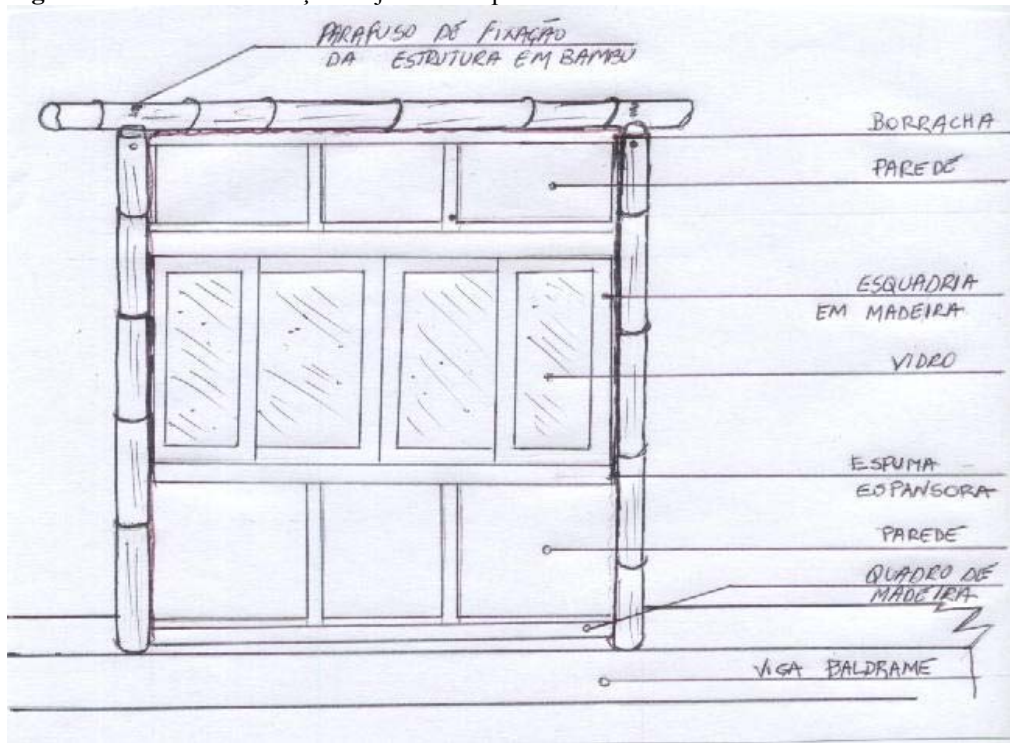
As portas e janelas, sob medida, são fixadas no caixilho, este fixa-se nos pilares de bambu, por meio de parafusos galvanizados e são vedadas com espuma expansora de poliuretano. (figuras 50 e 51)

**Figura 50:** Detalhe da fixação da porta nos pilares de bambu.



**Fonte:** Do autor, 2003.

**Figura 51:** Detalhe da fixação da janela nos pilares de bambu



Fonte: Do autor, 2003.

As tabelas abaixo descrevem a dimensão das esquadrias adotadas no projeto:

**Tabela 02 - Dimensão e quantidade das janelas**

JANELAS			
Tipo	Dimensão	Peitoril	Quantidade
Abrir	1,50 x 1,20	0,90	05
Basculante	0,70 x 0,50	1,40	01

Fonte: Do autor (2003).

**Tabela 03** – Dimensão e quantidade de portas

<b>PORTAS</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Quantidade</b>
Abrir	0,70 x 2,10	01
Abrir	0,80 x 2,10	04

**Fonte:** Do autor (2003).

#### 4.2.11. Vidros

Os vidros são do tipo liso simples de 4mm de espessura, exceto no banheiro que é vidro martelado de 4 mm de espessura.

#### 4.2.12. Instalações hidráulicas

A tubulação de água fria projetada em PVC rígido com diâmetro comercial de 25mm, concretiza-se junto à viga baldrame e embuti-se na parede, passando por furos pré determinados, com serra copo de 25mm, na madeira do quadro dos painéis, fixando-se com espuma expansora de poliuretano nos furos.

A caixa de água de fibra e volume de 1000 litros, encontra-se projetada do lado de fora da residência em uma torre de 5 metros de altura, para melhorar a pressão de água no chuveiro.

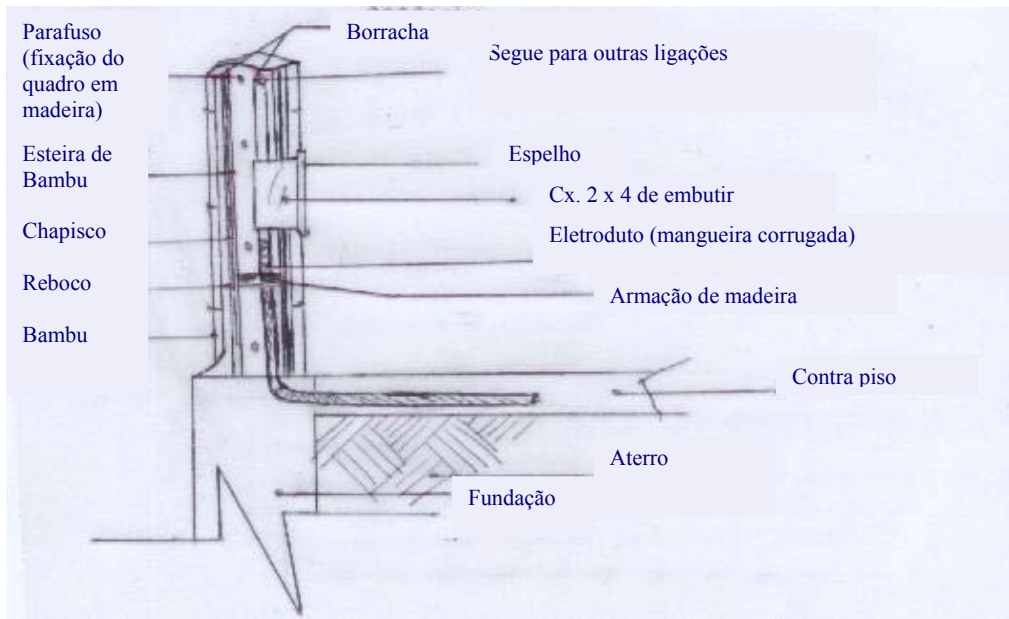
Para a instalação do sistema de esgoto, utiliza-se tubulação de PVC em diâmetros comerciais de 100mm e 50mm, estando estes, locados no contrapiso da residência e direcionados ao sistema de esgoto individual (tanque séptico, filtro e vala de infiltração).

