



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FAU - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PPG/FAU - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**PAINÉIS DE BAMBU PARA HABITAÇÕES ECONÔMICAS:
Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa**

ANELIZABETE ALVES TEIXEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. JAIME GONÇALVES DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO, ÁREA DE TECNOLOGIA

BRASÍLIA / DF: MARÇO DE 2006.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FAU - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PPG/FAU - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

PAINÉIS DE BAMBU PARA HABITAÇÕES ECONÔMICAS:

Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa

ANELIZABETE ALVES TEIXEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. JAIME GONÇALVES DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO, ÁREA DE TECNOLOGIA

BRASÍLIA / DF: MARÇO DE 2006.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FAU - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PPG/FAU - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

PAINÉIS DE BAMBU PARA HABITAÇÕES ECONÔMICAS:

Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa

ANELIZABETE ALVES TEIXEIRA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós Graduação / Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Tecnologia.

Aprovado por:

Prof. Dr. Jaime Gonçalves de Almeida
Presidente da Banca (FAU / UnB)

Prof. Dr. Francisco Carvalho de Arruda Coelho
Membro Externo (EEC / UVA – CE)

Prof. Notório Saber José Dafico Alves
Membro Externo (EEC – UEG/UCG)

Brasília – DF, ____ de _____ de 2006.

FICHA CATALOGRÁFICA

TEIXEIRA , ANELIZABETE A.

Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa, 179p.
(PPG/FAU/UnB, Mestre, Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2006).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Painéis pré-fabricados; | 2. Arquitetura; |
| 3. Construção; | 4. Projeto; |
| 5. Argamassa; | 6. Sustentabilidade |
| I. PPG/FAU/UnB | II. Título(série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

TEIXEIRA, A. A. (2006). Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 179p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Anelizabete Alves Teixeira

TÍTULO: Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa.

GRAU: Mestre

ANO: 2006

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Anelizabete Alves Teixeira

Rua 07, nº 182, apto. 1902 – Setor Oeste

74.110-090 - Goiânia – GO – Brasil

e-mail: aninhatex@unb.br / epazini@terra.com.br

“A tradição é um desafio para a inovação”.

Álvaro Siza

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Adão Alves Teixeira e a minha mãe, Maria Elisa T. Teixeira. Ao meu esposo, Enio Pazini Figueiredo, ao meu filho, Pedro Teixeira Pazini e aos meus irmãos, Marília, Delenda e Paulo Iuri.

“Minha família é meu alicerce, meu porto seguro. Sem vocês a vida não faz sentido”.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é antes de mais nada reconhecer que nada fazemos sozinhos. É reconhecer aqueles que nos apoiaram e depuseram confiança em nossa capacidade.

Agradeço a meus pais, Adão e Maria Elisa, que sempre se esforçaram para que tivéssemos saúde, conforto, educação e carinho, cumprindo mais do que brilhantemente com a missão de serem pais e amigos. Agradeço aos meus irmãos, Paulo Iuri e Delenda, e em especial à minha irmã Marília, companheira de estudos, desde o início das nossas descobertas na arquitetura. A todos vocês, o meu muito obrigada.

Agradeço imensamente a meu esposo Enio Pazini, grande companheiro e incentivador. Excelente docente e pesquisador iniciou-me na pesquisa como meu orientador no Curso de Especialização (UFG), quando éramos apenas namorados. Através de sua paixão pelo que faz, fez-me reconhecer e admirar a grandeza desta profissão. Agradeço-lhe também por ser um pai tão dedicado, tendo sido pai e mãe do Pedrinho em momentos conturbados desta minha caminhada.

Ao meu orientador e amigo Prof. Jaime, pelo incentivo, interesse, dedicação e disponibilidade. Pelas orientações seguras e competentes que me fizeram crescer como profissional e, por mais incrível que pareça, consegui fazer com que eu gostasse “ainda mais” do nosso Bambu.

Amizade não é fruto apenas de simpatia recíproca entre as pessoas. É muito mais. É uma palavra sincera na hora da dúvida. É um olhar de aprovação ao se encarar um desafio. É o empurrão para a frente, quando se julga já haver chegado ao fim da jornada.

Agradeço ao amigo Roberto Magno, pela amizade, pelo carinho e pela força ao longo de todos estes anos. Obrigada por ser o amigo que você é.

Ao Professor Dafico, que com sua sabedoria e paciência, muito contribuiu para a realização deste trabalho, inclusive participando da Banca do Exame de Qualificação.

À Ana Maria França, grande amiga ao longo da vida e da arquitetura, que me apresentou o Bambu e me colocou neste caminho. A você o meu muito obrigada.

Agradeço ao amigo e ex-aluno Janderson Carlos de Oliveira, que muito contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho, demonstrando competência e me ajudando nos momentos mais difíceis.

Aos meus colegas de mestrado, Renato Rocha, Maria Luísa, Luciano Caixeta, Valéria Moraes, Raquel Ervilha, Marcos Rafael, Leyla Alarcón, Sheila, Tatiana e tantos outros, que me acompanhavam nas viagens entre Brasília e Goiânia e me incentivavam nos momentos de desânimo.

Agradeço ao Prof. Júlio Esutáquio (Ibama), por ter participado da Banca do Exame de Qualificação e pela boa vontade em contribuir com a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente a minha Tia Teresa, pela acolhida carinhosa em sua casa na cidade de Brasília.

Agradeço às pessoas que me ajudaram na coleta de dados, não deixando de citar os amigos Luis Fernando Botero, Iara Tolentino, Prof. Normando Perazzo entre outros.

Agradeço à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio e colaboração nos ensaios realizados, sem deixar de mencionar os amigos Deusair e Agnaldo.

Agradeço à Enbambu pelo apoio dado na fase executiva dos painéis, cedendo seu espaço físico, ferramentas e a imprescindível mão-de-obra do carpinteiro Edinei Teixeira (o Baiano).

Agradeço ao Coordenador do Curso de Mestrado da FAU / UnB, Prof. Dr. Otto Ribas, pelo excelente trabalho realizado e pelo apoio dado a todos os alunos do Mestrado, sem distinção ou preferência. A todos os Professores do Curso de Mestrado da FAU/UnB, pela dedicação e ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq - Brasil, instituição que colaborou financeiramente com os meus estudos, tornando possível a concretização deste sonho.

Agradeço a todos que colaboraram, direta ou indiretamente com a produção deste trabalho, possibilitando a sua realização.

Agradeço finalmente a Deus, o grande arquiteto do universo, que nos dá a vida, a saúde e a coragem para seguir em frente. Em nome do Pai, do Filho e do Espírito Santo, Amém.

PAINÉIS DE BAMBU PARA HABITAÇÕES ECONÔMICAS: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa

Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Área de Tecnologia
Autora: Anelizabeth Alves Teixeira
Orientador: Prof. Dr. Jaime Gonçalves de Almeida
Brasília, fevereiro de 2006.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor, desenvolver e avaliar um painel de vedação para habitações econômicas, feito de bambu. O trabalho visa contribuir, tecnicamente, com a consolidação do uso do bambu como alternativa viável na arquitetura, além de contribuir para a minimização, ainda que parcial, do problema habitacional existente no Brasil.

O trabalho foi dividido em três etapas básicas. Na primeira, foi desenvolvida uma revisão da literatura sobre o tema, abordando aspectos gerais sobre os painéis pré-fabricados, sobre os bambus e os principais tipos de painéis de bambu produzidos no mundo. Na segunda etapa, apresentam-se os procedimentos experimentais, que incluem proposta arquitetônica de uma habitação econômica, bem como de painel de bambu, além das atividades de preparação do material e execução dos corpos-de-prova. Na terceira, são apresentados os resultados e análise do painel revestido com argamassa. Finalmente, são feitas as considerações finais sobre os resultados obtidos.

A proposta arquitetônica do painel de bambu e a aderência da argamassa de reboco nos painéis são os principais pontos de investigação e análise da dissertação. Diante dos resultados obtidos e parâmetros analisados, na presente dissertação, conclui-se que o desempenho dos painéis argamassados mostra-se adequado para o emprego em habitações econômicas.

PALAVRAS – CHAVES: 1. Painéis pré-fabricados; 2. Arquitetura; 3. Construção; 4. Projeto; 5. Argamassa; 6. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present study development and available a wall for economic habitations in bamboo. Visa contributes technically with the consolidation of the use of bamboo like a practicable alternative in architecture and contribute for the minimization of the habitation trouble that there is in Brazil.

The study was divided in tree basic parts. In the first part was made a literature revision about the theme, studding generals aspects of the prefabricated walls, bamboo and the main tips of bamboo walls made in the world. In the second part of study, is showed the experimental procedures that include architectonic propose for an economic habitation and the bamboo wall with it preparation activities and test walls confection. In the third part were showed the results and analyses from the wall with mortar. Finally were made the final considerations about the results obtained.

The walls architectonic propose and the mortar adherences in the walls were the main points of the investigation and analyses from dissertation. In front of the results and parameters analyzed, in the study, conclude that the redemption of the mortared walls showed adequate for the utilization in economical habitation.

KEY-WORDS: 1. Prefabricated Walls; 2. Architecture; 3. Building; 4. Design; 5. Mortar; 6. Sustainable.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS	xxvi
LISTA DE SIGLAS	xxvii
INTRODUÇÃO	1
1 - REVISÃO DA LITERATURA	10
1.1 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS PARA VEDAÇÃO	10
1.1.1 - O processo de industrialização e surgimento dos painéis pré-fabricados .	10
1.1.2 - A vedação vertical	13
1.1.3 - Conceituações: paredes, divisórias e painéis	14
1.2 - BAMBU: A ESPÉCIE VEGETAL	22
1.2.1- Aspectos Ambientais	22
1.2.2- Aspectos botânicos	26
1.2.3- Distribuição geográfica do bambu	31
1.2.4- Referenciais históricos	32
1.2.5- Os Diversos usos do bambu	34
1.2.6- O Cultivo do Bambu	40
1.2.7- Imunização do bambu	43
1.3 - O USO DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	48
1.3.1 - Propriedades físicas, químicas e mecânicas do bambu	52
1.3.2 - Propriedades construtivas do bambu	55
1.3.3 - Componentes construtivos de bambu	57
1.3.4 - Experiências em programas de habitações econômicas	69
1.3.5 - A cultura construtiva nacional	75
1.4 - ESTADO DA ARTE DOS PAINÉIS DE BAMBU	80
1.4.1 - Painéis de bambu pré-fabricados	80

1.4.2 - Painéis de bambu artesanais	88
.....	
2 - PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	101
2.1 - PROJETOS ARQUITETÔNICOS	101
2.1.1 - Projeto arquitetônico da habitação econômica	101
2.1.2 - Projeto arquitetônico dos painéis de bambu da habitação	107
2.1.3 - Projeto arquitetônico dos corpos de prova	117
2.2 - DESCRIÇÃO E PREPARAÇÃO DOS BAMBUS UTILIZADOS	119
2.2.1 - Descrição das espécies	119
2.2.2 - Seleção dos bambus	122
2.2.3 - Corte dos bambus na touceira	123
2.2.4 - Transporte e armazenamento	124
2.2.5 - Secagem dos bambus	125
2.3 - EXECUÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA	126
2.3.1 - Componentes construtivos	126
2.3.2 - Ferramentas e equipamentos	131
2.3.3 - Execução da estrutura de bambu dos corpos- de- prova	132
2.3.4 - Mineralização	138
2.3.5 - Chapisco	142
2.3.6 - Aplicação da argamassa de revestimento	145
2.4 - AVALIAÇÕES E ENSAIOS REALIZADOS	147
3 - RESULTADOS E ANÁLISES DO PAINEL REVESTIDO COM ARGAMASSA	149
3.1 - QUANTO À COR DO PAINEL E TEXTURA DO REVESTIMENTO	149
3.2 - QUANTO À PRESENÇA DE DEFEITOS SUPERFICIAIS E FISSURAS	150
3.3 - QUANTO AO PESO	152
3.4 - QUANTO À PULVERULÊNCIA	154
3.5 - QUANTO À DUREZA SUPERFICIAL	155
3.6 - QUANTO À RESISTÊNCIA AO RISCO	156
3.7 - QUANTO À RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	156

CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fachada em ferro fundido do Teatro José de Alencar, em Fortaleza, Ceará (VON KRUGER, 2000).	12
Figura 2 -	Painel do tipo “cortina”, da marca Precon (PRECON, em: www.precon.r).	19
Figura 3 -	Exemplo de painel de concreto do tipo vedação, onde a estrutura fica aparente (PRECON, em: www.precon.r).	19
Figura 4 -	Painel de acabamento com modulação de padrões geométricos (PRECON, em: www.precon.r).	20
Figura 5 -	Painel de acabamento geométrico, da Precon (PRECON, em: www.precon.r).	20
Figura 6 -	Vista das paredes de gesso acartonado (PRECON, em: www.precon.r).	21
Figura 7 -	Industrialização excessiva causa danos à natureza (BARBOSA, 2005, p.4).	23
Figura 8 -	Desequilíbrios atmosféricos causando catástrofes (BARBOSA, 2005, p.6).	24
Figura 9 -	Construção de terra crua na Cidade de Goiás, GO (BARBOSA, 2005, p.2).	25
Figura 10 -	Construção de bambu na Colômbia. Pavilhão Zeri, Manizales, Colômbia. (Fonte: Foto da autora, dezembro de 2005).	25
Figura 11 -	Deposição de entulhos em locais inapropriados (BARBOSA, 2005, p. 8).	25
Figura 12 -	Partes do bambu (NMBA, 2004, p.24).	26
Figura 13 -	Diferentes tipos de rizomas (NMBA, 2004, p. 22).	27
Figura 14 -	Corte transversal do colmo mostrando os feixes vasculares e células parênquimas (LIESE, 1998, p.42).	28
Figura 15 -	Espécie de bambu comum no Brasil, <i>Bambusa vulgaris vittata</i> . Fonte: Foto de Roberto Magno.	29
Figura 16 -	<i>Guadua angustifolia</i> , excelente para a construção civil (IL31 Bamboo, 1992, p.132).	30
Figura 17 -	Distribuição natural do Bambu no mundo. Fonte: Foto da Autora, V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998.	31
Figura 18 -	Vasilhas feitas de Bambu pela cultura pré-colombiana Jama Coaque. Equador (UBIDIA, 2001, p.4).	33

Figura 19 -	Moldes encontrados em sítios arqueológicos e habitações de primitivos indígenas (UBIDIA, 2001, p.7).	33
Figura 20 -	Bambu sendo usado para "matar a sede do morto" (UBIDIA, 2001, p.12).	34
Figura 21 -	Bicicleta feita com bambu. Este material é utilizado para diferentes usos em várias partes do mundo. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)	35
Figura 22 -	Bambu utilizado como andaime na China. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)	35
Figura 23 -	(a) brotos de bambu enlatados, produto muito consumidos pelos orientais; (b) Cerveja feita de bambu. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)	36
Figura 24 -	Detalhe paisagístico feito de bambu nos jardins japoneses. (HIBI, 1989, p.53).	36
Figura 25 -	Ponte suspensa de bambu, projeto de Jorg Stamm (IL31 BAMBOO, 1992, p.64).	37
Figura 26 -	Piso laminado feito de bambu (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).	38
Figura 27 -	(a) e (b) O uso do bambu substituindo as armaduras de aço na produção do concreto. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).	38
Figura 28 -	Cestas feitas com bambus. O artesanato de bambu é bastante comum entre os indígenas brasileiros. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).	39
Figura 29 -	Fabricação de papéis feitos de bambu (ITAPAGÉ, em: www.itapage.com).	40
Figura 30 -	(a) Armazenamento correto das varas de bambu (IL31 BAMBOO, 1992, p.87); (b) Armazenamento incorreto das varas de bambu. (Fonte: Foto de Roberto Magno).	43
Figura 31 -	Tratamento natural pelo método de imersão. (Fonte: Foto de Ana Maria França, Goiânia-GO, 2002).	44
Figura 32 -	Cura pelo método de banho quente e frio. (IL31 BAMBOO, 1992, p. 76).	45
Figura 33 -	Método de tratamento por fumigação, desenvolvido por Antônio Giraldo, 1999, em Armênia, Quindío, Colômbia (VÉLEZ, 2000, p. 168).	46
Figura 34 -	Aplicação do método Boucherie em varas de bambu. (Fonte: Foto da autora. Costa Rica, 1998).	47
Figura 35 -	Tratamento das varas pelo método de imersão em produtos	48

químicos (IL31 BAMBOO, 1992, p.46).

Figura 36 -	Taj Mahal, Índia. As cúpulas do monumento hindu foram feitas de bambu (ENVO CARE, em: www.envocare.co.uk).	49
Figura 37 -	O uso do bambu na China em quiosques de estilo oriental (Fonte: CD-Rom de Roberto Magno).	49
Figura 38 -	Vista noturna da Catedral de Bambu, Nuestra Señora de la Pobreza. Projeto do Arq. Simón Vélez, Colômbia (Fonte: CD-Rom cedido por Luis Fernando Botero).	50
Figura 39 -	Ponte de bambu na Colômbia, projeto do Arq. Simón Vélez. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).	51
Figura 40 -	Empresa Guadua y Bambu Eje Cafeteiro, de beneficiamento de bambu guadua, em Pereira, Colômbia. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).	51
Figura 41 -	Edifício sede da CARDER, Corporación Autónoma de Risalda, com 6.524 m ² construídos de guadua. Obra do Arq. Simon Vélez. (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	52
Figura 42 -	Memorial do Índio, feito de bambu, Campo Grande - MS (CARDOSO JUNIOR, 2000, p. 79).	52
Figura 43 -	Casa de bambu e tijolo aparente: composição de materiais distintos (SOCIEDAD COLOMBIANA DEL BAMBU, 2001).	57
Figura 44 -	Pilares de bambu apoiados em bases de concreto (Fonte: Foto da autora, Costa Rica, 1998).	58
Figura 45 -	Pilares de bambu com base de concreto. Coreto Jayme Kerbel Golubov, Praça da Colina, área residencial do Campus UnB. (Fonte: Arquivo Cantoar-FAU/UnB, 2000).	59
Figura 46 -	Pilares de bambu. Centro de Desarrollo Artesanal de Risalda, Colômbia (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	59
Figura 47 -	Laje feita de bambu em edificação de dois pavimentos (Fonte: CR-Rom cedido por Roberto Magno)	60
Figura 48 -	(a) e (b) Treliça plana (viga), construída na Terra Indígena dos Krahô, TO (Fonte: Arquivo Cantoar - FAU/UnB).	60
Figura 49 -	Painéis de bambu para vedação vertical das habitações (Fonte: CD-Rom cedido por Luis Fernando Botero)	61
Figura 50 -	Estrutura de telhado, tendo o bambu como principal material de construção (VELEZ, 2000).	62
Figura 51 -	Estrutura de bambu criada pelo arquiteto Simon Vélez, na Colômbia (VÉLEZ, 2000, p.66).	62
Figura 52 -	Telha de bambu (VÉLEZ, 2000, p.136).	62

Figura 53 -	Escada de bambu construída de maneira não recomendada, permitindo o contato do bambu com o solo. (Fonte: IL31 BAMBOO, 1992, p.34).	63
Figura 54 -	Escada de bambu, projeto da Arq. Ana Maria França, feita sobre base de concreto, evitando o contato direto dos colmos com o solo. (Fonte: Foto de Ana Maria França, Goiânia, 1997).	63
Figura 55 -	Conexões das peças de bambu através do parafusamento (VELEZ, 2000).	64
Figura 56 -	Conexões das peças de bambu (VÉLEZ, 2000).	64
Figura 57 -	União de peças de bambu com peças do próprio bambu (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	65
Figura 58 -	Detalhe de amarração da conexão de bambu, com fibras naturais (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	65
Figura 59 -	Técnica construtiva de ligação do bambu com bases de concreto, através de peças metálicas (VÉLEZ, 2002).	66
Figura 60 -	Detalhe da ligação dos bambus (VÉLEZ, 2002).	66
Figura 61 -	Guarda corpo de bambu. (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	67
Figura 62 -	Fechamento feito com bambus, formando desenhos geométricos (Fonte: Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	67
Figura 63 -	Marquise de bambu suspensa, compondo fachadas. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)	67
Figura 64 -	Marquise de bambu, criada por Simon Vélez. Pouso do Frade Resort, Rio de Janeiro, Brasil (VÉLEZ, 2002).	68
Figura 65 -	Bambu utilizado como portão. (TIMSTREET, 2000).	68
Figura 66 -	Esquadria do tipo pivotante, feita de bambu (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).	68
Figura 67 -	Figura Z – Lavatório feito de bambu, apresentado na Mostra Casa Cor Goiás 97, projeto da Arq. ^a Ana Maria França (Fonte: Foto de Ana Maria França).	69
Figura 68 -	Vista das habitações em terreno íngreme no Projeto Malabar, Manizales, Colômbia (IL31 BAMBOO, 1992, p. 76).	70
Figura 69 -	Corte esquemático das residências de bambu (IL31 BAMBOO, 1992).	71
Figura 70 -	Paredes cobertas com esteiras de bambu antes do reboco (IL31 BAMBOO, 1992).	71
Figura 71 -	Plantio de mudas de bambu. San José, Costa Rica, 1998	72

(Fonte: Foto da Autora no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).

- Figura 72 - Casa de bambu do Programa Nacional de Bambu, Costa Rica, 1998 (Fonte: Foto da autora, Costa Rica, 1998). 73
- Figura 73 - (a) e (b) Escola Agro-ambiental Comunitária Catêxkwyj – Terra Indígena Krahô TO. (Fonte: Arquivo Cantoar – FAU/UnB). 73
- Figura 74 - Equipe do Projeto Taboca / CNPT/ IBAMA (Fonte: Arquivo Cantoar, FAU/UnB). 74
- Figura 75 - Casa popular de bambu desenvolvida pelo Projeto Inbambu, Maceió, Alagoas, Brasil (INSTITUTO DO BAMBU, em: www.institutodobambu.org.br). 75
- Figura 76 - Modelo de habitação popular feita de bambu. Maceió, Alagoas. Projeto Inbambu (INSTITUTO DO BAMBU, em: www.institutodobambu.org.br). 75
- Figura 77 - Painel com varas estacadas verticalmente (VÉLEZ, 2000, p. 90). 81
- Figura 78 - Painel feito de bambus estacados nos dois sentidos, uma das técnicas mais simples (VÉLEZ, 2000). 81
- Figura 79 - Casa feita de Bambu pelos antepassados na Costa do Equador (VÉLEZ, 2000, p.93). 82
- Figura 80 - Casa feita de Bambu com o uso das esteiras, tradição deixada pelos antepassados nas construções atuais (LÓPEZ, 2003, p.238). 82
- Figura 81 - Painéis de bambu feitos com esteiras, cujas tramas formam desenhos geométricos (LÓPEZ, 2003, p. 243). 83
- Figura 82 - Painéis de bambu formando detalhes vazados e variados (LÓPEZ, 2003, p. 243). 83
- Figura 83 - (a) Pavilhão do Menino Pescador, Centro Cultural O Menino e o Mar, Ubatuba – SP, Arqº Ruy Otake ; (b) Detalhe do painel de bambu trançado, utilizado como vedação. (Fonte: ARCOWEB, em: www.arcoweb.com.br). 84
- Figura 84 - Detalhes construtivos dos painéis preenchidos com barro (LÓPEZ, 2003, p. 239). 84
- Figura 85 - A estrutura feita de bambu toma forma de parede, sendo posteriormente preenchida com uma mistura de barro e palha (LÓPEZ, 200, p. 239). 85
- Figura 86 - Detalhes construtivos dos painéis do tipo bahareque (LÓPEZ, 2003, p.240). 85
- Figura 87 - Esta edificação de quatro pavimentos foi construída por volta de 1930, na Colômbia, e somente nos anos setenta as esteiras de bambu foram substituídas e rebocadas (LÓPEZ, 2003, p.240). 86

Figura 88 -	Escola no município de Barcelona, Quindío - Colombia. Uso de bahareque argamassado como solução econômica. Arq. Simón Vélez (VÉLEZ, 2002).	86
Figura 89 -	Telas de tecido grosso são aplicados nas estruturas de bambu, facilitando. A aplicação da argamassa de revestimento dos painéis (LÓPEZ, 2003, p.242).	87
Figura 90 -	Logomarca da fundação FUNBAMBU. Fonte: Foto da autora. Sede da Funbambu, San José, Costa Rica, 1998.	88
Figura 91 -	Fábrica de painéis de bambu pré-fabricados na Costa Rica (Fonte: Foto da Autora no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).	89
Figura 92 -	(a) Projeto arquitetônico dos Painéis; (b) Estrutura de painéis de bambu retangular e trapezoidal. (Fonte: Foto e desenho da Arq. Ana Maria França, 1998).	90
Figura 93 -	(a) Gabarito para a produção do painel; (b) Montagem do painel. (Fonte: Foto da autora, San José, Costa Rica, 1998).	91
Figura 94 -	O uso de grampeador para a fixação das varas de bambu. (Fonte: Foto da autora, San José, Costa Rica, 1998).	91
Figura 95 -	Transporte dos painéis pré-fabricados. (Fonte: Foto da autora, no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).	92
Figura 96 -	(a) Abertura do bambu; (b) Remoção dos nós internos do bambu, sentido longitudinal. (LÓPEZ, 2003, p. 157).	95
Figura 97 -	Esteiras de bambu como painéis de vedação (Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1987).	95
Figura 98 -	Esteiras de bambu empilhadas, prontas para a fabricação de painéis. (Fonte: Foto de Ana Maria França. <i>Hogar de Cristo</i> , Equador, 2001).	97
Figura 99 -	Produção dos quadros de madeira, a estrutura do painel. (Fonte: Foto de Ana Maria França. <i>Hogar de Cristo</i> , Equador, 2001).	97
Figura 100 -	Aparam-se as arestas das esteiras. (Fonte: Foto de Ana Maria França. <i>Hogar de Cristo</i> , Equador, 2001).	98
Figura 101 -	Painel finalizado, feito com esteiras de bambu. (Fonte: Foto de Ana Maria França. <i>Hogar de Cristo</i> , Equador, 2001).	98
Figura 102 -	Kit casa pronta sendo armazenado no interior da fábrica. (Fonte: Foto de Ana Maria França. <i>Hogar de Cristo</i> , Equador, 2001).	99

Figura 103 -	Casa de bambu do programa Viviendas Hogar de Cristo, Equador. (INBAR, 2001).	99
Figura 104 -	(a) Preparação da fundação com previsão dos pontos hidráulicos; (b) Fixação dos painéis na fundação. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, Equador, 2005).	100
Figura 105 -	(a) A casa sendo vedada pelos painéis. (b) Painéis sendo rebocados. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).	100
Figura 106 -	(a) Casa totalmente rebocado; (b) Casa finalizada, com pintura e acabamentos. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).	100
Figura 107 -	Planta da casa do caseiro da Embambu. Área da casa = 55,60 m ² ; Área da varanda = 59,65 m ² . (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)	103
Figura 108 -	Sistema Construtivo. 1º passo, Fundação, a base da construção (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	104
Figura 109 -	Sistema Construtivo. 2º passo: Colocação dos pilares e previsão das instalações (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	104
Figura 110 -	Sistema Construtivo. 3º passo : Instalação dos paineis de bambu (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	104
Figura 111 -	Sistema Construtivo. 4º passo : Preenchimento dos paineis com argamassa (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	105
Figura 112 -	Sistema Construtivo. 5º passo : Instalação das esquadrias e preparação da estrutura de telhado (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	105
Figura 113 -	Sistema Construtivo. 6º passo : Cobertura e acabamentos finais (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)	105
Figura 114 -	Detalhe da fundação e fixação do pilar de bambu (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	106
Figura 115 -	Detalhe da fixação do painel com a viga baldrame (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	109
Figura 116 -	Detalhe do parafusamento do painel, depois de introduzido no chumbador (Fonte: Foto da autora. V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998).	110
Figura 117 -	(a) Tarugo de madeira inserido interior do painel de bambu; (b) Detalhe do encaixe no painel – pilar - painel com o uso do tarugo de madeira. (Fonte: Foto da autora. V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998).	110
Figura 118 -	Detalhe da união do painel ao pilar de bambu, através dos tarugos, vistos em dois sentidos. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)	111

Figura 119 -	Detalhe do painel de bambu revestido com argamassa de reboco. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)	112
Figura 120 -	Vista 1, mostra os Painéis Externos 1, 2, e 3 (ver planta baixa), que possuem aberturas. Entre cada painel existe um pilar de bambu para fixação dos painéis. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	114
Figura 121 -	Vista 2, mostra os Painéis Externos 4, 5, 6 e 7 (ver planta baixa), modulados, com aberturas. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)	114
Figura 122 -	Vista 3, mostra os Painéis Externos 8 e 9 (ver planta baixa), que possuem maiores dimensões, aberturas de porta e janelas. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	115
Figura 123 -	Painel interno 18, o de menor tamanho, situado na entrada dos quartos. E Painel interno 19, que faz a divisão dos quartos. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	115
Figura 124 -	Estrutura de bambu do corpo-de-prova, apresentado da seguinte forma: (a) Vista Frontal; (b) Vista lateral; (c) Vista superior; (d) Detalhe do encontro dos painéis com o pilar de bambu. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	116
Figura 125 -	Vista Frontal do Painel interno 18, o de menor tamanho, situado na entrada dos quartos, e do Painel Interno 19, que faz a divisão dos quartos. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	116
Figura 126 -	Vista Frontal dos Painéis Internos 16 e 17, que separam o banheiro dos quartos, e Painel Interno 20, que faz a divisão da sala com os quartos. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	116
Figura 127 -	Estrutura de bambu do corpo-de-prova, apresentado da seguinte forma: (a) Vista frontal; (b) Corte longitudinal; (c) Corte transversal; (d) Detalhe do encontro dos painéis com o pilar de bambu, em corte. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)	118
Figura 128 -	Espécie <i>Bambusa tuldoides</i> . (Fonte: Foto da autora, 2005).	120
Figura 129 -	Touceira de bambu da espécie <i>Phyllostachys bambusoides</i> . (Fonte: Foto da autora, 2005).	121
Figura 130 -	Espécie de bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i> . (Fonte: Foto da autora, 2005).	122
Figura 131 -	Bambu maduro na touceira (Fonte: Foto da autora, 2005).	123
Figura 132 -	Bambus sendo colhidos e manejados (Fonte: Foto da autora, 2005).	124
Figura 133 -	Abre-se manualmente o bambu para a produção das molduras (Fonte: Foto da autora, 2005).	127
Figura 134 -	Bambu para moldura cortado em meia-cana (Fonte: Foto da	127

	autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	
Figura 135 -	Utiliza-se uma retífica elétrica para aplainar as paredes internas do bambu (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	128
Figura 136 -	Processo de “pinagem” para a união das molduras (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	128
Figura 137 -	O uso de arame galvanizado auxilia na união das molduras (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	129
Figura 138 -	Moldura aplicada no corpo-de-prova (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	129
Figura 139 -	Varas de bambu para preenchimento do painel (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	130
Figura 140 -	(a) O colmo do bambu é aberto manualmente (b) e se tornam tiras, utilizadas nos painéis como travessas de fixação (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	130
Figura 141 -	(a) Fura-se a travessa e o primeiro bambu de preenchimento; (b) faz-se a união com o uso de parafuso e porca (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	131
Figura 142 -	Travessas de bambu de estabilização da estrutura do corpo-de-prova (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	131
Figura 143 -	(a) Ferramentas simples utilizadas na execução dos painéis; (b) Serra circular, equipamento apropriado para o corte dos bambus (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	132
Figura 144 -	Primeira estrutura de bambu desenvolvida, em caráter experimental (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	134
Figura 145 -	Organização das varas de preenchimento no solo (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	135
Figura 146 -	(a) As travessas de bambu são colocadas por cima e por baixo das varas de preenchimento; (b) Posteriormente, são parafusadas nas varas (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	135
Figura 147 -	Fixação das varas de preenchimento com o auxílio das travessas de bambu (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	136
Figura 148 -	Esquema de montagem das molduras na estrutura de bambu (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	137
Figura 149 -	Esquema de montagem das molduras na estrutura de bambu. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).	137

Figura 150 -	Estrutura do corpo-de-prova finalizada (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	138
Figura 151 -	Calda de cimento sendo preparada no tanque (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	139
Figura 152 -	Lixamento da superfície da estrutura de bambu (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	139
Figura 153 -	Estruturas de bambu imersas na calda de cimento (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).	139
Figura 154 -	(a) <i>Dinoderus minutus</i> , caruncho do bambu; (b) Corte transversal das células dos parênquimas dos colmos, com grãos de amido (LIESE, 1998, p.25).	141
Figura 155 -	(a) Pasta de cimento aderida ao bambu, após a mineralização; (b) As cascas despregam-se facilmente e caem ao chão (Fonte: Foto da autora, 2005).	143
Figura 156 -	Estrutura de bambu sendo pesada antes da aplicação de chapisco e argamassa, registrando o peso de 12,78 kg (Fonte: Foto da autora, 2005).	143
Figura 157 -	Galão de adesivo de base acrílica, utilizado na preparação da argamassa de chapisco; (b) Produto sendo misturado na água (Fonte: Foto da autora, 2005).	144
Figura 158 -	Preparação da argamassa de chapisco, com o auxílio de betoneira (Fonte: Foto da autora, 2005).	144
Figura 159 -	(a) Estrutura de bambu após a aplicação da argamassa de chapisco; (b) Detalhe da argamassa de reboco aderida aos bambus (Fonte: Foto da autora, 2005).	145
Figura 160 -	(a) Preparação da argamassa de revestimento na betoneira; (b) Argamassa pronta para ser projetada às estruturas de bambu (Fonte: Foto da autora, 2005).	145
Figura 161 -	(a) Argamassa sendo aplicada nas estruturas de bambu; (b) Apenas a moldura de bambu deve ficar aparente (Fonte: Foto da autora, 2005).	146
Figura 162 -	(a) Estruturas de bambu recobertas pela argamassa de revestimento; (b) Argamassa de revestimento aplainada com régua de madeira (Fonte: Foto da autora, 2005).	146
Figura 163 -	(a) Corpo-de-prova finalizado, após a secagem da argamassa de revestimento; (b) Detalhe do corpo-de-prova após a secagem da argamassa (Fonte: Foto da autora, 2005).	147
Figura 164 -	Aspecto geral do painel revestido com argamassa (Fonte: Foto da autora, 2005).	149
Figura 165 -	Detalhe do encontro da argamassa de revestimento com a	149

moldura de bambu (Fonte: Foto da autora, 2005).

Figura 166 -	Remoção de resíduos dos parafusos e nós (Fonte: Foto da autora, 2005).	150
Figura 167 -	(a) Parafuso aparente na superfície revestida com argamassa; (b) travessa aparente na superfície revestida com argamassa. (Fonte: Foto da autora, 2005)	151
Figura 168 -	Uso do fissurômetro para medir a abertura superficial das fissuras. (Fonte: Foto da autora, 2005)	152
Figura 169 -	Pesagem de um painel. (Fonte: Foto da autora, 2005)	152
Figura 170 -	(a) Pedra abrasiva de “carburundum”; (b) Movimentos circulares feitos sobre a superfície dos painéis argamassados. (Fonte: Foto da autora, 2005)	154
Figura 171 -	Avaliação da dureza superficial do painel. (Fonte: Foto da autora, 2005)	155
Figura 172 -	Avaliação da resistência ao risco. (Fonte: Foto da autora, 2005)	156
Figura 173 -	Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração. (ABNT/NBR 13528, 1995).	157
Figura 174 -	Formas de ruptura no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de acordo com a ABNT/NBR 13528, 1995. (ABNT/NBR 13528, 1995).	158
Figura 175 -	Equipamento empregado para aplicar a tensão de tração. (Fonte: Foto da autora, 2005)	159
Figura 176 -	Furadeira com a broca serra -copo. (Fonte: Foto da autora, 2005)	159
Figura 177 -	(a) Pastilhas metálicas aderidas ao corpo-de-prova para realização do ensaio de aderência; (b) detalhe da pastilha metálica. (Fonte: Foto da autora, 2005)	160
Figura 178 -	(a) e (b) Realização do ensaio de tração da aderência, com uso de equipamento apropriado. (Fonte: Foto da autora, 2005)	160
Figura 179 -	(a) e (b) Arrancamento da pastilha metálica utilizada no ensaio. Verifica-se no ensaio de número 9 que o arrancamento atingiu o substrato, e que no ensaio de número 10 , a aderência foi rompida na argamassa. (Fonte: Foto da autora, 2005)	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dimensões e massa de colmos de diversas espécies. (Fonte: SALGADO <i>et al</i> , 1994).	29
Tabela 2 -	Distribuição das espécies de bambus nos principais biomas brasileiros. (Fonte: FILGUEIRAS ;GONÇALVES. 2004).	32
Tabela 3 -	Relação entre a energia de produção por unidade de tensão. (Fonte: GHAVAMI, 1992, p. 24)	56
Tabela 4 -	Relação entre a resistência à tração e o peso específico. (Fonte: GHAVAMI, 1992, p. 24)	56
Tabela 5 -	Análise da espécie <i>Bambusa tuldoides</i> . (Fonte: ALVES <i>et al</i> , 2004)	120
Tabela 6 -	Avaliação da presença de fissuras nos painéis.	151
Tabela 7 -	Comparação do peso médio do painel de bambu com Painel e Alvenarias.	153
Tabela 8 -	Peso e densidade finais dos painéis avaliados.	154
Tabela 9 -	Resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração.	161

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGECOM	Agência de Comunicação da UFSC
ASTM	American Society for Testing and Materials
BAMBUSETUM	National Mission on Bamboo Application
BS 6100	British Standards – Glossary of Building Terms
BSHF	Building and Social Housing Foundation
CANTOAR	Canteiro, Oficina de Arquitetura e Fibras Naturais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO ₂	Dióxido de carbono
CP II-F	Cimento Portland Composto com Filler
EEC	Escola de Engenharia Civil - UFG
EMBAMBU	Empresa de Artefatos de Bambu
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FUNBAMBU	Fundação Nacional do Bambu – Costa Rica
ICT	Instituto de Crédito Territorial - Colômbia
INBAMBU	Instituto do Bambu
INBAR	International Network of Bambu e Rattan
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO 9000	International Organization for Standardization – Gestão de Qualidade
LMC	Laboratório de Materiais de Construção
MEC	Ministério da Educação e Saúde
MPa	Mega Pascal
MSc	Master of Science (Mestre em Ciência)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Normas Brasileiras
NMBA	National Mission on Bamboo Application
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o homem tem tomado consciência dos efeitos maléficos que seu modo de vida pode causar ao meio ambiente e à biodiversidade do planeta. São inúmeros os impactos ambientais negativos causados à natureza em todo o planeta e estes são evidenciados através do aumento da temperatura, do degelo das calotas polares, da poluição dos meios aquáticos e atmosféricos, da degradação dos solos, da diminuição das áreas florestais, da exploração de espécies animais e vegetais, da extinção de espécies e da redução das reservas de águas potáveis no planeta. Essa realidade se deve, principalmente, ao nosso modo de vida, o qual se baseia na capitalização infundável de bens, que, por sua vez, dependem na sua maioria dos recursos naturais de fauna e flora, gerando a degradação ambiental.

Segundo Strong (1992), a jornada ambiental no mundo teve seu início em junho de 1972, durante a primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, que aconteceu na Ópera de Estocolmo, na Suécia, reunindo delegados de 113 países e várias organizações mundiais. Era a primeira vez que o tema meio ambiente fora discutido e levado a sério, em tão alto nível de discussão. A partir de então, diversas reuniões e conferências foram realizadas em todo o mundo acerca do problema ambiental, somando-se a elas problemas sociais como a fome e a miséria.

Nos dias atuais, observa-se uma notável busca pelo uso de materiais e tecnologias que não agridam o meio ambiente. Nota-se grande interesse pela utilização de tecnologias e recursos alternativos com este propósito, onde novos materiais tem sido amplamente divulgados. Busca-se, assim, uma nova postura diante da problemática ambiental inserida no ambiente urbano e construído, levando em consideração a tecnologia e a qualidade das produções arquitetônicas voltadas para o habitar, bem como diante da sustentabilidade dessas produções e suas ligações com o tempo-espaço social, cultural e político.

Em nosso país, tornou-se crítica nas últimas décadas a questão das necessidades habitacionais. De acordo com a Fundação João Pinheiro (Centro de Estatísticas e Informações, 2001), o termo déficit habitacional está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias, seja em função da necessidade de construção de novas moradias ou em função da reposição de domicílios sem condições de habitabilidade. Em trabalho encomendado pelo Governo Federal à Fundação João Pinheiro, chegou-se a conclusão de que o déficit habitacional estimado de novas residências, em meados da década passada, era de cinco milhões e meio, sendo necessária a intervenção pública em outras esferas do habitat, especialmente em relação ao saneamento, urbanização e legalização de favelas e bairros populares. Atualmente, de acordo com a Agecom - Agência de Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina (2006), o déficit habitacional brasileiro está estimado em mais de 12 milhões de moradias, o que comprova que o problema persiste e se agrava com o passar dos anos.

Isto se dá, principalmente, porque grande parte da população brasileira é constituída por famílias que ganham menos de dois salários mínimos, caracterizando um contexto de grandes desigualdades sociais e de precariedades.

O tema escolhido para esta Dissertação parte da necessidade de se inserir, na indústria da construção civil, o emprego de materiais alternativos, sustentáveis e de baixo custo para a produção de casas econômicas, que possam substituir ou complementar os materiais ou sistemas construtivos tradicionais, sem comprometer a durabilidade, o conforto e a qualidade das construções, principalmente das habitações econômicas.

Observa-se que as tecnologias nacionais empregadas nos últimos anos em Programas de Habitações Econômicas, normalmente estão baseadas em sistemas e materiais convencionais. Alguns experimentos e protótipos com materiais alternativos surgem, esporadicamente, de maneira dispersa, sem estarem inseridos em uma política tecnológica e industrial.

Com base nos trabalhos desenvolvidos por Lopez (2003); Ghavami (1992); Ghavami e Barbosa (2005), dentre outros, sobre sistemas e materiais

alternativos empregados na construção civil em países em desenvolvimento, aponta-se o bambu como uma matéria-prima de grande potencial construtivo, dadas as suas características físicas, mecânicas e construtivas.

De acordo com Salgado et al. (1994), o bambu é uma espécie vegetal pertencente à família das *Gramineae*, com aproximadamente 45 gêneros e mais de mil espécies catalogadas e espalhadas pelo mundo. Matéria - prima de baixo custo e de fácil apropriação, o bambu pode ser encontrado com facilidade em todo o território brasileiro. Dentre os vários países latino-americanos onde o bambu se desenvolve, o Brasil reúne o maior número de espécies desta planta, algumas nativas e outras exóticas (GRACA, 1988).