#### 4.2.13. Instalações elétricas

O eletroduto (mangueira corrugada) concretiza-se junto na viga baldrame e embuti-se, entre as duas paredes, até a altura determinada, passando pelo quadro de madeira, através de furos pré-determinados com serra copo de 25mm de boca (figura 52).

As caixas de luz, embutidas na parede, são fixadas no quadro de madeira por parafusos galvanizados, na altura determinada em projeto.

**Figura 52:** Detalhe em corte da instalação elétrica no interior da parede de bambu.



Fonte: Do autor, 2003.

#### 4.2.14. Pintura

As paredes internas e externas são preparadas para receber uma demão de fundo branco e 2 demãos de cor clara, porém, nas paredes do banheiro e da cozinha, aplica-se pintura epóxi,

As esquadrias, para melhor acabamento receberão pintura em tinta esmalte transparente, já os pilares e caibros aparentes aplicam-se resina asfáltica acrílica (polisten), para manter a cor natural do bambu e impermeabilizar externamente as peças.

### 4.3. Verificação da estrutura em bambu

Para verificação da estrutura de bambu, foi utilizado um *software* de cálculo de estabilidade de estruturas conhecido por *Ftool*, bem como, consultas a bibliografias para conferir se os valores encontrados no programa confirmam a estabilidade da estrutura de bambu.

Os materiais, pesos e os coeficientes para o cálculo da estabilidade da estrutura de bambu estão descritos nas tabelas 04 e 05 respectivamente.

**Tabela 04:** Descrição dos materiais e seus respectivos pesos.

Material	Metragem/área/unid.	Peso unit.	Peso total Kg	Peso total KN
Bambu ( <i>Plyllostachys pubescenes</i> "Mossô")	610 m	3 Kg/m	1830	18,3
Manta aluminizada	143 m <sup>2</sup>	0,022 Kg/m <sup>2</sup>	3,146	0,314
Forro fibras naturais	143 m <sup>2</sup>	0,0211 Kg/ m <sup>2</sup>	3,017	0,301
Telha ecológica	143 m <sup>2</sup>	3,3 Kg/ m <sup>2</sup>	43,34	4,33
Parafusos c/ porcas e arruelas	85 unid.	0,18 kg/unid.	15,3	1,53
Prego telheiro	105 unid.	0,021 kg/unid.	2,205	0,22
			Total	24,995

Fonte: Do autor, 2003.

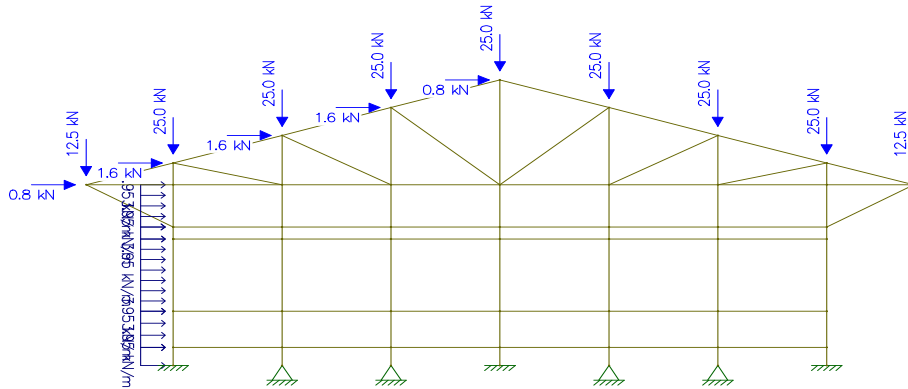
**Tabela 05:** Descrição dos coeficientes para o cálculo do vento na região do projeto

Velocidade m/s (Vo)	Classe	Categoria	Altura casa	Terreno	Coeficientes do terreno
43	A – 20	III	4,74	Plano	S1=1,0- S2=0,88 S3=1,0

Fonte: NBR-6123, 1995

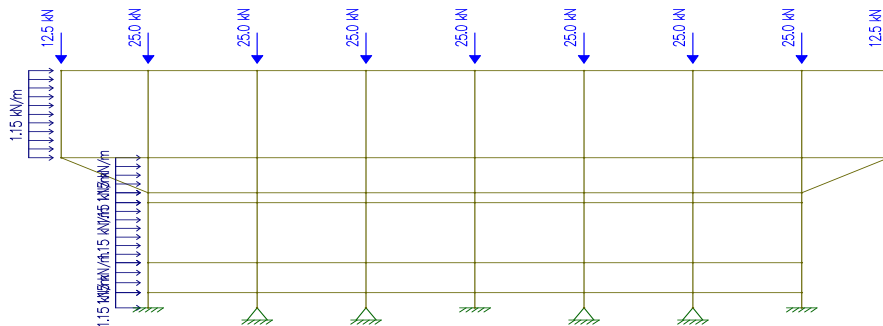
#### 4.3.1 Verificação da estabilidade da estrutura, conforme força cortante (compressão)

**Figura 53:** Lançamento das cargas atuantes na estrutura de bambu.(Fachada Norte/sul)



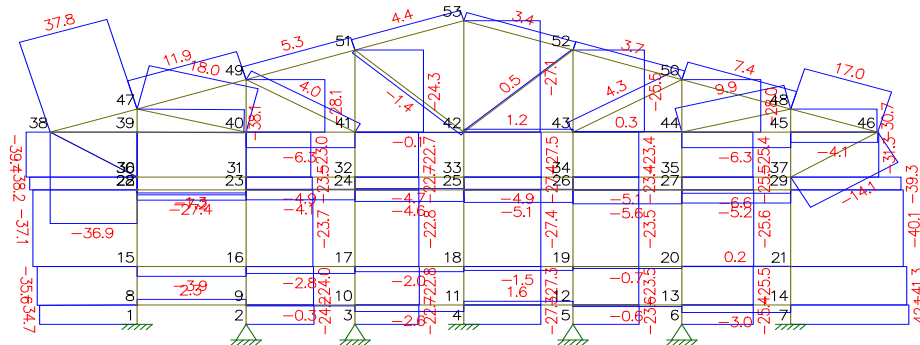
Fonte: Ftool, 2003.