De acordo com Ghavami (1992), pesquisas científicas visando a aplicação do bambu na engenharia civil datam desde 1914 na China e Estados Unidos, e posteriormente na Alemanha, Japão, Índia, Filipinas e em outros países. No Brasil, Ghavami (1992) comenta que, desde 1979, no Departamento Civil da PUC-Rio, sob a orientação do mesmo, vários programas de investigação sobre o uso do Bambu e outros materiais de baixo custo empregados na construção civil, vem sendo desenvolvidos.

Entretanto, tira-se pouco proveito do bambu em nosso país, onde seu uso restringe-se praticamente a confecção de peças artesanais e detalhes paisagísticos, ao contrário de alguns países da Ásia, como a China e a Índia, e países da América Latina, como o Equador e a Colômbia, onde a cultura do bambu na construção civil é largamente difundida.

É comprovada cientificamente a eficácia do bambu, porém faz-se necessário que as espécies sejam plantadas em abundância, que sejam feitos tratamentos adequados para prolongar a vida útil da planta, que se forme mão-de-obra especializada e, principalmente, que sejam implantadas políticas públicas e industriais de incentivo ao uso do bambu na construção civil, para que ele possa ser utilizado em grande escala e por qualquer segmento da população.

O primeiro passo para o êxito do uso do bambu em nosso país é incentivar, por meio de políticas públicas, representantes municipais e estaduais, fazendeiros e proprietários de terra a plantar o bambu, constituindo-se assim a matéria prima para o desenvolvimento de projetos de qualquer natureza com o uso desta planta. Outras ações como o desenvolvimento de pesquisas sobre o bambu, o incremento da tecnologia utilizada e a formação de profissionais qualificados, são importantes para aumentar o emprego do bambu na construção civil.

O processo de industrialização utilizado na produção de materiais de construção como o cimento e o aço, por exemplo, afeta o meio ambiente e a vida das pessoas, tanto na zona rural como nos grandes centros urbanos. Como consequência desse processo, houve o esquecimento de técnicas e materiais antes utilizados nas construções, como o uso da terra crua, do bambu e das fibras naturais, materiais encontrados em abundância no Brasil. Torna-se fundamental e oportuno o estudo de técnicas construtivas que visam a sustentabilidade ambiental para a formação profissional do arquiteto.

É válido ressaltar que, ao contrário do que se imagina, o emprego dos materiais alternativos no ambiente construído e na realidade brasileira das habitações econômicas não é tão fácil como parece. Muitos são os entraves e empecilhos que dificultam a utilização e aceitação destes materiais nessas construções.

Quanto à problemática do tema e seu contexto, observa-se que o bambu, apesar de apresentar ótimas vantagens construtivas, não possui mercado garantido e tão pouca comercialização considerável no Brasil, principalmente pelo desconhecimento de suas aplicações, dificultando assim a assimilação e aceitação da planta como material de construção.

Contudo, não se tem mercado promissor no Brasil, por não se investir em tecnologia apropriada ao aproveitamento do bambu. Para a comercialização da planta, por exemplo, é necessária boa localização da plantação, eliminando custo com transporte para não haver encarecimento com o custo do produto no local do seu processamento.

Com base no exposto, pode-se enumerar uma série de fatores como justificativa da importância desta pesquisa, como contribuição bibliográfica e científica, no que diz respeito ao uso do bambu como material de construção alternativo, os quais são:

A. Preocupação com a questão do déficit habitacional no Brasil

Diante da grave situação vivida pela população brasileira, em relação ao problema da falta de moradias, observa-se o aumento considerável de profissionais do segmento da construção civil, preocupados em desenvolver e implementar projetos que promovam a melhoria das habitações econômicas. Com o emprego de materiais de baixo custo e baixo consumo de energia para sua fabricação, pode-se buscar soluções alternativas, capazes de minimizar o problema habitacional do país, buscando ao mesmo tempo, atender às exigências das construções sustentáveis.

B. Promover o desenvolvimento sustentável

Pensando na construção de milhares de novas habitações que se fazem necessárias em nosso país, deve-se promover a construção sustentável. Os materiais industrializados, comumente denominados de convencionais, mobilizam vultosos recursos financeiros, consomem muita energia e requerem processos centralizados. Com o uso de matérias-primas facilmente renováveis pela natureza, como o bambu, obtêm-se material de baixo custo e com consumo mínimo de energia gasto na sua produção. É sabido que, para a fabricação de materiais como o cimento, a cal e outros, degradam-se os solos, poluem-se os rios e lançam-se grande quantidade de gás carbônico na atmosfera. Durante a extração da sua matéria-prima ou no processo de fabricação destes materiais, aumenta-se consideravelmente o impacto negativo causado ao meio ambiente.

C. Materiais alternativos pouco empregados

Inúmeras pesquisas e experimentos são desenvolvidos nos grandes centros de pesquisa do país sobre os materiais alternativos, como os projetos de habitações econômicas desenvolvidos pelo Instituto do Bambu (PB - Brasil), que podem ser empregados na construção civil, a fim de comprovar cientificamente a eficácia e segurança destes materiais. Porém, dificilmente são inseridos em uma política tecnológica, cultural e industrial, ficando relegados a uma produção em pequena escala e com pouca ou quase nenhuma divulgação.

De acordo com Barbosa (2005), todos os cursos de arquitetura e engenharia têm em sua grade curricular as disciplinas de Materiais de Construção, nas quais, quase que unicamente, são apresentados os produtos industrializados como o concreto, o aço, o alumínio e as cerâmicas, isto desde o século dezenove. Pouquíssimas fazem referências ao bambu, por exemplo, ou mesmo à terra crua como material construtivo.

Torna-se cada vez mais necessário e urgente a experimentação e proposição de soluções arquitetônicas e tecnológicas com o uso do bambu, por exemplo, na tentativa de minimizar o problema habitacional de nosso país, haja vista a comprovação científica e prática da sua viabilidade construtiva e econômica.

D. Promover o conhecimento de novas opções tecnológicas

Segundo BARBOSA (2005), as tecnologias apropriadas são aquelas que fazem uso de ferramentas e equipamentos simples e podem ser transferidas mesmo para as populações de pouca ou nula instrução. Observa-se que grande parte dos materiais não convencionais é adequada para esses tipos de atividades.

O conhecimento de novas opções tecnológicas, como a tecnologia apropriada, estimula a investigação, a experimentação, a criação de equipes de estudos e o desenvolvimento de projetos de arquitetura, entretanto, antes de se eleger a tecnologia adotada, devem ser considerados os fatores condicionantes de cada país ou região, tais como o clima, condições

geográficas, fenômenos físicos, materiais disponíveis, fatores culturais entre outros.

A partir de experiências bem sucedidas em países como a Costa Rica, onde 75% das habitações econômicas são construídas com o emprego do bambu (FUNBAMBU, 1998), entende-se que há grande possibilidade de aproveitamento do bambu como alternativa tecnológica na construção de habitações econômicas em nosso país.

Quanto aos objetivos da presente dissertação, pode-se descrever os seguintes:

Objetivos Gerais

a) Contribuir, por meio de pesquisa, com o desenvolvimento tecnológico de componente construtivo e de habitação econômica, empregando na sua confecção o bambu, objetivando a construção de moradias econômicas, e com isto, minimizar, ainda que parcialmente, o problema habitacional existente no Brasil;

b) Considerar o impacto negativo que o uso de materiais convencionais causam ao meio ambiente e propor a utilização de materiais facilmente renováveis pela natureza;

c) Considerar painéis de bambu mais utilizados na construção civil, abordando aspectos arquitetônicos, técnicos e construtivos;

Objetivos Específicos

a) Propor, desenvolver e avaliar um modelo de painel de bambu para habitações econômicas;

b) Verificar as facilidades e dificuldades construtivas da produção do painel de bambu proposto, através do exercício prático da execução de protótipos;

c) Avaliar o desempenho do painel de bambu revestido com argamassa;

Para atingir aos objetivos propostos na presente dissertação, adotou-se a seguinte metodologia:

a) Revisão da bibliografia sobre o tema dos painéis de vedação vertical, dos bambus e estado da arte dos painéis de bambu;

b) Desenvolvimento de projeto arquitetônico de habitação econômica, bem como dos painéis de bambu utilizados na referida habitação;

c) Exercício da experimentação, por meio da construção de um protótipo de painel de bambu, o qual serviu de base para o desenvolvimento dos corpos-de-prova utilizados nas avaliações de desempenho;

d) Construção dos corpos-de-prova empregados na avaliação experimental;

e) Realização de ensaios de avaliação de desempenho dos painéis de bambu argamassados, bem como análise dos resultados obtidos. Para tanto, adotou-se como parâmetros de análise o desempenho, normalizados ou não, de painéis tradicionais de alvenaria e de gesso acartonado.

Quanto à estrutura da Dissertação, para melhor entendimento do tema, esta foi dividida em três capítulos distintos, organizados da forma descrita a seguir.

No Capítulo 1 apresenta-se uma revisão da literatura que abrange considerações sobre a pré-fabricação e o componente construtivo denominado painel, sobre o bambu como material de construção e suas principais características, sobre os principais tipos de painéis de bambu produzidos no mundo, bem como as implicações tecnológicas da produção dos painéis de bambu. Trata-se de uma revisão bibliográfica abrangente que visa elucidar diversos aspectos inerentes ao tema específico.

No Capítulo 2 apresenta-se a parte experimental da pesquisa, descrevendo-se os procedimentos experimentais, ou seja, a metodologia adotada e as etapas executivas das atividades desenvolvidas. Os procedimentos experimentais da dissertação foram divididos em quatro etapas, as quais são: Projeto arquitetônico dos painéis inseridos em um modelo de habitação econômica feita de bambu, desenvolvida para este trabalho; Descrição e preparação dos bambus utilizados; Execução dos corpos-de-prova e a descrição das avaliações e ensaios realizados nos corpos-de-prova.

O Capítulo 3 apresenta as análises e os resultados obtidos nos ensaios de caracterização da argamassa de revestimento e de aderência do revestimento, feitos nos corpos-de-prova, por meio das seguintes avaliações: Avaliação quanto a cor do painel e textura do revestimento; Quanto a presença de defeitos superficiais e fissuras; Quanto ao peso dos painéis; Quanto a pulverulência; Quanto a dureza superficial; Quanto a resistência ao risco; Quanto a resistência de aderência a tração.

Finalmente, no item Considerações Finais, são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros, visando a melhoria do sistema construtivo dos painéis de bambu.

1 - REVISÃO DA LITERATURA

Com base nas pesquisas desenvolvidas foi possível rever e atualizar conceitos sobre “Painéis de Bambu para Habitações Econômicas”. É importante compreender os caminhos da industrialização e da pré-fabricação no Brasil, as inúmeras possibilidades que o bambu pode oferecer na construção civil, estudar os diversos tipos de painéis de bambu produzidos artesanal e industrialmente para, a partir do conhecimento, seguir para a proposição arquitetônica, para a experimentação construtiva e realização de ensaios, que correspondem à parte prática da Dissertação. Portanto, o presente capítulo deve ser considerado como a base desta pesquisa, pois sem ela, seria difícil compreender o que se propõe, o que se pretende fazer.

1.1 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS PARA VEDAÇÃO

1.1.1 - O processo de industrialização e surgimento dos painéis pré-fabricados

Segundo Bruna (1976, p.19), o processo de industrialização na arquitetura teve início com a necessidade de se resolver problemas técnicos e sociais, relacionados com a construção. A partir de vários estudos e experiências envolvendo problemas estruturais e metodológicos da construção, cada país desenvolveu técnicas construtivas de acordo com suas características. Entretanto, a constante busca por soluções para os problemas da construção fez com que as pesquisas e discussões voltadas para essa questão, se limitassem em discutir principalmente problemas técnicos, de detalhes construtivos e propostas envolvendo a industrialização da construção.

A partir destas discussões, Bruna (1976, p. 30) afirma ser preciso definir melhor os conceitos e as diferenças entre a pré-fabricação e a industrialização da construção. Segundo o autor, os pré - fabricados constituem uma das fases da industrialização da arquitetura. “Os pré-fabricados são elementos destinados a solucionar os problemas relacionados a uma determinada obra, enquanto que a industrialização da arquitetura é um conjunto de soluções e propostas para solucionar problemas que abrangem

toda a construção civil, seguindo as características de um sistema industrial, como a forma de organização e a produção em série” (BRUNA,1976, p. 31).

Bruna (1976, p.35) sugere ainda que a história da industrialização se identifica com a história da mecanização, do surgimento de máquinas e equipamentos criados para a produção de bens.

De acordo com Von Kruguer (2000), pode-se dizer que o surgimento dos elementos pré-fabricados teve sua origem na Europa, onde as pesquisas e as experiências com novas técnicas construtivas eram bastante favoráveis. Porém, não só a Europa, mas também os Estados Unidos, através da infraestrutura que possuíam, contribuíram para o desenvolvimento da construção civil industrializada, para o crescimento do uso de painéis pré-fabricados e para a criação destes painéis com outros tipos de materiais.

Von Kruguer (2000) ressalta que, apesar da Europa ter sido o berço desta nova técnica construtiva (painéis pré-fabricados), somente a partir do término da 2ª Guerra Mundial é que este continente, com uma grande deficiência habitacional e a necessidade de construções mais rápidas, possibilitou o desenvolvimento de técnicas de painéis com mais veemência, surgindo vedações em gesso acartonado, concreto celular e poliestireno expandido, entre outros.

Segundo Von Kruguer (2000), os Estados Unidos e Europa utilizam essas técnicas pré-fabricadas desde o fim do século XIX e início do século XX. Neste mesmo período, o Brasil servia como mercado consumidor de produtos europeus e as características construtivas remontavam do período da corrida do ouro brasileiro, ocorrido no século XVII, onde as técnicas construtivas existentes na época eram desenvolvidas para durar vários anos, visto que o país servia como entreposto para envio de ouro para Portugal. Essa visão de que a construção deveria ser perene, feita de alvenaria e cantaria, sem padronização ou construção industrializada, ganhou mais força com a descoberta do concreto e com a sua vasta utilização pela construção civil brasileira e pelos arquitetos modernistas.

No início do século xx pôde - se verificar algumas cidades brasileiras que utilizaram painéis de ferro, mas estas edificações estão restritas a locais como Belém, Manaus e Fortaleza (Figura 1), em períodos onde se desenvolveu um determinado tipo de economia momentânea como, por exemplo, o ciclo da borracha, que favoreceu a compra de vários produtos importados da Europa e também de novas tecnologias e técnicas construtivas. De acordo com Von Kruguer (2000), após a saída da Corte Portuguesa, o gosto estético no Brasil foi substituído pelo neoclassicismo europeu, fazendo com que as famílias mais abastadas e as administrações públicas passassem a importar os materiais e técnicas construtivas vigentes na Europa naquele período.



Figura 1 - Fachada em ferro fundido do Teatro José de Alencar, em Fortaleza, Ceará (VON KRUGER, 2000, p.46).

A falta de domínio da tecnologia da pré-fabricação aliada a alguns fatores culturais, serviram como obstáculos para o desenvolvimento e uma maior utilização de painéis pré-fabricados, já que era necessário para a sua utilização um treinamento de mão-de-obra, compatibilizar os diversos projetos

existentes em uma construção e um planejamento bem feito de todas as etapas do processo construtivo da edificação, para que esta não sofresse nenhuma alteração durante o andamento da obra.

O interesse por outras alternativas de vedação mostrou-se pequeno até o grande impulso decorrente da introdução de procedimentos para a certificação de qualidade de valor indiscutível. Com a série de normas ISO 9000 (International for Standardization), a busca pela redução de perdas e do ciclo de construção reacenderam o interesse pela racionalização de todos os subsistemas da edificação .

No Brasil, o Arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), há mais de três décadas estuda e desenvolve sistemas construtivos industrializados, mantendo uma linha de pesquisa, de desenvolvimento de projeto e aplicação de métodos experimentais, que valoriza o potencial da pré-fabricação como meio privilegiado para viabilizar a modernização e combater o enorme déficit de equipamentos e construções no território nacional.

O Arquiteto Lelé, em entrevista dada a Revista Projeto Design (2003), comenta que, na busca por novas soluções construtivas de custo viável e mais leves para o transporte, acabou desenvolvendo projetos com o uso de estruturas de aço combinadas a fechamentos de argamassa armada. Suas experiências com argamassa armada evoluíram ao longo dos anos, e sua principal meta é tirar proveito da tecnologia para amparar as necessidades da população e adequá-la à realidade brasileira. Segundo Lelé, “num país que tem a demanda que temos, não é possível prosseguir desconsiderando a industrialização da construção, a multiplicação, a racionalização e a economia que isto proporciona” (REVISTA PROJETO DESIGN, 2003, p.24).

1.1.2 - A Vedação Vertical

Segundo Patton (1978), os edifícios elevados são compostos dos elementos estruturais e de vedação. A parte estrutural consta basicamente de colunas, vigas de eixo, vigamentos secundários e lajes. A estrutura de pilares e o vigamento têm a função de suportar as cargas provenientes do peso da

construção e cargas acidentais. Já os elementos de vedação, sem função estrutural, são paredes externas e divisórias internas.

A vedação vertical externa tem a função de separar o ambiente externo do interno e de conferir boa aparência à edificação.

O tradicional levantamento da alvenaria tem sido a única forma de racionalização das vedações utilizada de modo fundamentado no Brasil, de acordo com Sabbatini (1998). Contudo, construções que primam pela rapidez e diminuição de desperdícios precisam investir na racionalização da produção das vedações verticais.

Neste sentido, o subsistema vedação vertical, segundo construtores, é apontado como um dos pontos críticos para a implantação de medidas de racionalização da produção de edifícios, por ser um dos principais subsistemas do edifício.

As vedações, além de servirem de suporte e proteção às instalações prediais e aos equipamentos de utilização do edifício, criam também condições de habitabilidade e segurança. Na produção de edifícios, as vedações verticais também têm papel importante, por influenciarem e serem responsáveis por algumas características. Sabbatini (1998) cita as seguintes:

- a) Determinação de diretrizes para o planejamento e programação da execução da edificação;
- b) Determinação do potencial de racionalização da produção, pois possui interfaces com outros subsistemas (instalações prediais, esquadrias, revestimentos e estrutura);
- c) Participação como elemento estrutural (alvenaria estrutural), ou servir de travamento da estrutura, ou ainda servir apenas de fechamento da edificação;
- d) Profunda relação com a ocorrência de problemas patológicos, como infiltrações, problemas estruturais, dentre outros;

1.1.3 - Conceituações: Paredes, Divisórias e Painéis

Holanda (1988) define parede como obra de alvenaria ou de outro tipo, que forma as vedações externas e as divisões internas dos edifícios, sendo portanto uma definição pouco esclarecedora. Assim, é na norma inglesa BS 6100 (BSI, 1992) que se consegue captar o conceito de parede. Segundo a referida norma, parede é “uma construção vertical, geralmente em alvenaria ou concreto, que limita ou subdivide um espaço, suportando ou não cargas além de seu próprio peso”.

De acordo com Nascimento (2003), “as paredes são elementos construtivos verticais que sustentam e apoiam outros elementos da construção, como as coberturas”.

Patton (1978) comenta que a técnica tradicional de paredes de alvenaria, de grande espessura, com fins estruturais e de vedação, está sendo abandonada nos edifícios modernos, de esqueleto metálico, por exemplo, sendo que os painéis se adaptam a qualquer tipo de construção, como casas residenciais, edifícios de escritórios e habitacionais, hospitais, hotéis, escolas. Podem ser executados em combinação com outros materiais, como o vidro, alumínio, aço inoxidável e outros. Contudo, os painéis pré-fabricados geralmente se apresentam sob a forma de elementos prontos para a montagem.

A) Classificação das paredes

Segundo Baud (1990), as paredes podem ser classificadas, de acordo com a função que exercem, em dois grupos:

a) Paredes auto-portantes: São aquelas que absorvem as cargas e sobrecargas das lajes, não podem ter espessura menor que 14 cm e sua resistência mínima à compressão é de $f_{ck} \geq 4,5$ MPa.

b) Parede de vedação: É um elemento fabricado a partir de diversos materiais, destinado a vedar e separar os ambientes, sem absorver nenhuma carga.

Pode-se classificar as paredes ainda de acordo com três itens:

c) Classificação das paredes quanto à espessura:

Paredes de 0,10m;
Paredes de 0,15m;
Paredes de 0,20m.

d) Classificação das paredes quanto ao tipo de exposição:

Parede Interna com aplicação de revestimento;
Parede Interna e aparente;
Parede Externa com aplicação de revestimento;
Parede Externa e aparente;
Paredes Especiais.

f) Classificação das paredes quanto ao tipo de elemento de vedação:

Alvenaria (sistema em que os componentes são unidos na obra);
Painéis;
Chapas metálicas;
Divisórias.

Nascimento (2003) afirma que, de acordo com a função, as paredes podem ainda ser classificadas em:

Paredes auto-portante (com função estrutural);
Paredes de vedação (sem função estrutural);
Paredes divisórias de borda livre (muros, platibandas etc.);
Paredes especiais (acústica, térmica etc.).

As paredes têm outras funções, além de absorver cargas ou vedar ambientes, como oferecer conforto termo-acústico, habitabilidade e segurança, bem como proteger os usuários das intempéries do exterior da edificação.

Guerra (1999) complementa dizendo que as paredes podem ser opacas, translúcidas ou transparentes, de acordo com a passagem de luz, que penetra do ambiente externo para o interno da edificação.

B) Propriedades das Paredes

Segundo Nascimento (2003), as paredes em geral possuem as seguintes propriedades:

- a) Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- b) Resistência à pressão do vento;
- c) Isolamento térmico e acústico;
- d) Resistência a infiltrações de água pluvial;
- e) Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- f) Base ou substrato para revestimentos em geral;
- g) Segurança para usuários e ocupantes;
- h) Adequação e divisão de ambientes.

De acordo com suas características, as paredes são definidas para a utilização de acordo com seus materiais predominantes e com a função que exercem. Com isso, pode-se descrever as principais propriedades das paredes:

- a) Resistência à compressão: a resistência à compressão é diretamente proporcional à densidade do material utilizado. Quanto maior a densidade do material, maior será a resistência à compressão. Os materiais mais resistentes são a pedra natural e o concreto. Os considerados menos resistentes, porém mais utilizados, são os tijolos maciços e os blocos cerâmicos perfurados;
- b) Isolamento acústico: as paredes devem proteger os ambientes dos ruídos externos ou não deixar que os ruídos de certo ambientes cheguem nos demais ambientes da edificação. Para isso, utilizam-se materiais pesados que resistem às vibrações sonoras. São utilizadas placas vibratórias, que podem ser de madeira compensada, para absorver os ruídos. Essas placas são colocadas na superfície das paredes de modo a deixar um colchão de ar, onde serão colocados materiais porosos. Os ruídos de baixa frequência são absorvidos pela placa vibratória e os ruídos de alta frequência são absorvidos pelos materiais porosos, que podem ser de lã de vidro, lã de pedra, lã mineral, etc;
- c) Isolamento térmico: é obtido com materiais leves e porosos, juntamente com o ar aprisionado entre as paredes, quando falta

ventilação. As divisórias finas e leves não têm isolamento térmico tão eficiente quanto às paredes, que são feitas de materiais densos, a não ser as revestidas com materiais acústicos.

A parede, ou alvenaria tradicional, é o elemento de vedação interna e externa mais usado no Brasil. Apesar da evolução do uso do concreto, da estrutura metálica, dos materiais não convencionais e outros, a alvenaria tradicional ainda é a mais utilizada e vista como um elemento construtivo simples. Porém, a introdução de novas estruturas e novas tecnologias na construção civil fez surgir a necessidade do desenvolvimento de novas soluções, de novos materiais e, porque não, outras formas de vedação.

As divisórias são classificadas, de acordo com a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, como leves, internas e moduladas, e caracterizam-se como “elementos construtivos que separam os espaços internos de uma edificação, compartimento que define ambientes, estendendo-se do piso ao forro ou teto, sendo constituídos por painéis modulares e seus componentes, com massa não superior a 60 kg/m²” (ABNT / NBR 11685, 1990).

As divisórias destinam-se a delimitar os ambientes e não têm função estrutural. São feitas de materiais leves, porém devem garantir isolamento térmico e acústico. Para isso, no entanto, é necessário fazer alguns tratamentos ou aplicar materiais isolantes.

Segundo Nascimento (2003), os painéis verticais de vedação são elementos construtivos utilizados para substituir a alvenaria convencional, buscando racionalização e agilidade no processo construtivo, com a finalidade de vedar ou delimitar os ambientes das edificações. Podem ser auto-portantes, isolantes térmico e acústico, além de atuarem como suporte e proteção para diversas instalações prediais.

Os materiais mais utilizados como painéis de vedação das edificações são os painéis de concreto, de gesso acartonado, de argamassa armada, de bambu, entre outros, podendo ser utilizados de acordo com a necessidade de cada projeto e compatibilidade com a estrutura da edificação.

Dentre os painéis de concreto, a Figura 2 mostra um exemplo de uso de um painel do tipo “cortina”, utilizado para revestir externamente a estrutura da edificação. De acordo com Von Kruguer (2000), as cargas de vento e o peso próprio do elemento vedante são transferidos para a estrutura da edificação, visto que esses painéis não têm função estrutural .



Figura 2 - Painel do tipo “cortina”, da marca Precon (PRECON, em www.precon.br).

Os painéis de concreto do tipo “vedação” são painéis fixados à estrutura da edificação, a fim de vedar os vãos existentes entre as estruturas, mas que não têm função estrutural. A diferença em relação aos outros painéis é que a estrutura fica aparente, como mostra a Figura 3.

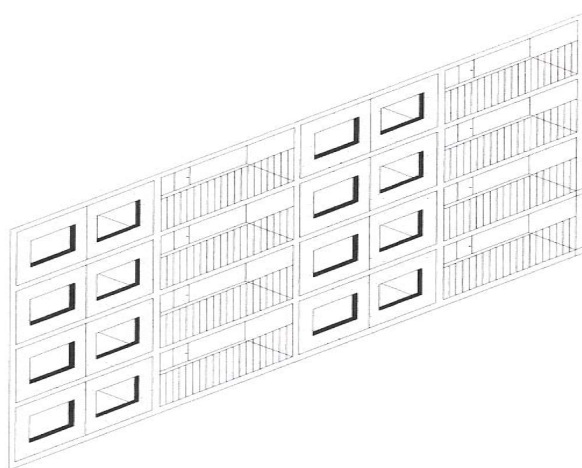


Figura 3 - Exemplo de painel de concreto do tipo vedação, onde a estrutura fica aparente (PRECON, em www.precon.br).

Alguns painéis pré-fabricados de concreto são produzidos com o revestimento incorporado. Esses painéis permitem uma grande variedade de acabamentos, os quais podem ser observados nas Figuras 4 e 5.

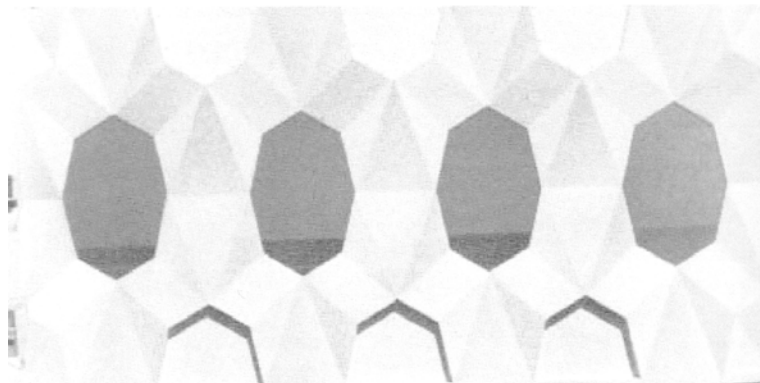


Figura 4 - Pannel de acabamento com modulação de padrões geométricos (PRECON, em www.precon.br).

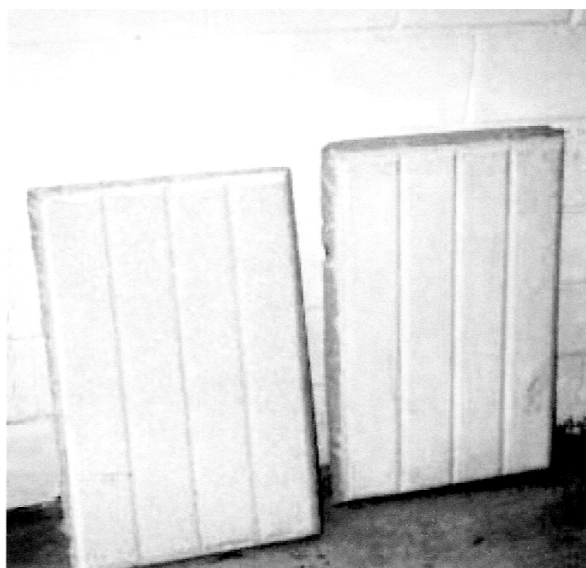


Figura 5 - Pannel de acabamento geométrico, da Precon (PRECON, em www.precon.com.br).

Outro tipo de pannel comumente utilizado nas edificações são os painéis de chapas de gesso acartonado. Segundo Dias (2002), estes formam um sistema de vedação interna, composto por chapas leves, em gesso montado sobre cartão (acartonado), estruturadas por perfis metálicos ou de madeira, fixas ou desmontáveis e geralmente monolíticas (Figura 6).

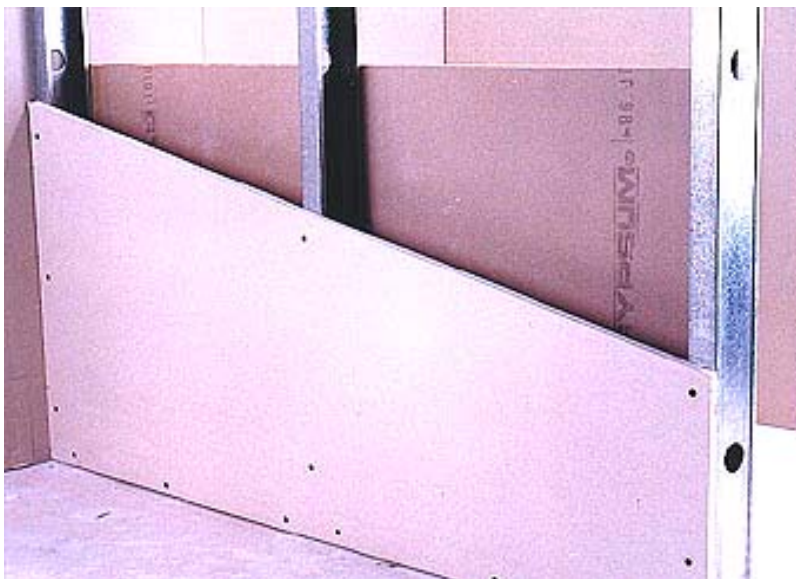


Figura 6 - Vista das paredes de gesso acartonado (PRECON, em www.precon.com.br).

A placa de gesso acartonado foi inventada no final do século XIX por Augustine Sackett, e utilizada em larga escala a partir de 1920, quando difundiu-se mundialmente. Segundo Ciocchi (2003), é uma placa produzida industrialmente com rigoroso controle de qualidade, à seco, sendo composta de um miolo de gesso e aditivos envoltos por cartão especial e fabricada a partir da gipsita natural.

O volume de painéis de gesso acartonado instalado no Brasil é de cerca de 40 milhões de m². É pouco se comparado aos 2,5 bilhões de m² instalados por ano nos Estados Unidos, onde esta tecnologia está totalmente consolidada (CIOCCHI, 2003).

Estes painéis são fixados utilizando-se de guias e montantes, de madeira (pouco usado) ou de aço, com tratamento superficial em alumínio ou zinco (mais utilizado). Os painéis devem ser montados somente após a elaboração e compatibilização de todos os projetos, arquitetônicos e também os complementares. Todas as instalações, hidráulicas, elétricas e outras devem ser previstas para que sejam feitas as aberturas para a passagem de dutos. Também devem ser previstos reforços para a fixação de estantes, tanques, pias e bancadas, já especificados no projeto.

1.2 - BAMBU: A ESPÉCIE VEGETAL

1.2.1 - Aspectos ambientais

De acordo com Bueno (1986, p.1.090), sustentável é aquilo que se pode manter; conservar, resistir; amparar; impedir a ruína; proteger. Em outras palavras, é o que permanece e continua, o que não se esgota pelos processos de renovação. Biologicamente, a sustentabilidade ocorre na medida em que os elementos químicos que formam o ar, a água, o solo, as rochas, a fauna e a flora são consumidos e retornam à natureza para serem reutilizados continuamente, como uma reciclagem natural. Este processo que a natureza promove, ocorre naturalmente, porém, a influência humana sobre o meio natural vem ocasionando diversos impactos ambientais, que somados aos problemas sociais, ameaçam a continuidade da existência humana, assim como toda a biodiversidade mundial. *Não é exagerado dizer que, se um extraterrestre nos visitasse, provavelmente nos veria como um vírus que ataca o planeta* (EDWARDS; HYETT, 2004, p.14).

O modelo econômico que hoje vigora na maior parte do mundo gera um grande desequilíbrio ambiental. O consumo exagerado tornou-se rotineiro e desejável pela maioria da população, a qual desconsidera os danos ambientais causados pela produção industrial desenfreada. Diante desta constatação, surgiu a idéia do *desenvolvimento sustentável*, que de acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), "... é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades".

Nos dias atuais, observa-se uma preocupação mundial com questões relevantes ao meio ambiente, bem como a redução do uso de materiais e tecnologias que agriam a natureza.

Os materiais de construção industrializados possuem em suas composições insumos não renováveis e geram volumosos resíduos ao meio ambiente. Segundo Barbosa (2005), o processo de fabricação desses materiais (Figura 7), consome oxigênio, libera gás carbônico e muitos outros poluentes,

responsáveis por chuvas ácidas, que danificam severamente a natureza, e pelo chamado efeito estufa, que lentamente parece estar aquecendo a Terra.



Figura 7 - Industrialização excessiva causa danos à natureza (BARBOSA, 2005, p.4).

O bambu, em contrapartida, segundo Barros; Souza (2004), é uma gramínea contemplada como agente de alta capacidade na redução de dióxido de carbono na atmosfera, sendo o maior consumidor de gás carbônico do reino vegetal. Através da fotossíntese, o bambu retira o gás carbônico, incorporando-o aos seus compostos, e libera oxigênio para a atmosfera, contribuindo para o seqüestro do dióxido de carbono.

O aquecimento da atmosfera parece ter provocado o aumento dos desequilíbrios climáticos, cujas conseqüências são cada vez mais danosas (Figura 8). Fenômenos naturais como chuvas fortes, inundações, ventos intensos e variações de temperatura, têm aumentado de freqüência e de intensidade. De acordo com Barbosa (2005), no Brasil, fenômenos nunca antes observados têm ocorrido, ocasionando destruição e indignação. Em Fortaleza, no ano de 2004, ocorreu uma chuva (com mais de 200 mm em um dia) cujo tempo de recorrência seria de 250 anos, e um ciclone que atingiu a costa de Santa Catarina, também em 2004, destruindo casas e desabrigando centenas de pessoas.



Figura 8 - Desequilíbrios atmosféricos causam catástrofes (BARBOSA, 2005, p.6).

De acordo com Barros; Souza (2004), os materiais industrializados consomem uma grande quantidade de energia e o consumo energético gasto na produção de materiais industrializados pode implicar em gastos vultosos. Com a crise energética ocorrida no Brasil em 2001, esse problema vem ganhando notoriedade, pois interfere diretamente nos níveis de energia de praticamente todas as regiões do Brasil.

Barbosa (2005) cita uma série de dados sobre o consumo de energia para a produção destes materiais, como por exemplo, o aço, material que para ser produzido utiliza-se de temperaturas que podem alcançar a média de 1.800°C . Calcula-se que para a energia envolvida na produção de um simples vergalhão de 12,5 mm seja da ordem de 80 kWh, consumo de uma família de baixa renda. Já o alumínio exige cerca de 20 vezes mais energia que o aço para sua produção. A alta temperatura dos fornos, para produção de um saco de cimento de 50 kg, chega a 1.450°C , e envolve aproximadamente 55 kWh de energia.

Com base no exposto, é possível observar que a fabricação dos materiais industrializados provoca um consumo desenfreado de energia elétrica. Segundo Barbosa (2005), se compararmos os níveis de energia citados com os exigidos para a produção de tijolos de barro cru, sem cozimento, utilizados no período do Brasil colonial (Figura 9), ou com colmos de bambu, utilizados em construções grandiosas e resistentes (Figura 10), o resultado é espantoso. O tijolo de barro e o bambu praticamente não consomem energia para a sua produção, pois são encontrados na natureza prontos para serem utilizados, o que os tornam ecologicamente viáveis, além de serem adequados do ponto de vista construtivo.



Figura 9 - Construção de terra crua na Cidade de Goiás (BARBOSA, 2005, p.2).



Figura 10 - Construção de bambu na Colômbia. Pavilhão Zeri, Manizales, Colômbia. (Fonte: Foto da autora, dezembro de 2005).

Os métodos construtivos com materiais industrializados produzem ainda enormes quantidades de entulhos (restos de construção), que são difíceis de serem reincorporados na natureza. Na maioria das vezes, os entulhos são depositados irregularmente em terrenos baldios, como mostra a Figura 11, em aterros clandestinos, ao longo de vias e praças públicas ou até mesmo em margens de rios urbanos.



Figura 11 - Deposição de entulhos em locais inapropriados (BARBOSA, 2005, p. 8).

Dentro deste contexto, o bambu surge como uma importante alternativa construtiva, haja vista que se trata de um material facilmente renovável pela natureza, de crescimento rápido e de baixo custo, além de possuir reduzido consumo energético para sua produção e despontar como o maior consumidor de gás carbônico do reino vegetal.

1.2.2 - Aspectos botânicos

A espécie vegetal conhecida como “bambu”, é conhecida há milhares de anos por vários povos e pertencente à família das gramíneas (*Poaceae*) e à subfamília *bambusoideae* (LÓPEZ, 2003, p. 2).

De acordo com Graça (1988), o bambu é uma *supergramínea* que possui características marcantes. Sua superfície é naturalmente lisa, dura e limpa, e sua cor é considerada muito atrativa.

Segundo Silva (2005), embora seja uma gramínea, os bambus possuem hábito arborescente, e da mesma forma que as árvores, apresentam uma parte aérea constituída pelo colmo, folhas e ramificações e outra subterrânea composta pelo rizoma e raiz, como mostra a Figura 12.

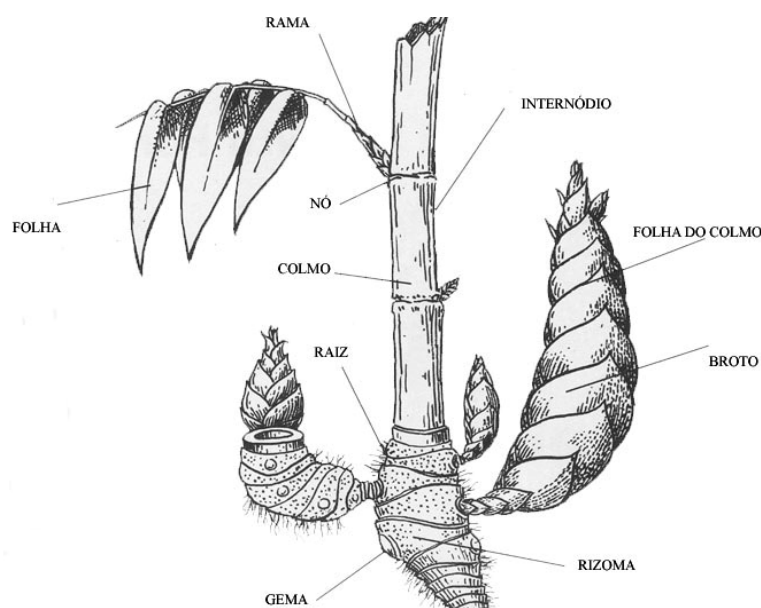


Figura 12 - Partes do bambu (NMBA, 2004, p.24).

Quanto ao rizoma, trata-se de um caule subterrâneo dotado de nós e entrenós, com folhas reduzidas a escamas, e que se desenvolve paralelamente a superfície do solo. Não deve ser confundido com a raiz, que é uma parte distinta da planta e com funções completamente diferentes (SILVA, 2005, p.2).

Existem basicamente dois grupos distintos de bambus quanto ao tipo de rizoma: os que formam touceiras (simpodiais) e os alastrantes (monopodiais). Muitos autores propõem o semi-entouceirante (anfipodial) como um terceiro tipo, que dispõe de ambas as características, como apresentado na Figura 13.

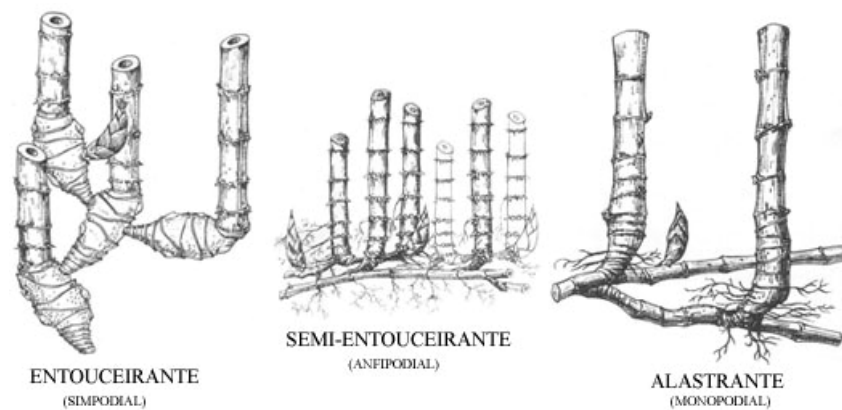


Figura 13 - Diferentes tipos de rizomas (NMBA, 2004, p. 22).

As folhas dos bambus respondem pela função de elaborar as substâncias necessárias ao rápido crescimento desta planta através do processo da fotossíntese. Características como dimensão, formato da lâmina e presença de pelos nas folhas, são informações taxonômicas de grande valia para a identificação das espécies.

De acordo com Filgueiras (1988), em muitas espécies de bambus o florescimento é um fenômeno raro, podendo acontecer em intervalos de até 120 anos. Várias espécies de bambus morrem ao florescer devido a energia desprendida pela planta para a formação de um grande número de sementes.

Entretanto, nem todos os bambus morrem ao florescer, sendo que os bambus herbáceos fogem a esta regra, uma vez que florescem freqüentemente e não morrem. Apresentam florações do tipo esporádicas, que

ocorrem apenas em algumas plantas de uma população, e do tipo sincrônicas, que ocorrem simultaneamente em todas as plantas de uma população.

Quanto aos colmos, originam-se de uma gema ativa do rizoma e compõem a parte aérea dos bambus, além de dar sustentação para os ramos e folhas. Segundo Liese (1998), os colmos, assim como as folhas, têm também a capacidade de realizar a fotossíntese. Contudo, estruturar a parte aérea, armazenar e conduzir a seiva bruta e elaborada constituem-se nas suas principais funções. Para tanto, possuem células que se alinham no sentido axial e que são protegidas por feixes de fibras que promovem a sua rigidez (Figura 14). Polímeros de amido armazenam-se em parte destas células, tornando-se atraentes ao ataque dos carunchos, fungos ou insetos.



Figura 14 - Corte transversal do colmo mostrando os feixes vasculares e células parênquimas (LIESE, 1998, p.42).

Os caules, quase sempre subterrâneos e enraizados, possuem crescimento ilimitado, dando origem a novos colmos, e são caracterizados por nós bem marcados, com entrenós distintos. Os colmos de bambu, não apresentam seção uniforme, a distância entre os nós aumenta de acordo com a altura do colmo, e ocorre o inverso com a espessura das paredes (GRAÇA, 1988, p. 23).

Segundo Silva (2005), os colmos diferem-se pela cor, diâmetro, comprimento, espessura da parede, comprimento dos entrenós dentre outras características, sendo estas muito úteis para a identificação das espécies. A Tabela 1 apresenta algumas espécies de acordo com suas dimensões e massa dos colmos.

Tabela 1 - Dimensões e massa de colmos de diversas espécies (valores médios).

Espécies	Colmo			
	Comprimento útil (m)	Diâmetro (cm)	Massa (kg)	Compr. internódios (cm)
<i>Bambusa vulgares</i>	10,70	8,10	12,50	32,00
<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>	9,30	7,20	10,30	34,00
<i>Bambusa oldhami</i>	9,90	6,90	8,40	41,00
<i>Bambusa nutans</i>	10,00	5,80	7,80	38,00
<i>Bambusa tulda</i>	11,90	6,60	11,90	49,00
<i>Bambusa beecheyana</i>	9,00	7,80	10,50	28,00
<i>Bambusa stenostachya</i>	15,10	8,20	17,50	35,00
<i>Bambusa tuldoides</i>	9,20	4,30	3,80	46,00
<i>Bambusa textilis</i>	8,10	4,80	3,30	44,00
<i>Bambusa ventricosa</i>	9,30	4,80	4,50	44,00
<i>Bambusa maligensis</i>	7,40	4,30	3,50	28,00
<i>Bambusa dissimulator</i>	9,50	4,60	5,20	41,00
<i>Dendrocalamus asper</i>	14,50	12,20	61,30	34,00
<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	11,50	11,50	40,70	37,00
<i>Dendrocalamus strictus</i>	10,50	7,60	15,00	38,00
<i>Dendrocalamus Giganteus</i>	16,00	14,20	84,50	34,00
<i>Ochlandra travancorica</i>	11,30	9,40	26,00	40,00
<i>Phyllostachys edulis</i>	4,40	3,60	2,10	15,00

Comprimento útil até um diâmetro mínimo de 3 cm. (Fonte: SALGADO *et al*, 1994).

As espécies mais conhecidas de bambu no Brasil são de origem asiática, trazidas pelos primeiros colonizadores e, devido ao clima tropical brasileiro, essas espécies adequaram-se bem e se expandiram rapidamente (GRAÇA, 1988, p.17). As espécies mais comuns são: *Bambusa vulgaris vittata* (bambu-imperial), como mostra a Figura 15, *Bambusa vulgaris* (bambu-verde), *Bambusa tuldoides* (bambu-comum), *Dendrocalamus giganteus* (bambu-gigante ou bambu-balde) e algumas espécies de *Phyllostachys*.

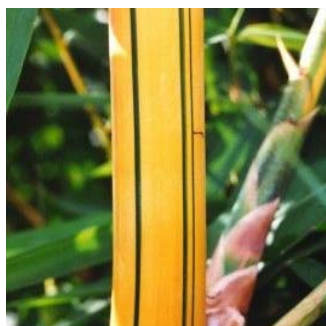


Figura 15 - Espécie de bambu comum no Brasil, *Bambusa vulgaris vittata*.
(Fonte: Foto de Roberto Magno)

Na América do Sul, os indígenas pré-colombianos foram os primeiros a utilizar o bambu, há cerca de 5.000 anos. A espécie mais utilizada é a *guadua angustifolia*, que pode ser observada na Figura 16. A *Guadua* possui crescimento rápido e fácil reprodução, obtém sua altura definitiva nos primeiros seis meses de vida e amadurece entre os 3 e 5 anos.



Figura 16 - *Guadua angustifolia*, excelente para a construção civil. (IL31 BAMBOO, 1.992, p.132).

A *Guadua*, que reúne aproximadamente 30 espécies, distingue-se das demais principalmente por seus caules robustos e espinhosos, pela aparência esbranquiçada na região dos nós e por suas folhas em forma triangular. Se sobressai dentro do gênero por suas propriedades físicas e mecânicas e pelo tamanho de seus colmos, que podem alcançar 30 metros de altura e 25 centímetros de diâmetro.

No Brasil são encontradas algumas espécies de bambu *Guadua*, como por exemplo, a *Guadua weberbami*, encontrada no Estado do Acre, e a *Guadua paniculata*, encontrada em São Bartolomeu, Distrito Federal (FILGUEIRAS, 1988, p. 11). De acordo com Silva (2005), foram encontradas no Estado de Goiás, no município de Teresópolis de Goiás, espécies nativas de bambu *Guadua*, que ainda estão sendo estudadas e catalogadas.

1.2.3 – Distribuição geográfica do bambu

O bambu é encontrado naturalmente em todos os continentes do mundo, com exceção da Europa. Porém, desde o século XIX, seu cultivo vem sendo introduzido na parte oeste da Europa, em países como Espanha, Itália e Portugal, através da China e Japão (OPRINS PLANT, 1997, p.4). Estas gramíneas crescem em temperaturas entre 8° e 36°C, embora se desenvolvam melhor em regiões tropicais e subtropicais.

De acordo com Umaña (1998), 80% das zonas cultivadas de bambu estão no sul e sudeste da Ásia Tropical, com uma área estimada em 14 milhões de hectares. De acordo com Melkania (2004), o continente asiático possui aproximadamente 65 gêneros e 900 espécies de bambu. A Índia, favorecida pelo seu clima tropical (Figura 17), conta com 136 espécies distribuídas em 23 gêneros e que em grande parte estão em unidades de conservação (BISWAS, 2004, p.12).

Na América são encontradas 40% das espécies de bambus lenhosos do mundo, aproximadamente 32 espécies em 22 gêneros. O Brasil é o país com maior diversidade e reúne 81% dos gêneros (LONDOÑO, 1991, p.15).



Figura 17 - Distribuição natural do Bambu no mundo.
(Fonte: Foto da Autora, V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998).

Como dito anteriormente, o Brasil possui uma grande variedade de espécies de bambu, sendo encontrada por todo o território nacional, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, São Paulo, Rio de Janeiro e

Minas Gerais. A Tabela 2 apresenta a distribuição das espécies de bambu nos principais biomas brasileiros como Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado.

Tabela 2 - Distribuição das espécies de bambus nos principais biomas brasileiros.

BIOMAS	ESPÉCIES	%
Mata Atlântica	151	65
Amazônia	60	26
Cerrado	21	9
Total	232	100

(Fonte: FILGUEIRAS ;GONÇALVES. 2004).

1.2.4 - Referenciais históricos

É notório falar sobre o bambu, essa planta tão presente no cotidiano e tão conhecida pelo povo brasileiro e povos do mundo todo. O bambu é sempre lembrado nas brincadeiras infantis - usado na fabricação de pipas e flautas, no meio rural – em forma de cercas, gaiolas, arapucas e outros, e até mesmo nas residências, onde toma a forma de móveis, luminárias, escadas e outros utensílios domésticos.

De acordo com López (2003), o homem pré-histórico utilizou o bambu para a construção de sua primeira cabana, bem como de utensílios essenciais para a sua sobrevivência. O seu uso está presente na cultura de praticamente todos os povos primitivos, de todos os continentes. Desde os primórdios da humanidade, o homem sentiu a necessidade de criar abrigos que o protegesse das intempéries e dos perigos. Assim, o homem buscou na natureza materiais diversos para construir suas habitações e o bambu certamente entrou nesta relação de materiais.

Ubidia (2001), que recorrendo a dados históricos descreve etapas da existência do bambu, diz que este existe desde sempre e tem acompanhado o homem americano desde sua origem. O referido autor, durante sua investigação no Equador, confirmou a utilização dos bambus na América desde a época pré-colombiana e também posteriormente ao descobrimento do continente americano. “O uso do bambu impulsionou uma

simbiose cultural entre descobridores e descobertos, entre conquistadores e conquistados” (UBIDIA, 2001, p.1).

No *Museu Antropológico del Banco Central del Ecuador*, em Guayaquil, se encontram objetos e artefatos feitos de bambu por povos indígenas pré-colombianos, como vasilhames (*vasijas*) feitos com bambu aberto (Figura 18).



Figura 18 - Vasilhas feitas de Bambu pela cultura pré-colombiana Jama Coaque. Equador (UBIDIA, 2001, p.4).

Algumas habitações destes povos também eram feitas com o uso do bambu, como comprovado em sítios arqueológicos na Península de Santa Elena, Provincia del Guayas, Equador, como mostra a Figura 19. Moldes de 1 a 10 cm de diâmetro, cilíndricos foram encontrados nessa região e, através de exames feitos com carbono, indicou-se que correspondem à fase Las Vegas Temprana (8 mil AC – 10 mil anos AC). Através deste dado supõe-se que nestes lugares estiveram enterrados bambus que serviram como elementos estruturais para estas edificações, de acordo com Stothert (1988).



Figura 19 - Moldes encontrados em sítios arqueológicos e habitações de primitivos indígenas (UBIDIA, 2001, p.7).

Segundo Ubidia (2001), os pré-colombianos também usufruíram do bambu para cerimônias funerárias. Era costume entre eles, manter o "morto sem sede", ou seja, através de um bambu oco, que ia da superfície da terra até a boca do defunto enterrado, se introduzia freqüentemente uma bebida tradicional, denominada "chica". Na Figura 20 observa-se o ritual descrito.

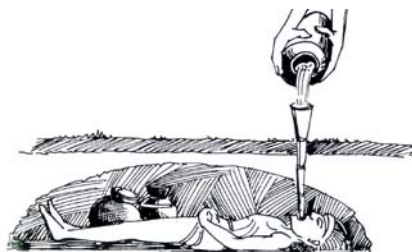


Figura 20 - Bambu sendo usado para "matar a sede do morto" (UBIDIA, 2001, p.12).

A maioria dos objetos feitos por povos primitivos com o uso do bambu, foram modelos de inspiração para vários outros inventos feitos posteriormente. É fato que o primeiro filamento da lâmpada elétrica foi feito de bambu, e ainda, o primeiro aeroplano foi construído com o uso desta planta, de acordo Graça (1988). A autora afirma que a NASA – Agência Espacial Norte-Americana, também vem utilizando esta planta como isolante de naves espaciais.

Salgado; Ciaramello; Azzini (1986) comentam que, através dos usos do bambu no passado, não só em construções de habitações econômicas como em estruturas para cúpulas de templos, pontes pênseis, etc., é que revelou-se a incrível capacidade pré-científica na exploração dos recursos do bambu.

1.2.5 - Os diversos usos do bambu

O bambu vem sendo utilizado de diversas formas, tais como medicinais, farmacêuticas e químicas, como afrodisíaco, cosméticos, enzimas, hormônios, cultivo de bactérias, carvão, óleos combustíveis, biomassa, tecidos, aqueodutos, cordas, ponte, papel, artesanato, construção civil e rural, materiais pra engenharia e alimentos, de acordo com Fermiano *et al* (2002). Como meio de transporte, em forma de bicicleta, pode-se observar o uso do bambu na fabricação de uma bicicleta, como mostra a Figura 21.



Figura 21 - Bicicleta de bambu. Este material é utilizado para diferentes usos em várias partes do mundo.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)

O bambu é conhecido na Índia como a madeira dos pobres – *Wood of poor*, o amigo das pessoas na China – *friend of people*, e o irmão, no Vietnã – *the brother*, de acordo com Farelly(1984). Em países como a Índia e China, o bambu vem sendo muito utilizado como andaime, e se tornam gigantescos esqueletos à volta dos prédios modernos.



Figura 22 - Bambu utilizado como andaime na China.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).

Em alguns países como Nepal, Filipinas, China e Havaí, seus governantes enxergam o bambu como um dos meios alternativos para aumentar a produtividade agrícola, gerar emprego e estimular a indústria.

Na alimentação, os países asiáticos mantêm a tradição do uso do bambu, onde a população consome o bambu isolado ou misturado a legumes e verduras. O bambu, por ser um alimento rico em proteínas, cálcio, ferro e vitaminas, é bastante apreciado nos mais variados pratos. Neste continente, brotos e cervejas de bambu também são processados e enlatados, atividade que constitui parte importante da indústria alimentícia dessa região.



Figura 23 - (a) Brotos de bambu enlatados, produto muito consumidos pelos orientais; (b) Cerveja feita de bambu.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).

Os japoneses utilizam o bambu por milênios. Esta utilização vai além da construção civil e do artesanato, sendo que harmoniosos jardins japoneses também são desenvolvidos e conhecidos no mundo todo. Bancos, cercas, portões, tubos para água corrente e outros, são feitos com este material e empregados na composição dos jardins (Figura 24).



Figura 24 - Detalhe paisagístico feito de bambu, em jardins japoneses
(HIBI, 1989, p.53).

As pontes se tornaram exemplos de uma combinação de leveza e excelente resistência mecânica à tração (Figura 25). A grande longevidade das pontes deveu-se à ausência de tecidos provenientes de camadas internas do colmo, os quais apresentam grande concentração de substâncias atrativas aos

insetos. Ganha-se em resistência mecânica e em durabilidade, quando se utiliza da parte externa do colmo, e desta forma, estas vantagens tem sido utilizadas na construção de pontes pênses asiáticas, onde os cabos de sustentação consistem de tecidos retirados das camadas externas do bambu.



Figura 25 - Ponte suspensa de bambu, projeto de Jorg Stamm (IL31 BAMBOO, 1992, p.64).

A produção de laminados ou compensados é outra utilização industrial do bambu. Existem várias fábricas de pisos laminados feitos de bambu, os chamados de *Plyboo*, pelo mundo. Estes laminados são mais resistentes e econômicos que os laminados de madeira (Figura 26).

A tecnologia de produção de compensados de bambu é parecida com a utilizada em madeiras. Esse produto é obtido pela união de camadas delgadas de bambu dispostas alternadamente em ângulo reto. A união de tais camadas é realizada com resinas fenólicas.

Na China, o potencial de produção de compensado de bambu é de 4.200.000 m³, que corresponde a quatro vezes a produção atual de compensado de madeiras.



Figura 26 - Piso laminado feito de bambu. (Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).

“Os colmos do bambu possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas que podem ser utilizadas em lugar do aço para fabricação de estruturas de concretos” (GHAVAMI, 1992, p.1). Vários trabalhos foram conduzidos em muitos países, como pode-se observar na Figura 27, atestando a qualidade do bambu como material para construção ao considerar as suas características físicas e mecânicas.



Figura 27 - (a) e (b) O uso do bambu substituindo as armaduras de aço na produção do concreto.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).

No Brasil, o que se destaca é a produção de artesanatos feitos com o material bambu. Os artesãos brasileiros fabricam desde utensílios de cozinha até mobiliário, difundindo, desse modo, essa cultura. Comumente vemos nas cidades e em áreas rurais, pessoas que vivem deste trabalho. A lista de artesanatos feitos de bambu aqui no Brasil é grande, sendo as cestarias, os instrumentos musicais, as luminárias, os mensageiros do vento, as varas de pescar, os utensílios de cozinha, as fontes, etc., exemplos de sua utilização.

Os indígenas brasileiros, além de construir suas habitações com o uso do bambu, utilizando-o como estrutura, ripamento de telhado dentre outros usos, utilizam esta planta para a fabricação de artefatos como prendedores de cabelo, flautas de diversos tipos, bastões ocos de ritmo, haste de flechas e cestas, sendo este último item é apresentado na Figura 28.



Figura 28 - Cestas feitas com bambus. O artesanato de bambu é bastante comum entre os indígenas brasileiros.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno).

No Brasil, atualmente, o que percebemos é que essa matéria-prima é mais utilizada no artesanato, na indústria moveleira e na confecção de objetos, em detrimento da sua utilização na construção civil.

Além da utilização do bambu em artesanatos e móveis, o Brasil fabrica papéis feitos com a matéria-prima do bambu. O bambu é mais vantajoso do que a madeira para a fabricação de certos tipos de papéis, como os utilizados para a produção de embalagem de cimento, caixas de sapatos, etc, já que as fibras do bambu utilizadas apresentam maior resistência ao rasgamento. A Figura 29 apresenta a produção de papel de bambu em uma fábrica denominada *Itapagé*, com sede em dois estados brasileiros, Maranhão e Pernambuco.



Figura 29 - Fabricação de papéis feitos de bambu
(ITAPAGÉ, em: www.itapage.com).

1.2.6 – O cultivo do bambu

Segundo López (1974), apud Freire; Beraldo (2003), os bambus são as plantas de mais rápido crescimento na Terra. O recorde de crescimento diário, medido nos limites de Quioto, em 1956, foi de 121 cm em 24 h, da espécie *Phyllostachys bambusoides* (*Madake*), o qual tinha 12 cm de diâmetro de colmo.

As possibilidades de uso do bambu podem ser ampliadas com a melhoria de sua resistência, através de métodos mais aperfeiçoados de colheita, secagem e imunização contra fungos e carunchos e contra a seca excessiva. Alguns aspectos importantes relacionados ao plantio, ao corte e ao manejo do bambu serão apresentados a seguir.

a) Clima – O bambu se desenvolve melhor em altas temperaturas, sem mudanças bruscas ou de secas muito prolongadas. É uma planta sensível às geadas, podendo ter nesse caso, problemas em seu crescimento e conseqüentemente levando à morte dos brotos (GRAÇA, 1988, p.28).

A alta taxa de umidade é muito importante para o desenvolvimento do bambu. As chuvas desempenham papel relevante, por isso é sugerido por agrônomos e técnicos especializados no vegetal, promover a plantação de bambuzais em períodos chuvosos, em períodos mais frescos, isso se dá para todas as espécies formadoras de touceiras como o bambu.

b) Solo - Quanto às exigências do solo, o bambu é uma planta que possui inúmeras vantagens, e entre as muitas apresentadas, tem-se a pouca exigência em relação ao solo. Desenvolve-se em variados tipos de terreno, porém, prefere os de grande profundidade, férteis, com boa drenagem, arenosos e leves. Em relação ao seu plantio, não é favorável a terrenos ácidos ou alcalinos. Obedecidas tais exigências o solo se encontrará em equilíbrio para receber a planta. (GRAÇA, 1988, p.29).

De acordo López (1974), apud Freire; Beraldo (2003), em relação à madeira, o bambu apresenta um crescimento mais rápido além de maior produtividade. Sendo mais leve, pode ser facilmente transportado, inclusive por vias fluviais. Pode, ainda, adaptar-se a vários tipos de solos e climas.

c) Cultivo - Para o plantio de bambu, deve-se levar em conta a finalidade a que se destina a sua cultura, escolhendo assim o tipo mais adequado. Os métodos não são complicados, porém, devem ser observados alguns cuidados básicos como verificação do terreno, para saber se está propício a receber tal tipo de cultura, e posteriormente escolher a maneira que se pretende multiplicar o bambu. De acordo com Graça (1988), o bambu pode se propagar através de alguns métodos principais, como: divisão de touceiras, corte e arrancamento dos rizomas ou caules subterrâneos ou ainda por sementes.

O primeiro método é considerado o mais comum e mais eficaz, pois o bambuzal se desenvolve mais rápido. Assim, os caules decepados acima do segundo ou terceiro nó, tendo como referência à base do colmo, leva a produzirem mudas de três a cinco hastes iniciais.

O segundo método, de corte e arrancamento dos caules subterrâneos, é indicado quando é preciso transportar as mudas a longas distâncias. Arrancando o broto com um pedaço de rizoma e uma pequena quantidade de raízes, tem-se uma muda de bambu.

O enraizamento de estacas ou pedaços de colmos e ramos, são outra maneira para a multiplicação do bambu. Cortam-se pedaços de 60 a 120 cm de comprimento, ou contendo dois ou mais nós com gemas. A parte inferior do caule é menos dotado em gemas e com maior dificuldade para se reproduzir. Os pedaços cortados poderão ser colocados no solo deitados ou oblíquos.

Para receber as mudas, preparam-se previamente as covas, que são de 40x40cm, tendo em seu fundo uma camada de 5cm de esterco orgânico curtido, que deverá ser coberto com uma camada de terra retirada anteriormente do mesmo buraco. Segundo especialistas, dependendo da quantidade de areia no solo, deve-se cavar uma porção, substituindo-a por uma quantidade de areia limpa, de espessura mediana, sendo que quando for misturado a cova tenha partes iguais de terra e areia. O solo deverá ser nivelado e comprimido, após a colocação da muda, fixando-a melhor no terreno.

Deverão ser realizadas limpezas periódicas nos bambuzais, eliminando assim caules secos, velhos, quebrados, com a finalidade de deixar as touceiras mais arejadas. Com isto, haverá maior recebimento de raios solares nos vegetais.

d) Corte e manejo - O bambu exige cuidados com corte, manuseio, métodos de secagem e utilização, proporcionando um aproveitamento total do seu excelente potencial. De acordo com Pereira (2001), a extração precisa ser realizada anualmente, colhendo não somente os colmos que serão aproveitados, mas também retirando os defeituosos e velhos. Este procedimento evita o congestionamento pela grande quantidade de colmos e garante o fortalecimento do bambuzal.

Os bambus utilizados na construção civil precisam estar maduros para serem colhidos, tendo suas idades variando entre 3 a 5 anos. A identificação pode ser feita pelas várias manchas amarelas presentes nos colmos. Apesar de impreciso, este modo de verificação tem demonstrado ser satisfatório, porém exige experiência do observador (BARROS ; SOUZA, 2004, p.3).

Segundo Barbosa; Ghavami (2005), o corte deve ser feito de forma a não prejudicar o bambuzal, preferindo-se o uso de serra elétrica. Na falta deste equipamento, pode-se usar machado ou facão. O corte deve ser feito à altura do segundo nó, logo sobre ele, evitando o acúmulo de água dentro do pedaço do colmo que ficou no solo, para que a raiz não apodreça.

Simão (1957); Kirkpatrick (1958) apud Azzini *et al* (1997) concluíram, contrariando os conhecimentos tradicionais, que a fase da lua não interfere na resistência do bambu ao caruncho. A colheita na lua minguante, recomendada como a ideal, foi justamente a que apresentou maior número de colmos atacados. De acordo com Graça (1988), o bambu deve ser cortado na lua minguante, para se tornar mais resistente ao ataque de pragas e doenças. Segundo a autora, embora não seja comprovada cientificamente a sua influência, não custa guiar-se pelo conhecimento do homem do campo.

e) Armazenamento - O bambu deve ser armazenado longe da umidade do solo, estando pelo menos 15 cm elevado do solo. Preferencialmente deve ser armazenado em local coberto, protegendo as varas do sol e da chuva. As varas devem ser armazenadas em camadas, com espaçamento que permita a circulação de ar por entre elas. A Figura 30 apresenta a maneira correta de se armazenar os bambus.



Figura 30 - (a) Armazenamento correto das varas de bambu (IL31 BAMBOO, 1992, p.87); (b) Armazenamento incorreto das varas de bambu. (Fonte: Foto de Roberto Magno).

1.2.7 - Cura e imunização do bambu

Após a colheita dos bambus é necessário realizar a cura do material, a fim de reduzir a porcentagem de seiva existente, minimizando assim o risco de ataque por organismos danosos à planta. De acordo com Azzini *et al* (1997), para a realização desta “cura” ou maturação, pode-se utilizar diferentes métodos como cura no local da colheita, imersão, secagem e tratamentos químicos. Pode-se aumentar a durabilidade dos colmos de bambu de duas maneiras: por tratamentos naturais e pelo tratamento dos colmos com produtos químicos.

A) Tratamentos Naturais

Os métodos de tratamentos do bambu, naturais ou químicos, devem ser utilizados dependendo da necessidade ou opção (AZZINI; SALGADO, 1994).

a) Cura na mata – Consiste em cortar os colmos e deixa-lo apoiado, o mais verticalmente possível, nos colmos não cortados. Devem permanecer de 4 a 8 semanas, para que a seiva possa escorrer naturalmente.

b) Cura por imersão – Consiste em submergir os colmos em água por mais de 4 semanas. Quando colocados sob a água, esta penetra no interior dos colmos, dissolvendo a seiva e transferindo-a para a água, como mostra a Figura 31.



Figura 31 - Tratamento natural pelo método de imersão.
(Fonte: Foto de Ana Maria França, Goiânia-GO, 2002).

c) Cura por banho quente e frio - Neste processo de banho quente e frio, o bambu é colocado em situação imersa em tanque com água, atingindo 90°C num intervalo de 30 minutos, e depois o resfriando em outro reservatório, como mostra a Figura 32.



Figura 32 - Cura pelo método de banho quente e frio (IL31 BAMBOO, 1992, p. 76).

d) Cura por aquecimento – Consiste em colocar o colmo de bambu sobre fogo aberto, rodando-o sem queimá-lo, a fim de matar qualquer inseto que se encontre em seu interior.

e) Secagem ao ar – Secam-se os colmos em local aberto; empilham-se os colmos em camadas paralelas, separadas por um colmo

transversal para garantir a circulação do ar. Sua secagem atingirá o ponto ideal em torno de 60 dias, sendo esse o processo mais econômico.

f) Secagem em estufa – Método utilizado para peças já serradas, permite o controle sobre a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em contato com o bambu. É um método mais rápido e eficiente, porém muito mais caro.

g) Secagem por fumigação - Os colmos do bambu são tratados com fumaça, ou seja, as toxinas presentes na fumaça ficam impregnadas na lignina do bambu, matando assim os fungos e insetos (Figura 33).

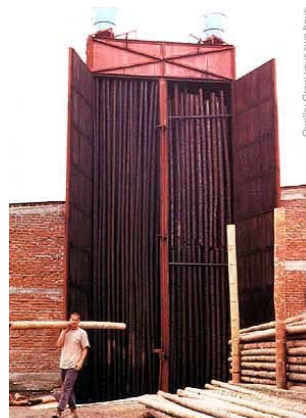


Figura 33 - Método de tratamento por fumigação, desenvolvido por Antônio Giraldo, 1999, em Armênia, Quindío, Colômbia (VÉLEZ, 2000, p. 168).

Este método, segundo Azzini; Salgado (1994), consiste na aplicação de substâncias químicas (conservantes), com o objetivo de proteger os colmos do ataque de fungos e insetos.

Os conservantes usados no tratamento do bambu são produzidos a base de óleos ou sais minerais. Os óleos são aplicados no bambu, que entra em contato direto com água, e apresentam a vantagem de serem insolúveis e de fácil aplicação. Uma das desvantagens dos óleos é que apresentam cor escura, dificultando a pintura, além de possuírem odor forte e serem inflamáveis.

Geralmente, os óleos mais utilizados são o creosoto, o pentaclorofenol e o naftanato de cobre. Já nos casos dos sais, não apresentam cheiro forte e permitem a pintura posteriormente. Os sais mais usados são os

cromatos de zinco, de cobre e de boro. Na aplicação de produtos e conservantes, deve-se observar os seguintes itens (AZZINI; SALGADO, 1994):

- a) Os produtos devem ser suficientemente ativos para impedir a vida e o desenvolvimento de microrganismos interiores e exteriores;
- b) Sua composição não deve afetar os tecidos do bambu, ocasionando modificações e diminuindo suas qualidades físicas;
- c) Devem ser empregados em estado líquido a fim de se impregnarem facilmente em todas as partes do bambu;
- d) Não devem ter cheiro forte ou desagradável capaz de impedir seu emprego no interior das residências;
- e) Não devem modificar a coloração do bambu, principalmente os que serão utilizados como elemento decorativo.

Um outro método de imunização é o Método Boucherie, tratamento que se aplica aos bambus recém-cortados, cuja seiva esteja em movimento. Idealizado por Boucherie no ano de 1873, o método consiste em fazer penetrar o conservante, através de pressão hidrostática, pela extremidade do bambu. O conservante empurra a seiva, ocupando assim o seu lugar (AZZINI; SALGADO, 1994).

Para se aplicar esse método, coloca-se na extremidade do colmo de bambu, do qual eliminam-se previamente os ramos e folhas, a extremidade de um tubo de borracha ou pedaço de câmara de ar, que se enche com o conservante, fechando-se, então, a extremidade superior (Figura 34).



Figura 34 - Aplicação do método Boucherie em varas de bambu.
(Fonte: Foto da autora. Costa Rica, 1998).

O tratamento por imersão em produtos químicos, baseia-se em mergulhar o bambu, de forma horizontal, em um tanque com conservante por aproximadamente 12 horas. O maior tempo dessa imersão do bambu proporcionará maior saturação aos colmos.

A imersão acontece em banho frio, dispondo os colmos submersos durante 5 dias, em pentaclorofenol e óleo diesel. Após o processo, os colmos devem ser postos inclinados, promovendo assim a saída do excesso de conservante, e em banho quente-frio, que consiste em mergulhar os colmos durante 1 hora em solução de pentaclorofenol, aquecida a 90°C. Passando esse período levar para solução fria de pentaclorofenol, permanecendo por 12 horas, como mostra a Figura 35.



Figura 35 - Tratamento das varas pelo método de imersão em produtos químicos (IL31 BAMBOO, 1992, p.46).

1.3 - O USO DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Os povos asiáticos mantêm uma tradição milenar na utilização do bambu, observando-se o surgimento e a perpetuação de várias construções onde o material utilizado é o bambu. Grande parte dos monumentos e edifícios que hoje são símbolos da arquitetura hindu, como o Taj Mahal (Figura 36), utilizaram o bambu em suas estruturas. Devido à sua flexibilidade e resistência, foi utilizado na construção de arcos e abóbadas.



Figura 36 - Taj Mahal, Índia. As cúpulas do monumento hindu foram feitas de bambu (ENVO CARE, em: www.envocare.co.uk).

Na China, o bambu foi utilizado para a construção dos primeiros pórticos e também para pontes, conseguindo vencer vãos superiores a 100m. São largamente utilizados para a fabricação de móveis, artesanato e pequenas construções, como o quiosque em estilo oriental apresentado na Figura 37.



Figura 37 - O uso do bambu na China em quiosques de estilo oriental (Fonte: CD-Rom de Roberto Magno).

Em Bangladesh, país com mais de 5 milhões de habitantes, 90% das habitações são feitas de bambu, de acordo com Boa (2002)¹. Complementando, de acordo com a NMBA - National Mission on Bambu Application, Índia (2004), um bilhão de pessoas pelo mundo vivem em casas de bambu. Países como a Colômbia, Equador e Costa Rica, utilizam este material para a construção de suas habitações há milhares de anos. Logo, países com uma cultura milenar do bambu, detém as melhores tecnologias, como é o caso da China, em seu aproveitamento industrial, e a Colômbia, na construção civil.

¹ BOA, E. CABI Bioscience, United Kingdom. In: Seminário sobre O Uso do Bambu no Mundo. Fundação Pró-Cerrado, Goiânia/Go, Brasil, 2002. (Comunicação verbal).

O bambu vem sendo percebido como material de vital importância para o desenvolvimento econômico destes países. Ultimamente, programas habitacionais são implantados em grande escala, utilizando o bambu como matéria-prima e desenvolvendo tecnologias avançadas de pré-fabricação industrialização dos seus componentes construtivos.

Na Colômbia, o bambu é o material de origem vegetal empregado com maior assiduidade, ultrapassando o uso da madeira. Entidades como a *Sociedad Colombiana del Bambu*, desenvolvem sério e grandioso trabalho sobre os bambus, inserindo profissionais como cientistas, engenheiros, arquitetos, industriais, artesãos e agricultores, em conjunto com corporações autônomas, universidades e o governo federal do país, em seus projetos. Pode-se observar através das Figuras 38 e 39, importantes obras arquitetônicas de bambu na Colômbia. Inclusive, importante ressaltar que a Colômbia é o país que detém a melhor tecnologia construtiva com o uso do bambu no mundo (Figura 40), sendo o país de origem de grandes nomes da arquitetura de bambu como Oscar Hidalgo López, Simón Vélez, Marcelo Villegas, Hector Fabio Silva e outros.



Figura 38 - Vista noturna da Catedral de Bambu, Nuestra Señora de la Pobreza.
Projeto do Arq. Simón Vélez, Colômbia.
(Fonte: CD-Rom cedido por Luis Fernando Botero).



Figura 39 - Ponte de bambu na Colômbia, projeto do Arq. Simón Vélez.
(Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).



Figura 40 - Empresa Guadua y Bambu Eje Cafeteiro, de beneficiamento de bambu guadua, em Pereira, Colômbia.
(Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).

Comumente o emprego do bambu em construção se faz de forma empírica, baseado geralmente nos sistemas tradicionais estabelecidos em cada país e que algumas vezes estão regidos por crenças e critérios errados, interferem na evolução da arquitetura e na aplicação apropriada desse material (SALGADO *et al*, 1994). Entretanto, construções luxuosas, verdadeiras obras primas do ponto de vista arquitetônico, são construídas para atender uma demanda cada vez maior de pessoas de alto poder aquisitivo. Vale neste caso ressaltar o trabalho do arquiteto Simon Vélez na Colômbia que pelo seu poder de emulação tem difundido o uso adequado do bambu na construção civil (Figura 41).



Figura 41 - Edifício sede da CARDER, Corporación Autónoma de Risalda, com 6.524 m² construídos de guadua. Obra do Arq. Simon Vélez.
(Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).

Na cidade de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, vemos a atuação de dois profissionais empregando o bambu na construção, Edson Sartori e Rubens Cardoso, engenheiro e arquiteto foram os organizadores do primeiro e do segundo Seminário Regional sobre a Utilização do Bambu. No ano de 1999 construíram, a pedido da Prefeitura de sua cidade, o Memorial da Cultura Indígena no interior da própria comunidade indígena, consistindo de duas "ocas" estruturadas por bambu e cobertas por fibra natural, como mostra a Figura 42.



Figura 42 - Memorial do Índio, feito de bambu, Campo Grande - MS
(CARDOSO JUNIOR, 2000, p. 79).

1.3.1 - Propriedades físicas e mecânicas do bambu

a) Propriedades físicas do bambu

O bambu apresenta excelentes características físicas e, segundo Ghavami; Marinho (2001), os colmos do bambu possuem características de

leveza, força, dureza, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho, que são ideais para diferentes propósitos tecnológicos. A cor, a altura total, a distância entre os nós, o diâmetro do mesmo e a espessura da parede, tudo isso depende da espécie e do período e idade do corte do bambu. De acordo com Pereira (2001), o bambu alcança sua resistência máxima a partir dos três anos, quando atinge a maturidade, e os colmos maduros são mais resistentes que os verdes.

Uma característica física significativa do bambu é a sua higroscopia, ou seja, ele tem a capacidade de absorver umidade, sendo, portanto, um material higroscópico. Assim, o bambu dilata-se com o aumento da umidade e contrai-se com a sua perda. Segundo Ghavami ; Marinho (2001), a sua umidade natural varia entre 13 a 20%, dependendo do clima onde está inserido.

De acordo com Barbosa; Ghavami (2005), as propriedades físicas do bambu de maior interesse para a engenharia são peso específico, umidade natural, absorção de água, variações dimensionais e coeficiente de dilatação.

O peso específico interessa para se avaliar o peso próprio das estruturas de bambu; a umidade natural serve para se fazer correções de resistência em relação à umidade padrão de 12%; a absorção e variações dimensionais são necessárias para se verificar possíveis mudanças de volume das peças de bambu. O coeficiente de dilatação térmica permite obter as variações de dimensões das peças de bambu (BARBOSA; GHAVAMI, 2005, p. 7).

De acordo com Ghavami; Marinho (2001), através de experimentos foram comprovados que a condutividade térmica do bambu para uma transmissão de calor radial é 15% menor do que para a madeira, nas mesmas condições de umidade. Para uma transmissão de calor longitudinal, a condutividade é 25% menor. E a seção transversal de uma parede de bambu é formada por:

- f) Superfície exterior dura e lustrosa, a qual evita parcialmente a perda de água do colmo;

- g) Células parenquimais, onde os nutrientes são armazenados;
- h) Feixes vasculares contendo: vasos que conduzem a água, tubos condutores da seiva e fibras de paredes grossas, as quais são uma das responsáveis pela resistência dos bambus;
- d) Propriedades mecânicas do bambu.

Segundo Barros; Souza (2004), o uso de um determinado material na construção está condicionado a questões como durabilidade e capacidade de suportar as solicitações impostas durante a vida útil da obra. Assim, as propriedades mecânicas do bambu também são influenciadas pela espécie, idade de corte, teores de água e umidade na composição e outros.

Após dois anos e meio de saída do solo, o bambu já possui resistência mecânica estrutural, sem comparação com outro vegetal. Estabelecido por forma tubular, estruturalmente estável, baixa massa específica, geometria circular oca estabelecida pela razão resistência mecânica / massa do material, se obtém baixo custo de produção, facilidade de transporte e trabalhabilidade, implicando assim em reduzidos custos nas construções.

A densidade dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m³, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares. Estas diferenças são menores mais perto do topo, devido ao aumento da densidade na parte interna e redução da espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquimas e mais fibras (PEREIRA, 2001). A disposição das fibras do bambu é orientada no sentido paralelo ao eixo do colmo, por isso a resistência à tração longitudinal às fibras é bastante alta.

De acordo com Ghavami; Marinho (2001), a resistência do bambu à compressão é 30% menor que a resistência a tração, estando entre 20 e 120 MPa, nos ensaios de compressão normal às fibras. Observações semelhantes podem ser feitas a respeito do posicionamento do nó na peça a ser ensaiada, acarretando menores resistências à compressão para corpos-de-prova com nó.

Através de estudos feitos em relação à resistência à compressão, em materiais como a madeira e o concreto, observa-se que o bambu pode ser utilizado como elemento estrutural em substituição a estes materiais, chegando a fornecer melhores resultados em alguns casos. Porém, é importante ressaltar que, tratando-se de peças sujeitas à compressão, não basta realizar uma análise baseada apenas no limite de resistência do material, o qual é independente do tamanho e geometria da estrutura. Nesse caso, é preciso levar em conta a esbelteza do elemento estrutural, verificando a possibilidade do mesmo falhar por flambagem (GONÇALVES, 1994).

O bambu também é capaz de substituir, com vantagens, elementos estruturais de madeira quando seus dimensionamentos estão condicionados à capacidade do material de resistir a esforços cisalhantes. Ghavami; Marinho (2001) realizaram estudos em relação à resistência ao cisalhamento longitudinal às fibras em corpos de prova de bambu, obtendo valores em torno de 8MPa e 32MPa, respectivamente.

1.3.2 - Propriedades construtivas do bambu

A crescente escassez e valorização de espécies arbóreas como a madeira, vêm contribuindo para que sejam voltadas pesquisas visando o uso do bambu em diversas aplicações. O bambu apresenta excelentes qualidades que o tornam um material bastante propício para a construção civil. Ele pode substituir a madeira e o aço na concretagem. Pode ser utilizado em quase tudo na construção, da fundação ao telhado.

Além de ser versátil na construção, o bambu é leve, o que facilita o seu manuseio e transporte. A constituição do seu colmo também permite que ele seja de fácil corte e fracionamento, no entanto, para se atar uma peça à outra, o melhor é que se utilize de parafusos, pois os pregos podem ocasionar rachaduras e danos no bambu (GRAÇA, 1988, p. 49). Após o parafusamento, pode-se fazer amarrações com fibras naturais sobre os parafusos, para conferir melhor acabamento às juntas.

Comparando o bambu com outros materiais como o aço, a madeira e o concreto, o bambu se mostra vantajoso, pois é mais econômico e consome menos energia para sua produção, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Relação entre a energia de produção por unidade de tensão.

MATERIAL	Bambu	Madeira	Concreto	Aço
MJ/ M ³ / MPA	30	80	240	1500

(Fonte: GHAVAMI, 1992, p. 24).

De acordo com a Tabela 3, o bambu é o material em que se gasta menos energia na sua produção, seguido pela madeira, pelo concreto e o aço, sendo que este último consome uma energia 50 vezes maior do que o bambu. Compara-se satisfatoriamente com outros materiais como o aço, o concreto, o alumínio e a madeira. A Tabela 4 mostra a relação entre a resistência, a tração e o peso específico para alguns materiais. Observa-se que o bambu apresenta um valor maior para esta relação, o que torna vantajoso seu emprego na construção civil.

Tabela 4 - Relação entre a resistência à tração e o peso específico.

MATERIAL	Res. Tração $\sigma_1(N/mm^2)$	Peso Específico $u(N/mm^2 \times 10^{-2})$	$R = \frac{\sigma_1}{u} \cdot 10^2$	R/ Raço
Aço (CA 50A)	500	7,83	0,63	1,00 (ref.)
Bambu	140	0,80	1,75	2,77
Alumínio	304	2,70	1,13	1,79
Ferro Fund.	281	7,20	0,39	0,62

(Fonte: GHAVAMI, 1992, p. 24)

O bambu pode ser utilizado em combinação com vários outros tipos de materiais como o concreto, o tijolo aparente, a madeira (nos encaixes), telhas de barro, argamassa de reboco e outros.

Uma das dificuldades encontradas ao se executar construções com o bambu, é que o mesmo não apresenta uma linearidade em seus colmos, ou seja, a peça não é totalmente uniforme. Isso acaba por dificultar soluções totalmente retilíneas na construção civil. No entanto, isto não cria um

empecilho, já que a sua vantagem econômica, sua leveza e durabilidade compensam esse problema.