**Figura 54:** Lançamento das cargas atuantes na estrutura de bambu.( Fachada Leste/Oeste)



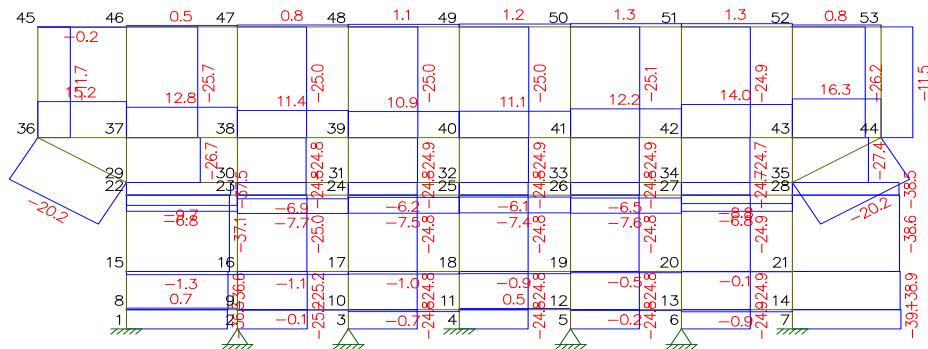
Fonte: Ftool, 2003.

**Figura 55:** Gráfico da força cortante da estrutura de bambu. Fachada Norte/Sul.



Fonte: Ftool, 2003.

**Figura 56:** Gráfico da força cortante da estrutura de bambu. Fachada Leste/Oeste.



Fonte: Ftool, 2003.

Fachada Norte/Sul

$$\sigma_{atc} = 42 \text{ KN} / 38,83 \text{ cm}^2 = 1,08 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 3,50 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 2,10 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{atc} \quad - \quad 2,10 > 1,08 \quad (\text{ok!})$$

Fachada Leste/Oeste

$$\sigma_{atc} = 39,4 \text{ KN} / 38,83 \text{ cm}^2 = 1,01 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 3,50 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 2,10 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{atc} \quad - \quad 2,10 > 1,01 \quad (\text{ok!})$$

Fachada Norte/Sul

$$\sigma_{att} = 42 \text{ KN} / 38,83 \text{ cm}^2 = 1,08 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admt} = 9,53 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 5,718 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admt} > \sigma_{att} \quad - \quad 5,718 > 1,08 \quad (\text{ok!})$$

Fachada Leste/Oeste

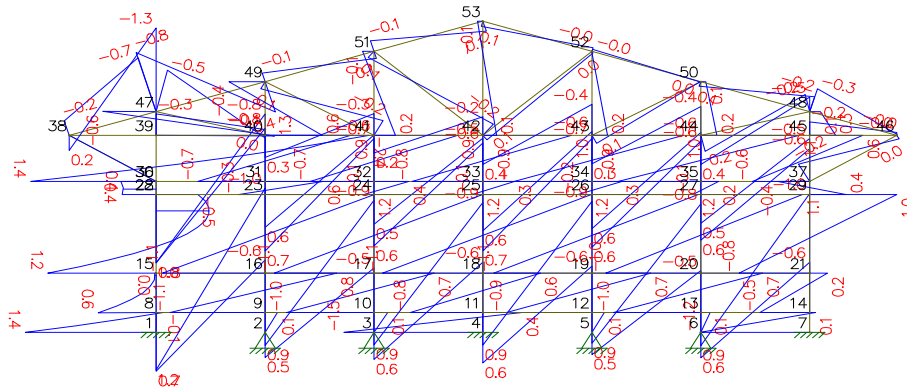
$$\gamma_{att} = 39,4 \text{ KN} / 38,83 \text{ cm}^2 = 1,01 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admt} = 9,53 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 5,718 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admt} > \sigma_{att} \quad - \quad 5,718 > 1,01 \quad (\text{ok!})$$

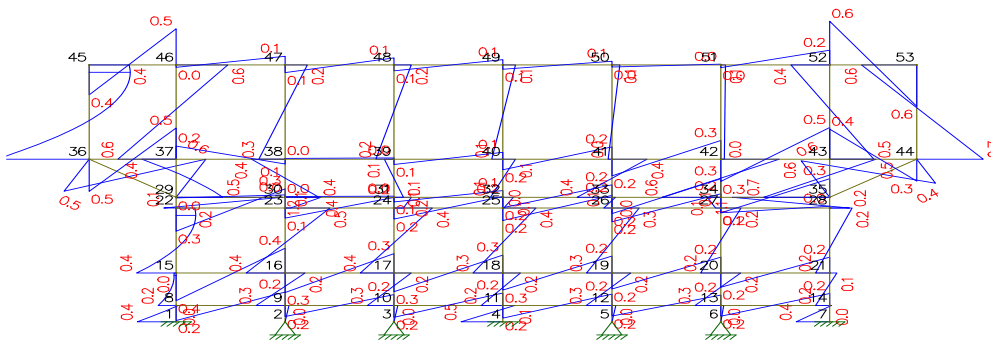
### 4.3.2 Verificação da estabilidade da estrutura, conforme momento fletor

**Figura 57:** Gráfico do momento fletor da estrutura de bambu. Fachada Norte/Sul



Fonte: Ftool,2003.