1.3.3 - Componentes construtivos feitos de bambu

Como material de construção, o bambu permite grande diversidade de usos na construção de estruturas, pisos, paredes, estrutura de telhados dentre outros. Por seu baixo custo e fácil disponibilidade, tem sido utilizado particularmente pela gente de poucos recursos econômicos, na América Latina e nos países Asiáticos, que o emprega em qualquer tipo de construção.

É comum a utilização de outros materiais juntamente com o bambu, utilizados na composição do projeto arquitetônico ou simplesmente na união ou encaixe de peças de bambu. Os principais materiais utilizados nesta composição são o concreto, o tijolo maciço, a madeira, telhas cerâmicas e outros. Na residência apresentada na Figura 43, pode-se observar a composição do bambu com o tijolo aparente, técnica utilizada na Colômbia.

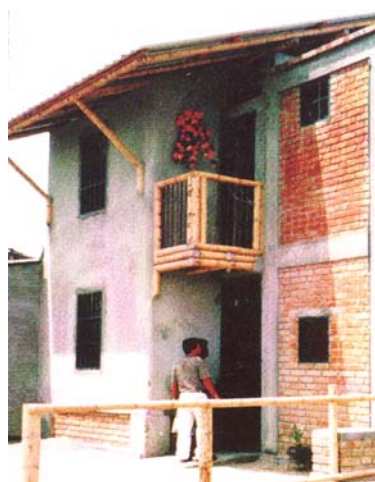


Figura 43 - Casa de bambu e tijolo aparente: composição de materiais distintos. (SOCIEDAD COLOMBIANA DEL BAMBU, 2001).

Alguns dos principais elementos construtivos que compõem as habitações econômicas serão descritos a seguir.

a) Pilares

O bambu é utilizado como pilar nas edificações, e por ser um material bastante resistente, suporta construções de vários pavimentos, por vários anos. A base do pilar de bambu deve ser feita obedecendo à regra de não colocá-lo em contato direto no solo. Assim, é necessário utilizar blocos de concreto ou outro material, como base para a proteção do bambu contra a umidade dos solos e dos pisos.

As casas construídas de bambu são erguidas do chão, isolando-as do contato direto do solo, como dito anteriormente, e a sua durabilidade é afetada não seguindo regras como estas. Assim, os pilares de bambu do edifício são apoiados em bases de concreto, distanciando o bambu da umidade. Pode-se observar, na Figura 44, a estrutura da casa de bambu apoiada em bases de concreto.



Figura 44 - Pilares de bambu apoiados em bases de concreto.
(Fonte: Foto da autora, Costa Rica, 1998).

Os pilares são feitos da parte mais importante do bambu, ou seja, da parte média à parte inferior do colmo. Estes são constituídos por nós internos que se alternam ao longo do comprimento dos colmos. Segundo Freire; Beraldo (2003), os nós conferem ao colmo maior resistência estrutural, proporcionando maior resistência aos pilares.

Para garantir a utilização de colmos de boa qualidade nos pilares, é necessário que os tenham atingido maturidade e que todos os cuidados necessários, em relação à imunização e armazenamento destes colmos, tenham sido tomados. O bambu usado em estruturas como pilares, tem a capacidade de absorver alta energia, apresentando-se seguro e indicado para uso em zonas com freqüência de abalos sísmicos. As Figuras 45 e 46 apresentam tipos de pilares de bambu empregados em construções.



Figura 45 - Pilares de bambu com base de concreto. Coreto Jayme Kerbel Golubov, Praça da Colina, área residencial do Campus UnB. (Fonte: Arquivo Cantoar-FAU/UnB, 2000).



Figura 46 - Pilares de bambu. Centro de Desarrollo Artesanal de Risalda, Colômbia. (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).

b) Vigas e treliças

As vigas e treliças construídas com o uso dos bambus, também são realizadas com muito esmero por quem conhece esta técnica construtiva. São altamente resistentes e apresentam alta resistência mecânica e espacial.

Como estrutura, as vigas e treliças de bambu conferem alto grau de eficácia em regiões que possuem abalos sísmicos periódicos, como mencionado no item sobre pilares.

A largura de vigas e arcos varia de acordo com o comprimento. Com o bambu laminado podem ser fabricados todos os tipos de arcos que são construídos em madeira, podendo assim produzir os diversos modelos de vigas desejados.

Como pode ser visto nas Figura 47 e 48 , existem muitas possibilidades para a construção de vigas, embora o indicado para cada peça

seja em torno de 3 metros, pois quanto mais longas as treliças podem apresentar deflexões em relação a sua altura, o que varia entre 40 a 50 cm.



Figura 47 - Laje feita de bambu em edificação de dois pavimentos (Fonte: CR-Rom cedido por Roberto Magno)



Figura 48 - (a) e (b) Treliça plana (viga), construída na Terra Indígena dos Krahô, TO. (Fonte: Arquivo Cantoar - FAU/UnB).

c) Painéis de vedação vertical

O bambu na forma de painel de vedação pode constituir-se de varas verticais ou ripas inseridas em molduras, podendo ser de bambu ou de madeira, dependendo da necessidade ou preferência. Além disso, os painéis de vedação feitos de bambu podem ser preenchidos com barro ou podem ser argamassados simplesmente. Estes painéis são de grande flexibilidade, de fácil execução e passíveis de futuras ampliações. A Figura 49 apresenta um dos vários tipos existentes de painel, feito com *esterilhas* de bambu, aplicado em habitações econômicas.



Figura 49 - Painéis de bambu para vedação vertical das habitações.
(Fonte: CD-Rom cedido por Luis Fernando Botero)

O tema dos painéis de vedação vertical feitos de bambu, foco deste trabalho, será abordado com maior profundidade ainda neste capítulo, item 1.4.

d) Estruturas de telhado

É possível construir várias estruturas de telhados utilizando o bambu como principal material, na forma de triângulos, arcos etc, assim pode-se valorizar a estrutura, aliando-se a preocupação estética ao método construtivo.

O arquiteto Simón Vélez utiliza o bambu e domina a técnica construtiva para a criação de complexas estruturas de telhado, um dos elementos construtivos predominantes e de maior destaque nas obras de Vélez, sem dúvida. Há uma variedade de formas de estruturas de telhados, como por exemplo, cilíndricos e elípticos. Assim, o bambu pode ter muitas aplicações na construção de telhados, preconizando belas formas e soluções em suas aplicações, como pode ser observado nas Figuras 50 e 51.



Figura 50 - Estrutura de telhado, tendo o bambu como principal material de construção (VÉLEZ, 2002).



Figura 51 - Estrutura de bambu criada pelo arquiteto Simon Vélez, na Colômbia (VÉLEZ, 2000, p.66).

e) Telhas

É possível se produzir telhas feitas de bambu, que constituem um elemento a mais na construção de habitações. As telhas devem ser amarradas umas às outras com arame galvanizado, evitando que o vento as tire do lugar. A Figura 52 apresenta um exemplo de aplicação de telhas de bambu em uma habitação.



Figura 52 - Telhas de bambu (VÉLEZ, 2000, p.136).

f) Escadas artesanais

O bambu é um elemento que pode ser utilizado na construção de escadas, demonstrando resistência, praticidade na execução, segurança e excelente efeito estético.

As escadas feitas de bambu são apoiadas em estruturas de outros materiais, geralmente de concreto, propiciando um menor contato com o solo, visto que a umidade pode diminuir significativamente a sua vida útil. A Figura 53 mostra uma escada de bambu executada de maneira não recomendável,

deixando o material em contato direto com o solo. Assim, os colmos deverão apodrecer mais rapidamente, pois favorecem o ataque de fungos e insetos.



Figura 53 - Escada de bambu construída de maneira não recomendada, permitindo o contato do bambu com o solo.
(Fonte: IL31 BAMBOO, 1992, p.34).

As escadas, entretanto, podem ser feitas de bambu desde que alguns cuidados sejam obedecidos (Figura 54). Na junção dos degraus podem ser utilizados elementos metálicos, fibras naturais, etc, que contribuem com a ligação e estruturação das escadas de bambu.



Figura 54 - Escada de bambu, projeto da Arq. Ana Maria França, em Goiânia, feita sobre base de concreto, evitando o contato direto dos colmos com o solo.
(Fonte: Foto de Ana Maria França, Goiânia, 1997).

g) Ligações e conexões de bambu

O tema das ligações dos bambus, seja com os próprios bambus ou com outros materiais, vem sendo estudado cada vez mais por pesquisadores sobre o tema, a fim de viabilizar sua aplicação de forma sistematizada em edificações, principalmente em habitações econômicas.

De acordo com López (1974) *apud* CARDOSO JUNIOR (2000), o bambu tem baixa resistência ao cisalhamento devendo ser considerado no desenho arquitetônico das juntas. A presença dos nós nas ligações aumenta em 50% a resistência ao cisalhamento, atingindo um valor médio de 1, 67 MPa.

O bambu não tem boa resistência às pregações, devido a sua constituição basicamente composta por fibras paralelas muito longas, com densidade específica muito alta, principalmente nas paredes externas, com grade tendência ao cisalhamento. As ligações mais recomendadas são as parafusadas, por proporcionarem maior estabilidade, como pode ser observado nas Figuras 55, 56 e 57. Este procedimento provoca um corte nas fibras, porém, sem provocar o afastamento das mesmas, evitando-se assim o fendilhamento longitudinal.



Figura 55 - Conexões das peças de bambu através do parafusamento (VÉLEZ, 2002).



Figura 56 - Conexões das peças de bambu (VÉLEZ, 2002).



Figura 57 - União de peças de bambu com peças do próprio bambu.
(Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).

Muitas das conexões, além da função prática que desempenham, também têm um valor estético intrínseco. O espectro varia de acordo com os

diferentes métodos de combinação empregados nas construções, podendo apresentar conexões paralelas, conexões ortogonais ou juntas.

De acordo com o uso e a necessidade da ligação, pode-se criar diversas formas de convergir os pontos das canas de bambu. Em construções tradicionais de bambu, cordas, fibras de coco, de palha e outros materiais são amarrados nas junções, cobrindo as conexões, como mostra a Figura 58. São utilizados ainda elementos de ferro, madeira ou outros materiais para unir o bambu, ficando estes aderidos às construções.



Figura 58 - Detalhe de amarração da conexão de bambu, com fibras naturais.
(Fonte: Foto de Ana Maria França, Goiânia, 1997).

Inspirado em usos tradicionais, o arquiteto Simón Vélez desenvolveu uma técnica que traz as juntas de bambu em edifícios de alta tecnologia. Considerando que o bambu tem uma enorme resistência à tração, Vélez desenvolveu um sistema para construções sujeito à vetores elásticos. Primeiro, as seções do fim do bambu são ligadas e preenchidas com concreto, e no concreto inserem-se elementos de metal. As partes que usam as ligações de metal então podem ser conectadas. Por conseguinte, uma proporção alta da força é adquirida e transferida às paredes, e o processo de lascamento, que normalmente acontece nas canas ocas, é evitado, aliando esforços tradicionais aos usos tecnológicos modernos (Figuras 59 e 60).



Figura 59 - Técnica construtiva de ligação do bambu com bases de concreto, através de peças metálicas (VÉLEZ, 2002).



Figura 60 - Detalhe da ligação dos bambus (VÉLEZ, 2002).

h) Detalhes construtivos

Pela resistência e segurança, o bambu apresenta resultados satisfatórios na sua utilização como guarda-corpos, marquises, varandas, decks, bancadas, lavatórios, cercas, portões e outros, conferindo praticidade e leveza à edificação.

Obtém-se guarda-corpos de bambu através da composição de peças horizontais, verticais ou inclinadas. De todas as maneiras, esta estruturação confere resistência e beleza à construção.

O guarda-corpo de bambu também deve possuir base afastada do solo, evitando assim a umidade da terra. Geralmente, os guarda-corpos são estruturados por pilares, os quais podem ser de mesmo material, ou não, como concreto, metal, madeira, ou tijolo aparente, como mostra a Figura 61.



Figura 61 - Guarda corpo de bambu.
(Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).

Fechamentos de bambu inseridos na fachada das edificações tornam-se um elemento construtivo de grande valor estético e funcional (Figura 62).



Figura 62 - Fechamento feito com bambus, formando desenhos geométricos.
(Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).

O bambu é utilizado para diversos fins, adequando-se conforme cada atributo que lhe for pedido. Sendo assim, ele surge compondo fachadas através de marquises, simples, suspensas ou elaboradas, construídas com o suntuoso bambu, como apresentam as Figuras 63 e 64.



Figura 63 - Marquise de bambu suspensa, compondo fachadas.
(Fonte: CD-Rom cedido por Roberto Magno)



Figura 64 - Marquise de bambu, criada por Simon Vélez. Pouso do Frade Resort, Rio de Janeiro, Brasil (VÉLEZ, 2002).

Os bambus, presentes em quase todas as partes da edificação, podem originar detalhes de importância funcional e estética como portões, esquadrias e lavatórios, como mostram as Figuras 65, 66 e 67.



Figura 65 - Bambu utilizado como portão (TIMSTREET, 2000).



Figura 66 - Esquadria do tipo pivotante, feita de bambu. (Fonte: Foto da autora, Colômbia, dezembro de 2005).



Figura 67 - Lavatório feito de bambu, apresentado na Mostra Casa Cor Goiás 97.
(Fonte: Foto de Ana Maria França).

1.3.4 - Experiências em Programas de Habitações Econômicas

Em alguns países como a Colômbia, Equador e Costa Rica, a utilização do bambu na construção civil é bastante desenvolvida e aceita pela população.

Com o crescimento demográfico, a demanda por moradias aumentou e com isso cresceu a busca de materiais alternativos e de tecnologias que reduzem os custos da construção. O bambu, material de grande potencialidade, pode e deve ser utilizado para a construção de habitações populares, devido ao fato de ser facilmente encontrado, com produção de baixo custo, além de ser ecologicamente viável e de fácil manejo. Serão apresentados neste item três experiências, sendo duas internacionais e outra desenvolvida no Brasil

a) Projeto Malabar - Manizales / Caldas, Colômbia.

Manizales é uma cidade pequena, capital do Departamento de Caldas, Colômbia, situada a 2500 m acima do nível do mar, a oeste da área crescente de Bogotá. Sofreu com a escassez de alojamentos urbanos por algum tempo, e para reduzir esta escassez, o ICT - Instituto de Crédito Territorial da Região da Manizales, buscando uma política emergencial para minimizar o problema, teve como meta criar alojamentos em terreno desapropriado e localizado em declives íngremes, que freqüentemente tinham baixa densidade de alojamento. O ICT, que é uma organização estatal para o desenvolvimento de programas de moradia social, planejou tais moradas para

melhorar as condições das famílias que viviam sob calamidade moral, sem moradia decente, sem o mínimo de conforto.

Este é provavelmente um dos experimentos em projetos de bambu mais interessantes já desenvolvidos, nas ladeiras da Manizales, que foi construído nos anos setenta. Este projeto foi concebido pelo Engenheiro Civil Jorge Arcila, que também gerenciou a sua construção.

O Projeto de Manizales, também conhecido como *Projeto Malabar*, é apenas um dos inúmeros conjuntos residenciais construídos pelo ICT, onde buscou-se construir sob a consideração de valores sociais e culturais com o uso de materiais regionais. A grande maioria do material utilizado na construção é o bambu (*Guadua angustifolia*).

As unidades de habitação do *Projeto Malabar* possuem área de superfície dos cômodos variando entre 6 e 7m, onde os ambientes existentes são basicamente sala de estar, quarto, cozinha e banheiro. A iluminação e ventilação são realizadas através de um pátio.

Este projeto, apresentado na Figura 68, estava situado em inclinação de aproximadamente 30°, e em sua construção havia dois tipos de fundações, que eram vistas nas seções longitudinais, onde eram experimentalmente usadas. Um grupo de casa de bambu foi construído seguindo o declive do terreno, e no outro grupo, os terrenos foram terraplenados.



Figura 68 - Vista das habitações em terreno íngreme no Projeto Malabar, Manizales, Colômbia (IL31 BAMBOO, 1992, p. 76).

Inicialmente, a estrutura das casas é toda de bambu, tendo suas colunas principais apoiadas em fundações de concreto, sendo presas por meio de “travamentos suspensórios diagonais”, como visto na Figura 69. Posteriormente, as estruturas que formam as paredes são cobertas com esteiras de bambu, antes de serem rebocadas. O conjunto habitacional fica apenas com a estrutura de bambu aparente, como apresentado na Figura 70, e tem suas paredes rebocadas e pintadas.

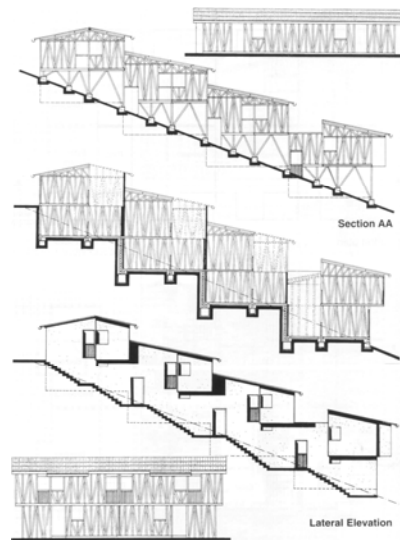


Figura 69 - Corte esquemático das residências de bambu (IL31 BAMBOO, 1992).



Figura 70 - Paredes cobertas com esteiras de bambu antes do reboco (IL31 BAMBOO, 1992).

b) Projeto Nacional de Bambu na Costa Rica

O Projeto Nacional de Bambu, posteriormente transformado em Fundação (FUNBAMBU), coordenado pela arquiteta Ana Cecília Chaves, tem como objetivo principal o aproveitamento do bambu na construção de habitações econômicas, especialmente em comunidades rurais (CARDOSO JUNIOR, 2000).

Uma instituição inglesa, a “Building and Social Housing Foundation” (BSHF), dedicada à pesquisa e educação em matéria de habitação e assentamentos informais, premiou a Fundação Nacional de Bambu (FUNBAMBU), com um prêmio mundial pelos esforços desenvolvidos para dotar os cidadãos mais necessitados de moradias. O objetivo do prêmio é a difusão das soluções para os problemas habitacionais, de infra estruturas e serviços sociais.

A cultura do bambu *guadua* foi introduzida na Costa Rica por Carlos Manuel Rojas, trazendo do Brasil e da Colômbia algumas mudas e disseminando seu cultivo em distintos pontos do país. Em 1985, o governo definiu como prioridade fundamental o problema habitacional no país. Comprometeu-se assim com a produção mínima de 80.000 moradias durante o período de 1986 a 1990, já que o déficit era de 125.000 unidades.

A primeira fase do projeto concluiu-se em dezembro de 1991. Durante esta fase foram plantados 200 hectares de *Bambusa guadua angustifolia*, em três principais pontos do país, como mostra a Figura 71.



Figura 71 - Plantio de mudas de bambu. San José, Costa Rica, 1998
(Fonte: Foto da Autora no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).

Foi realizada, neste projeto, a capacitação de uma série de técnicos e de famílias pertencentes às comunidades carentes (aproximadamente 600 famílias). Durante esta primeira fase, foram construídas 400 habitações de bambu, sendo que uma destas casas pode ser vista na Figura 72. As casas possuíam em média 45 m² e a técnica construtiva foi facilmente absorvida pela população.



Figura 72 - Casa de bambu do Programa Nacional de Bambu, Costa Rica, 1998
(Fonte: Foto da autora, Costa Rica, 1998).

c) Projeto Cantoar

O Projeto Cantoar – Canteiro, Oficina de Arquitetura e Fibras Naturais, é um espaço-instituição da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU / UnB), articulado com a Prefeitura do Campus da Universidade de Brasília. Trata-se de um centro de pesquisa sobre a arquitetura e matérias-primas de origem natural, em especial os bambus. Na busca de novas formas de conceber a arquitetura através da experimentação, da conversação, de ensaios e de realizações práticas, o *Projeto Cantoar* (Figuras 73 e 74) abriga oficinas e ofícios vinculados ao espaço universitário.



Figura 73 - (a) e (b) Escola Agro-ambiental Comunitária Catêxkwj – Terra Indígena Krahô TO; (Fonte: Arquivo Cantoar – FAU/UnB).



Figura 74 - Curso Projeto Taboca (CNPT / IBAMA e DEX /UnB, Agricultores de Icuriã, Acre, Técnicos do Ibama-DF e Graduandos da FAU/UnB).
(Fonte: Arquivo Cantoar, FAU/UnB).

d) Projeto Inbambu

Criado em Maceió, o Instituto do Bambu (*Inbambu*) é um centro de referência na capacitação e pesquisa sobre o uso do bambu em Alagoas. O Instituto tem o objetivo de iniciar um processo que dê suporte à economia do bambu. Entre as ações desenvolvidas está o incentivo da utilização da planta na construção civil, como uma alternativa economicamente viável e renovável pela natureza. O *Inbambu* é uma associação sem fins lucrativos, criada com o objetivo de desenvolver bases técnicas e científicas relacionadas ao uso do bambu.

As pesquisas elaboradas pelo pró-reitor de extensão da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, confirmam o alto grau de resistência das fibras do bambu, sendo que a mistura da fibra com o concreto dispensa as estruturas de aço na construção de casas. Estima-se um custo médio de R\$ 4.300,00 para a construção de uma casa popular, de 38 metros quadrados (INBAMBU, 2000). Quarenta por cento mais barato que a uma casa de alvenaria, com o mesmo tamanho. As Figuras 75 e 76 demonstram alguns dos modelos de casas produzidas pelo *Inbambu*.



Figura 75 - Casa popular de bambu desenvolvida pelo Projeto Inbambu, Maceió, Alagoas, Brasil (INSTITUTO DO BAMBU, em: www.institutodobambu.org.br).



Figura 76 - Modelo de habitação popular feita de bambu. Maceió, Alagoas. Projeto Inbambu (INSTITUTO DO BAMBU, em: www.institutodobambu.org.br).

1.3.5 – A cultura construtiva nacional

Muito tem-se falado sobre sustentabilidade e questões relacionadas à preservação do meio ambiente, sendo que existem vários conceitos envolvendo este termo. Pode-se dizer que não existe sustentabilidade isolada, ou seja, não se pode discuti-la apenas do ponto de vista ecológico. Ela está diretamente ligada aos fatores políticos, sociais, econômicos e culturais e não se sustenta apenas por partes fragmentadas, mas sim no todo.

É sabido que o mundo contemporâneo, com o avanço da ciência e da tecnologia, tem provocado desequilíbrios ao meio ambiente, fazendo-se necessário buscar alternativas viáveis a serem implantadas na Indústria da construção civil. Pode-se dizer que arquitetura sustentável é aquela que se utiliza de baixo consumo de energia para sua construção, que não agride a natureza e que oferece às pessoas bem-estar e conforto. Portanto, o uso de materiais renováveis pela natureza é fator que muito pode contribuir para a preservação dos recursos naturais.

A construção de uma sociedade sustentável passa por uma radical transformação, tanto nos padrões de consumo quanto nos processos de produção. Novas formas de morar e o desenvolvimento de tecnologias de construção diferenciadas são essenciais para esta mudança de padrões. Segundo John (2001), *“não há desenvolvimento sustentável sem construção sustentável”*. Diante desta constatação, tem sido preocupação de alguns cientistas, engenheiros e arquitetos o desenvolvimento de técnicas que favoreçam a diminuição dos problemas ambientais, principalmente no que diz

respeito ao problema da habitação. Tenta-se, assim, desenvolver pesquisas que envolvam o emprego de materiais alternativos de baixo custo na construção civil.

Contudo, o preconceito vigente no Brasil em relação ao bambu faz com que esta planta se torne esquecida e relegada a segundo plano. Desse modo, a eliminação de bambuzais é freqüente em todo território nacional. Nos dias de hoje essas áreas são destruídas para em seu lugar produzir grãos ou criar bovinos. Isso, no entanto, prejudica o solo, e o bambu, ao contrário, ajuda a conservar os recursos naturais, produzindo oxigênio, reciclando a água de rios e lagos e limpando o solo de alguns elementos nocivos. O bambu é também um importante agente no controle da erosão, já que suas raízes formam uma rede subterrânea, impedindo erosões e dando firmeza a terra.

Quanto ao uso do bambu nas edificações como material de construção, nota-se que o acesso às informações a respeito desta matéria-prima é bastante difícil no Brasil. Há pouca bibliografia técnica e científica e quando existem, são edições estrangeiras ou desatualizadas.

Outro problema em relação ao uso deste material é a falta de pessoas preparadas e treinadas na sua utilização. Deveria haver mais centros onde pessoas interessadas poderiam estar fazendo cursos e atividades educativas para poderem lidar com essa matéria-prima e seus produtos. Além disso, não existe no Brasil uma normalização técnica para a aplicação desse material em edificações.

Existe pouca oferta de peças de bambu no mercado para a construção civil, sendo que não há cultivos de bambu próprios para esse tipo de fornecimento. Nota-se, ainda, que não há no comércio ofertas de máquinas, equipamentos e ferramentas apropriadas ao trabalho com os bambus.

Desse modo, no Brasil, a utilização deste material não-convencional para a construção civil é praticamente irrisória. Deveríamos, portanto, voltar nossos olhos para o outro lado da questão, ou seja, o uso deste material não só poderia trazer benefícios para o desenvolvimento tecnológico do Brasil, pois é um material de baixo custo e de reduzido consumo de energia, como também

estaríamos propagando o desenvolvimento sustentável, pois o bambu é um material altamente renovável, substituindo o uso da madeira e impedindo assim o corte indevido de árvores essenciais ao equilíbrio natural.

Almeida (2004) diz a este respeito que, *“a sub-utilização do bambu é ainda mais gritante se levarmos em conta a sua potencialidade, a diversificação das espécies existentes no Brasil, as condições ambientais que este país oferece ao seu cultivo e, sobretudo, a capacidade tecnológica dos nossos profissionais e das nossas instituições que atuam na área da construção civil”*.

Observa-se que, em projetos de arquitetura, o bambu encontra-se praticamente ausente, não sendo considerado como uma opção de igual valor aos demais materiais de uso corrente na construção como, por exemplo, o concreto, aço, os materiais cerâmicos e as madeiras. Fica claro que esses projetistas desconhecem a parte biológica dessa planta, bem como o desempenho dos seus produtos em termos físicos e mecânicos (ALMEIDA, 2004).

A diversidade e oferta relativamente abundante de madeiras é considerado como um fator que contribui para a pequena exploração do bambu no Brasil. Com base na opinião de Almeida (2004), torna-se importante destacar alguns impedimentos que tolhem o emprego pleno do bambu na construção pelos leigos ou não-profissionais, que são:

a) Existe certo preconceito em relação a essa matéria-prima, pois ela é tida erroneamente como um material frágil. Alega-se que ela está sujeita ao fendilhamento quando exposto à variação de temperatura, em geral à exposição direta ao sol, além de não ser um material padronizado, pois os seus entrenós e as secções do colmo são irregulares;

b) Acredita-se que as touceiras de bambu abrigam cobras venenosas, e que o seu sistema radicular drena a água do solo prejudicando assim as demais plantas;

c) A dificuldade de acesso às informações técnicas e práticas com relação aos diferentes usos do bambu na construção civil, no artesanato, na produção de objetos, etc;

d) Sua utilização inapropriada (quando ocorre alguma);

e) O deslumbramento das pessoas quando descobrem o bambu. Pensam que ele é "a salvação da lavoura", podendo ser aplicado diferentemente em todas as situações construtivas;

f) A falta de conhecimento e de preparo técnico das pessoas que creem que esse material é de fácil manipulação, que a sua colheita é simples, que a preparação dos colmos para o uso é mais fácil ainda e, assim, não haverá necessidade de desenvolvimento tecnológico, pois as soluções construtivas são dadas apenas pela tradição.

Almeida (2004) complementa, afirmando que para os profissionais de nível técnico e universitário, os problemas mais evidentes, seguindo a ordem de importância, são os seguintes:

a) Desconhecimento crônico desses profissionais quanto às potencialidades que essa matéria-prima de origem tropical oferece à construção;

b) Falta de preparação e treinamento desses profissionais, por meio de cursos e atividades educativas, para lidarem com essa matéria-prima e seus produtos;

c) A não inclusão, nos livros e manuais técnicos, de procedimentos e informações voltadas para o detalhamento executivo de projetos de arquitetura, engenharia e paisagismo empregando os bambus;

d) Sobretudo, a inexistência de uma normalização técnica brasileira para a sua comercialização, pesquisa e aplicação em edificações enquanto material de construção.

Contudo, na “contra-mão” da situação exposta acima, inúmeros pesquisadores, arquitetos, engenheiros, agrônomos e artesãos vêm

estudando e confirmando o grande potencial econômico e social desta matéria – prima, através de trabalhos práticos, teóricos e experimentais, como por exemplo o Inbambu, Cantoar, Centro Técnico Científico da PUC-Rio, entre outros.

De acordo com Barbosa (2005), não se pretende de maneira nenhuma descartar os materiais de construção industrializados. Porém, no futuro, certamente os materiais não convencionais virão a ter uma participação muito maior no mundo da construção. Barbosa (2005) complementa dizendo que *“é preciso desfazer o mito de que estes representam materiais de pobres, e, pelo contrário, possam ser valorizados pela sustentabilidade que podem dar à engenharia e à arquitetura”*.

1.4. ESTADO DA ARTE DOS PAINÉIS DE BAMBU

Os painéis de vedação são considerados como um dos principais componentes construtivos das edificações feitas de bambu. Podem ser executados de diversas maneiras, com o emprego de tecnologias que variam de região para região, levando-se em consideração o clima, a necessidade de vedação total ou parcial da edificação ou dos ambientes, a cultura construtiva da região, dentre outros fatores que condicionam a escolha do tipo de painel. A presente revisão bibliográfica, apresenta o estado da arte dos modelos mais utilizados de painéis de bambu.

A utilização do bambu para a produção de painéis de vedação mostra-se bastante vantajosa, pois é econômico, de fácil aplicação, podendo ser executada por pessoas que tenham conhecimento básico das técnicas construtivas necessárias. No caso da Colômbia, as comunidades produzem os painéis de vedação das suas casas sem a intervenção de empresas construtoras ou lojas de materiais de construção.

Segundo Vélez (2000), o bambu freqüentemente é o material escolhido para produzir desde os mais variados tipos de “cercados” até painéis e paredes auto-portantes. Os fechamentos verticais feitos com painéis de bambu podem ser projetados e executados de diversas maneiras, com tecnologias e técnicas construtivas distintas. Estes podem utilizar-se de esteiras entrelaçadas, de módulos pré-fabricados com o uso de madeira e de bambu, podem ser rebocados ou não, e suas juntas podem ser recobertas com o uso de cordas ou fibras naturais, conferindo um detalhe a mais aos painéis de bambu.

Os painéis de bambu são classificados em duas categorias distintas: artesanais e pré-fabricados, facilitando assim o estudo de seus tipos.

1.4.1. Painéis de bambu artesanais

a) Painéis de bambu estacados

Segundo Vélez (2000), existem várias formas de uso do bambu para a fabricação de paredes externas, internas ou muros. A técnica mais simples é

a de parede estacada, feita com varas de bambu. Alternadamente, as varas de bambu são divididas dentro do espaço e formam um importante elemento construtivo de fechamento. As varas de bambu podem ser colocadas verticalmente, horizontalmente ou entrelaçadas, como mostram as Figuras 77 e 78.

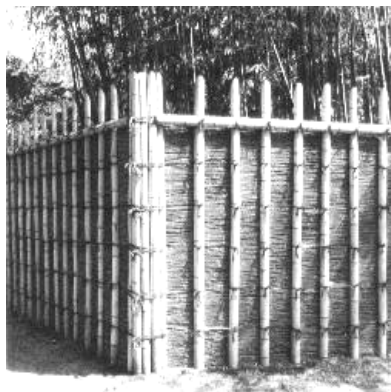


Figura 77 - Painel com varas estacadas verticalmente (VÉLEZ, 2000, p. 90).



Figura 78 - Painel feito de bambus estacados nos dois sentidos, uma das técnicas mais simples (VÉLEZ, 2000, p.93).

b) Painéis de bambu feitos de esteira

A Figura 79 mostra dois tipos de casas produzidas no Equador, no século XVI. Os fechamentos verticais eram feitos de bambu, formando uma esteira, tendo sido criados para abrigar o homem nas estações chuvosas e protegê-lo de animais perigosos da selva (LÓPEZ, 2003).



Figura 79 - Casa feita de Bambu pelos antepassados na Costa do Equador (LÓPEZ, 2003, p.238).

A casa mostrada na Figura 80 é um típico modelo da arquitetura de bambu que pode ser encontrado na costa do Equador. Observa-se a influência deixada pelos antepassados, devido à utilização dos mesmos fechamentos de bambu entrelaçados, do tipo esteira.



Figura 80 - Casa feita de Bambu com o uso das esteiras, tradição deixada pelos antepassados nas construções atuais (LÓPEZ, 2003, p.238).

c) Painéis feitos de esteiras com desenhos decorativos

Os painéis de bambu artesanais feitos de esteiras trançadas e decoradas, utilizam formas geométricas e desenhos variados para sua composição (Figura 81). Podem ser utilizados como fechamento vertical e ainda para a produção de portas e janelas, ficando aparente na edificação. Tradicionalmente, este tipo de esteira é muito utilizado nos países asiáticos (LÓPEZ, 2003).

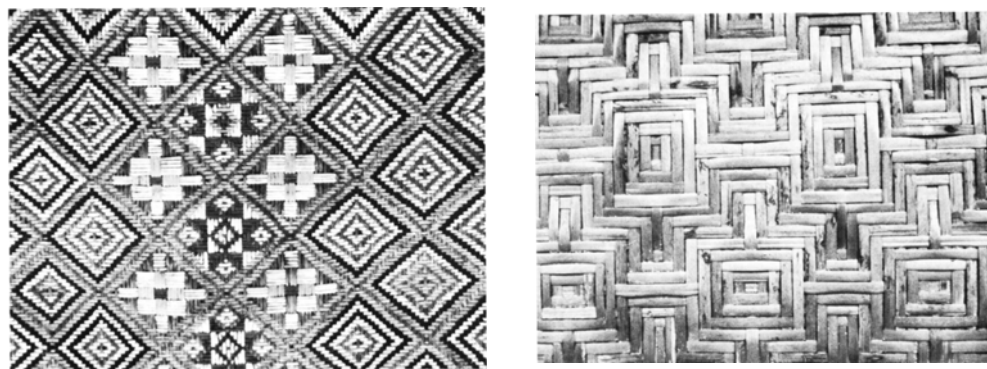


Figura 81 - Painéis de bambu feitos com esteiras, cujas tramas formam desenhos geométricos(LÓPEZ, 2003, p. 243).

d) Painéis de bambu vazados

De acordo com Vélez (2000), existem métodos adicionais aos citados anteriormente que visam o preenchimento das estruturas das paredes com feixes ou fibras de bambu, podendo ficar vazadas ou não, dos quais resultam painéis ornamentados, ricos em detalhes, que podem ser trabalhados das mais diversas maneiras, conforme ilustram as Figuras 82 e 83.



Figura 82 - Painéis de bambu formando detalhes vazados e variados (LÓPEZ, 2003, p. 243).



Figura 83 - (a) Pavilhão do Menino Pescador, Centro Cultural O Menino e o Mar, Ubatuba – SP, Arqº Ruy Otake ; (b) Detalhe do painel de bambu trançado, utilizado como vedação. (Fonte: ARCOWEB, em www.arcoweb.com.br).

e) Painéis de bambu preenchidos com barro

Além das formas já citadas, as estruturas construídas de bambu podem ser preenchidas ou simplesmente rebocadas com barro ou argila. Ambos os processos são facilmente identificados em projetos de habitações de baixo custo na América Latina, onde as técnicas variam de região para região e de acordo com a necessidade do projeto. Este tipo de painel utiliza bambus inteiros (*guadua*) no interior da estrutura, e ripas de madeira ou bambu são fixadas horizontalmente nos lados internos e externos do bambu (Figura 84). A estrutura então é preenchida com barro, que pode ser misturado com palhas ou fibras naturais (Figura 85).

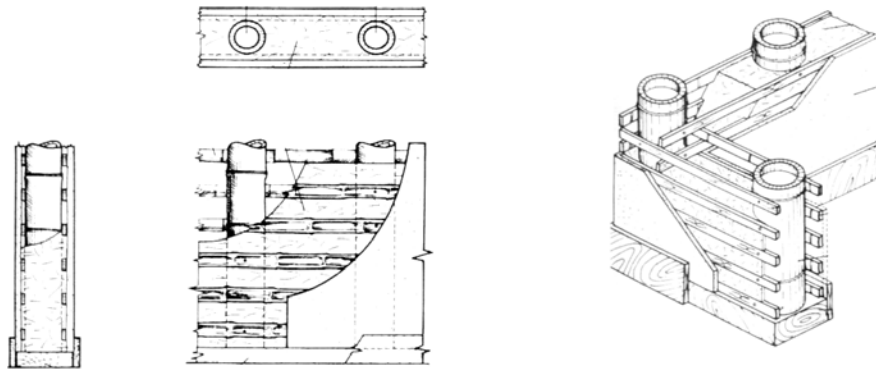


Figura 84 - Detalhes construtivos dos painéis preenchidos com barro (LÓPEZ, 2003, p. 239).



Figura 85 - A estrutura feita de bambu toma forma de parede, sendo posteriormente preenchida com uma mistura de barro e palha (LÓPEZ, 200, p. 239).

f) Painéis do tipo bahareque com esteiras duplas

Segundo Robledo (2002), os painéis do tipo *bahareque* são formados por uma estrutura de bambu ou madeira, que em seguida é vedada por esteiras de bambu, tanto na parte externa como na interna. Posteriormente, os painéis são argamassados e recebem pintura como acabamento final. Esta técnica apresenta-se como uma solução tecnológica do espaço construído de muitas culturas milenares (Figuras 86, 87 e 88).

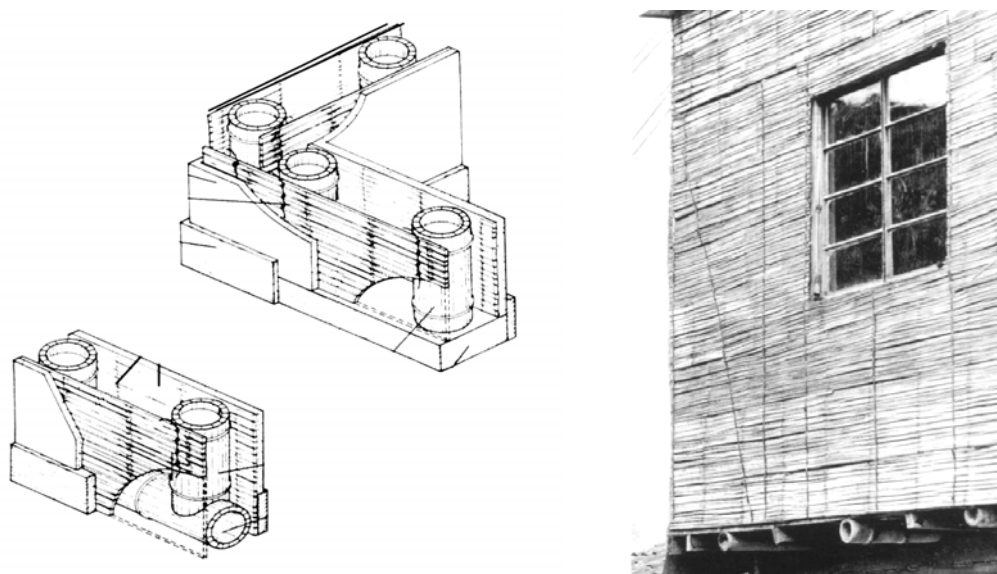


Figura 86 - Detalhes construtivos dos painéis do tipo bahareque (LÓPEZ, 2003, p.240).



Figura 87 - Esta edificação de quatro pavimentos foi construída por volta de 1930, em Salamina, Colômbia, e somente nos anos setenta as esteiras de bambu foram substituídas e rebocadas (LÓPEZ, 2003, p.240).



Figura 88 - Escola no município de Barcelona, Quindío - Colombia. Uso de bahareque argamassado como solução econômica. Arq. Simón Vélez (VÉLEZ, 2002).

g) Painéis do tipo *tendinous* ou tencionados (Índia e Colômbia)

De acordo com López (2003), este tipo de painel consiste em uma estrutura de bambu, semelhante a uma moldura (formada de base inferior, superior e lateral), espaçada de 1,20 em 1,20 metros. Em seguida, arames farpados são fixados horizontalmente ou diagonalmente entre as molduras, com 20 cm de espaçamento entre eles.

Aplica-se então uma “aniagem” (tela ou tecido grosso, feita de juta ou outra fibra vegetal) em um dos lados do arame farpado, fixando-o verticalmente com o auxílio de arame galvanizado, como mostra a Figura 89.

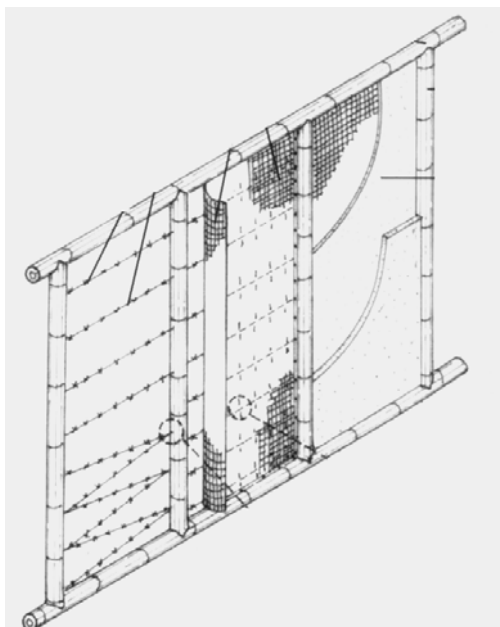


Figura 89 - Telas de tecido grosso são aplicados nas estruturas de bambu, facilitando. A aplicação da argamassa de revestimento dos painéis (LÓPEZ, 2003, p.242).

Segundo López (2003), esta tecnologia originalmente desenvolvida na Índia, há muitos anos atrás, não obteve bons resultados devido a aniação de baixa qualidade utilizada. Em 1983, através de estudos realizados na Faculdade de Arquitetura da *Valley Universidad* (Calí, Colômbia), foi possível desenvolver esta tecnologia, que nos dias atuais é considerada como a melhor tecnologia para a construção de painéis de bambu. Esta nova tecnologia pode ser facilmente vista nas casas construídas no povoado de *Amanecer*, próximo a cidade de Armênia, Colômbia. Finalmente, camadas de argamassa de reboco são aplicadas na superfície do painel, com traço de 1:3 de cimento e areia.

1.4.2. Painéis de bambu pré-fabricados

A) Painéis com moldura de madeira e canas ou varas de bambu

São muitas as possibilidades do uso do bambu para a produção de painéis, sejam estes artesanais ou industrializados. Porém, nos dias atuais busca-se cada vez mais a racionalização das obras civis, na tentativa de evitar desperdícios, perda de tempo e aumento de produtividade. De acordo com Ramírez (2005)², a indústria da construção de bambu na Colômbia vem buscando, cada vez mais, desenvolver processos tecnológicos voltados para a pré-fabricação e industrialização dos componentes construtivos das habitações econômicas, bem como das edificações de qualquer tipologia ou porte.

A Fundação Nacional de Bambu, FUNBAMBU, na Costa Rica, em seu projeto denominado *Projeto Nacional del Bambu*, iniciado no ano de 1981 para a produção de casas econômicas, criou uma fábrica para a produção em grande escala de painéis de bambu. A Figura 90 mostra a logomarca dessa empresa.

² RAMÍREZ, Samuel D.P. Professor Associado da *Universidad Nacional del Colômbia – Sede Manizales*. In: Visita Técnica à Faculdade de Arquitetura da UNC, Manizales, Caldas - Colômbia, em 16 / 12 / 2005. (Comunicação verbal – entrevista feita por Anelizabeth A Teixeira).



Figura 90 - Logomarca da fundação FUNBAMBU.
Fonte: Foto da autora. Sede da Funbambu, San José, Costa Rica, 1998.

Em Limón, Costa Rica, foi implantada uma fábrica de painéis para viabilizar a construção de 10 casas por semana, inicialmente. Para cada unidade habitacional eram utilizados 17 painéis que, por sua vez, necessitavam de aproximadamente 1.200 varas de bambus do tipo “cana-brava”.

De acordo com Cardoso Junior (2000), para atender a demanda destas habitações, principalmente na zona rural, estas fábricas deveriam atender a algumas exigências, como:

- Proximidade das plantações de bambu, sendo que estas já haviam sido implantadas de maneira estratégica no país;
- Possuir vias de acesso com topografia favorável ao escoamento do produto terminado, assim como o abastecimento da matéria-prima;
- Proximidade às regiões de maior demanda habitacional.

A fábrica de painéis de bambu, de acordo com FUNBAMBU (1992), possui 400 m² de área coberta, 700 m² para o armazenamento de matéria-prima e produto terminado, 100 m² para o armazenamento de produtos químicos ou similares e 50 m² para a administração. Na Figura 91, pode-se observar o galpão coberto onde funciona a fábrica.



Figura 91 - Fábrica de painéis de bambu pré-fabricados na Costa Rica.
(Fonte: Foto da Autora no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).

Os bambus utilizados para a produção dos painéis são imunizados à base de substâncias solúveis em água, sendo a mais utilizada o boro, através do Método Boucherie, descrito anteriormente.

Com base na visita feita à fábrica de painéis, durante o V Congresso Internacional de Bambu (1998), realizado em San José, Costa Rica, constatou-se que os painéis funcionam estruturalmente como um diafragma rígido, sendo a estrutura ou moldura construída com madeira e o fechamento feito com bambus roliços do tipo “cana –brava”.

Os painéis são confeccionados de acordo com as exigências dos projetos das habitações e seguindo o dimensionamento e forma desejada, como mostra a Figura 92. Os principais tipos de painéis produzidos são o retangular e o trapezoidal, constituídos por peças de madeira com secções de 5,0 x 5,0 cm e 2,5 x 5,0 cm.

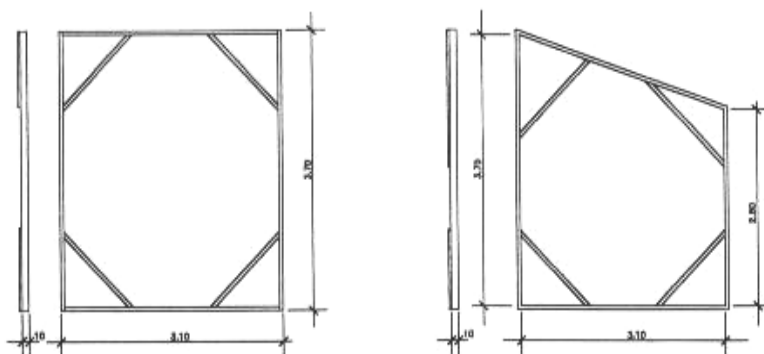
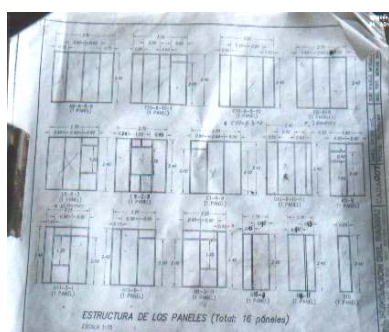


Figura 92 - (a) Projeto arquitetônico dos Painéis; (b) Estrutura de painéis de bambu retangular e trapezoidal.
(Fonte: Foto e desenho da Arq. Ana Maria França, 1998).

Para a produção dos painéis utilizam-se fôrmas metálicas ou de madeira como gabarito, para facilitar e padronizar o processo de montagem (Figuras 93). Para fixação dos bambus roliços na moldura de madeira, são utilizados grampeadores à ar comprimido (Figura 94), evitando assim o uso de parafusos, que podem fendilhar as varas de bambu.



Figura 93 - (a) Gabarito para a produção do painel; (b) Montagem do painel. (Fonte: Foto da autora, San José, Costa Rica, 1998).



Figura 94 - O uso de grampeador para a fixação das varas de bambu. (Fonte: Foto da autora, San José, Costa Rica, 1998).

As unidades habitacionais são compostas basicamente por 17 painéis pré-fabricados, sendo que uma equipe de 4 ou 5 pessoas, sem experiência, demora 4 dias para a montagem de uma casa. Com mão-de-obra experiente, o tempo de montagem é reduzido para 02 dias.

Percebe-se que a técnica é facilmente absorvida pela população, pois no início do trabalho de autoconstrução, logo no primeiro mês, 20 casas foram construídas. As principais características deste tipo de painel são o baixo peso, a facilidade de montagem e a grande capacidade estrutural. Porém, de acordo com FUNBAMBU (1995), apesar dos resultados favoráveis os três seguintes aspectos deveriam ser melhorados:

- Diminuir o peso da moldura, sendo que a substituição da moldura de madeira por uma de bambu reduziria o peso final do painel;
- Melhorar o sistema de fixação dos painéis, visando a eliminação de perfurações na madeira e no bambu. Modelos de painéis com encaixes ou peças reajustáveis seriam mais interessantes;
- Projetar modelos de painéis, que possam ser facilmente adaptados às diferentes dimensões de painéis necessários para habitação.

Após a fabricação, os painéis são transportados para a obra em caminhões ou caminhonetes, de acordo com a dimensão dos mesmos (Figura 95).



Figura 95 - Transporte dos painéis pré-fabricados.
(Fonte: Foto da autora, no V Congresso Internacional de Bambu, San José, Costa Rica, 1998).

A fase de fixação dos painéis na obra depende primeiramente da execução das fundações e preparação da estrutura da casa. A fundação da habitação geralmente consiste em uma sapata corrida de concreto armado, sobre a qual se colocam ainda uma camada de material de proteção (impermeabilizante) para evitar o contato do bambu com a umidade da sapata.

Na seqüência, podem acontecer estruturas palafitadas sobre a qual se coloca o piso e, sobre este, coloca-se a soleira inferior para a fixação dos painéis pré-fabricados.

Para a fixação dos painéis de bambu à estrutura da casa, utilizam-se peças retangulares de madeira. Estas peças, também chamadas de tarugos que traspassam os pilares de bambu, fazem a ligação entre o pilar e o painel.

De acordo com GUTIÉRREZ (1991), algumas características podem ser atribuídas a este tipo de painel, as quais são:

a) Baixo peso – O peso dos painéis, com reboco à base de cimento, varia entre 90 a 130 kg/m², equivalendo a 35% do peso de uma parede similar de blocos de concreto com 12 cm de espessura e aproximadamente 250 kg/m².

b) Alta resistência – Os painéis demonstram grande capacidade estrutural. Foram obtidos em testes de resistência ao cisalhamento valores de até 1.500 kg/m², permitindo que a construção absorva as forças do sismo dentro da faixa elástica, sem fissuras na extensão do painel.

c) Integridade estrutural – A fundação em radiê produz uma resposta monolítica e integral, evitando as fissuras por deslocamentos diferenciais das fundações.

Segundo GUTIÉRREZ (1991), em avaliações da capacidade estrutural dos painéis, empregando-se cargas eventuais de abalos sísmicos (coeficientes sísmicos $c=0,33$) e vento (120 km/h), sobre uma habitação de paredes de bambus roliços, rebocada com argamassa de cimento e com uma cobertura (peso= 20 kg/m²), obteve-se valores de cargas transversais:

d) Devido ao Vento de 120 km/h = resistência de 57,60 kg/m²

e) Devido ao Sismo (bambu roliço "cana-brava" e cimento) a resistência é de 42,90 kg/m².

Deve-se observar que o coeficiente sísmico considerado de $c = 0,33$, assim como a velocidade do vento de 120 km/h, foram os valores mais altos constatados na Costa Rica.

b) Painéis pré-fabricados com *esterilhas* de bambu

As esteiras de bambu, chamadas pelos sul americanos de língua espanhola de *esterilhas* (em português *esteiras*), são bambus planificados por meio da remoção dos nós e da abertura dos colmos de forma a formarem tábuas.

De acordo com López (1974), as esteiras de bambu são criadas dividindo-se os colmos em fitas longitudinais, podendo ser utilizadas para a fabricação de produtos como forros, pisos, fôrmas para concreto armado, mobiliário, utensílios domésticos e painéis de vedação para edificações.

Na fabricação das *esterilhas*, utilizam-se varas de 1 a 8 metros de comprimento, retirados da parte basal e intermediária dos bambus, com idade entre 2 e 3 anos. As varas são colocadas no solo e com a ajuda de um machado, são feitas aberturas profundas ao redor de cada um dos nós e também perpendicular a eles, sendo que estas aberturas devem ter de 1 e 3 cm. Em seguida, com a ajuda de uma pá, abre-se longitudinalmente a vara por um dos lados, rompendo ao mesmo tempo os tabiques ou diafragmas interiores (parte interna do nó).

Finalmente, abre-se a esteira com as mãos até que suas duas bordas se encostem no chão.

Usa-se pisar na esteira e caminhar sobre ela, para que fique totalmente plana. O processo aqui descrito pode ser observado na Figura 96.

Uma vez a esteira plana, deve-se remover a parte interior da vara (que é mole e branca). A remoção deve ser feita para evitar que a esteira seja atacada por insetos.

As esteiras também devem ser imunizadas contra o ataque de fungos e insetos, podendo ser feitos por meio dos sistemas à vácuo e pressão ou por imersão.

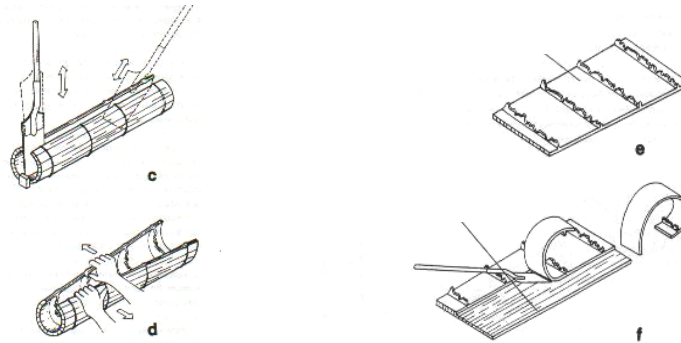


Figura 96 - (a) Abertura do bambu; (b) Remoção dos nós internos do bambu, sentido longitudinal (LÓPEZ, 2003, p. 157).

As esteiras de bambu possuem uma grande diversidade de aplicações em habitações rurais ou urbanas. No Equador, as esteiras de bambu são a base mais importante para a indústria da construção civil, sendo a forma mais utilizada para a produção de painéis (Figura 97) que podem ser rebocados ou podem ficar aparentes.

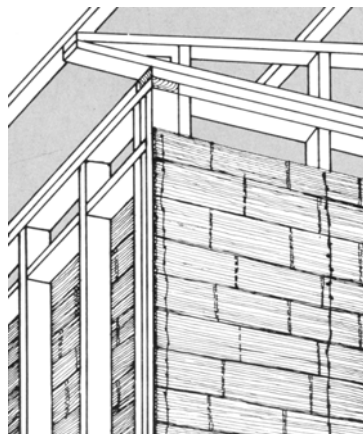


Figura 97 - Esteiras de bambu como painéis de vedação. (Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1987).

O processo construtivo deste tipo de painel se difere do painel apresentado anteriormente, apesar de também usar moldura de madeira e

bambus roliços, ambos são pré-fabricados em indústrias, fábricas ou pequenos galpões, chegando às obras prontos para sua utilização.

Muitos países como o Brasil e o Equador sofrem com o problema uma da escassez de habitações. Este número, que já ultrapassa a cifra de milhões de unidades, preocupa o governo, a sociedade e principalmente a população que não conta com esta necessidade prioritária do ser humano.

Assim, uma Fundação denominada *Hogar de Cristo*, com sede na cidade de Guayaquil, Equador, desenvolve desde 1970 o Projeto *Viviendas Del Hogar de Cristo*, que produz casas seguras e baratas para os pobres. Nos últimos 28 anos, com esforço próprio da fundação, foram construídas casas para 270.000 famílias (INBAR, 2001-3).

O programa oferece casas modulares, com estrutura de madeira e fechamento de bambu, normalmente de 4,8 x 4,9 metros, com área total de 23,52 m², que custam US\$ 385,00 (trezentos e oitenta e cinco dólares americanos). As casas podem ser pagas no período de três anos. Porém, a filosofia da fundação é que “...*não importa se as pessoas não tem meios econômicos para comprar a casa. Se a família for realmente muito pobre, a Hogar de Cristo paga total ou parcialmente a casa, com a ajuda de doações que recebem de várias entidades. Aqui, se necessitam de uma casa, não podem sair sem ela*” (INBAR, 2001-3).

O INBAR, organização que apóia e contribui com a *Hogar de Cristo*, detectou que, em função do programa, nos últimos anos houve uma escassez considerável do bambu *Guadua* na costa do Equador, por falta de uma boa gestão e super exploração do produto. Assim, o INBAR e outras entidades governamentais do Equador vem desenvolvendo projetos de plantação, reflorestamento e processamento adequado do *guadua*. Através destas ações já puderam ser introduzidas novas técnicas baseadas no uso dos bambus e melhorias no projeto arquitetônico das casas (INBAR, 2001-3).

O sistema construtivo implementado pelo programa *Viviendas Hogar de Cristo* classifica-se como um Sistema Pré-Fabricado Artesanal, que cumpre com os requisitos de modulação, produção em série e altos níveis de

produtividade, expressadas pelo número de 50 unidades habitacionais produzidas por dia. Este número de unidades, em caso de desastres como o provocado pelo fenômeno *El Nino* nas décadas de 1998 e 1999, na América Central, chega a duplicar ou triplicar em casos emergenciais.

O bambu *Guadua* é extraído de bosques naturais, sendo transformado em esteiras e gerando empregos tanto na sua produção como no transporte da matéria-prima. As esteiras chegam às fábricas de painéis e são imediatamente selecionadas e estocadas apropriadamente (Figura 98).



Figura 98 - Esteiras de bambu empilhadas, prontas para a fabricação de painéis. (Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2001).

Para a execução dos painéis na fábrica, inicialmente são produzidos os montantes ou “quadros” de madeira, que são produzidos com o auxílio de mesas com gabarito (Figura 99). Após a elaboração dos montantes de madeira são fixadas as esteiras no sentido vertical, com o uso de grampos, pregos ou arames.



Figura 99 - Produção dos quadros de madeira, a estrutura do painel. (Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2001).

As arestas das esteiras de bambu que ultrapassam a medida da moldura são aparadas com o uso de uma serra elétrica, como mostra a Figura 100.



Figura 100 - Aparam-se as arestas das esteiras. (Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2001).

Em termos gerais, uma casa do programa *Vivienda Hogar de Cristo*, com todos os seus componentes de bambu e madeira, é fabricada em 2,5 horas. No ano de 2000, foram construídas 50 casas por dia. Neste mesmo ano, o programa conseguiu entregar 8.782 casas para as famílias mais pobres. A Figura 101 mostra os painéis pré-fabricados produzidos por esta instituição, que são componentes construtivos das habitações econômicas.

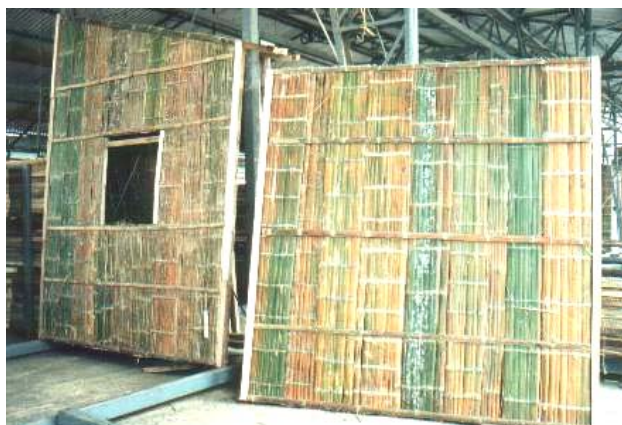


Figura 101 - Painel finalizado, feito com esteiras de bambu. (Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2001).

Na fábrica ainda são produzidos os demais componentes da casa tais como pisos, portas, janelas, estrutura do piso, cobertura e telhas dentre outros. Todos os componentes da casa são colocados em kits ou jogos prontos para entrega ou transporte. Na Figura 102 pode-se observar um “kit casa”

pronto para ser entregue aos moradores que necessitam desta habitação muito econômica, de fácil montagem e segura.



Figura 102 - Kit casa pronta sendo armazenado no interior da fábrica.
(Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2001).

A Figura 103 apresenta-se um modelo de casa econômica produzida pelo programa *Viviendas Hogar de Cristo*, no Equador.



Figura 103 - Casa de bambu do programa *Viviendas Hogar de Cristo*, Equador
(INBAR, 2001).

Observa-se, através da pesquisa desenvolvida, que o processo de produção dos componentes construtivos de casas de bambu são bastante simples, partindo da pré-fabricação artesanal, não totalmente industrializada. O processo construtivo das casas entregues pelo “kit” também se caracteriza como um processo simplificado, que permite uma construção rápida e com a participação dos membros da comunidade. Não é estritamente necessária mão-de-obra especializada para a construção das casas, sendo que o sistema construtivo pode ser facilmente apreendido pelos moradores interessados. As Figuras 104, 105 e 106, demonstram o processo construtivo de uma casa de bambu feita com o uso de painéis do tipo *esterilha* pré-fabricada.



Figura 104 - (a) Preparação da fundação com previsão dos pontos hidráulicos; (b) Fixação dos painéis na fundação. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, Equador, 2005).



Figura 105 - (a) A casa sendo vedada pelos painéis. (b) Painéis sendo rebocados. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).

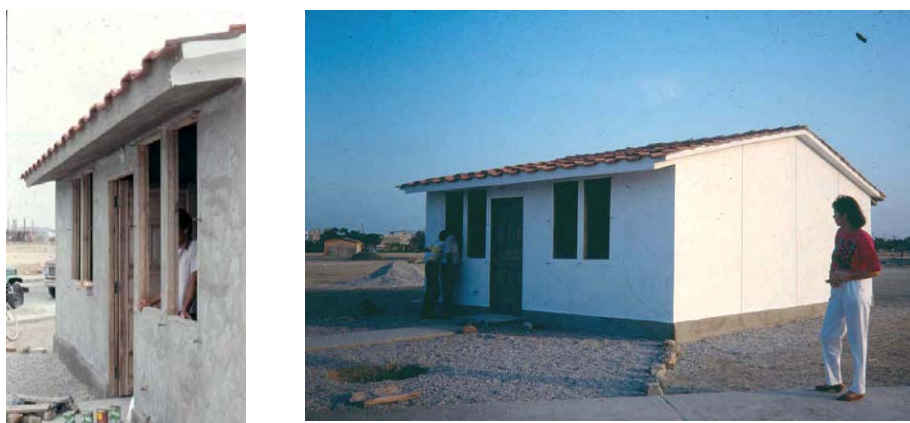


Figura 106 - (a) Casa totalmente rebocado; (b) Casa finalizada, com pintura e acabamentos. (Fonte: Foto de Luis Fernando Botero, 2005).

2 - PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os procedimentos experimentais, ou seja, as atividades projetuais e práticas, as técnicas e os ensaios, realizados nesta Dissertação, são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa e serão descritos neste Capítulo.

As atividades descritas neste capítulo, que caracterizam os procedimentos experimentais, são: a) Desenvolvimento de projeto arquitetônico de habitação econômica, bem como dos painéis de vedação feitos de bambu; b) Construção de um protótipo de painel de bambu, o qual serviu de base para o desenvolvimento dos corpos-de-prova utilizados nas avaliações de desempenho; c) Construção dos corpos-de-prova empregados na avaliação experimental, descrevendo a preparação do material, as etapas de construção e os cuidados necessários no processo; d) Realização de ensaios de avaliação de desempenho dos painéis de bambu argamassados, bem como análise dos resultados obtidos.

2.1 - PROJETOS ARQUITETÔNICOS

O presente item tem como objetivo propor um projeto arquitetônico de habitação econômica, para uma demanda real, onde o principal material construtivo é o bambu, bem como desenvolver um protótipo de painel para as vedações verticais da referida habitação. Ressalta-se que o projeto arquitetônico da habitação e dos painéis de vedação visa demonstrar a viabilidade das edificações feitas com materiais alternativos, no caso o bambu, por meio de propostas arquitetônicas sustentáveis que empreguem materiais naturais, disponíveis na região e que busquem a harmonia da edificação com o meio ambiente.

2.1.1 - Projeto arquitetônico da habitação econômica

A EMBAMBU, empresa criada em Goiânia / Goiás, em 2004, desenvolve uma linha de produtos feitos de bambu, que incorpora a

preocupação com o meio ambiente e o conceito de desenvolvimento sustentável. Seus produtos são desenvolvidos por trabalhadores rurais da região, empregando tecnologia simplificada e de fácil acesso para a transformação do bambu em produtos diversos. A referida empresa possui uma área de aproximadamente 6.000m, localizada no município de Aparecida de Goiânia, destinada à construção da sede da empresa. Um conjunto de edificações formado pela administração da Instituição, galpões de armazenamento e tratamento de bambus e oficinas, além de uma casa econômica destinada à moradia de um caseiro, deverá compor a infra-estrutura da EMBAMBU. Todas as edificações serão feitas com o uso do bambu. A empresa também conta com uma área para o plantio de mudas de bambu, com o propósito de produzir matéria-prima suficiente para viabilizar a fabricação de seus produtos. O projeto do conjunto arquitetônico da EMBAMBU foi desenvolvido pelo escritório *Quartetto Arquitetura*.

Quanto ao projeto arquitetônico da habitação, o programa de necessidades segue o padrão da maioria das casas populares: dois quartos, cozinha e banheiro, sendo que a varanda, que rodeia a edificação, foi uma exigência do proprietário. A área útil da casa é de 55,60 m² (não incluindo a varanda) e seu partido arquitetônico busca uma edificação arejada, com um maior número de aberturas, pé direito alto e aberturas no telhado para ventilação interna da casa.

As espécies de bambu utilizadas na construção da casa são o *Dendrocalamus giganteus*, *Phyllostachys bambusoides* e *Bambusa tuldoides*.

Toda a estrutura da casa é feita de bambu. Os pilares e as vigas, feitos da espécie *dendrocalamus giganteus*, possuem diâmetro médio de 10 cm. Os painéis que compõem a casa possuem moldura de bambu e preenchimento também de bambu, dispostos horizontalmente. A estrutura do telhado e as esquadrias também são feitas de bambu. Apenas a fundação e a cobertura (com telha de barro) não utilizam o bambu *Phyllostachys bambusoides*, pois como dizem os colombianos, as edificações de bambu devem ter boas botas e um bom chapéu.

A planta e algumas etapas do processo construtivo da casa são apresentados nas Figuras 107 a 113. Porém, deve-se ressaltar que o foco da apresentação do projeto arquitetônico neste trabalho, é tão somente o painel por si. Os demais detalhes relativos à modulação, às instalações hidro-sanitárias, elétricas e de telefone, serão considerados no desenvolvimento do projeto executivo da habitação e não serão apresentados neste trabalho.

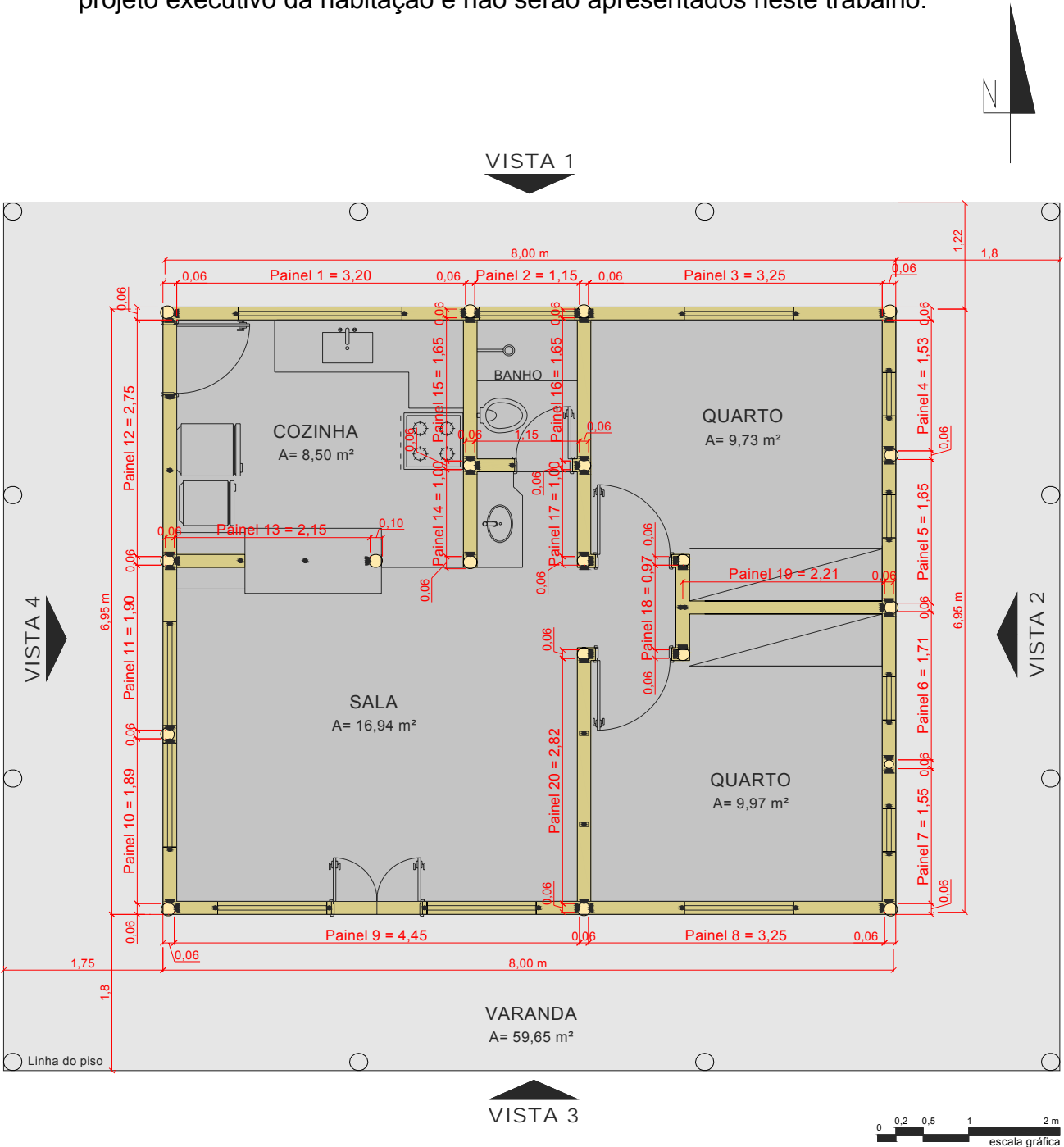


Figura 107 - Planta da casa do caseiro da Embambu.
 Área da casa = 55,60 m²; Área da varanda = 59,65 m².

(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)

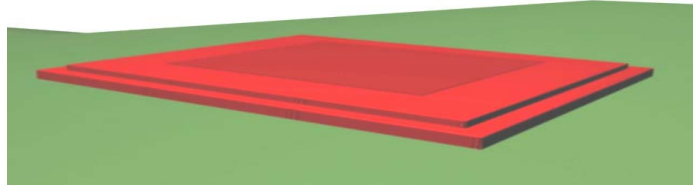


Figura 108 - Sistema construtivo, 1º passo: fundação, a base da construção.
(Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)

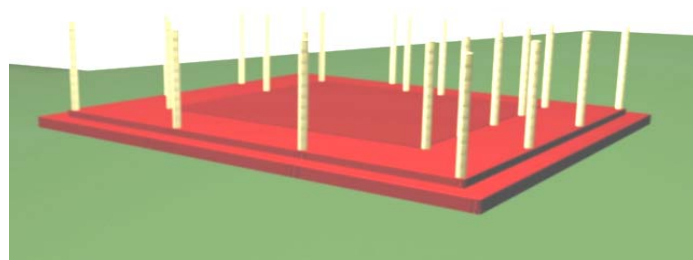


Figura 109 - Sistema construtivo, 2º passo: colocação dos pilares e previsão das instalações.
(Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira).

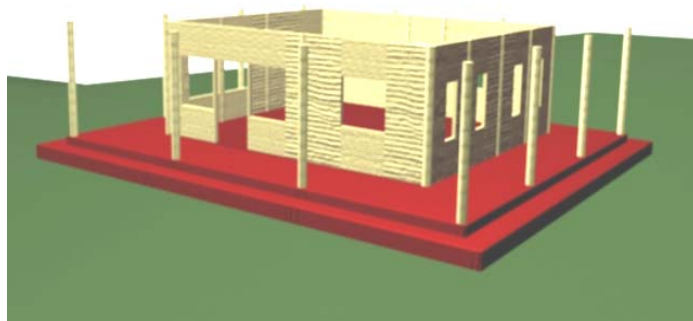


Figura 110 - Sistema construtivo, 3º passo : instalação dos painéis de bambu.
(Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira)

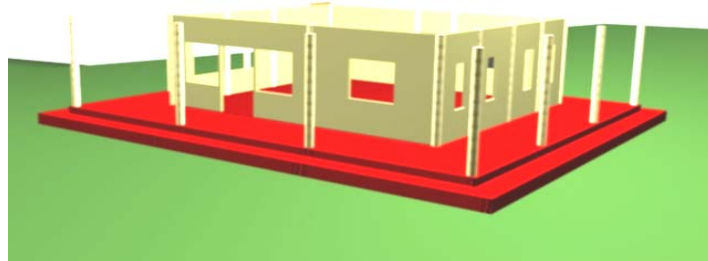


Figura 111 - Sistema construtivo, 4º passo : revestimento dos painéis com argamassa (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira).

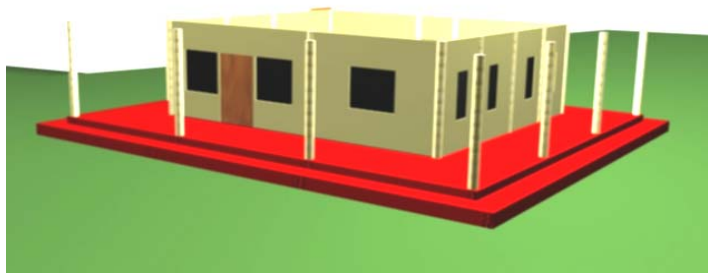


Figura 112 - Sistema Construtivo. 5º passo : instalação das esquadrias e preparação da estrutura de telhado (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira).

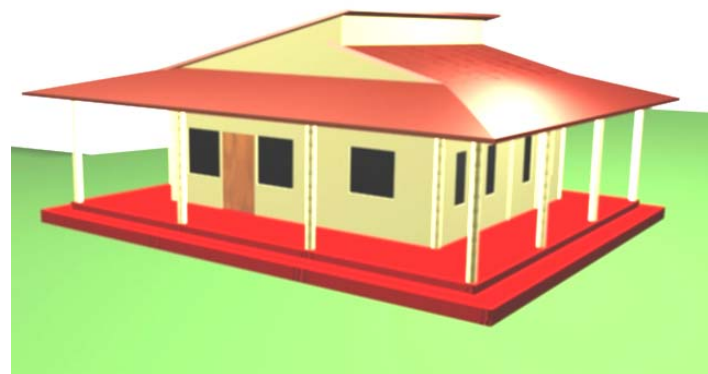


Figura 113 - Sistema Construtivo. 6º passo : cobertura e acabamentos finais. (Fonte: Maquete eletrônica de Janderson de Oliveira).

Levando-se em consideração que o bambu é um material leve e resistente, as fundações foram simplificadas, utilizando-se vigas baldrame de concreto armado, sobre fundação rasa, tal como sapata corrida ou radiê. Foram previstos chumbadores, a partir da viga baldrame, para a fixação dos pilares de bambu, e uma camada de argamassa com impermeabilizante na parte superior das vigas, para proteger a edificação da umidade. A Figura 114 mostra o sistema de fundação descrito e a forma de fixação do pilar de bambu à viga baldrame.

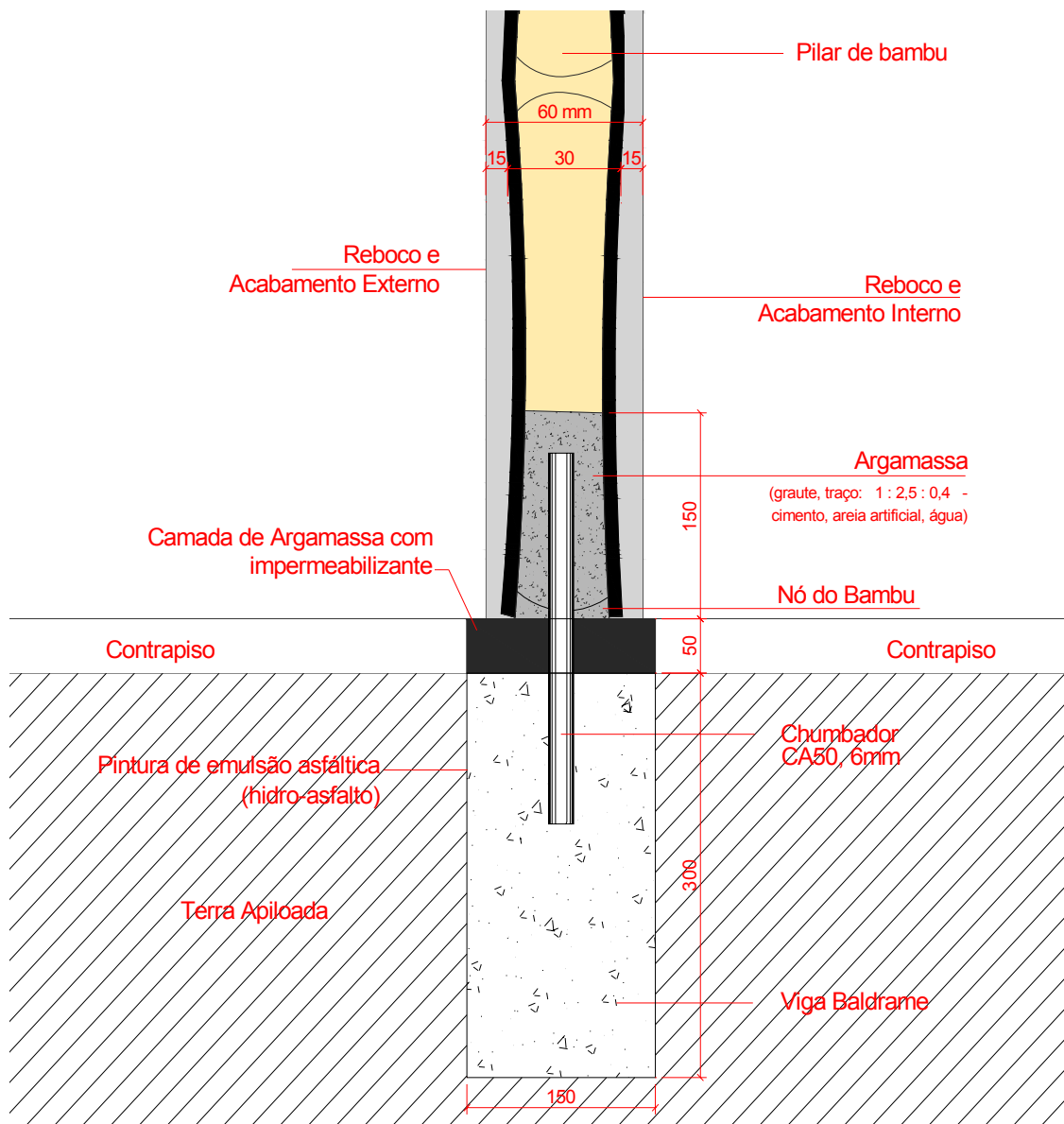


Figura 114 - Detalhe da fundação e fixação do pilar de bambu.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

2.1.2 - Projeto arquitetônico dos painéis da habitação econômica

Os painéis de bambu da casa do caseiro da EMBAMBU foram desenvolvidos diante da necessidade de *experimentação* da tecnologia para a produção destes painéis. Esta experimentação, que contou com atividades projetuais e práticas, muito contribuiu para o entendimento da função, da produção, da montagem e dos detalhes construtivos do painel de bambu proposto.

Através deste modelo de casa econômica de bambu, foi possível criar um novo tipo de painel, que foi executado como parte prática desta dissertação. O modelo criado procurou não seguir nenhum dos modelos de painéis apresentados na revisão da literatura, porém, através da análise das principais características, qualidades e defeitos construtivos dos painéis estudados, buscou-se a melhoria da qualidade técnica e construtiva, de acordo com os itens abaixo:

a) Novas soluções técnicas e construtivas

O painel foi projetado na tentativa de solucionar problemas detectados na revisão de literatura sobre os painéis de bambu, além de buscar atender às exigências técnicas e funcionais do projeto arquitetônico da casa;

b) Matéria-prima

A matéria-prima (bambu) usada para a produção dos painéis é acessível e facilmente encontrada na região (Goiás);

c) Simplicidade construtiva

O sistema construtivo do painel deve ser simples, facilitando a assimilação da mão-de-obra sem experiência com trabalhos manuais com bambu;

d) Peso específico baixo

O peso específico do painel é baixo, por exemplo, se comparado com um painel de concreto armado ou painel similar empregando madeira na

moldura. As molduras de madeira, comumente utilizadas em painéis de bambu, foram substituídas por molduras de bambu, que além de mais leves, são ecologicamente adequadas. Desta forma, contribui-se com a preservação das madeiras, haja vista que a grande maioria delas encontra-se em processo de extinção.

e) Custo final baixo

O painel proposto deve ser mais barato, uma vez que as molduras de madeira custam em média 80% a mais do que as molduras de bambu.

Não houve, porém, a pretensão de solucionar todos os problemas existentes nos painéis de bambu, nem tão pouco apresentar a melhor solução. Buscou-se, na parte prática desta dissertação, o importante exercício da experimentação, por meio da execução de um modelo de painel, objetivando verificar a eficácia do sistema proposto, bem como a possibilidade de desenvolvimento de painéis de vedação com emprego do bambu.

Na planta da casa, mostrada na Figura 107, p. 123, observa-se que os painéis foram numerados de 1 a 20, para melhor entendimento dos projetos. A altura dos painéis foi padronizada em 2,70 m, sendo que a largura varia de acordo com os fechamentos exigidos pelo projeto.

As aberturas de portas e janelas devem ser previstas em projeto, para que possam ser reforçadas com travessas de travamento ou peças de reforço. Quanto à tubulação de água e energia, pode-se fazer duas escolhas: ser aparente e externa aos pilares e painéis de bambu, compondo o estilo arquitetônico da habitação, ou embutidas no interior dos bambus. Na referida casa optou-se pelas instalações aparentes, a fim de simplificar a execução do projeto.

Quanto à fixação dos painéis, deve-se observar duas ligações fundamentais: a fixação do painel com a base inferior (união do painel com a viga baldrame) e a fixação lateral do painel (união do painel com o pilar de bambu).

A fixação da parte inferior do painel à viga baldrame é feita através de chumbadores de aço CA 50 (6 mm), os quais são fixados na viga baldrame para receber a parte inferior do painel. O painel possui um furo de encaixe para receber o chumbador previsto na fundação. Este detalhe construtivo pode ser visto nas Figuras 115.