**Figura 58:** Gráfico do momento fletor da estrutura de bambu. Fachada Leste/Oeste



Fonte: Ftool,2003.

Fachada Norte/Sul

$$(M \times Y / I) = \sigma_{ct}$$

$$(0,7 \times 5,75 / 5,2192e2)$$

$$\sigma_{cf} = 0,771 \text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admf} = 9,41 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 5,646 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admf} > \sigma_{cf} \quad - \quad 5,646 > 0,771 \quad (\text{ok!})$$

Fachada Leste/Oeste

$$(M \times Y / I) = \sigma_{ct}$$

$$(0,9 \times 5,75 / 5,2192e2)$$

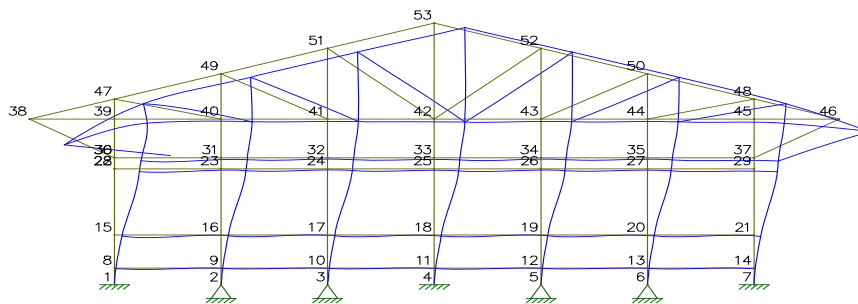
$$\sigma_{cf} = 0,991 \text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admf} = 9,41 \text{ KN/cm}^2 \times 0,6 = 5,646 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{admf} > \sigma_{cf} \quad - \quad 5,646 > 0,991 \quad (\text{ok!})$$

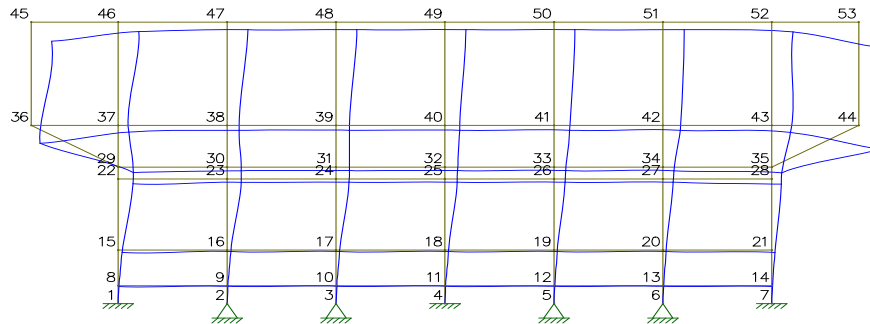
#### 4.3.3 Verificação do deslocamento da estrutura de bambu

**Figura 59:** Deslocamento no eixo x de 2,1 cm, após uma carga distribuída de vento de 120Km/h. fachada Norte / Sul



Fonte: Ftool, 2003.

**Figura 60:** Deslocamento no eixo x de 1,82 cm, após uma carga concentrada de vento de 120Km/h. fachada Leste / Oeste.



Fonte: Ftool,2003

#### 4.4 Verificação do conforto térmico pela estrutura das paredes da residência em bambu.

##### 4.4.1. Propriedades térmicas de elementos construtivos da parede

Dados dos elementos:

Fluxo de Calor : Horizontal

Emissividade para Radiações:0,85

Superfície externa: Reboco

Resistência Superficial Interna:0,13 (m<sup>2</sup>.K)/W

Absortância p/ Radiação Solar: 0,3

Resistência Superficial Externa: 0,04 (m<sup>2</sup>.K)/W

Seção A

Área: 4,5 m<sup>2</sup>

Resistência : 0,2904 (m<sup>2</sup>.K)/W

Capacidade: 80 KJ/(m<sup>2</sup>.K)

**Tabela 06:** Dados retirados do Programa de Conforto térmico.

Material	Condutividade	Densidade	Calor específico.	Espessura.
Argamassa Comum	1,15	1950	1	0,015
Carvalho, pinho, pinus	0,23	675	1,34	0,010
Câmara de ar	0,3125	0	1	0,05
Carvalho, pinho, pinus	0,23	675	1,34	0,010
Argamassa Comum	1,15	1950	1	0,015

**Fonte:** Transmitância, 2003

Seção B

Área: 0,132 m<sup>2</sup>

Resistência : 0,3839 (m<sup>2</sup>.K)/W

Capacidade: 36 KJ/(m<sup>2</sup>.K)

**Tabela 07:** Dados retirados do Programa de Conforto térmico.

Material	Condutividade	Densidade	Calor específico.	Espessura.
Carvalho, pinho, pinus	0,23	675	1,34	0,0225
Câmara de ar	0,3125	0	1	0,07
Carvalho, pinho, pinus	0,23	675	1,34	0,0225

**Fonte:** Transmitância, 2003

Resumo

Área : 4,632

Espessura: 0,10

Transmitância térmica : 2,17 W/(m<sup>2</sup>.K) (resultado fornecido pelo programa)

Resistência térmica: 0,461 (m<sup>2</sup>.K)/W (resultado fornecido pelo programa) (U)

Fator Solar: 2,6 (FCS)

Atraso térmico: 2,5 horas (S) (resultado fornecido pelo programa)