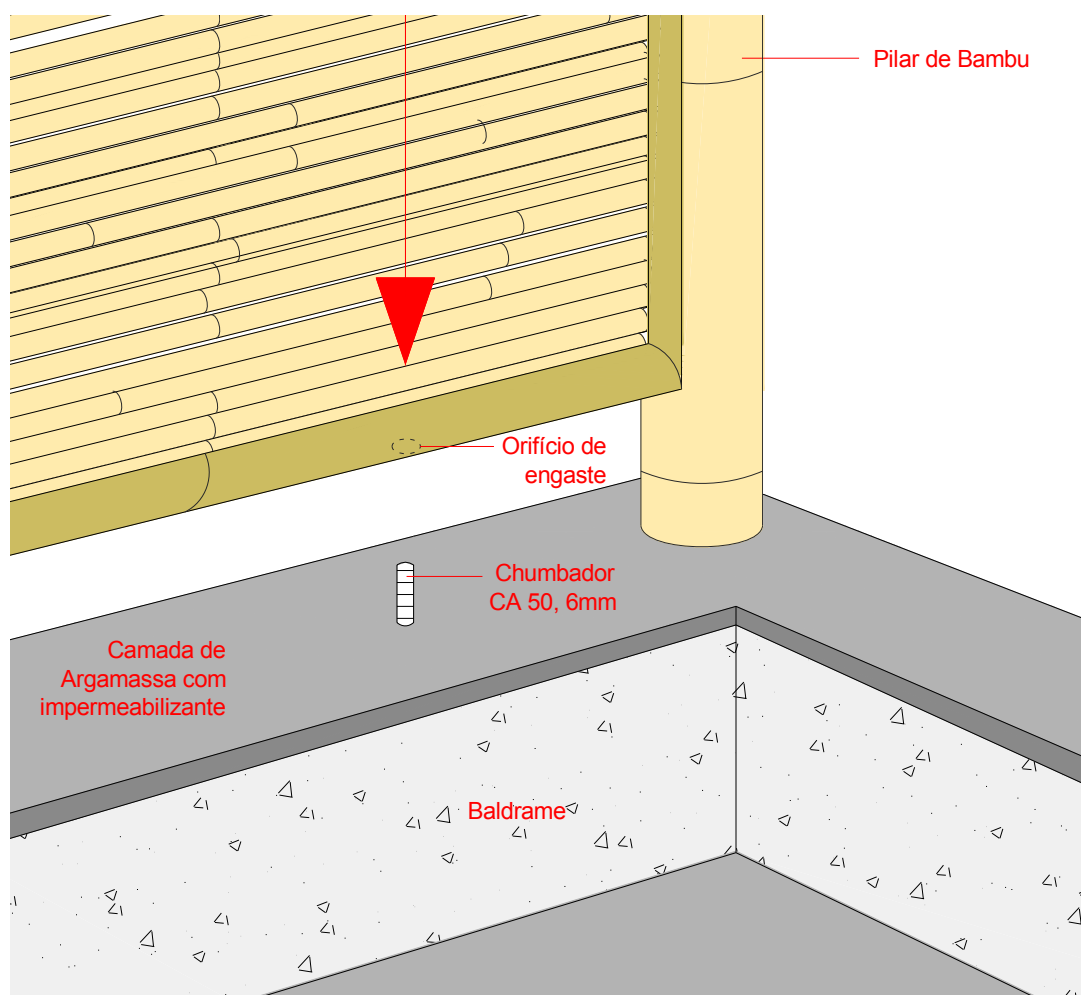


Figura 115 - Detalhe da fixação do painel com a viga baldrame.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

A fixação lateral dos painéis é feita em um pilar de bambu, de diâmetro de 10 cm. Nestes pilares são feitas aberturas retangulares para a introdução de tarugos de madeira (peças de 20 cm largura x 10 cm altura e 0,3 cm de espessura). A função destes tarugos é a de receber os parafusos e fazer a ligação entre os painéis e o pilar. Esta técnica é utilizada nos painéis pré-fabricados da Costa Rica, apresentada no item 1.4, que demonstrou ser

eficiente, levando em consideração que as peças de bambu não resistem bem ao parafusamento, podendo rachar. O detalhe construtivo deste encaixe é apresentado nas Figuras 116, 117 e 118.



Figura 116 - Tarugo de madeira inserido no pilar de bambu, onde os painéis de bambu posteriormente são fixados.
(Fonte: Foto da autora. V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998).

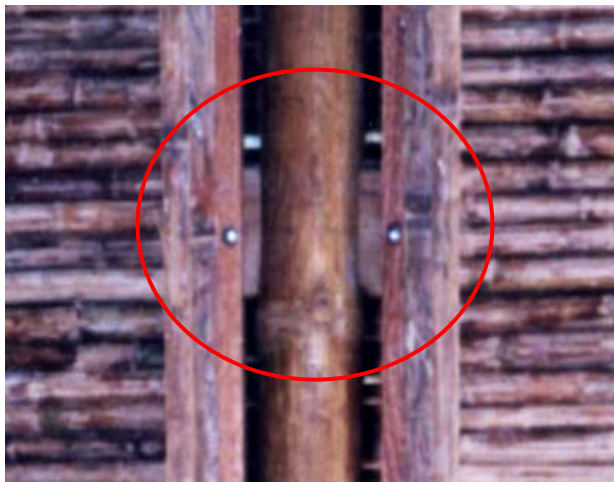


Figura 117 - Detalhe de encaixe dos painéis ao pilar de bambu, através de um tarugo de madeira que traspassa o pilar e parafusa-se aos painéis.
(Fonte: Foto da autora. V Congresso Internacional de Bambu, Costa Rica, 1998).

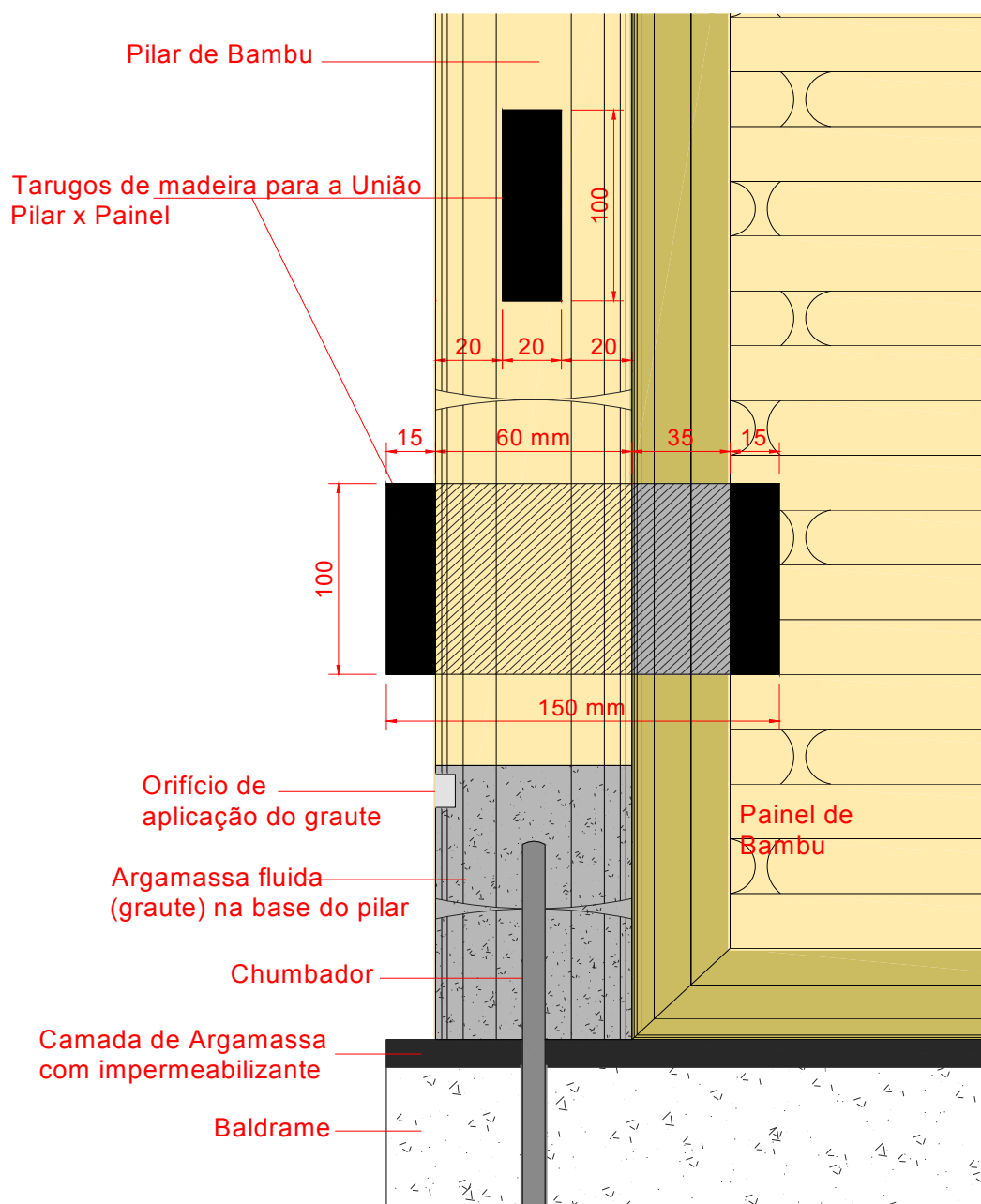


Figura 118 - Detalhe da união do painel ao pilar de bambu.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

Os painéis depois de prontos, ou seja, com sua estrutura de bambu rígida e preenchida com bambus roliços (*Bambusa tuldoides*), podem ser transportados para o local da obra, estando prontos para serem fixados na fundação.

De acordo com a Junta del Acuerdo de Cartagena (1992), a união dos painéis entre si com os elementos de fundação, estrutura e cobertura, formam uma estrutura sólida, capaz de resistir e transmitir cargas e levá-las até a fundação da edificação.

Os painéis ,depois de instalados, vedam verticalmente a casa e podem ser revestidos com argamassa de reboco, que além de proteger a edificação da entrada de insetos pelas frestas dos bambus, confere a ela melhor aspecto estético. Tanto as paredes externas quanto as internas podem ser rebocadas (Figura 119).

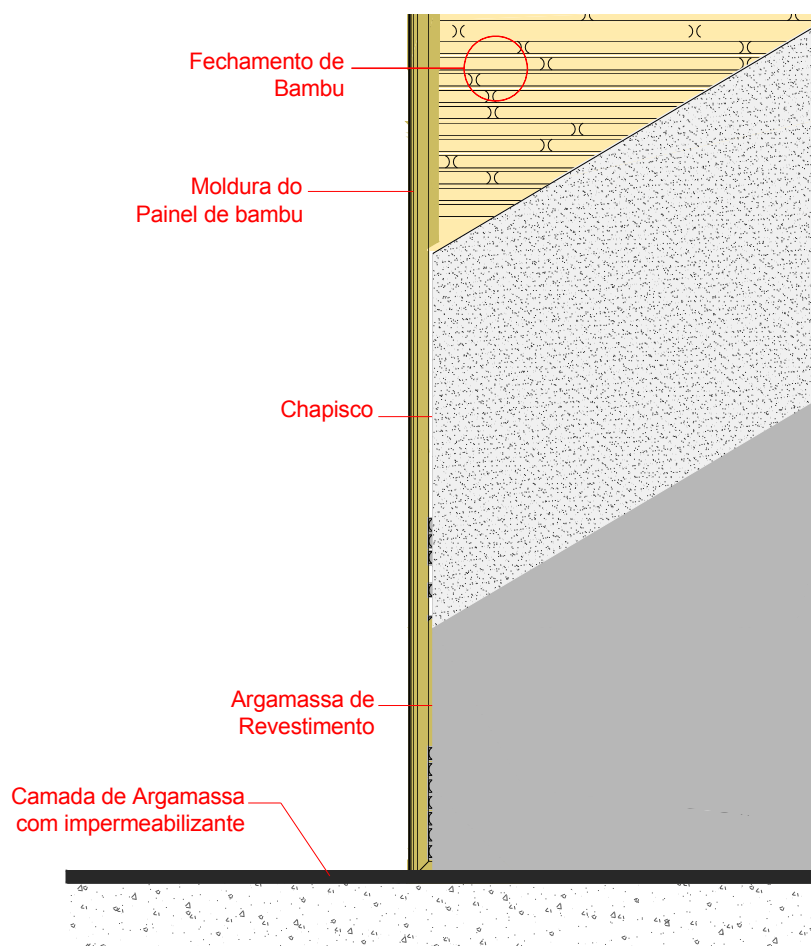


Figura 119 - Detalhe do painel de bambu revestido com argamassa de reboco. (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

Segundo a Junta del Acuerdo de Cartagena (1992), o revestimento também cumpre uma função estrutural, devida a interação da argamassa com os bambus, que reforça os elementos verticais e se encarrega de suportar forças cortantes e cargas horizontais produzidas por ventos ou abalos sísmicos.

As paredes, depois de rebocadas, podem receber qualquer tipo de revestimento como pintura ou revestimento cerâmico, sendo o tema da aplicação da argamassa de revestimento abordado no item 2.3.6.

Entre a argamassa de revestimento interior e exterior dos painéis, obtém-se naturalmente uma câmara de ar, criada pela própria estrutura oca do bambu, a qual confere propriedades isolantes aos painéis, sendo capaz de reduzir a penetração de ruídos externos e a incidência do calor produzida pelos raios solares (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1992, p.50).

A seguir serão apresentadas as vistas dos painéis que compõem a casa, numeradas de acordo com a planta baixa da edificação. Nas Figuras 120 a 123 são mostradas as vistas frontais dos painéis externos, que compõem a habitação.

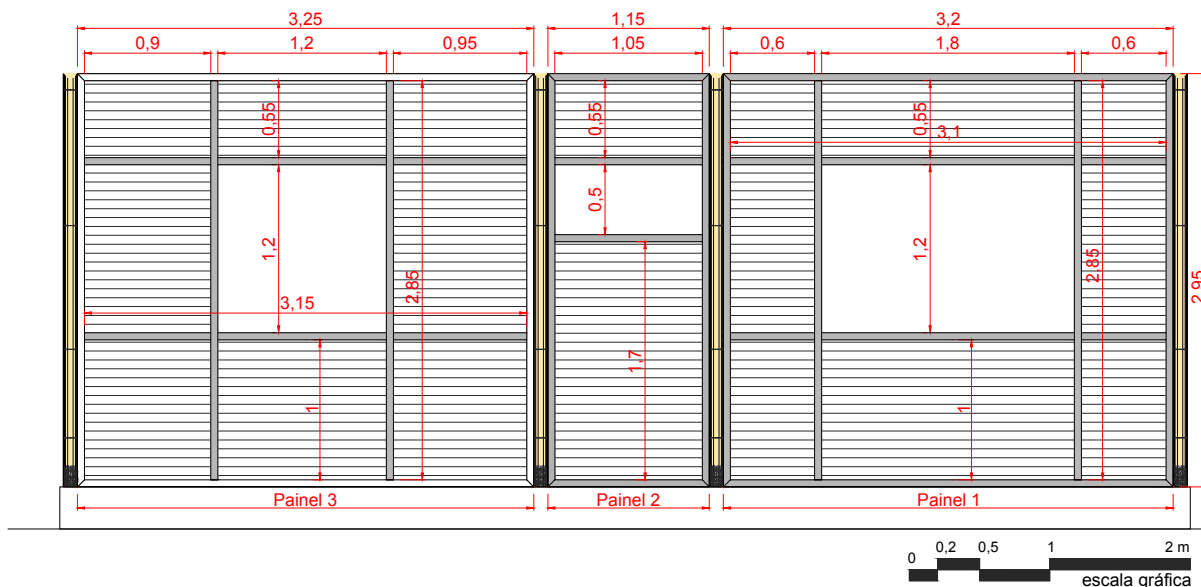


Figura 120 - Vista Frontal Externa 1
 Apresenta os Painéis Externos 1, 2, e 3 (vide planta na Figura 111, p.123), que possuem aberturas. Entre cada painel existe um pilar de bambu para fixação dos painéis.
 (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

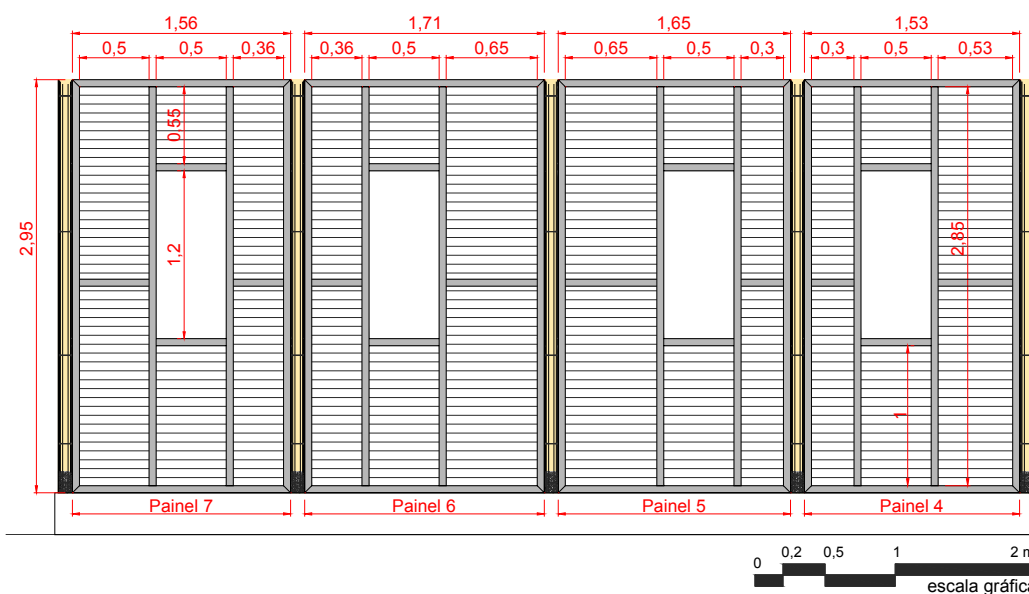


Figura 121 - Vista Frontal Externa 2
 Mostra os Painéis Externos 4, 5, 6 e 7 (vide planta na Figura 111, p.123), modulados, com aberturas de mesma dimensão.
 (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

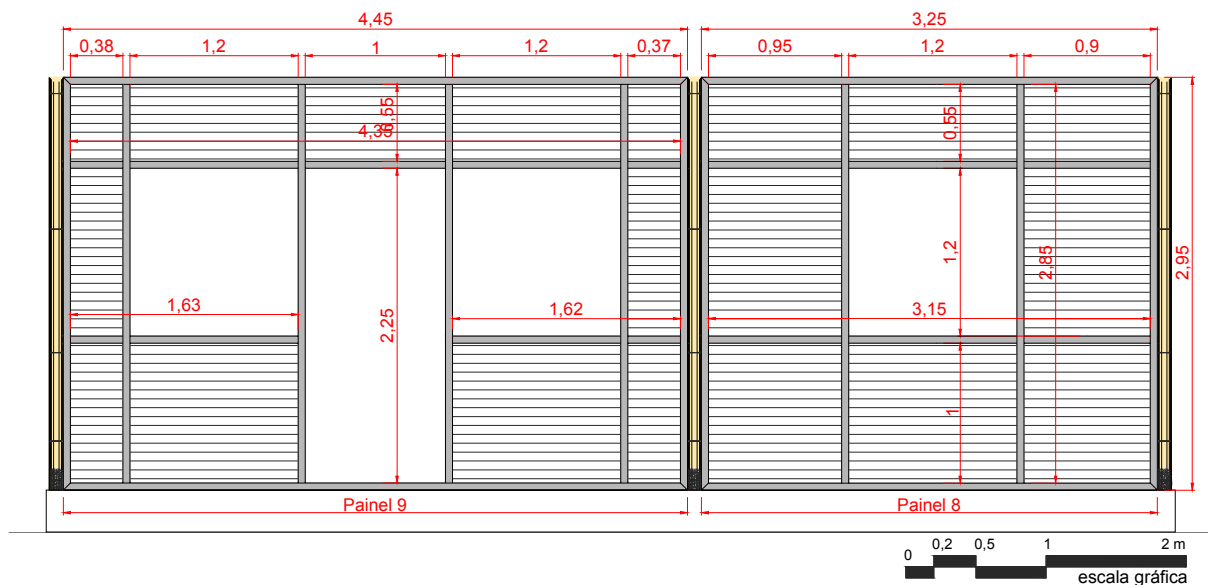


Figura 122 - A Vista Frontal Externa 3
 Mostra os Painéis Externos 8 e 9 (vide planta na Figura 111, p. 123), que possuem maiores dimensões, aberturas de porta e janelas.
 (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

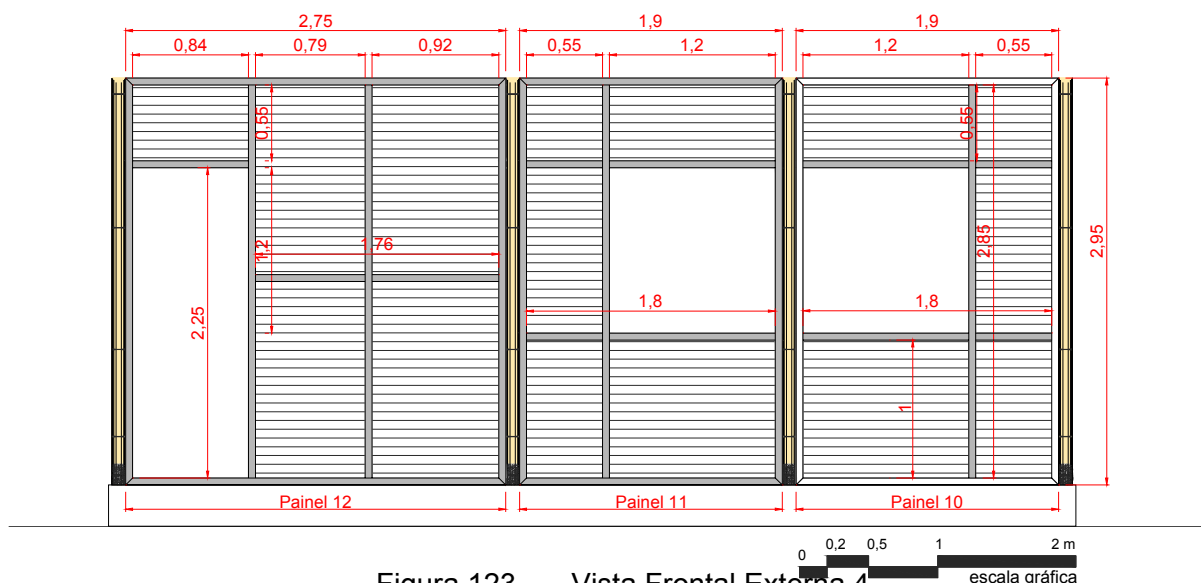


Figura 123 - Vista Frontal Externa 4
 Mostra os Painéis Externos 10, 11 e 12 (vide planta na Figura 111, p. 123), com aberturas de porta lateral e janelas.
 (Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

A seguir serão apresentadas as vistas frontais dos painéis internos da casa, como mostram as Figuras 124, 125 e 126.

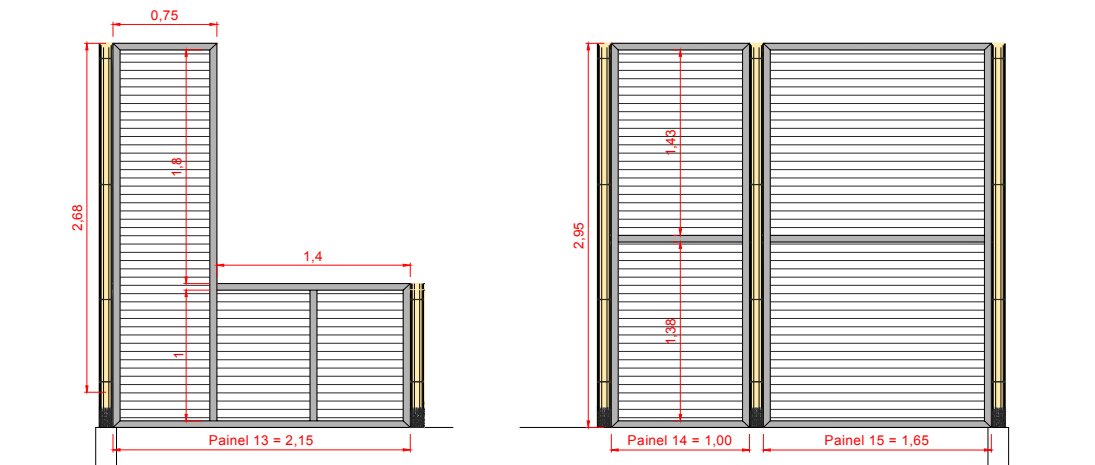


Figura 124 - Vista Frontal do Painel Interno 13, da cozinha, e dos Painéis Internos 14 e 15, que dividem a cozinha do banheiro.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

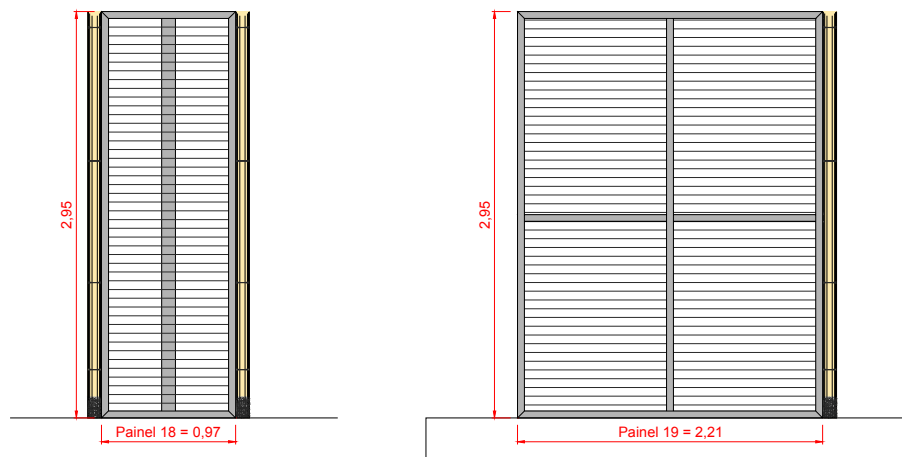


Figura 125 - Vista Frontal do Painel interno 18, o de menor tamanho, situado na entrada dos quartos, e do Painel Interno 19, que faz a divisão dos quartos.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

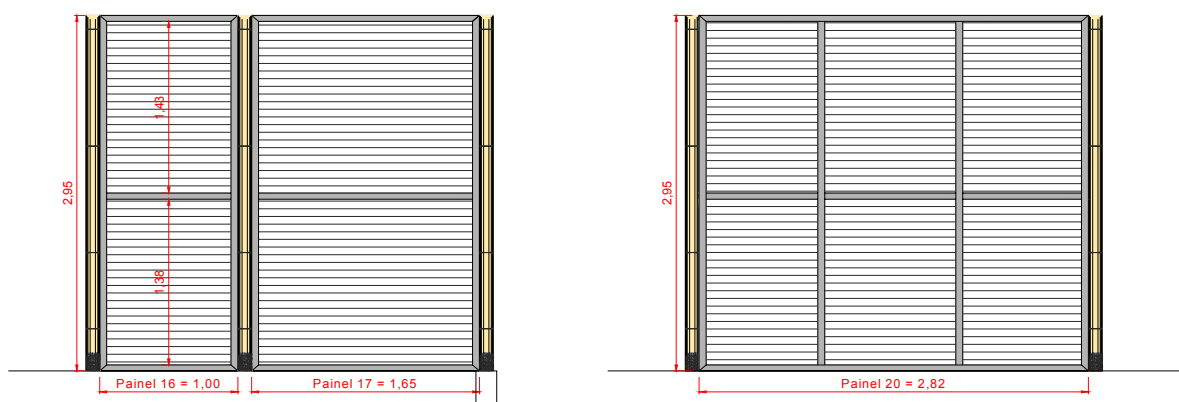


Figura 126 - Vista Frontal dos Painéis Internos 16 e 17, que separam o banheiro dos quartos, e Painel Interno 20, que faz a divisão da sala com os quartos.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

2.1.3 - Projeto arquitetônico dos corpos-de-prova

Foram executados seis protótipos do painel de bambu com dimensões de 1,00 x 1,00 x 0,06 m, para desenvolvimento de exercício de experimentação do processo construtivo e de demonstração da parte prática do trabalho.

O número de amostragens (corpos-de-prova) estipulado para estudo, seis painéis de bambu, foram determinados pela normatização técnica adotada para madeiras, NBR 7.190:1.997 (ABNT 1.997, Anexo B, item B2), que determina que “o número mínimo de corpos-de-prova devem atender aos objetivos da caracterização: a) caracterização simplificada: seis corpos-de-prova; b) caracterização mínima da resistência de espécies pouco conhecidas: doze corpos-de-prova”. A parte prática e experimental do trabalho foi desenvolvida nos meses de setembro, outubro e novembro de 2005, em Goiânia/GO, nos seguintes locais:

- a) Matéria-prima (bambu): Fazenda Santa Branca – Teresópolis de Goiás/GO;
- b) Corte e cura do bambu: Parque da criança / Fundação Pró-Cerrado;
- a. Armazenamento do bambu: Galpão da EMBAMBU;
- b. Montagem dos seis protótipos-piloto: Galpão da EMBAMBU – Aparecida de Goiânia;
- c. Processo de mineralização: Nova sede da EMBAMBU – Setor Sul, Goiânia / GO;
- d. Transporte dos painéis de bambu: Veículos EMBAMBU;
- e. Aplicação de chapisco nos painéis: Universidade Federal de Goiás - UFG, Escola de Engenharia Civil / Laboratório de Materiais de Construção;
- f. Aplicação de argamassa de reboco: UFG/EEC/LMC;
- g. Ensaio realizados: UFG/EEC/LMC.

Na seqüência, a Figura 127 apresenta os desenhos técnicos da estrutura dos corpos-de-prova feitos de bambu, com vistas, cortes, cotas básicas e detalhe de encaixe com o pilar de bambu.

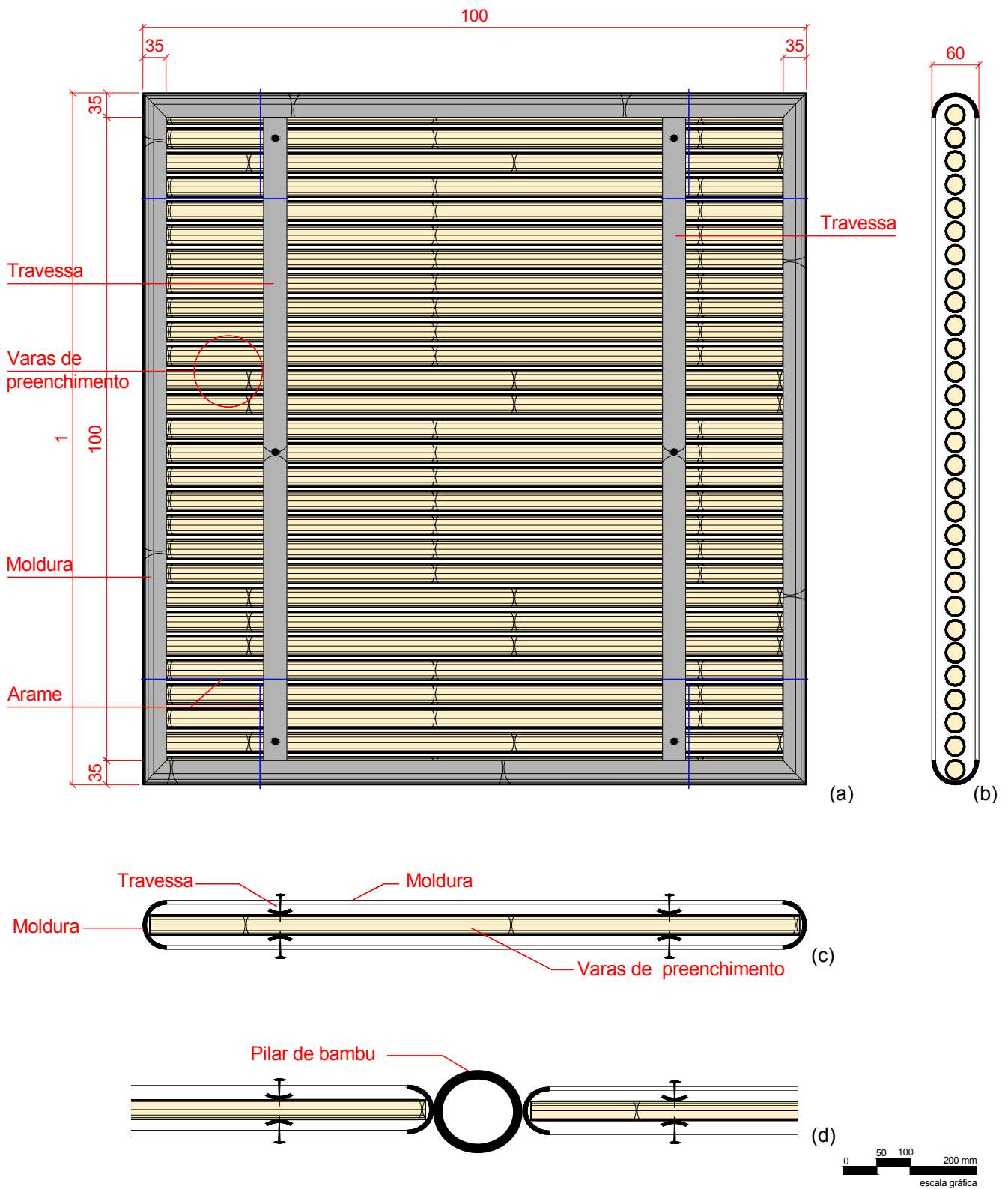


Figura 127 - Estrutura de bambu do corpo-de-prova, apresentado da seguinte forma: (a) Vista frontal; (b) Corte longitudinal; (c) Corte transversal; (d) Detalhe do encontro dos painéis com o pilar de bambu, em corte.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira)

2.2 - DESCRIÇÃO E PREPARAÇÃO DOS BAMBUS

2.2.1 - Descrição das espécies

Existem inúmeras espécies de bambu na natureza, sendo necessário eleger a mais indicada para usar de acordo com o que pretende-se fazer. O projeto arquitetônico do painel de bambu proposto, apresentado no item anterior, é composto de três espécies de bambu colhidas no Estado de Goiás, que são *Bambusa tuldoides*, *Phyllostachys bambusoides* e *Dendrocalamus giganteus*, as quais são caracterizadas a seguir.

a) *Bambusa tuldoides*

A espécie *Bambusa tuldoides*, utilizada em maior quantidade nos corpos-de-prova como preenchimento dos painéis de bambu, é facilmente encontrada no Estado de Goiás, sendo uma espécie acessível e de baixo custo.

De acordo com Alves *et al* (2004), este bambu apresenta colmos verdes, com comprimento de 8 a 12 m e diâmetro variando de 3 a 8 cm. Apresenta colmos com parede grossa em relação ao seu diâmetro e isto lhe confere uma alta resistência mecânica. Observa-se, ainda, uma relativa linearidade nos seus colmos. Suas folhas possuem de 12 a 20 cm de comprimento. Quanto ao rizoma, é do tipo entouceirante (simpodiais) e trata-se de uma espécie de florescimento esporádico.

Este bambu foi colhido no município de Terezópolis de Goiás - GO, na Fazenda Santa Branca, em agosto de 2005, exclusivamente para o desenvolvimento desta pesquisa. O preço de mercado desta espécie, já cortada e sem tratamento, gira em torno de R\$ 12,00 (doze reais) o cento de varas, sendo muito utilizado como tutores na lavoura de tomates. A Figura 128 mostra a referida espécie na touceira, antes do corte.

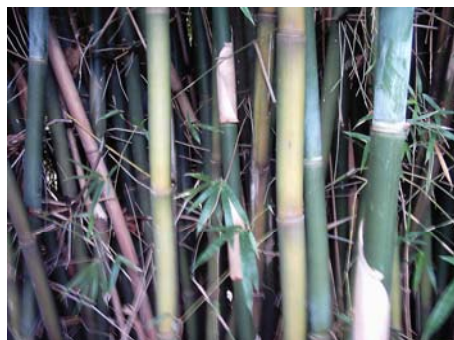


Figura 128 - Espécie *Bambusa tuldooides*.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

De acordo com Alves *et al* (2004), alguns ensaios laboratoriais foram feitos com a espécie *Bambusa tuldooides* a fim de avaliar suas propriedades físicas (massa específica aparente e teor de umidade) e mecânicas (resistência à tração(f_{tk}) e compressão(f_{ck})). As espécies foram analisadas no seu estado natural, sem tratamento químico, distinguindo o bambu verde do bambu maduro seco ao ar. Os resultados obtidos nos ensaios são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise da espécie *Bambusa tuldooides*.

Resistência à compressão:	
Bambu Seco ao ar:	$f_{ck} = 26,76 \text{ MPa}$
Bambu Verde:	$f_{ck} = 57,01 \text{ MPa}$
Resistência à tração:	
Bambu Seco ao ar:	$f_{tk} = 131,82 \text{ MPa}$
Bambu Verde:	$f_{tk} = 127,34 \text{ MPa}$
Massa específica aparente:	
Bambu Seco ao ar:	$\bar{\delta}_s = 0,073 \text{ g/cm}^3$
Bambu Verde:	$\bar{\delta}_u = 1,10 \text{ g/cm}^3$
Teor de umidade:	
Bambu Seco ao ar:	H% = 9,54
Bambu Verde:	H% = 89,11

(Fonte: ALVES *et al*, 2004)

b) *Phyllostachys bambusoides*

Bambu alastrante quanto ao tipo de rizoma (monopodiais), com colmos retilíneos e de grande beleza ao ser trabalhado. De acordo com Silva (2005), esta é uma das espécies preferidas na China para a produção de

brotos comestíveis. No Brasil, esta espécie geralmente é utilizada na produção de móveis e artesanato.

Desenvolve-se bem em temperaturas amenas, apresentando-se com diâmetro menor dos colmos em regiões de altas temperaturas. Seu florescimento é sincrônico e a literatura relata um ciclo de aproximadamente 120 anos. De acordo com Silva (2005), esta espécie foi encontrada no Município de Nerópolis - Goiás, em forma de touceiras com bambus verdes e maduros e algumas espécies em florescimento, sem formação de frutos.

Segundo López (1974) *apud* por Freire; Beraldo (2003), o recorde de crescimento diário de uma espécie de bambu, medido nos limites de Quioto, em 1956, foi de 121 cm em 24 horas, verificado para o bambu *Phyllostachys bambusoides*, o qual tinha 12cm de diâmetro de colmo. A Figura 129 mostra a espécie em touceira.



Figura 129 - Touceira de bambu da espécie *Phyllostachys bambusoides*.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

c) *Dendrocalamus Giganteus*

A espécie *Dendrocalamus giganteus* foi utilizada neste trabalho para a produção das molduras dos painéis de bambu. Possui, como principal característica, diâmetro avantajado, sendo um dos maiores existentes entre a espécie, podendo variar de 10 a 25 cm de diâmetro.

Esta espécie possui cor verde acinzentada e seus colmos atingem dimensões máximas com aproximadamente seis meses de idade. Esta espécie também mostra-se mais resistente ao ataque dos insetos (UMAÑA, 1998).

O *Dendrocalamus giganteus* é uma das espécies com maiores possibilidades de uso. Porém, existe certa dificuldade no seu manejo em função da proximidade dos seus colmos.

Este bambu foi colhido no município de Petrolina - GO, em propriedade rural particular, em agosto de 2005, para o desenvolvimento desta pesquisa. Trata-se de uma espécie bastante valorizada no mercado, por ser indicada para o uso na construção civil e na fabricação de móveis. O preço aproximado de uma vara com 5 metros de comprimento e 15 cm de diâmetro, sem corte e sem tratamento, custa em média R\$ 7,00 a vara, de acordo com a EMBAMBU (2005). Na Figura 130 observa-se a touceira da espécie.



Figura 130 - Espécie de bambu *Dendrocalamus giganteus*.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

2.2.2 - Seleção dos bambus

Os bambus foram selecionados nas touceiras de acordo com seu diâmetro e idade. De acordo com o diâmetro, buscou-se a padronização dos bambus da espécie *Bambusa tuldoides*, pois de acordo com seu uso para o preenchimento dos painéis, as varas deviam ter diâmetro padronizado de 2,5 cm. Utilizou-se um paquímetro para medir a espessura das varas na altura média dos colmos de 1,20m, garantindo a padronização das medidas. Buscou-

se, ainda, a seleção das varas mais retílineas visando facilitar o momento da montagem dos corpos-de-prova.

Quanto aos bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus*, não houve a necessidade de padronização das varas, pois estas seriam abertas em *tiras* para serem utilizadas como peças de travamento dos painéis. O diâmetro das espécies colhidas variou entre 14 e 18 cm.

De acordo com a idade, foram selecionados apenas os bambus maduros, com mais de três anos de idade, sendo que para a detecção da idade utilizou-se um método empírico, de reconhecimento pela aparência. Esta etapa contou com o auxílio do Engenheiro Agrônomo MSc. Roberto Magno (Goiânia/GO), especialista em bambus, para a correta seleção dos bambus maduros. As varas maduras, como mostra a Figura 131, apresentam manchas esbranquiçadas ou amareladas por toda a sua extensão, facilitando assim o reconhecimento.



Figura 131 - Bambu maduro na touceira
(Fonte: Foto da autora, 2005).

2.2.3 - Corte dos bambus na touceira

Os bambus foram colhidos com o uso de moto serra e aparados posteriormente com serra circular elétrica, deixando cerca de 50 cm da base da planta no solo, respeitando-se assim a maneira correta de corte, que não

permite a retirada da raiz da planta. Quatro funcionários da EMBAMBU, acostumados com este tipo de atividade, trabalharam nesta etapa de corte dos bambus. A Figura 132 mostra a touceira da espécie *Dendrocalamus giganteus*, sendo manejada no momento do corte das varas.



Figura 132 - Bambus sendo colhidos e manejados.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

2.2.4 - Transporte e armazenamento

Os bambus colhidos nos Municípios de Petrolina e Nerópolis - Goiás, logo após o corte, foram retirados da touceira e agrupados no solo, na sombra, até serem cortados em tamanho ideal que facilitasse o transporte no caminhão do tipo Mercedes Trucado, de 3 eixos, alugado pela EMBAMBU.

Uma vez o bambu cortado, não pode ser maltratado. Teve-se o cuidado de acomodar as varas no caminhão, na posição horizontal, com o cuidado de proteger as varas de batidas ou raspadas durante o transporte. Foram transportados até a cidade de Aparecida de Goiânia e descarregados cuidadosamente no galpão da EMBAMBU, para posteriormente serem submetidas ao processo de cura e armazenamento.

2.2.5 - Secagem dos bambus

Os bambus, assim como as madeiras, necessitam estar secos antes de sua utilização. Com isso evitam-se deformações, rachaduras e variação dimensional uma vez em uso (UMAÑA, 1998). As varas de bambu foram secas

através de um método simples conhecido como secagem ao ar. Este método natural procedeu da seguinte forma:

- a) As varas foram acomodadas à sombra e ao ar, em local coberto, longe da umidade do solo.
- b) Os bambus ficaram empilhados, com as varas paralelas uma às outras, e separadas em camadas, com uma pequena distância entre elas, permitindo a circulação do ar por entre as varas;
- c) Estando protegidas do sol, da chuva e da umidade do solo, permaneceram por aproximadamente 60 dias (03/08/05 a 12/10/05), a fim de atingirem o ponto ideal para a produção dos protótipos dos painéis.

O tratamento aplicado nas varas de bambu cortadas foi a mineralização, procedimento que será descrito com maior profundidade no Item 2.3.4. Não foi feito nenhum tratamento com métodos tradicionais, à base de produtos químicos, de imunização contra fungos e carunchos, devido ao uso que se pretendia fazer. Como os bambus foram chapiscados e revestidos com argamassa de revestimento, e mais, como não se pretendia avaliar a resistência biológica dos bambus utilizados, achou-se dispensável a imunização através de tratamentos químicos, preferindo-se a mineralização das varas.