**Tabela 08:** Resultados obtidos e verificação da aceitação da parede proposta

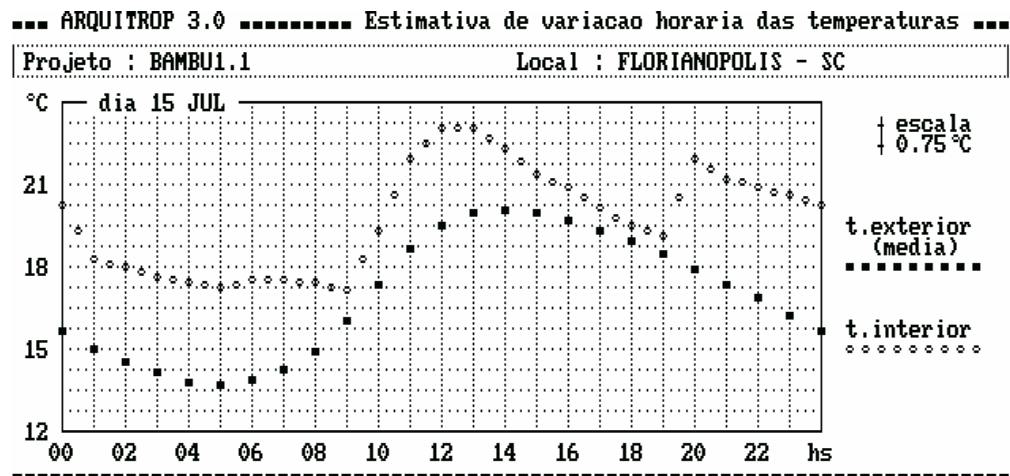
	Parede Norma	Parede Proposta	Aceitabilidade
U	$\leq 3,6$	2,17	sim
Atraso	$\leq 4,3$	2,5	sim
FCS	$\leq 4,0$	2,6	sim

Fonte: Transmitância, 2003

Conclusão:

Conforme Projeto de Norma (ABNT 02:135.07 – 003 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social), a parede proposta possui conforto térmico (figura 61).

**Figura 61:** Gráfico da curva de conforto térmico de um dormitório, com uma das fachadas voltada para o Sul, na estação de inverno.



Fonte: Arqitrop 3.0, 2003.

#### 4.5. Planilha de custos para futura construção da residência em bambu

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
<b>1</b>	<b>INFRA - ESTRUTURA</b>				
<b>1.1</b>	Blocos de fundação				
<b>1.1.1</b>	Tábua 1x12 pinho 3°	m3	0,20	270,00	54,00
<b>1.1.2</b>	Sarrafo 1x4 pinho	m	20,00	0,38	7,60
<b>1.1.3</b>	Prego17x27	kg	1,00	4,15	4,15
<b>1.1.4</b>	Desmoldante p/ Formas 3,6l	L	0,15	26,00	3,90
<b>1.1.5</b>	Arame Cozido 18 BWG	kg	1,50	3,88	5,82
<b>1.1.6</b>	Aço CA-50B - 6,3mm - Barra de 12m	kg	2,00	7,70	3,26
<b>1.1.7</b>	Aço CA-60 - 4,2mm - Barra de 12m	kg	6,00	3,50	4,45
<b>1.2</b>	Concreto fck 18Mpa (in loco)				
<b>1.2.1</b>	Areia média	m3	0,50	17,07	8,54
<b>1.2.2</b>	Brita 1	m3	0,50	31,51	15,76
<b>1.2.3</b>	Cimento Portland saco 50Kg	Unid.	4,00	21,00	84,00
<b>1.2.4</b>	Impermeabilizante vedacit 3,6Kg	Unid.	0,50	13,87	6,94
<b>1.3</b>	Vigas Baldrame				
<b>1.3.1</b>	Tábua 1x12 pinho 3°	m3	1,00	270,00	270,00
<b>1.3.2</b>	Sarrafo 1x4 pinho	m	50,00	0,38	19,00
<b>1.3.3</b>	Prego17x27	kg	2,00	0,00	0,00
<b>1.3.4</b>	Desmoldante p/ Formas 3,6l	Unid.	1,00	26,00	26,00
<b>1.3.5</b>	Aço CA-50B - 6,3mm - (12m)	Unid.	11,00	7,70	45,78
<b>1.3.6</b>	Aço CA-60 - 5,0mm - (12m)	Unid.	11,00	4,80	11,19
<b>1.3.7</b>	Aço CA-60 - 4,2mm - (12m)	Unid.	38,00	3,50	28,18
<b>1.3.8</b>	Arame Cozido 18 BWG	kg	1,00	3,88	3,88
<b>1.4</b>	Concreto fck 18Mpa (in loco)				
<b>1.4.1</b>	Areia média	m3	3,00	17,07	51,21
<b>1.4.2</b>	Brita 1	m3	3,00	31,51	94,53
<b>1.4.3</b>	Cimento Portland saco 50Kg	Unid.	20,00	21,00	420,00
<b>1.4.4</b>	Impermeabilizante misturado vedacit 3,6Kg	Unid.	3,00	13,87	41,61
<b>1.4.5</b>	Impermeabilizante asfáltico neutrol 3,6Kg	Unid.	9,00	33,37	300,33
<b>1.4.6</b>	Aterro viga baldrame (areia suja)	m3	20,00	13,00	260,00
	Total do item				1763,18
<b>2</b>	<b>MESOESTRUTURA</b>				
<b>2.1</b>	Pilares/viga superior				
<b>2.2.1</b>	Bambu Φ11,5 cm diametro	m	188,00	1,05	197,40
<b>2.2.2</b>	Barra rosqueável 5/16" c/ 1m	Unid.	44,00	1,98	87,12
<b>2.2.3</b>	Arruela 5/16"	Unid.	132,00	0,06	7,92
<b>2.2.4</b>	Arruela 3/8"	Unid.	132,00	0,07	9,24
<b>2.2.5</b>	Porca 5/16"	Unid.	132,00	0,05	6,60
	Total do item				308,28
<b>3</b>	<b>VEDAÇÃO</b>				