2.3 - EXECUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Depois dos bambus selecionados, cortados, secos e tratados, parte-se para a fase de execução dos corpos-de-prova, para que as avaliações e os ensaios possam ser realizados. Os corpos-de-prova são painéis com dimensões reduzidas (1,00 x 1,00 x 0,06 m), revestidos com argamassa de revestimento.

Para melhor entendimento, a execução dos corpos-de-prova dividiu-se em seis partes: os componentes construtivos de bambu, necessários para a produção dos corpos-de-prova; as ferramentas utilizadas na execução; os procedimentos para a execução da estrutura de bambu dos corpos-de-prova; o processo de mineralização da estrutura de bambu; a aplicação do chapisco e a aplicação da argamassa de revestimento.

Somente após a realização de todas as etapas e procedimentos citados, os corpos-de-prova são considerados prontos para serem ensaiados e avaliados.

2.3.1- Componentes construtivos dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova são compostos por três componentes construtivos, todos feitos de bambu: a moldura, as varas de preenchimento e as travessas. A técnica utilizada para a produção destes componentes é simples, não necessitando de ferramentas sofisticadas nem de um espaço físico amplo. Porém, alguns cuidados devem ser tomados para que não ocorram erros ou desperdício de matéria-prima.

a) Moldura de bambu

O painel de bambu proposto utiliza moldura de bambu em substituição a moldura de madeira. Esta última é comumente utilizada nos painéis produzidos na Costa Rica (Item 1.4.1). Os painéis com moldura de madeira apresentam algumas desvantagens, tais como o peso elevado, a utilização de matéria-prima em processo de extinção, além de ser cerca de 85% mais cara que a moldura de bambu. Em função do exposto, buscou-se nesta experiência prática a utilização de molduras de bambu, visando a

experimentação de uma nova técnica construtiva, a diminuição do peso final dos painéis de bambu, a preservação das madeiras e a diminuição do custo final dos painéis.

Utilizou-se para as molduras a espécie *Phyllostachys bambusoides*, selecionada com espessura média de 5,50 cm. Os colmos foram partidos ao meio manualmente, com o auxílio de facão (ou foice sem gavião) e martelo, formando peças de bambu em meia-cana, como mostra a Figura 133.

Quando partido ao meio, em seção transversal, este bambu forma, naturalmente, uma moldura em meia-cana (Figura 134), capaz de acomodar com facilidade os bambus finos que preenchem os corpos-de-prova (varas de preenchimentos).



Figura 133 - Abre-se manualmente o bambu para a produção das molduras. (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).



Figura 134 - Bambu para moldura cortado em meia-cana. (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

Após a abertura das varas de bambu, observa-se que os nós internos devem ser removidos para tornar a moldura lisa e homogênea internamente. Utilizou-se uma retífica elétrica para aplainar as paredes internas dos bambus. Trata-se de um procedimento simples e de grande importância

para o bom funcionamento das molduras de bambu. A Figura 135 registra o momento em que se utiliza a retífica elétrica na preparação da moldura.



Figura 135 - Utiliza-se uma retífica elétrica para aplainar as paredes internas do bambu.

(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

As varas de bambu em meia-cana, que posteriormente se tornam as molduras do corpo-de-prova, tem suas extremidades cortadas em ângulo de 45° (chanfradas), com a serra circular, para permitir a união das peças.

A união das molduras se dá através de dois processos, que são a pinagem e a amarração com arame galvanizado. A pinagem é feita com o uso de pinos de bambu (varetas finas) que passam internamente aos furos feitos com furadeira na moldura, promovendo a união das peças (Figura 136). O processo é simples, porém não é suficiente para permitir uma união totalmente estável. O uso de arame galvanizado de 2,10 mm (bwg14, da Gerdau) foi fundamental para complementar a união das molduras (Figura 137).

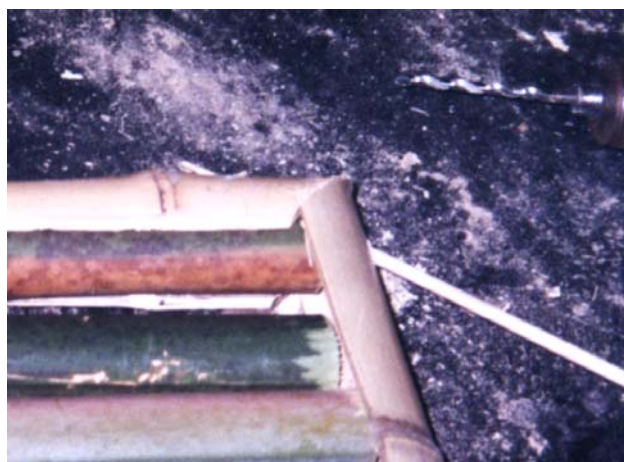


Figura 136 - Processo de “pinagem” para a união das molduras.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

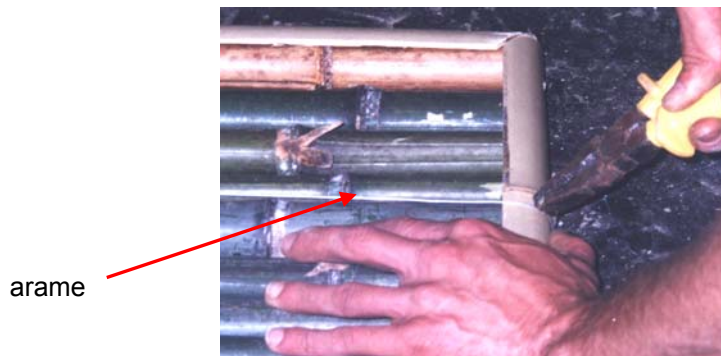


Figura 137 - O uso de arame galvanizado auxilia na união das molduras.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

A Figura 138 mostra o detalhe da moldura de bambu após a pinagem e a amarração com arame galvanizado, já aplicados ao corpo-de-prova.

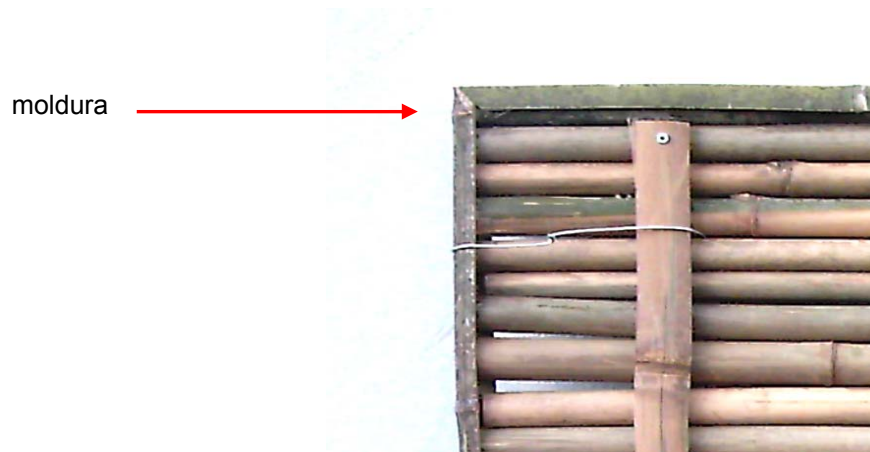


Figura 138 - Moldura aplicada no corpo-de-prova.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

b) Varas de preenchimento

Utilizam-se varas finas e roliças, de 3,5 cm de diâmetro, da espécie *Bambusa tuldooides*, para o preenchimento dos corpos-de-prova. As varas são colocadas em posição horizontal, cumprindo parte da função de vedação. O processo de união e fixação das varas é bastante simples e conta com o auxílio de duas travessas de bambu (parafusadas) e arame galvanizado, que auxilia na estabilização da estrutura de bambu do corpo-de-prova. A Figura 139 mostra as varas de preenchimento com a estrutura de bambu pronta.

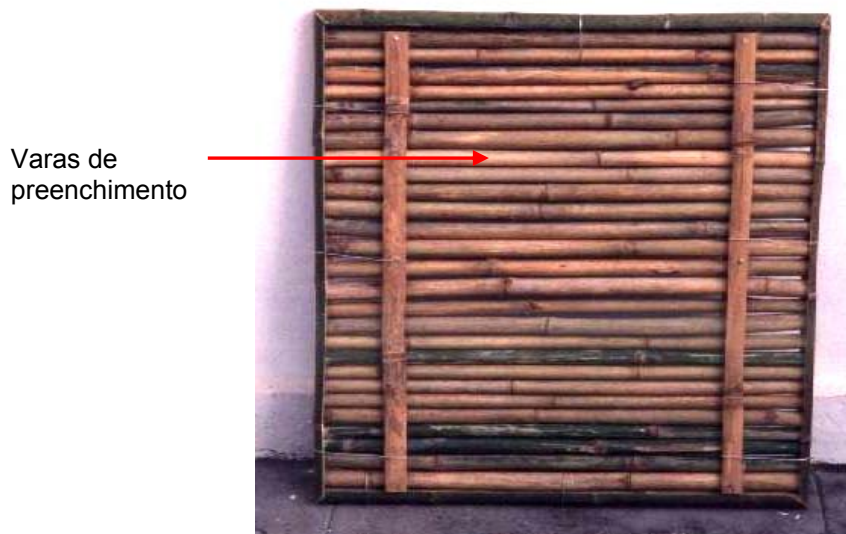


Figura 139 - Varas de bambu para preenchimento do painel.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

c) Travessas de bambu

Tratam-se de varas retilíneas, feitas a partir dos colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus*, que são abertas manualmente e auxiliam na montagem e fixação do painel, travando as varas de preenchimento através de parafusos. Nas Figuras 140 pode-se observar o procedimento manual sendo executado.



Figura 140 - (a) O colmo do bambu é aberto manualmente (b) e se tornam tiras, utilizadas nos painéis como travessas de fixação.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

Deve-se preferir as travessas mais retilíneas e estas devem ser presas, através de parafusos, à primeira e à última vara de preenchimento. Utiliza-se furadeira para fazer os furos e parafusos sem cabeça para a união das peças. Pode-se observar este procedimento na Figura 141.



Figura 141 - (a) Fura-se a travessa e o primeiro bambu de preenchimento; (b) faz-se a união com o uso de parafuso e porca.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

A Figura 142 mostra a travessa aplicada em uma estrutura de bambu do corpo-de-prova, já finalizada.



Figura 142 - Travessas de estabilização da estrutura do corpo-de-prova. (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

2.3.2 – Ferramentas e equipamentos

As ferramentas utilizadas na fase executiva dos protótipos dos painéis de bambu são simples, facilmente encontradas e de fácil manuseio (Figura 143-a), exceto a serra circular (Figura 143-b), que é um equipamento de marcenaria, de tamanho considerável e custo alto. Esta máquina, porém, é

responsável pelo bom acabamento do corte das peças de bambu, pois não estilhaça as fibras e faz cortes especiais, como os cortes em 45°. As principais ferramentas utilizadas foram:

- a) Facão ou foice sem bico;
- b) Martelo;
- c) Furadeira com serra copo;
- d) Serra circular;
- e) Retífica elétrica (ferramenta da engenharia mecânica);

Os principais materiais utilizados na etapa de execução dos corpos-de-prova foram:

- f) Arame galvanizado 2,10 mm, bwg 14, rolo de 35 m.;
- g) Parafusos de rosca para máquina de cabeça redonda 5/32" ;
- h) Porca estampada 5/32".



Figura 143 - (a) Ferramentas simples utilizadas na execução dos painéis; (b) Serra circular, equipamento apropriado para o corte dos bambus.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

2.3.3- Execução da estrutura de bambu dos corpos-de-prova

Relata-se, inicialmente, que foi desenvolvido um primeiro protótipo experimental de bambu para os corpos-de-prova (Figura 18). Este protótipo experimental apresentou algumas dificuldades construtivas e problemas estruturais. Lista-se, a seguir, alguns dos principais problemas encontrados:

- a) A falta de padronização do diâmetro das varas de preenchimento, que variou de 2,50 a 3,50 cm, interferiu negativamente na montagem do painel;
- b) A não retirada dos nós externos sobressalentes não permitiu a adequada acomodação horizontal de uma vara ao lado da outra, criando espaços vazios;
- c) Utilizou-se apenas uma travessa de fixação no centro do painel, o que dificultou a fixação das varas de preenchimentos e não conferiu boa estabilidade à estrutura de bambu;
- d) Utilizaram-se mãos-francesas, feitas de ripas do bambu *Dendrocalamus giganteus*, nas extremidades dos painéis, com a finalidade de travar a moldura e conferir maior estabilidade estrutural ao painel, impedindo o giro sobre seu próprio eixo. Observou-se, posteriormente, que melhorando a estabilidade da estrutura de bambu, com o uso de mais travessas de fixação, as mãos-francesas seriam dispensáveis.

A Figura 144 mostra o protótipo experimental, o qual foi executado ao galpão da EMBAMBU, com o auxílio de um carpinteiro.

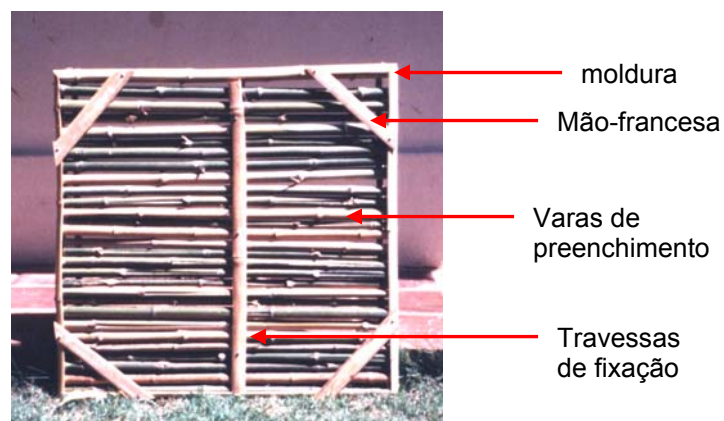


Figura 144 - Primeira estrutura de bambu desenvolvida, em caráter experimental. (Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

Pelos motivos apresentados, resolveu-se desenvolver uma nova proposta construtiva, porém sem alterar o partido arquitetônico da estrutura de bambu. Buscou-se a solução ou melhoria dos problemas encontrados, bem como maior facilidade construtiva na nova proposta.

Foram produzidas seis estruturas de bambu, nos moldes da estrutura apresentada na Figura 150 (p. 157), as quais foram revestidas com argamassa, formando os corpos-de-prova da parte experimental. As estruturas de bambu foram pré-fabricadas artesanalmente, com dimensões padronizadas de 1,00m x 1,00m x 0,06m.

A execução das estruturas de bambu propiciou ainda um contato direto com a prática, tornando-se um importante exercício de demonstração da técnica construtiva dos painéis.

A fase executiva da estrutura de bambu teve início com a preparação das peças (varas de bambu), cortadas em tamanhos padronizados, para a confecção dos protótipos. As molduras (4 peças), as varas de preenchimento (aproximadamente 28 varas por painel) e as travessas (2 peças), principais elementos que compõem o painel, foram cortados com 1,00 de comprimento. É importante que todas as peças sejam cortadas e preparadas antes do início da produção, assim como a compra de materiais complementares, tais como parafusos, porcas e arames, para que não haja perda de tempo nesta fase.

Após o corte das peças nas suas devidas dimensões, faz-se a retirada dos nós com o uso de uma lixadeira elétrica e a retirada dos galhos sobressalentes encontrados nas varas com o uso de um facão ou arco de serra manual, para que estes não prejudiquem o painel no momento de aplicação da argamassa. A não retirada destes nós pode levar a um aumento da espessura da argamassa de recobrimento.

A execução das seis estruturas de bambu foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

a) Montagem das varas de preenchimento e travessas de bambu

As varas de preenchimento são organizadas em solo plano, utilizando os bambus mais retilíneos e dispensando as varas tortas, evitando

frestas entre elas. Na Figura 145, observa-se a organização das varas com o auxílio de uma peça de madeira, a qual é utilizada como régua.



Figura 145 - Organização das varas de preenchimento no solo.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

As travessas são fixadas na estrutura de bambu, sendo parafusadas dos dois lados do painel, com parafusos do tipo barra rosqueada, como mostra a Figura 146.



Figura 146 - (a) As travessas de bambu são colocadas por cima e por baixo das varas de preenchimento; (b) Posteriormente, são parafusadas nas varas.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

A primeira e a última vara de preenchimento, da parte superior e da base do painel, não devem ser agrupadas juntamente com as outras e nem fixadas nas travessas, pois serão utilizadas na fase final da montagem, encaixando-se dentro da moldura e finalizando o fechamento do painel. A Figura 147 mostra o esquema de montagem descrito neste Item a.

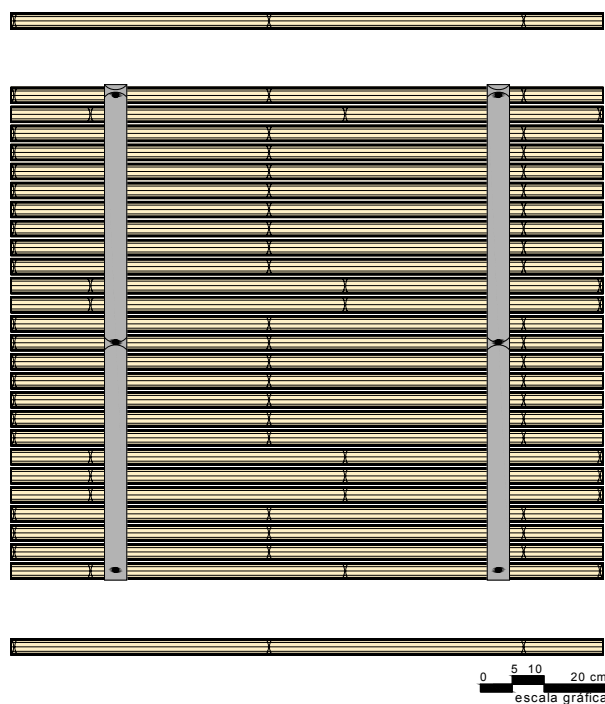
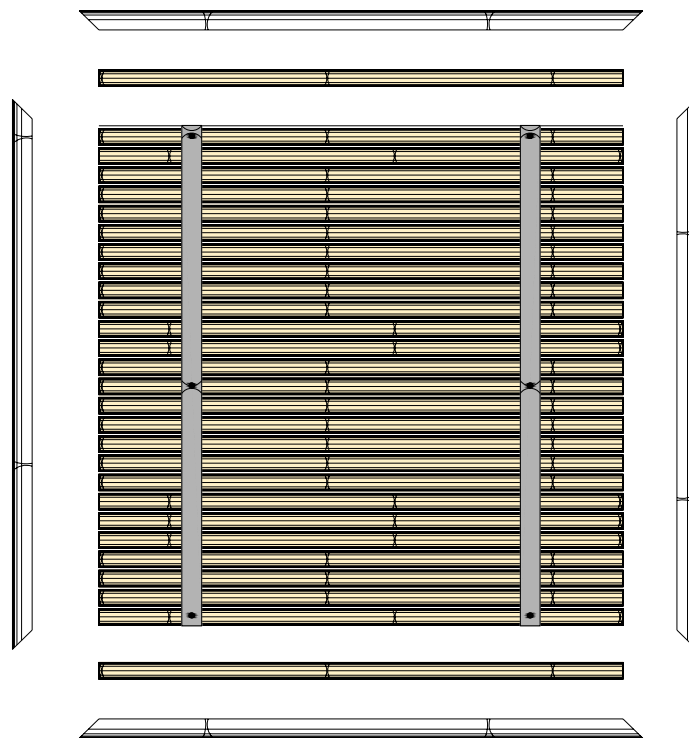


Figura 147 - Fixação das varas de preenchimento com o auxílio das travessas de bambu. A primeira e última vara são colocadas posteriormente, no momento de colocação da moldura.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

b) Montagem das molduras de bambu

Primeiramente, as molduras superior e inferior são fixadas às varas de preenchimento, onde são inseridas em suas partes internas, as duas varas de preenchimento que ficaram reservadas. Depois, colocam-se as duas molduras laterais restantes.

As molduras, como dito anteriormente, são “pinadas” e amarradas com arame galvanizado, fixando-se tanto aos bambus roliços (varas de preenchimento) quanto às travessas. Através dos esquemas mostrados nas Figuras 148 e 149, pode-se entender melhor o processo de montagem das molduras na estrutura de bambu dos corpos-de-prova. Já a Figura 150 apresenta a fotografia da estrutura do corpo-de-prova executada e finalizada.



0 5 10 20 cm
escala gráfica

Figura 148 - Esquema de montagem das molduras na estrutura de bambu.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).

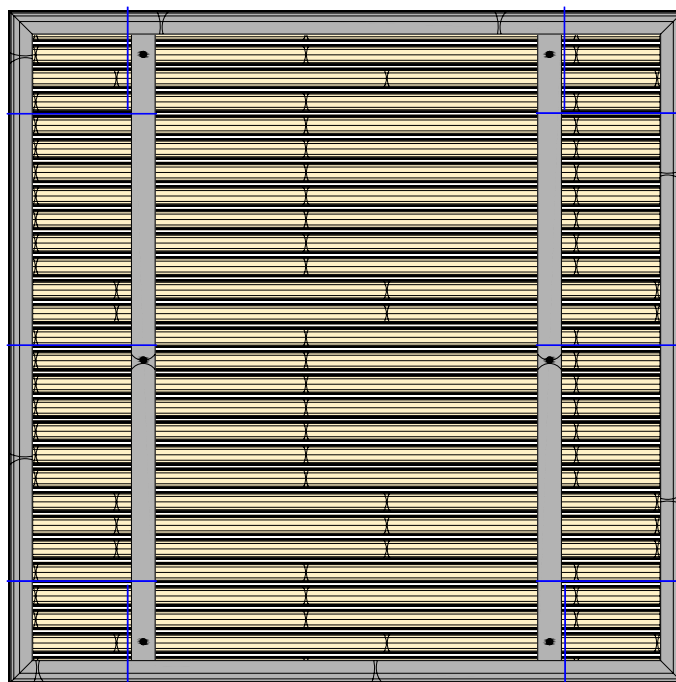


Figura 149 - Desenho arquitetônico da estrutura do corpo-de-prova finalizada, apresentando a moldura fixada à estrutura de bambu.
(Fonte: Desenho de Janderson de Oliveira).



Figura 150 - Estrutura do corpo-de-prova finalizada.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

2.3.4 – Mineralização

Os procedimentos realizados após a execução da estrutura de bambu, que foram a mineralização, a aplicação do chapisco e a aplicação da argamassa de revestimento, são fundamentais para a realização das avaliações tátil-visuais e ensaios nos corpos-de-prova.

A mineralização, primeiro procedimento executado após o término da estrutura de bambu, trata de um método com pouca bibliografia e divulgação científica no que diz respeito a sua aplicação e eficiência em bambus. De acordo com ALVES (1976, p.1), “a mineralização consiste na preparação de uma solução de silicato de sódio, que ao ser aplicada em fibras vegetais, ajudam a eliminar o efeito da absorção de água destes materiais”.

Tal procedimento demonstrou ser de fácil aplicação, além de utilizar materiais acessíveis como a água e o cimento. A mineralização é feita mergulhando-se as estruturas de bambu em um tanque com uma calda de cimento e água (relação 1:5, cimento:água), sendo que neste trabalho utilizou-se 600 litros de água para 120 kg de cimento. Antes de serem mineralizadas, a superfície das varas de preenchimento, das travessas e da moldura são lixadas, com lixa grossa para madeira, conforme mostra a Figura 151, a fim de

promover a aderência entre a estrutura de bambu e o revestimento de argamassa.



Figura 151 - Lixa grossa para madeira, utilizada para lixar a superfície da estrutura de bambu.

(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

Durante o processo de mineralização, as estruturas de bambu permaneceram 48 horas submersas na calda de cimento. As Figuras 152 e 153 mostram o procedimento sendo realizado.



Figura 152 - Calda de cimento sendo preparada no tanque.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).



Figura 153 - Estruturas de bambu imersas na calda de cimento.
(Fonte: Foto da autora, tirada durante a etapa de execução, 2005).

Após este período, retiram-se os corpos-de-prova da calda, deixando que sequem em ambiente coberto, protegido do sol e da chuva, na posição vertical, encostados, por exemplo, em paredes.

Adotou-se o procedimento da mineralização com o objetivo de imunizar os colmos de bambu, de solidificar os feixes vasculares e células parenquimáticas dos colmos com micro partículas de cimento, diminuindo a absorção de água, e de melhorar a aderência da argamassa de revestimento ao bambu. Portanto, a técnica de mineralização pode influir, benéficamente, na aderência (a) e na imunização (b), conforme são discutidas a seguir.

a) Aderência

De acordo com SALGADO *et al* (1986), a capacidade de aderência do bambu é dada pela sua superfície de contato. Justifica-se, assim, a lixação dos corpos-de-prova, já que aumentando a superfície de contato amplia-se a capacidade de aderência da argamassa aos bambus.

Segundo a ASTM 907-55, a aderência é o estado em que duas superfícies são unidas por intermédio de forças interfaciais, que podem consistir de forças de valência ou ações de intertravamento ou mesmo ambas num caso.

Para FIGUEIREDO (1989), a adesão entre dois corpos sólidos secos pode se dar de distintas formas, como por exemplo, as adesões de origem química, mecânica e molecular.

Para aumentar a aderência mecânica, é necessário aumentar a área de contato real. Neste sentido, a lixação promove a aderência pelo aumento da superfície de contato e pelo aumento do entretravamento mecânico entre a argamassa de revestimento e a superfície do bambu.

Além disso, sabe-se que através da lixação é possível provocar porosidades superficiais, capazes de formar microancoragens superficiais da argamassa de revestimento aos feixes vasculares do bambu, melhorando assim a sua aderência.

b) Imunização

Quanto à imunização, sabe-se que a suscetibilidade ao ataque dos insetos e fungos apresenta-se como um dos maiores problemas em relação ao uso do bambu, principalmente na construção civil.

De acordo com LIESE (1998), uma parte das células denominadas parênquimas possui, como fonte de reserva, polímeros de amido, que se tornam um grande atrativo ao caruncho e aos fungos após o corte, como mostra a Figura 160. O tratamento do bambu é, portanto, fundamental para garantir sua durabilidade e vida útil prolongada.



Figura 154 - (a) *Dinoderus minutus*, caruncho do bambu; (b) Corte transversal das células dos parênquimas dos colmos, com grãos de amido (LIESE, 1998, p.25).

O cimento, e por conseqüência a calda de cimento, possui em sua composição o silicato de sódio (Na So). Este elemento tem efeito imunizante quando aplicado nos bambus (ALVES, 2004). Além disto, o *ph* elevado da calda de cimento ($ph \geq 12,5$), segundo FIGUEIREDO (1994), também possui efeito imunizante, ao criar um ambiente desfavorável a proliferação de microorganismos.

Através da mineralização dos bambus obtem-se ainda a solidificação dos feixes vasculares. O cimento possui micro partículas aglomerantes que, ao penetrar nos feixes vasculares das seções cordadas, se solidificam, provocando a diminuição da absorção de água no interior dos bambus.

Com a tamponação dos poros dificulta-se, ainda mais, a absorção de água do bambu, o que resulta, conseqüentemente, na diminuição da incidência de ataque de insetos ou fungos.

Vale salientar que a mineralização não se trata de um método específico para a imunização dos bambus. Contudo, de acordo com o uso que se fez neste trabalho, onde os bambus não ficam aparentes e são revestidos com argamassa, observou-se dois pontos importantes: a) ao se criar um ambiente altamente alcalino, diminui-se a possibilidade de proliferação dos fungos e microorganismos; b) com a solidificação dos feixes vasculares diminui-se a absorção de água dos colmos de bambu, que por conseqüência, diminuiria a incidência de ataque de insetos.

2.3.5 - Chapisco

O chapisco, técnica aplicada às alvenarias convencionais e que antecede a aplicação da argamassa de revestimento, foi projetado sobre a estrutura de bambu. É composto por uma argamassa de cimento, areia e adesivo de base acrílica, a fim de formar uma camada áspera de ancoragem.

Segundo FIGUEIREDO (1989), as *camadas de fronteira* prejudicam a aderência entre dois materiais quando não são removidas das suas superfícies. Representam *camadas fracas de fronteiras* a poeira, óleos e graxas, óxidos ou qualquer outro material que não tenha sido removido do substrato.

Após o procedimento da mineralização das estruturas de bambu (ver Item 2.3.4, p.157), observa-se a formação de *casca* de pasta de cimento aderidas aos bambus, que devem ser retiradas antes da aplicação do chapisco. Com leves batidas, ou mesmo manualmente, consegue-se remover este material. Observa-se o fácil descolamento das *casca* de cimento, que caem ao chão. Na Figura 155, é possível observar as *casca* de pasta de cimento, fracamente aderidas aos bambus e, posteriormente, caídas ao chão devido às batidas nos painéis.



Figura 155 - (a) Pasta de cimento aderida ao bambu, após a mineralização; (b) As cascas despregam-se facilmente e caem ao chão.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

Antes de serem chapiscadas, as estruturas de bambu foram pesadas (Figura 156), possibilitando a avaliação do peso dos corpos-de-provas, antes e depois dos procedimentos de chapiscagem e aplicação de argamassa de revestimento.



Figura 156 - Estrutura de bambu sendo pesada antes da aplicação de chapisco e argamassa, registrando o peso de 12,78 kg.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

As estruturas de bambu foram chapiscadas com uma argamassa de traço 1 : 3 : 0,5 : 0,1 (cimento Portland CP II-F : areia artificial : a/c igual a 0,5 : adesivo de base acrílica).

Utilizou-se um galão de adesivo de base acrílica, misturado à água (com peso líquido de 3 kg), para conferir maior aderência à argamassa de chapisco, como mostra a Figura 157.



Figura 157 - Galão de adesivo de base acrílica, utilizado na preparação da argamassa de chapisco; (b) Produto sendo misturado na água.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

Todos os materiais (cimento, areia, água e adesivo) foram misturados em betoneira, como demonstrado na Figura 158, no Laboratório de Materiais de Construção da UFG, local onde todos os ensaios e avaliações foram desenvolvidos.



Figura 158 - Preparação da argamassa de chapisco, com o auxílio de betoneira.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

A Figura 159 apresenta as estruturas de bambu após a aplicação da argamassa de chapisco, onde observa-se que a argamassa obteve uma boa aderência aos bambus.



Figura 159 - (a) Estrutura de bambu após a aplicação da argamassa de chapisco; (b) Detalhe da argamassa de chapisco aderida aos bambus.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

As estruturas de bambu permaneceram por três dias em processo de secagem, para finalmente proceder a aplicação da argamassa de revestimento.

2.3.6 - Aplicação da argamassa de revestimento

As argamassas, de acordo com Lermithé (1953), são destinadas a proteger as paredes contra a umidade externa, ou preparar superfícies para receber a pintura ou outros revestimentos.

A argamassa de revestimento foi preparada em betoneira, com traço definido em 1:0,5:4 (cimento Portland CP II-F : cal hidratada : areia de leito de rio). Consegue-se assim uma argamassa de consistência firme, pronta para ser projetada às estruturas de bambu. A Figura 160 mostra o aspecto da argamassa de revestimento no estado fresco.



Figura 160 - (a) Preparação da argamassa de revestimento na betoneira; (b) Argamassa pronta para ser projetada às estruturas de bambu.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

A Figura 161 mostra as estruturas de bambu sendo argamassadas. A espessura deve ser suficiente para cobrir todas as varas de preenchimento e as travessas de bambu. Apenas as molduras de bambu não são argamassadas, devendo ficar aparentes. As espessuras dos cobrimentos de argamassa sobre as vigas de preenchimento e travessas são, posteriormente, alvo de discussão.



Figura 161 - (a) Argamassa sendo aplicada nas estruturas de bambu; (b) Apenas a moldura de bambu deve ficar aparente.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

Para a aplicação da argamassa de revestimento nas estruturas de bambu, foi solicitado como mão-de-obra, um pedreiro e um servente de pedreiro, ambos com experiência. O tempo gasto com o referido procedimento nas seis estruturas de bambu foi de dois dias, onde ao final, a argamassa era aplainada com uma régua de madeira, produzindo uma superfície homogênea de argamassa de revestimento. Assim, os corpos-de-prova foram finalizados. Na Figura 162 pode-se observar as estruturas de bambu já revestidas pela argamassa de revestimento (a), e posteriormente aplainadas (b).



Figura 162 - (a) Estruturas de bambu recobertas pela argamassa de revestimento; (b) Argamassa de revestimento aplainada com régua de madeira.
(Fonte: Foto da autora, 2005).

Esperou-se 28 dias para a cura da argamassa, para então dar prosseguimento aos ensaios e avaliações dos corpos-de-prova. A Figura 163 apresenta os corpos-de-prova finalizados, após a secagem da argamassa de revestimento.



Figura 163 - (a) Corpo-de-prova finalizado, após a secagem da argamassa de revestimento; (b) Detalhe do corpo-de-prova após a secagem da argamassa. (Fonte: Foto da autora, 2005).

2.4 - AVALIAÇÕES E ENSAIOS REALIZADOS

Os seis painéis de bambu produzidos conforme descrito no Item 2.3, e tratados com uma calda de cimento, de acordo com os procedimentos do Item 2.4, foram chapiscados com uma argamassa de traço 1:3:0,5:0,1 (cimento Portland CP II-F : areia artificial : a/c igual a 0,5 : adesivo de base acrílico) e revestidos com uma argamassa de traço 1:0,5:4 (cimento Portland CP II-F : cal hidratada : areia de leito de rio).

O desempenho do painel revestido e do revestimento formado pelo chapisco e pela argamassa de revestimento, foi avaliado através dos seguintes aspectos:

- a) Quanto à cor do painel e textura do revestimento;
- b) Quanto à presença de defeitos superficiais e fissuras;
- c) Quanto ao peso do painel;
- d) Quanto a pulverulência;
- e) Quanto à dureza superficial;

- f) Quanto à resistência ao risco, e
- g) Quanto à resistência de aderência à tração.

Não obstante a realização das avaliações listadas, segundo o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1998), em seu documento intitulado *Critérios mínimos de desempenho para habitações de interesse social*, avaliações como a resistência ao impacto de corpo duro e mole, estanqueidade, resistência ao fogo, conforto térmico e acústico, também devem ser realizados.

Ressalta-se ainda que, diante da ausência de normas para avaliação do desempenho de painéis de bambu, os procedimentos de avaliação apresentados da seqüência (Capítulo 3), ou são baseados em requisitos de desempenho, ou em normas referentes a outros tipos de painéis, tais como os de gesso acartonado ou alvenaria tradicional.

3 - RESULTADOS E ANÁLISES DO PAINEL REVESTIDO COM ARGAMASSA

Os resultados a seguir apresentados são analisados levando-se em consideração o comportamento de uma alvenaria convencional de tijolos ou blocos cerâmicos. Apenas no item 3.6, referente à dureza superficial, faz-se referência a um painel de gesso acartonado, em função da existência de norma sobre o tema para este tipo de painel.

3.1 - QUANTO À COR DO PAINEL E TEXTURA DO REVESTIMENTO

A avaliação visual é fator importante no momento que decide-se pelo uso de um painel aparente de bambu revestido com argamassa. Após a aplicação e secagem do revestimento, obteve-se um painel de cor cinza claro com a moldura de bambu aparente, conforme mostra a Figura 164.



Figura 164 - Aspecto geral do painel revestido com argamassa.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

O presente protótipo de painel foi projetado para que argamassa de revestimento terminasse exatamente na parte superior das varas externas do painel (molduras). Este aspecto é mostrado no detalhe da Figura 165.



Figura 165 - Detalhe do encontro da argamassa de revestimento com a moldura de bambu. (Fonte: Foto da autora, 2005)

Quanto à textura o painel apresentou textura áspera e rugosa, equivalente ao revestimento de argamassa empregado em alvenarias de blocos ou tijolos cerâmicos.

As molduras de bambu, após serem argamassadas, apresentam-se parcialmente sujas, ou seja, de cor acinzentada e com partes de argamassa aderidas a ela. Deve-se observar que, pelo fato das molduras ficarem aparentes e sem a aplicação de argamassa, merecem cuidados especiais, devendo ser limpas logo após o procedimento finalizado, antes da secagem da argamassa. O mesmo deve ser observado em relação aos arames que ficam aparentes, envoltos nas molduras de bambu. Estes podem e devem ser cortados e removidos após a secagem total da argamassa de revestimento dos painéis.

3.2 - QUANTO À PRESENÇA DE DEFEITOS SUPERFICIAIS E FISSURAS

Verificou-se que, em alguns poucos pontos, os resíduos de nós tiveram que ser novamente lixados, antes da aplicação da argamassa de revestimento, para que não ficassem descobertos e aparentes na superfície do painel (Figura 166). O mesmo comentário pode ser feito com relação aos parafusos. A Figura 167 mostra a presença de parafuso na superfície argamassada do Painel 2. No Painel 4, constatou-se a presença, na superfície argamassada, da travessa de amarração. Nestas áreas (nós, parafusos e travessas), foram obtidas pequenas espessuras de revestimento. A pequena espessura de revestimento pode influenciar na resistência de aderência à tração (Item 3.7), na presença de fissuras (Tabela 6), na permeabilidade e no desempenho geral do painel ao longo da sua vida útil.



Figura 166 - Remoção de resíduos (nós e parafusos) do painel.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

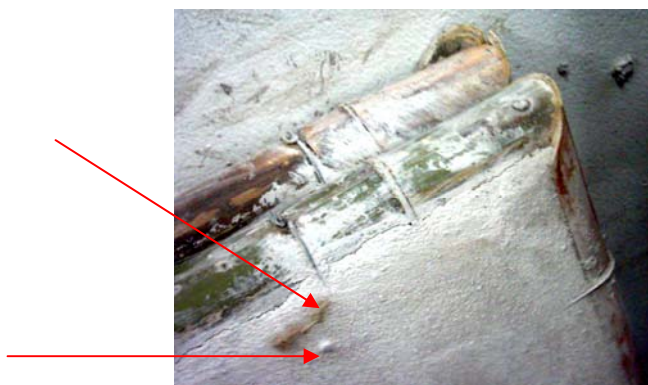


Figura 167 - Travessa e parafuso aparentes na superfície do painel revestida com argamassa. (Fonte: Foto da autora, 2005)

A Tabela 6 apresenta a avaliação das fissuras nos corpos-de-prova, considerando os seguintes parâmetros: número e tipo de fissuras, localização das fissuras, abertura superficial e causa do aparecimento. A Figura 168 mostra a forma de medida da abertura superficial da fissura, através do fissurômetro.

As fissuras por assentamento plástico linear são aquelas que ocorrem devido a presença de um elemento que restringe a movimentação (assentamento) da argamassa, quando a mesma ainda está no seu estado plástico. Este tipo de fissura foi observado nos Painéis de número 2, 3, 4 e 6. Nestes casos, o elemento que restringiu a movimentação da argamassa foi a vara de bambu, empregada como travessa de amarração do painel e as fissuras acabam ocorrendo sobre as travessas. A baixa espessura de cobertura (argamassa) sobre este elemento intensifica o fenômeno descrito.

Tabela 6 - Avaliação da presença de fissuras nos painéis.

Painel	Número de Fissuras e Tipologia	Localização	Abertura Superficial	Causa
1	Isento	—	—	—
2	2 fissuras Verticais lineares	Sobre as travessas em ambos os lados do painel	0,1 mm e 0,25 mm	Assentamento plástico
3	1 fissura vertical linear	Sobre a travessa de amarração	0,3 mm	Assentamento plástico
4	Isento	-	-	-
5	1 fissura vertical linear	Sobre a travessa de amarração	0,1 mm	Assentamento plástico
6	2 fissuras Verticais lineares	Sobre as travessas no mesmo lado do painel	0,1 mm	Assentamento plástico



Figura 168 - (a) Fissurômetro utilizado para medir as fissuras dos painéis; (b) Utilização do fissurômetro medindo a abertura superficial das fissuras. (Fonte: Foto da autora, 2005)

Para eliminar as fissuras evidenciadas nos painéis, sugere-se que as travessas sejam inseridas em sulcos, produzidos nas varas de preenchimento (horizontais). Desta forma, o revestimento de argamassa seria maior, diminuindo a possibilidade de fissuração por assentamento plástico, facilitando o travamento do conjunto de varas que compõe o painel e eliminando a possibilidade das travessas ficarem aparentes ou salientes na superfície revestida com argamassa.

3.3 - QUANTO AO PESO

Como os corpos de prova foram produzidos com 1 m², os valores obtidos podem ser considerados em kg/m². Antes de serem revestidos, os painéis de bambu pesaram 12,5 kg, em média. A Tabela 7 mostra o peso individual e médio do painel revestido com argamassa, em kg/m², e o desvio padrão individual e médio em relação à média dos pesos (Figura 169).



Figura 169 - Pesagem de um painel. (Fonte: Foto da autora, 2005)

O peso médio foi de 80,6 kg/m² e o desvio padrão médio foi de 2,64 %, o que significa que o peso individual dos painéis ficou bastante próximo da média. Comparando-se os pesos dos painéis com o peso de uma alvenaria de tijolos maciços, com 240 kg/m², verifica-se que o painel de bambu é 2,98 vezes mais leve. Em comparação com uma alvenaria de blocos cerâmicos, com 180 kg/m², o painel de bambu seria 2,23 vezes mais leve. Fazendo-se a mesma comparação com uma divisória de gesso acartonado, com 42 kg/m², apenas para se ter outro parâmetro e reconhecendo que as funções dos painéis não seriam as mesmas, o painel de bambu seria 1,92 vezes mais pesado que a divisória de gesso acartonado (Tabela 7).

Tabela 7 - Comparação do peso médio do painel de bambu com Painel e Alvenarias.

Painéis e Alvenarias	Peso médio (kg/m²)	Comparações
Alvenaria de tijolos maciços	240,00	2,98 vezes mais pesada do que o painel de bambu.
Alvenaria de blocos cerâmicos	150,00	2,23 vezes mais pesada do que o painel de bambu.
Painel de bambu	80,60	Parâmetro da comparação
Painel de gesso acartonado	42,00	1,92 vezes mais leve do que o painel de bambu.

Por outro lado, levando-se em consideração as dimensões do painel (1,00 x 1,00 x 0,06m), constata-se que a densidade do painel revestido é de 1.343 Kg/m³, em média. Este valor é menor que a densidade da parede de tijolos maciços (1.600 Kg/ m³) e maior que a densidade da parede de blocos cerâmicos (1.200 Kg/ m³), como pode ser observado na Tabela 8.

A informação do peso dos painéis é importante para o dimensionamento das fundações. Como os painéis serão movimentados pela mão-de-obra, quando estes ainda não foram revestidos, o peso do painel revestido não é um fator importante para definir o número de pessoas necessário para carregá-los, uma vez que seus pesos são baixos.