<b>3.1</b>	Esterilha de bambu				
<b>3.1.1</b>	Bambu $\Phi$ 10 cm diametro	m	210,00	1,25	262,50
<b>3.1.2</b>	Bambu $\Phi$ 4 cm diametro	m	48,00	0,65	31,20
<b>3.1.2</b>	Nylon 0,45 c/ 100m	Unid.	1,00	6,80	6,80
<b>3.1.3</b>	Ripa cambará 2,5 x 5	m	495,00	0,58	287,10
<b>3.1.4</b>	Parafuso 3/8"x 40	Unid.	815,00	0,04	32,60
<b>3.1.5</b>	Borracha 1,0x1,50x1,5mm	m	5,00	1,80	9,00
<b>3.1.6</b>	Vidro 4mm para o oitão do telhado	m2	2,50	19,90	49,75
<b>3.1.7</b>	Prego de aço 12 x 25	Kg.	5	6,98	34,90
	Total do item				713,85
<b>4</b>	<b>REVESTIMENTO</b>				
<b>4.1</b>	Chapisco 1:3				
<b>4.1.1</b>	Cimento Portland, saco 50Kg	Unid.	21,00	21,00	441,00
<b>4.1.2</b>	Areia Média	m3	3,00	17,07	51,21
<b>4.2</b>	Emboço / Reboco 1:2:9				
<b>4.2.1</b>	Cimento Portland, saco 50Kg	Unid.	24,00	21,00	504,00
<b>4.2.2</b>	Areia Média	m3	9,00	17,07	153,63
<b>4.2.3</b>	Cal hidratada, saco 20 Kg	Unid.	58,00	3,08	178,64
<b>4.3</b>	Contra piso 1:3				
<b>4.3.1</b>	Cimento Portland, saco 50Kg	Unid.	5,00	21,00	105,00
<b>4.3.2</b>	Areia Média	m3	0,50	17,07	8,54
<b>4.4</b>	Revestimento Cerâmico				
<b>4.4.1</b>	Argamassa colante 20Kg	Unid.	20,00	7,28	145,60
<b>4.4.2</b>	Piso 30 x 30 cm	m3	81,00	8,12	657,72
<b>4.4.3</b>	Rejunte 5Kg	Unid.	5,00	7,04	35,20
	Total do item				2280,54
<b>5</b>	<b>ESQUADRIAS</b>				
<b>5.1</b>	Janelas				
<b>5.1.1</b>	Madeira (1,5 x 1,2m 2 folhas fixa e 2 correr)	Unid.	5,00	76,80	384,00
<b>5.1.2</b>	Madeira (0,6 x 0,4 max-ar)	Unid.	1,00	13,93	13,93
<b>5.1.3</b>	Vidro liso de 4mm	m2	7,00	19,90	139,30
<b>5.1.4</b>	Vidro canelado de 4mm	m2	0,30	23,00	6,90
<b>5.2</b>	Portas				
<b>5.2.1</b>	Porta de Madeira Lisa 0,70m x 2,10m	Unid.	1,00	107,00	107,00
<b>5.2.2</b>	Porta de Madeira Lisa 0,80m x 2,10m	Unid.	3,00	105,00	315,00
<b>5.2.3</b>	Porta de Madeira maciça 0,80m x 2,10m	Unid.	1,00	242,00	242,00
<b>5.2.4</b>	Espuma expansora de poliuretano	Unid.	9,00	26,00	234,00
	Total do item				1442,13
<b>6</b>	<b>PINTURA</b>				
<b>6.1</b>	Interna e Externa Latex Acrilica 18 l	Unid.	4,00	116,18	464,72
<b>6.2</b>	Tinta esmalte transparente 3,6 l	Unid.	2,00	36,25	72,50
<b>6.3</b>	Tinta epóxi 3,6l	Unid.	5,00	98,00	490,00

6.4	Resina asfáltica (polisten) 1L	Unid.	4,00	20,00	80,00
	Total do item				1107,22
<b>7</b>	<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>				
7.1	Tomada monofásica 2 pinos	Unid.	16,00	2,41	38,56
7.2	Tomada monofásica 3 pinos	Unid.	1,00	2,98	2,98
7.3	Tomada telefone	Unid.	1,00	3,15	3,15
7.4	Tomada internet	Unid.	2,00	3,15	6,30
7.5	Interruptor simples (1 tecla)	Unid.	4,00	2,70	10,80
7.6	Interruptor duplo (2 teclas)	Unid.	2,00	3,10	6,20
7.7	Interruptor trilpo (3 teclas)	Unid.	2,00	3,85	7,70
7.8	Bocal de porcelana para lâmpada	Unid.	8,00	1,08	8,64
7.9	Lâmpada de 60 Wts	Unid.	8,00	1,17	9,36
7.10	Fio sólido preto 6mm	m	8,00	0,83	6,64
7.11	Fio sólido azul 6mm	m	8,00	0,83	6,64
7.12	Fio sólido preto 4mm	m	11,00	0,64	7,04
7.13	Fio sólido azul 4mm	m	11,00	0,64	7,04
7.14	Fio sólido preto 2,5mm	m	50,00	0,40	20,00
7.15	Fio sólido azul 2,5mm	m	50,00	0,40	20,00
7.16	Fio sólido preto 1,5mm	m	40,00	0,26	10,40
7.17	Fio sólido azul 1,5mm	m	40,00	0,26	10,40
7.18	Fio sólido verde 1,5mm	m	19,00	0,26	4,94
7.19	Fita isolante 20m	Unid.	2,00	2,98	5,96
7.20	Eletroduto corrugado 3/4"	m	101,00	0,85	85,85
7.21	Dijuntor 30A	Unid.	4,00	3,85	15,40
7.22	Cx de disjuntores em pvc	Unid.	1,00	15,84	15,84
	Total do item				309,84
<b>8</b>	<b>INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS</b>				
8.1	Chuveiro	Unid.	1,00	66,00	66,00
8.2	Vaso sanitário c/ cx acoplada	Unid.	1,00	93,00	93,00
8.3	Pia Porcelana	Unid.	1,00	64,69	64,69
8.4	Joelho LR 3/4 p/ 1/2	Unid.	3,00	2,65	7,95
8.5	Joelho LR 25 p/ 3/4	Unid.	3,00	3,14	9,42
8.6	Registro de gaveta 3/4	Unid.	1,00	15,00	15,00
8.7	Adaptador 3/4	Unid.	3,00	0,32	0,96
8.8	Tê de 25mm soldável	Unid.	4,00	0,60	2,40
8.9	Joelho 3/4 soldável	Unid.	5,00	0,36	1,80
8.10	Registro de pressão 3/4	Unid.	1,00	16,00	16,00
8.11	Luva LR 3/4	Unid.	1,00	2,95	2,95
8.12	Tubo 25mm	m	18,00	1,45	26,10
8.13	Tubo 50mm	m	6,00	5,27	31,62
8.14	Flange 50mm	Unid.	1,00	11,50	11,50
8.15	Flange 25mm	Unid.	2,00	5,00	10,00
8.16	Bucha de redução 50x25	Unid.	1,00	1,27	1,27
8.17	Bóia de pressão	Unid.	1,00	3,44	3,44
8.18	Curva soldável 25mm	Unid.	1,00	1,27	1,27
8.19	Curva soldável de 50mm	Unid.	2,00	5,32	10,64
8.20	Cx. Dágua fibra 1000L	Unid.	1,00	167,61	167,61