Tabela 8 - Peso e densidade finais dos painéis avaliados com revestimento de argamassa.

PAINEL	PESO (kg/m ²)	DESVIO PADRÃO (%)
1	80,9	0,37
2	83,8	3,97
3	82,2	1,98
4	75,1	6,82
5	79,7	1,12
6	81,9	1,61
MÉDIA	80,6	2,64

3.4 - QUANTO A PULVERULÊNCIA

Ao pressionar uma pedra abrasiva de “carburundum”, com movimentos circulares sobre a superfície dos painéis argamassados, ocorreu uma remoção de grãos de agregados e pasta de cimento, equivalente ao que ocorre quando o mesmo ensaio é feito sobre uma alvenaria convencional revestida com argamassa (Figura 170).



Figura 170 - (a) Pedra abrasiva de “carburundum”; (b) Movimentos circulares feitos sobre a superfície dos painéis argamassados.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

3.5 - QUANTO À DUREZA SUPERFICIAL

Diante da ausência de normas para a avaliação dos corpos de prova, a dureza superficial foi avaliada segundo as recomendações das ABNT/NBR 14717 (2001), a qual se refere às placas de gesso acartonado.

No ensaio, uma esfera maciça de aço, com massa de 400 g e diâmetro de 47 mm, é deixada cair livremente de uma altura de 50 cm sobre a superfície do corpo de prova.

Os corpos de prova foram posicionados em uma superfície rígida, plana e horizontal, com inércia suficiente em relação à ação da esfera de aço que incidirá sobre o painel, permitindo o contato de toda a superfície do painel com a referida superfície. Após a queda, a esfera de aço deixa sobre a superfície ensaiada uma moessa (impressão). Recomenda-se o uso de papel-carbono para facilitar a leitura do diâmetro da moessa causada pela queda da esfera de aço. O diâmetro da moessa é medido com régua metálica ou paquímetro, com precisão de 1 mm. A Figura 171 mostra o momento da realização do ensaio.



Figura 171 - Avaliação da dureza superficial do painel.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

O diâmetro médio encontrado foi de 6,25 mm, o qual, comparando-se com o limite da ABNT/NBR 14715 (2001), que é de 20 mm, representa que a dureza superficial obtida é bastante superior ao requisito exigido.

3.6 - QUANTO A RESISTÊNCIA AO RISCO

A avaliação da resistência ao risco foi feita com um material pontiagudo de aço (parafuso). Considerando que o substrato pode influenciar no desempenho da argamassa de revestimento, bem como na sua composição, após riscada a superfície do painel, esta apresentou uma impressão equivalente a de uma alvenaria convencional, conforme mostra a Figura 172.



Figura 172 - Avaliação da resistência ao risco.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

3.7 - QUANTO A RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO

Um dos principais requisitos que o proposto painel de bambu deve atender é o de resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento sobre o painel de bambu. Para tanto, empregou-se a metodologia preconizada pela ABNT/NBR 13528 (1995), para determinar a resistência de aderência à tração e avaliar a forma de ruptura. A ABNT/NBR 13745 (1995),

estabelece como limite mínimo de resistência de aderência à tração para revestimentos externos de camada única o valor de 0,3 MPa.

O esquema mostrado a seguir (Figura 173), também constante na norma da ABNT/NBR 13745(1995), Item 4.2 (ensaios), facilita o entendimento de como o ensaio procedeu nos corpos-de-prova de bambu argamassados.

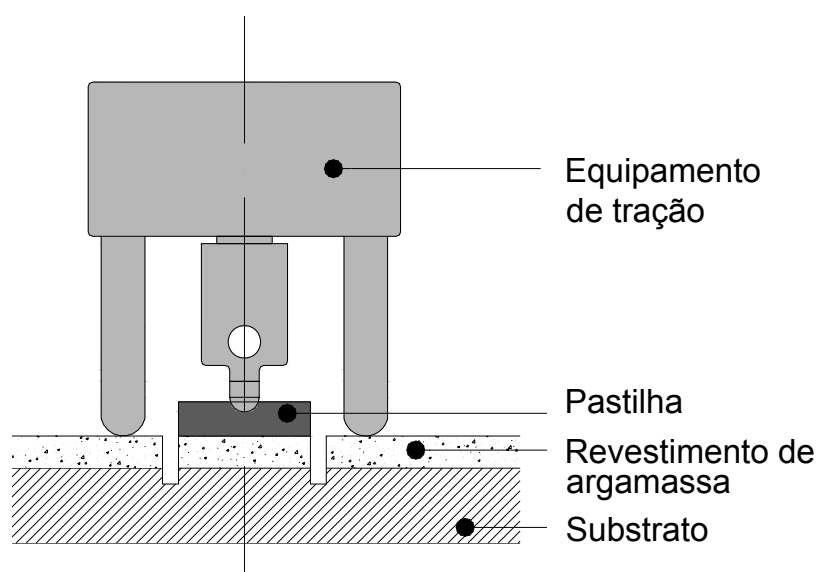


Figura 173 - Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração. (ABNT/NBR 13528, 1995).

Quanto às formas de rupturas do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração do revestimento, pode-se observar os esquemas apresentados abaixo (Figura 174), de acordo com a ABNT/NBR 13528, 1995.

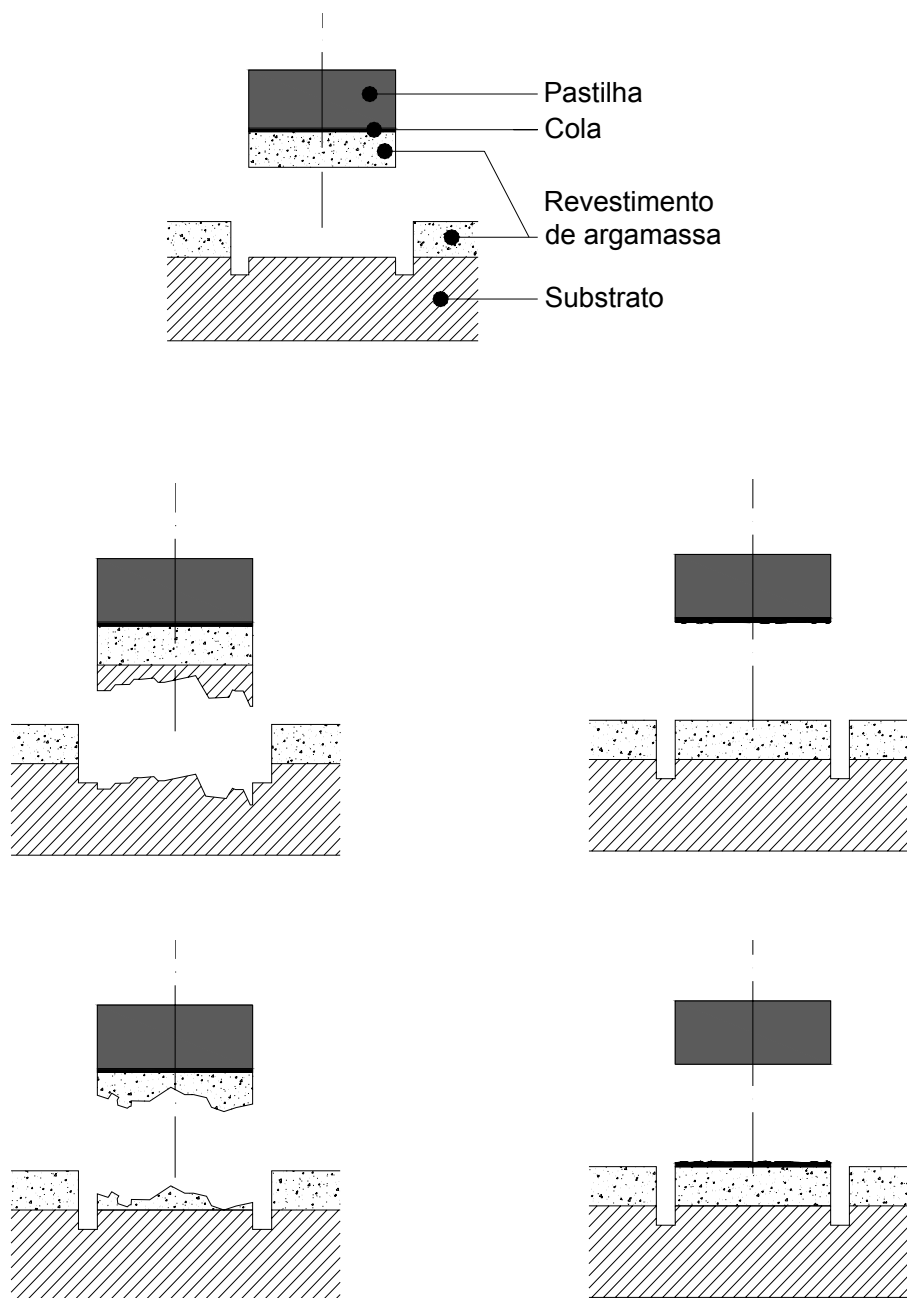


Figura 174 - Formas de ruptura no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de acordo com a ABNT/NBR 13528, 1995. (ABNT/NBR 13528, 1995).

O equipamento empregado para aplicar a tensão de tração foi o DYNA PROCEQ – *pull-of tester* Z-16 (Figura 175). Utilizou-se uma furadeira com broca tipo “serra-copo” (Figura 176) para furar o revestimento de argamassa, até atingir o substrato de bambu, delimitando a área de ensaio.



Figura 175 - Equipamento empregado para aplicar a tensão de tração.
(Fonte: Foto da autora, 2005)



Figura 176 - Furadeira com a broca serra-copo.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

Uma pastilha metálica foi, então, colada com epóxi sobre a área delimitada e em cada corpo de prova determinou-se três resistências de aderência. A forma de ruptura foi avaliada visualmente, comparando-se os perfis de ruptura de cada ensaio, com os perfis mostrados nas Figura 177, 178 e 179. A Tabela 9 mostra os resultados obtidos.

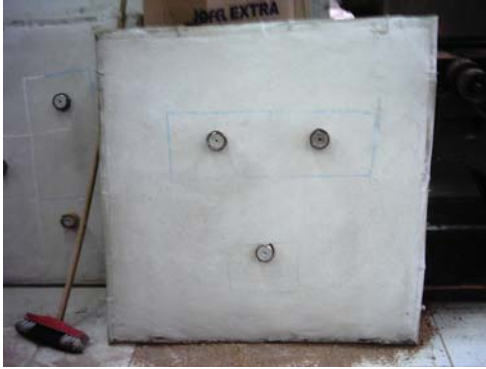


Figura 177 - (a) Pastilhas metálicas aderidas ao corpo-de-prova para realização do ensaio de aderência; (b) detalhe da pastilha metálica.
(Fonte: Foto da autora, 2005)



Figura 178 - (a) e (b) Realização do ensaio de tração da aderência, com uso de equipamento apropriado.
(Fonte: Foto da autora, 2005)



Figura 179 - (a) e (b) Arrancamento da pastilha metálica utilizada no ensaio.
(Fonte: Foto da autora, 2005)

Tabela 9 - Resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração.

PAINEL	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)	TENSÃO DE RUPTURA MÉDIA (MPa)	FORMA DE RUPTURA	ESPESSURA DE ARGAMASSA SOBRE O BAMBU (mm)	
1	0,72	0,48	20 % no substrato	14	15,30
			80 % na argamassa		
	0,29		50 % no substrato	14	
			50% na argamassa		
2	0,43	0,51	15 % no substrato	18	16
			85% na argamassa		
	0,59		10 % no substrato	16	
			90% na argamassa		
3	0,28	0,33	60 % no substrato	14	16
			40% na argamassa		
	0,65		100% na argamassa	18	
4	0,36	0,84	10 % no substrato	16	26,70
			90 % na argamassa		
	0,44		5 % no substrato	17	
			95 % na argamassa		
4	0,18	0,84	90 % no substrato	15	26,70
			10 % na argamassa		
	1,07		100% na argamassa	30	
4	0,78	0,84	100% na argamassa	26	26,70
	0,66		100% na argamassa	24	

Observa-se que a média obtida em cada painel avaliado foi superior a 0,3 MPa. Apenas uma região apresentou valor individual de resistência de aderência inferior ao limite mínimo estabelecido pela ABNT/NBR 13745 (1995). Portanto, os valores obtidos indicam que a argamassa de revestimento pode

aderir-se adequadamente sobre o painel de bambu. Quanto a forma de ruptura, com apenas uma exceção, observa-se que a ruptura ocorreu em maior porcentagem na argamassa, o que explica os elevados valores obtidos em relação ao limite da referida norma. Quanto maior o percentual de ruptura no substrato, menor é a resistência de aderência.

A Tabela 8 também mostra a espessura de argamassa sobre as varas de bambu. Nota-se que o Painel 4, que foi feito com bambus mais finos, apresentou maior espessura de revestimento sobre o bambu. A maior espessura de revestimento sobre as varas e uma menor área de contato entre a argamassa e a superfície do bambu na região ensaiada foram responsáveis pelos maiores valores de resistência de aderência à tração obtidos no Painel 4. Desta forma, sugere-se que bambus mais finos sejam empregados na produção dos painéis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas, sucintamente, as principais considerações sobre a dissertação e também algumas sugestões para trabalhos futuros, que podem vir a contribuir com o desenvolvimento dos painéis de bambu para habitações econômicas. Tais considerações são divididas nos seis aspectos distintos, que serão apresentados.

A) Quanto aos aspectos ecológicos e de sustentabilidade

a) A grande maioria dos materiais industrializados, ao contrário do bambu, consome grande quantidade de energia, gera volumosos resíduos, possuem em suas composições insumos não renováveis, além de produzir grande quantidade de resíduos agressivos e gás carbônico, que são diariamente lançados na atmosfera, nos rios e nos solos, provocando a degradação ambiental;

b) O bambu é considerado como um importante agente da preservação da natureza, responsável pela proteção dos solos contra a erosão e apontado como uma das plantas que mais consome gás carbônico da atmosfera. Com isso, garante o status de planta com maior índice de sustentabilidade de todo o reino vegetal;

B) Quanto aos aspectos construtivos do bambu

a) Com base na revisão da literatura apresentada sobre os bambus como material de construção, constata-se que esta planta é um material viável e adequado do ponto de vista ecológico e construtivo, haja vista suas características físicas, mecânicas e construtivas, podendo substituir, com vantagens e segurança, os materiais convencionais ou industrializados;

b) Sua forma circular e sua seção oca, fazem do bambu um material leve, fácil de ser transportado e armazenado, capaz de permitir a construção rápida, de estruturas temporais ou permanentes, podendo até ser empregado em grandes obras do ponto de vista arquitetônico;

c) Trata-se de um material de fácil manejo e de fácil propagação nos solos brasileiros, fatores que podem influir em seu baixo custo como material de construção;

d) O consumo mínimo de energia gasto para a produção de peças ou componentes construtivos de bambu é baixo, principalmente se comparado com a madeira, o aço e o alumínio dentre outros materiais;

e) O bambu é um material com grande potencial para a industrialização. Verifica-se que os principais componentes construtivos feitos de bambu podem ser pré-fabricados e industrializados, como é o caso dos painéis de vedação vertical, dos pisos laminados, das treliças e outros;

f) O bambu pode ser facilmente combinado com outros materiais como o concreto, os blocos cerâmicos, o tijolo aparente e a madeira;

C) Quanto ao problema habitacional no Brasil

a) Sabe-se que o problema habitacional do Brasil é sério e urgente. O bambu, como material de construção de baixo custo, facilmente renovável pela natureza e de fácil manejo, pode e deve ser explorado para a construção de habitações econômicas.

b) Não bastando o déficit de moradias, as populações humanas sofrem a cada ano com desastres naturais ou circunstâncias, que afetam milhares de famílias, na maioria das vezes famílias pobres. Em países como o Equador, México, Colômbia e Costa Rica são freqüentes os fenômenos como abalos sísmicos e erupções vulcânicas, que fazem inúmeras vítimas. No Brasil, tornam-se cada vez mais corriqueiras as notícias sobre enchentes, vendavais, ciclones e deslizamentos de terra, que deixam centenas de famílias sem um teto para morar.

O bambu apresenta-se, neste contexto, como uma matéria prima de grande potencial, visto que se trata de um material de fácil reposição, com tecnologia construtiva facilmente assimilada pela população e que se utiliza de

ferramentas e equipamentos simples, sendo de baixo custo e adequada para construções emergenciais de casas, em curto espaço de tempo.

c) Outro fator importante a ser considerado na questão habitacional é a industrialização do bambu. Esse material, comumente utilizado na sua forma natural, roliça, vem demonstrando grandes possibilidades em relação à novas tecnologias que visam a industrialização da matéria-prima, através da produção de aglomerados ou peças maciças de alta resistência.

D) Quanto ao projeto arquitetônico dos painéis de bambu

a) Por intermédio do desenvolvimento do projeto arquitetônico de uma habitação econômica de bambu, projetada como parte dos procedimentos experimentais desta dissertação, pôde-se constatar que, os painéis de vedação vertical são um dos componentes construtivos mais importantes da habitação e utilizados em maiores quantidades. A proposição de um novo modelo de painel, bem como o exercício prático de sua execução, apresentou-se como uma importante contribuição para com o desenvolvimento tecnológico das habitações econômicas feitas de bambu.

b) Fica evidenciado, através da execução dos protótipos dos painéis de vedação vertical, que a pré-fabricação artesanal destes componentes construtivos promove a facilidade da construção, bem como agiliza o processo produtivo das habitações econômicas.

c) Os painéis desenvolvidos podem ser utilizados em qualquer tipo de sistema construtivo, mesclando-se com outros materiais como o concreto, a madeira, a alvenaria de blocos cerâmicos e outros, mostrando ser facilmente adaptável a esses materiais.

d) A principal inovação apresentada no painel de bambu proposto foi a utilização das molduras de bambu, que funcionam como peças de fechamento. Os painéis produzidos na Costa Rica e no Equador utilizam molduras de madeira, porém foram detectados alguns fatores que justificaram a opção pela moldura de bambu, que são:

- As molduras de madeira tornam o painel cerca de 50% mais pesado do que os painéis com molduras de bambu;

- Substituindo a moldura de madeira por moldura de bambu, diminui-se o preço final do painel.

E) Quanto ao desempenho do revestimento do painel

De acordo com os testes e ensaios realizados nos protótipos de painéis de bambu revestidos com argamassa, observou-se alguns aspectos fundamentais, que serão descritos a seguir:

a) Quanto à cor do painel, obteve-se cor cinza claro, estando a moldura de bambu aparente. O painel apresentou textura áspera e rugosa, equivalente ao revestimento de argamassa empregado em alvenarias de blocos cerâmicos.

b) Quanto à presença de defeitos superficiais, alerta-se para a importância da retirada de nós e pontas de parafusos antes da aplicação da argamassa de revestimento, pois estes, em alguns painéis, ficaram ligeiramente descobertos e aparentes na superfície.

c) As travessas de bambu, devido a sua posição no painel, ficaram com pequenas partes expostas na superfície de alguns painéis, conferindo baixa espessura do revestimento.

d) Constatou-se a presença quase que desconsiderável de fissuras nos painéis, apresentando um resultado satisfatório no que diz respeito ao quesito de aberturas superficiais.

e) A pequena espessura de revestimento da argamassa, ou seja, do revestimento, pode influenciar negativamente na resistência de aderência a tração, na presença de fissuras, na permeabilidade e no desempenho geral do painel, devendo ser evitadas. As poucas fissuras detectadas se deram por este motivo.

f) Sugere-se que as travessas de fixação sejam inseridas em sulcos feitos nas varas de preenchimento, a fim de conferir maior cobertura da argamassa neste ponto.

g) Os resultados alcançados em relação ao peso dos painéis foi satisfatório (peso médio de 80,6 kg), se comparado com o peso de painéis feitos de outros materiais, porém na mesma proporção de medidas (1 m²). Constatou-se que o painel de bambu é 2,98 vezes mais leve do que uma alvenaria de tijolos maciços e 2,23 vezes mais leve que a alvenaria de blocos cerâmicos.

h) O ensaio realizado quanto à pulverulência dos painéis de bambu argamassados mostra que seu resultado equivale ao que ocorre em uma alvenaria convencional revestida com argamassa, ocorrendo uma ligeira remoção de grãos e agregados de pasta de cimento.

i) Quanto aos ensaios de resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento, constatou-se que a média obtida em cada painel avaliado foi superior a 0,3 MPa, limite mínimo estabelecido pela ABNT/NBR 13745 (1995). Os valores obtidos confirmam que a argamassa de revestimento pode aderir-se adequadamente sobre os painéis de bambu, desde que os procedimentos sejam semelhantes aos executados neste trabalho.

j) Observa-se que a ruptura ocorreu em maior porcentagem na argamassa, fato que explica os elevados valores obtidos em relação ao limite da norma. Portanto, quanto maior o percentual de ruptura na argamassa, maior e a resistência de aderência.

k) Observou-se que o painel que utilizou varas de preenchimentos mais finos (2,5 cm), apresentou maior espessura de revestimento sobre o bambu.

l) Quanto maior a espessura do revestimento sobre as varas de bambu e quanto menor a área de contato entre a argamassa e a superfície do bambu na região ensaiada, maiores serão os valores de aderência à tração obtidos nos painéis.

F) Sugestões para trabalhos futuros

Sugere-se como trabalhos futuros a realização de outros ensaios para a avaliação do desempenho do painel de bambu em estudo, como citados abaixo:

- a) Ensaio de resistência à impactos de corpo duro e corpo mole;
- b) Ensaio de estanqueidade à água ;
- c) Ensaio de resistência ao fogo;
- d) Avaliação de conforto térmico e acústico;
- e) Verificar e desenvolver metodologias para avaliar a função imunizante da técnica de mineralização;
- f) Melhorar o acabamento final do painel, no que diz respeito aos problemas de argamassa impregnada na moldura do painel, aos arames de amarração que ficam aparentes em alguns pontos da moldura e ao encontro da argamassa com a moldura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGECOM - Agencia de Comunicação da UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Disponível em: www.agecom.ufsc.br. Acesso em: 27 jan. 2006.

ALVES, J. D. **Influência das fibras nas propriedades do concreto**. In: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, XVIII Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. Salvador, 1976.

ALVES, J. D. ; DAMASCENO, F. A. ; JUNIO, K. ; FERNANDES, L. **Caracterização do bambu para obras rurais**. (Artigo técnico) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, UEG. Anápolis, 2004.

ALMEIDA, J. G. de. **Projetando com os Bambus**. Curso realizado nos dias 09 a 11/09/04, CREA – GO. (Material produzido para o curso)

ARCOWEB. Disponível em: www.arcoweb.com.br. Acesso em: 18 de dez. 2005.

AZZINI, A. ; PETTINELI JUNIOR, A. ; SANTOS, R. L. **Bambu material alternativo para construções rurais**. Instituto Agrônomo de Campinas, 18p. SP, 1997.

AZZINI, A. ; SALGADO, A. L. de B. **Conservação do Bambu**. O Agrônomo, Campinas, 46 (1-3), 1994.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **Título: ASTM 907- 55 – Standard test method for tensile adhesive strength of performed tape sealants by disk method**. 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Título: NBR 11685 – Divisórias leves, internas e moduladas**. 1990.

_____. **Título: NBR 13528 – Revestimentos de parede e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. 1995.

_____. **Título: NBR 13749 – Revestimentos de parede e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**. 1996.

_____. **Título: NBR 7.190 – Utilização estrutural da madeira - Caracterização**. 1997.

_____. **Título: NBR 14715 – Chapas de gesso acartonado - Requisitos**. 2001.

_____. **Título: NBR 14717 – Chapas de gesso acartonado – Determinação das características físicas**. 2001.

_____. **Titulo: NBR 14082 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios.** 2004.

_____. **Titulo: NBR 14084 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência a tração.** 2004.

BANCO CENTRAL HIPOTECÁRIO ; JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA ; CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. **Vivienda em Buenaventura, Tecnologia de Paneles Estructurales em Madera 1.** Elaboracion del Programa Conjunto Habitacional Buenaventura. Ediciones Lerner LTDA. Bogotá, Colômbia, 1987.

BARBOSA, N. P. **Considerações sobre materiais de construção convencionais e não convencionais.** Departamento de Tecnologia da Construção Civil, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, UFPB, João Pessoa, 2005.

BARBOSA, N. P. ; GHAVAMI, K. **Bambu como material de construção.** (Artigo técnico) Departamento de Tecnologia da Construção Civil, Centro de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, UFPB. João Pessoa, 2005.

BARROS, B. R. de ; SOUZA, F. A. M. de. **Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental.** In: I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo, 2004.

BAUD, Gérard. **Manual de pequenas construções, Alvenaria e Concreto Armado.** Ed. Hemus, 1990.

BISWAS, S. **Bamboo biodiversity in Índia.** Forest Research Institute, Indian Council of Forestry Research and Education. VII WOLRD BAMBOO CONGRESS. New Dheli, February-march, 2004.

BMTPC, Building Materials and Technology Promotion Council. **Bamboo, a matirial for cost effective and disaster resistant housing.** Nova Delhi, 02/2004.

BOTERO, L. F. **CD-ROM: Aplicacoes do bambu na Colômbia.** Bogotá, 2005.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, Industrialização e desenvolvimento.** Ed. Perspectiva, SP, 1976.

CIOCCHI, L. **Use corretamente o gesso acartonado.** Revista Técnica. PINI, Edição 76, ANO 11. SP, 2003.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2. Ed., Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro - RJ, 1991.

DIAS, L. A. de M. Estrutura de Aço: conceitos, técnicas e linguagem. Zigurate Editora. SP, 2002.

D. L., Jayanetti ; P. R., Follett. **Bamboo in construction**. TRADA Techhhnology Limited; International Network For Bamboo And Rattan (INBAR); Departament For International Development (DFID), Colombia, 1998.

EDWARDS, B. ; HYETT, P. Guia Básica de la Sostentabilidad. Editora Gustavo Gili. Barcelona, 2004.

ENVO CARE. Taj Mahal and water. Disponível em: www.envocare.co.uk. Acesso em: Janeiro de 2006.

FARELLY, D. **The book of bamboo: a comprehensive guide to this remarkable plant, its uses and its History**. Sierra Club Book: Sao Francisco, 1984.

FIGUEIREDO, E. J. P. **Terapia das construções de concreto – Metodologia de avaliação de sistemas epóxi, destinados a injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre, 1989.

FIGUEIREDO, E. J. P. **Avaliação do desempenho de Revestimento para proteção da armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas – contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado**. Tese (Doutorado). São Paulo, 1994.

FERMIANO, G. D. e S. **Bambu na Arquitetura**. Monografia (Trabalho de Graduação 2002-2), Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.arq.ufsc.br/~labcon/arg5661/trabalhos2002-2/bambu/index.htm. Acesso em: 11 jan. 2006.

FILGUEIRAS, T. S. **Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (gramineae: bambusoideae)**. Revista Brasil. Bot. 11:47 – 66. 1988.

FILGUEIRAS, T. S. ; GONÇALVES, A. P. S. **A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae)**. Bamboo Science & Culture. The journal of the american bamboo Society. Vol. 18. Califórnia, USA, 2004.

FREIRE, W. J. ; BERALDO, A. L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Editora UNICAMP, Campinas , 2003.

FUNBAMBU - Fundación del Bambu. **BAMBUSETUM**. Boletim Informativo. Costa Rica, 1992.

_____. **BAMBUSETUM**. Boletim Informativo. Costa Rica, 1995.

_____. **BAMBUSETUM**. Boletim Informativo. Costa Rica, 1998.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informação. **Déficit habitacional no Brasil, 2000**. Projeto PNUD-BRA-00/019, Habitar Brasil – BID, 203p. Belo Horizonte, 2001.

GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Construção Civil / Pesquisa, ENGENHARIA, Nº 492, p. 23 – 27, 1992.

GHAVAMI, K. ; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: *mosó, matabe, guadua angustifolia, guadua tagoara e dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia**. PUCRJ – Departamento de Engenharia Civil, 2001.

GONCALVES, P. B. **Uma introdução à instabilidade das estruturas**. Apostila, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. RJ, 1994.

GRAÇA, V. L. **Bambu, técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2ª ed. Ed. Ícone, SP 1988.

GUERRA, J. de J. S. **Manual de autoconstrucción, manos a la obra**. IMCYC, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Mexico, 1999.

GUIA PARA AUTOCONSTRUCCIÓN UTILIZANDO LA GUADUA COMO ELEMENTO PRINCIPAL - Cooperación Colombo-Alemana. Colômbia, 1998.

GUTIERREZ, J. A. G. Comportamiento estructural y resistencia sísmica de las viviendas de bambu. In: I Congreso Mundial de Bambu Guadua p. 161-171. Pereira, Colombia, 1991.

HIBI, Sadao. **Japanese detail architecture**. Chronicle Books, San Francisco, California, 1989.

HOLANDA, A. B. de. **Dicionário aurélio básico da língua portuguesa**. 1ª Ed. RJ, 1988.

INBAR, International Network for Bamboo and Rattan. **Una casa realmente asequible para los pobres**. INBAR 2/2001 - 3. Disponível em: www.inbar.int/. Acessado em: Janeiro de 2006.

_____. **El porque del viaje de trece personas desde Ghana hasta China**. INBAR 2/2001 - 5. Disponível em: www.inbar.int/. Acessado em: Janeiro de 2006.

_____. **Recorrido mas de medio camino para disponer de un Código Internacional de Construcción con Bambú.** INBAR 2/2001 – 8 . Disponível em: www.inbar.int/ . Acessado em: Janeiro de 2006.

HOGAR DE CRISTO. **Componentes del desarrollo integral de la comunidad.** . Disponível em: www.hogardecristo.org.ec/noticiasyevenos/nye-compdesintcom.shtml . Acessado em: 21 de Janeiro de 2006.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção: Uma contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** (Tese de Livre Docência)Escola Politécnica, USP, 2000..

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA ; BANCO CENTRAL HIPOTECARIO ; CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. **Vivenda em Buenaventura, Tecnología de páneces estructurales em madera 1** – Bogotá – Colombia, 1987.

KRAMER, K. **IL31 Bamboo – Institut fur leichte flachentragwerke.** Verlag. Stuttgart, 1992.

LENGEN, J. V. **Manual do Arquiteto Descalço.** Casa do Sonho, Rio de Janeiro, 2002.

L' HERMITE, R. **Ao pé do muro.** Societe de Diffusion des Thechniques du Batment et des Travaux Publics – Paris, SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Brasil, Centro de Tecnologia da Construção., Taguatinga -DF. Publicação original em 1953.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms.** International Network for Bamboo and Rattan, 208p. China, 1998.

LONDONO, X. **Generalidades botânicas de los bambus del neotropico com enfasis em el género Guadua.** In: I Sinposio Nacional de Bambu del Equador, 6p. Portoviejo, Manabi, 1991.

LONGHI, M.M ; RODRIGUEZ, L.M. **Historia ecologica & aprovechamiento del bambu.** 1ª ed. San José, Costa Rica. Universidade de Costa Rica, 1998. p. 11-18.

LÓPEZ, O.H. **Manual de construcción con bambú.** Estudos Técnicos Colombianos. – Editores, Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de Bambu y Madera – CIBAM. 1981.

_____. **The gift of the gods.** 1º Edição, D'VINNI LTDA. Bogotá, Colômbia, 2003.

MELKANIA, U. **Status of bamboo industry vis-a-vis enviromental issues.** VII WOLRD BAMBOO CONGRESS. New Dheli, February-march, 2004.

NASCIMENTO, O. L. do. **Bibliografia técnica para o desenvolvimento da construção em aço – alvenaria**. CBCA, 2003.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA. **Bamboo flooring, market assessment**. MA 01. Nova Delhi, 2004.

_____. **Building with bamboo, Training manual**. Nova Delhi, TM 01 , 02/2004.

_____. **Bamboo Preservation Compendium**. Technical Report 1 , Nova Delhi , 02/2004.

_____. **Building with Bamboo – Training Manual**. Tulika Print Communication Services, New Delhi, 2004.

OPRINS PLANT. **Bamboo**. Copyrigt, 55p. Rijkevorsel, Belgium, 1997.

PATON, W. J. **Materiais de construção para engenharia civil**. EPU, Ed. Universidade de São Paulo, SP, 1978.

PEREIRA, M. A. R. **Bambu: Espécies, Características e Aplicações**. UNESP/ Campus de Bauru, 2001.

PRECON - **Pré-fabricados de concreto**. Disponível em: www.precon.br . Acesso em: set. 2004.

PROJETODESIGN. **Entrevista: João Filgueiras Lima**. Edição N. 280, São Paulo, junho de 2003.

ROBLEDO, J. F. M. Tipificacion de los sistemas constructivos patrimoniales de “bahareque” en la ruta cultural del café – Colombia. (Artigo técnico). Asociación colombiana de ingenieria sismica e Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 02/ 07/ 2002.

SABBATINI, J. **O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado**. In: Tecnologia e gestão na produção de edifícios: seminário vedações verticais, p67-94. EPUSP, SP, 1998.

SALGADO, A. L. de B. ; CIARAMELLO, D. ; AZZINI, A. **Bambu como reforço estrutural em moirões de cerca**. O Agrônomo, Campinas, 38(2), 1986.

SALGADO, A. L. de B. et al. **Instruções técnicas sobre o bambu**. Boletim técnico, 143, 43p. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994.

SEGAWA, Hugo. **Arquitetura no Brasil – 1900-1990**. EDUSP, 2ª ed. São Paulo-SP, 2002.

SILVA, R. M. de C. e. **Caracterização do Taquaruçu (*Guadua fp.*) e do seu ambiente de ocorrência na Bacia do Rio Crixás-Açu, Goiás, Brasil**. 81f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2005.

SILVA, R. M. de C. e. **CD-ROM: Os múltiplos usos do bambu**. Goiânia, 2001.

SILVA, M. G. da; SILVA, V. G. da. **Bibliografia técnica para o desenvolvimento da construção em aço – Painéis de vedação**. CBCA, 2003.

SILVEIRA, F. B. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. FAE, Ministério da Educação, Fundação de Assistência ao Estudante. Rio de Janeiro, 1986.

SOCIEDAD COLOMBIANA DEL BAMBU. **Folder com informações gerais sobre a Sociedad Colombiana del Bambu e a Guadua** – Armenia, Quindío - Colômbia, 1999.

STOTHERT, K. E. **La prehistoria temprana de la península de Santa Elena**. P.94 Cultura Las Vegas - Museo Banco Central del Ecuador. Guayaquil, 1988.

STRONG, M. F. **De Estocolmo ao Rio: a jornada de uma geração**. ECORIO, Ano 1, N.5, 1992.

TAUIL, C. A. ; RACCA, C. L. **Alvenaria Armada**, 3ª Edição, São Paulo, 1988.

TÉCHNE, A revista do engenheiro civil. **Construções de bambu**. PINI, Técnica 108. Março de 2006.

TIMSTREET, P. **Tropical Houses – living in nature in Jamaica, Sri Lanka, Java, Bali and the coast of Mexico and Belice**. PORTER ed. New York, 2000.

UBIDIA, J. M. **Usos Tradicionales y Actuales del Bambú en América Latina, con énfasis en Colombia y Ecuador**. Centro de Investigaciones Territoriales del Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, 2001.

UMANÃ, V. C. **Muebles em bambu *Phyllostachys áurea*: manual de construcción**. 172 p.: ilus. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1998.

VASCONCELLOS, Raphael Moraes. **Info Bambu, Arquitetura e Engenharia**. RJ / BRASIL. Disponível em: <http://www.bambubrasileiro.com.br>. Acesso em: 19 maio 2003.

VÉLEZ, S. **Grow Your Own House: Simón Vélez and Bamboo Architecture.** Vitra Design Museum. Rhein, Alemanha, 2000.

VÉLEZ, S. **CD-ROM: Imagenes SV. exe.** Colômbia, 2002.

VON KRÜGUER, P. G. **Análise de Painéis de Vedação nos Edifícios em Estrutura Metálica.** Dissertação de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. MG, 2000.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, J. D. **Concreto Armado com bambu**. Instituto Euvaldo Lode. Goiás, 2003.
- AGOPYAN, V ; JOHN, V. ; DEROLLE, A. **Construindo com fibras vegetais**. In: Construção N. 2200, Abril, p. 17-20. SP, 1990.
- BERALDO, A. L. **Placas cerâmica armadas com bambu**. In: XXV CONBEA – Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). V. 1. Piracicaba, SP, 1990.
- CALDERON ; SODERSTROM. **The genera of bambusoideae (poaceae) of the American Continent**. Keys and Comments. Smithsonian Institution Press. Number 44. 1980.
- FARAH, M. F. S. **Diagnostico tecnológico da industria da construção civil: caracterização geral do setor**. In: Tecnologia de Edificações, 1988.
- FARRELY, D. **The book of bamboo. V. 2**, Ed. Sierra Club Books, São Francisco - USA, 1984.
- FERRAO, A. M. A. ; FREIRE, W. J. **Aderências entre o bambu e o concreto**. Dissertação (Mestrado com taliscas de *Bambusa tuldoides*). In: V EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais). Belo Horizonte, MG, 1995.
- BERALDO, A. L. **Placas cerâmica armadas com bambu**. In: XXV CONBEA – Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais), p. 142-159. V. 1. Piracicaba, SP, 1990.
- BUILDNG MATIRIELS AND TECHNOLOGY PROMOTION COUSCIL. **Bamboo – A material for cost effective and disaster resistant housing**. Ministry of Urban Development & Poverty Alleviation, Government of India. New Dheli, 1990.
- GARZON, J ; DIAZ, F. **Optimizacion de estructuras em guadua**. Trabajo estructural de uniones a traccion. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Departamento de Construcion. 1996.
- GHAVAMI, K. et al. **Viabilidade de treliça espacial de bambu**. Relatório interno, Departamento de Engenharia Civil – PUC/ RJ. 1994.
- GHAVAMI, K. ; LIMA, H. C. L. ; BARBOSA, N. P. **Comportamento em serviço de lajes de concreto reforçadas com bambu**. Relatório interno, Departamento de Engenharia Civil – PUC/ RJ. 1995.
- HERNANDEZ, A. **Sistema construtivos – Aplicaciones com bambu guadua**. In: I Simpósio Nacional Bambu Guadua (Anais). Portoviejo, Equador, 1991.

JANSSEN, J. J. **Building with bamboo**. Intermediate Tecnology Publications, 1988.

JAYANETTI, D. L. ; FOLLETT, P. R. **Bambu in construction**. Tecnology limited and Internacional Network for Bamboo and Rattan (INBAR) for Departament for Internacional Development (DFID). Nova Delhi, India, 1998.

JUNKO, F. **Bamboo. The Eat**. 1998.Vol.VIII, N. 9. Junta del Acuerdo de Cartagena. 1984. Manual de diseño para Maderas del Grupo Andino. PADT-REFORT. 1972.

LONGHI, M. M. **Cultivo y uso del bambu en el neotropico**. Ed. Científica. San Jose, Costa Rica, 1998.

KUMAR, S. ; DOBRIYAL, P. B. **Preservative treatment of bamboo for structural uses**. Proceedings of the Internacional Bamboo workshop. Bamboo current research. Word Preservation Branco. Dehradrum, india, 1988.

LOPEZ, O. H. **Bambu – Su cultivo y aplicaciones en: fabricación, arquitectura, ingenieria, artesanía**. Estudios Técnicos Colombianos LTDA. Cali, 1974.

LOPEZ, O. H. **Manual de construccion com bambu**. Estudios Técnicos Colombianos LTDA. Universidad Nacional de Colombia. Cali, 1981.

LOZADA, E. **La vivienda rural**. In: I Simpósio Nacional Bambu Guadua (Anais). Portoviejo, Equador, 1991.

MOREIRA, L. E. **Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bambu**. Departamento de Engenharia Civil. Pontificia Universidade Católica do rio de Janeiro. Brasil, 1991.

NUREMBERG, D. **Vivienda experimental com bambu**. In: II Simpósio Latino-americano (Anais). Universidad Laica Vicent Rocafuerte de Guayaquil. Equador, 1982.

PAHOTIPRAPHA, P. ; PAMA, R. P. ; LEE, S. L. **Behavior of bamboo fibre cement paste composite**. In: journal of Ferrocement, V. 13, N.3. 1983.

PAMA, R. P. ; DURRANI, A. J. LEE, S. L. **A study of bamboo as reinforcement for concret pavements**. In: I Conference of the Road Engineering Association of Asia and Australia, Bangkok. 1976.

PEREZ, L. M. **Uma experiencia institucional a base de guadua “El Salo” (Babahoyo)**. In: II Simpósio Latino-americano del bambu (Anais). Universidad Laica Vicent Rocafuerte de Guayaquil. Equador, 1982.

PORTERFIELD, W. M. **What is bamboo?** The chinese Journal of Science & Arts, Vol. III. China, 1925.

SALOMON, J. H. **El problema de la vivienda em Guayaquil: implicaciones y soluciones.** : II Simpósio Latino-americano (Anais). Universidad Laica Vicent Rocafuerte de Guayaquil. Ecuador, 1982.

SHARMA, Y. M. L. **Bamboos in Ásia-Pacific Region.** In: Bamboo research in Ásia: proceedings of a workshop held in Singapore (Anais). Ottawa, 1980.

TEIXEIRA, C. ; CARVALHO, D. M. **Eucalipto + bambu + telhas plásticas.** In: Arquitetura & Construção. SP, 1997.

UEDA, K. **Studies on the physiology of bamboo.** Bul. Kyoto University. Japão, 1960.

VILLEGAS, M. **Bambusa Guadua.** Villegas editores. Toppan Printing Co. LTDA. Japão, 1989.

VIRUEL, S. C. ; NAVARRO, A. T. ; SABATE, M. F. **El proyecto bamboo de la Universidad de Tucuman.** In: V EBRAMEM – Encontro Brasileiro em madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais). Belo Horizonte, MG, 1989.

VIZCARRA, J. T. **Manejo y aprovechamiento de la cana Guadua.** In: I Simpósio Nacional Bambu Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, 1991.

XIAO, J. H. **A survey of subterranean system of monopodial bamboo stand.** Selected papers on recent bamboo research in China. Bamboo International Center. China, 1991.

YOUSSEF, M. A. R. **Bamboo as a substitute for steel reinforcement.** In: Structural Long, part I, New Arizona, Constuctions Materials, V.1, Ed. H.Y. Fang, Envo Publishing. 1976.

ZHU, D. X. **Bamboo panel production in China.** Nanjing Forest University. Selected papers on recent bamboo research in China. Nanjing, Jiangsu, China, 1991.