8.21	Tê esgoto soldável de 50/40	Unid.	1,00	2,95	2,95
8.22	Tê esgoto soldável de 100/50	Unid.	2,00	5,71	11,42
8.23	Joelho esgoto 50mm 45graus	Unid.	2,00	1,36	2,72
8.24	Joelho esgoto 50mm 90graus	Unid.	8,00	1,05	8,40
8.25	Joelho esgoto 100mm	Unid.	2,00	3,52	7,04
8.26	Joelho esgoto 40mm 90graus	Unid.	9,00	0,76	6,84
8.27	Joelho esgoto 40mm 45graus	Unid.	5,00	0,91	4,55
8.28	Ralo sifonado	Unid.	2,00	6,36	12,72
8.29	Adesivo pote pincel 180gr	Unid.	1,00	4,95	4,95
8.30	Lixa n*100	Unid.	1,00	0,25	0,25
8.31	Fita vedarosca	Unid.	1,00	4,44	4,44
8.32	Torneira articulada parede metal	Unid.	1,00	30,21	30,21
8.33	Torneira parede metal	Unid.	1,00	9,92	9,92
8.34	Torneira balcão metal	Unid.	1,00	25,00	25,00
8.35	Nípel 25mm	Unid.	1,00	0,53	0,53
8.36	Luva 25mm	Unid.	1,00	0,36	0,36
	Total do item				675,92
<b>9</b>	<b>COBERTURA</b>				
9.1	Bambu Φ11,5 cm diametro	m	109,00	1,25	136,25
9.2	Barra rosqueável 5/16" c/ 1m	Unid.	149,00	1,98	295,02
9.3	Arruela 5/16"	Unid.	447,00	0,06	26,82
9.4	Arruela 3/8"	Unid.	447,00	0,07	31,29
9.5	Porca 5/16"	Unid.	447,00	0,05	22,35
9.6	Telha Ecológica 2,0m x 0,95m x 0,03mm	Unid.	94,00	18,00	1692,00
9.7	Cumeeira Telha ecologica	Unid.	43,00	8,50	365,50
9.8	Prego telheiro	Unid.	180,00	0,09	16,02
9.9	Esteira de fibras vegetal	m2	145,00	1,50	217,50
9.10	Manta impermeabilizante aluminizada	m2	130,00	5,50	715,00
	Total do item				3517,75
	<b>CUSTO TOTAL DE MATERIAIS</b>				<b>12118,71</b>
	<b>MÃO DE OBRA</b>	m2	81,00	70,00	<b>5670,00</b>
	<b>TOTAL DE CUSTOS</b>				<b>17788,71</b>

Os insumos para o cálculo desta planilha de custos foi retirado da TCPO 2000.

Os valores são reais e foram pesquisados no comércio da região do Município de Bombinhas

O custo dos bambus descritos na planilha acima, Refere-se as peças secas, tratadas e entregues na obra.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que é possível a utilização do bambu no projeto de uma casa, pois o bambu é naturalmente renovado, ou seja, possui crescimento rápido cerca de 5 anos está completamente pronto para o uso na construção civil, tornando a construção ecologicamente viável. Com relação ao custo é considerado baixo, mesmo não existindo a matéria prima na região da obra; entretanto, pode-se reduzir ainda mais este custo se o bambu for cultivado próximo ao local da obra, fazendo com que o bambu possa ser uma solução para moradias de baixo custo evitando o aumento da ocupação desordenada do solo, bem como, uma contribuição para a diminuição da favelização nos centros urbanos.

Conclui-se ainda, que a mão de obra para construção com bambu não necessita ser especializada, podendo ser ensinado os detalhes construtivos e a utilização correta das ferramentas.

Finalmente ressalta-se que existe a ausência de literaturas nacionais tornando um fator prejudicial para um estudo mais aprofundado sobre o bambu.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, C. **O projeto experimental em peru**. São Paulo, USP, 1970.

ARQUITETURA ECOLÓGICA , Disponível em <http://www.ecologiaedesenvolvimento.com.br>

ARQUITROP. Disponível em <http://www.ufsc.br/labee.html>, Acesso em 08.junho 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Estabilidade de estruturas, coeficientes para cálculo de carga de vento nas estruturas, Dezembro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação, trabalhos acadêmicos e apresentação. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 02:135.07-003**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 1998.

AZIZ, M. A. **Bamboo technology for constructions**. Londres: Levy, 1980.

BABOSA, J. C., **Utilização do bambu na produção de habitações, interesse social**. São Paulo, 1997. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos.

BAMBU, NOVAS TECNOLOGIAS. Disponível em <http://www.bambubrasileiro.br/>. Acesso em 06 set. 2002.

BAUMAN, E., **Bamboo reinforcement in portland cement concrete**. War Production Board, contract n°78. Engineering Experiment Station. Germany, 1936.

BOUCHERIE, L. **Method of impregnation bamboo quimic**. Published by direction of the government of assan. London, 1873 apud Oliveira 1980.

CHOU, W., **The bamboos of thailand (siam)**. Special bulletin of Taiwan Forestry Research Institute n°6, 1914.

CLURE, F. A., **A glossary of the bamboo**. Taxon: Reader's Digest, 1966.

DATTA, K.R. **Structural uses of bamboo**. Califórnia: WC, 1977.

DATTA, K., **Utilization of bamboo in concrete**. Oxford: Wealth, 1935.

DEOGUN, P. N., **The silviculture and management of bamboo Dendrocalamus strictus nees**. Michigan: Forest records, 1936.

ESCOLA DE BIO ARQUITETURA E CENTRO DE PESQUISA E TECNOLOGIA EXPERIMENTAL EM BAMBU - EBIOBAMBU. Disponível em <http://www.ebiobambu.com.br> Acesso em 13 dez. 2002.

FTOOL. Disponível em <http://www.puc-rio.com.br> , Acesso em 21.abril. 2003.

GHAVAMI, K., **Utilização do bambu como material em habitação de baixo custo**. São Paulo 1998. 45p.

GHAVAMI, K., **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Construção civil / pesquisa. Revista Engenharia. n°492.1992.23 a 27p.

GLENN, H. E., **Bamboo as reinforcement for concrete**. Bombay: Indian concrete journal, 1952.

GRAÇA, Vera. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. São Paulo: Ícone, 1988.

HODGE, W.H. apud Oliveira. E.G de., **Bamboo: their economic future in américa**. The garden journal of the New York botanical garden, NY, 1957,1980.

HUBERMAN, M. A., **Bamboo silviculture**. Estados Unidos: Unasyuva, 1959.

IBGE, **Instituto brasileiro de estatística e geografia**: São Paulo, 2000.

LEE, S. L.; PARAMASIVAN, P.; GUPTA, N.C. das. **Mechanical properties of coir reinforced cement paste composites**. In: SIMPÓSIO SOBRE BARATEAMENTO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, 1978, Salvador. BNH, 1978.

LOPEZ, H. O., **Bambú: su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía**. Colombia: Estudios técnicos colombiano, 1978.

MAGALHÃES, P. B. de. **Concreto fibroso para habitações populares**. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

MAKITO, F., **Bamboo**. The East Vol. VIII. n° 9, October,1976 apud Oliveira 1980.

MAMANI, V.C., **Construção de um protótipo em São Carlos – SP**. Dissertação de mestrado Dezembro, 1989.

NOVAES, S. C., **Habitações indígenas**. São Paulo: USP, 1993.

OLIVEIRA, E. G. de, **Bambu: investigação de novos empregos na construção civil**. Dissertação de mestrado, São Paulo, 1980. 154p.

PAKOTIPRAPHA, B.; PAMA, R.P.; LEE, S.L. **A study of bamboo pulp and fiber cement composites**. Trabalho apresentado no Simpósio sobre barateamento da construção habitacional, Salvador, março, 1978.P

PARSONS, J. M., **Construcciones Agrícolas** – Ingeniería, Sanidad y Arquitectura – 5ed. Madri: Dossat, 1991.

PEREIRA, M.F., **Construções rurais** – 2 ed. São Paulo. Nobel, 1990.

PLANK, H. K., **Studies of factors influencing attack and control of bamboo powder post beetle**. Federal Experiment Station in Puerto Rico, Bulletin n°44, 1977.

PRUSHOTHAN, A. SUDAN, S. K. e SAGAR, V., **Preservative treatment of green bamboos under low pneumatic pressures**. Wood Preservation Branch, Forest Research Institute, Dehra Dun. Indian forester, December, 1953. apud Oliveira 1980.

REHMAN, M.A. e ISHAD, S. M., **Seasoning and shrinkage of bamboo**. Dehra Dun, Forest Research Institute, 1959.

REIS, F.dos S., **Concreto armado de bambu e a associação de materiais heterogêneos**. Anuário da faculdade nacional de arquitetura, Rio de Janeiro, Novembro, 1959.

RIPPER, J. L., **O bambu e a sociedade**, núcleo de designer da PUC – RJ. Rio de Janeiro, Ed. Puc, 1994.

SANTOS, P. de S. **Tecnologia de argilas aplicada às argilas brasileiras**. São Paulo, Ed. USP, 1975.

SATOW, E., **The cultivation of bamboo in japan**. The Asiatic Society of Japan, 1899 apud Oliveira, 1980.

STRONG, M. Desenvolvimento sustentável histórico. Disponível em [http://www.economiabr.net/economia/3\\_desenvolvimento\\_sustentavel\\_historico.html](http://www.economiabr.net/economia/3_desenvolvimento_sustentavel_historico.html). Acesso em 15 maio 2003.

TELHAS ECOLÓGICAS. Disponível em <http://www.onduline.com.br>, Acesso em 25 maio 2003.

TRANSMITÂNCIA. Disponível em <http://www.ufsc.com.br/labee.html> , Acesso em 08 junho 2003.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UEDA, K., **Studies on the physiology of bamboo with reference to practical applications**. Tóquio, 1956.

VALENOVSKY, P. **Prehistoric Man and his story**. A sketch of the history of making from earlist times. London.1928 citado por Oliveira 1980.

VILLA J., **Manual do arquiteto dos pés descalços**. São Paulo:, 1998.

WHITE, D. G., **Bamboo culture and utilizacion in puerto rico**. Estados Unidos: Mayaguez, 1948.

**7. ANEXOS**

**7.1 ANEXO 01 – Projeto arquitetônico da casa de bambu.**

**7.2 ANEXO 02 – Projeto hidrossanitário da casa de bambu.**

**7.3. ANEXO 03 – Projeto elétrico da casa de bambu.**