

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
SUSTENTABILIDADE**

**ELABORAÇÃO DE CARTILHA PARA MONTAGEM DE COBERTURA
EM BAMBU PARA MORADIAS RURAIS**

MÁRIO LINO ARANDA JÚNIOR

**CAMPO GRANDE
2014**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
SUSTENTABILIDADE**

**ELABORAÇÃO DE CARTILHA PARA MONTAGEM DE COBERTURA
EM BAMBU PARA MORADIAS RURAIS**

MÁRIO LINO ARANDA JÚNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso do
Mestrado Profissional apresentada na
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e
Urbanismo e Geografia da Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, para
obtenção do título de Mestre em Eficiência
Energética e Sustentabilidade, na área de
concentração Sustentabilidade.

Orientadora :Prof. Dr. Ana Paula da Silva Milani

CAMPO GRANDE
SETEMBRO/2014

FOLHA DE APROVAÇÃO – ATA DA DEFESA



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
CPG - Coordenadoria de Pós-Graduação
SIGPOS - Sistema de Gestão de Pós-Graduação



Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade Mestrado

Aos trinta dias do mês de setembro do ano de dois mil e catorze, às nove horas, na Sala de aula do mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Ana Paula da Silva Milani (UFMS), Marney Pascoli Cereda (UCDB), Andrea Nagueissa Yuba (UFMS) para julgar o trabalho do aluno: **MÁRIO LINO ARANDA JÚNIOR**, CPF 51377918149, do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Elaboração de cartilha para montagem de cobertura em bambu para moradias rurais**". A presidente da Banca Examinadora, Ana Paula da Silva Milani, declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Trabalho de Conclusão de Curso. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, a presidente da Banca Examinadora fez suas considerações como orientadora. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu Parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR

Dra. Ana Paula da Silva Milani

Dra. Marney Pascoli Cereda

Dra. Andrea Nagueissa Yuba

Dr. Andrés Batista Cheung (Suplente)

ASSINATURA

AVALIAÇÃO

APROVADO
APROVADO
APROVADO

RESULTADO FINAL:

☐ Aprovação

☒ Aprovação com revisão

☐ Reprovação

OBSERVAÇÕES: REVISÃO EM CONFORMIDADE COM AUTOCRÍTICAS E
CRÍTICAS DA BANCA.

Nada mais havendo a ser tratado, a Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

Assinaturas:

Orientadora

Aluno

DEDICATÓRIA

A minha amada esposa Renata, paciente e incansável companheira, que nas horas mais difíceis esteve sempre ao meu lado, me incentivando e me auxiliando desde a realização das pesquisas de campo até formatação final do trabalho.

Aos meus queridos filhos, Guilherme e Isadora, que sempre esperam o melhor exemplo de seus pais e são o motivo maior da realização desse Mestrado.

Dedico o presente trabalho

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais essa oportunidade de aprender, partilhar e transmitir conhecimento nesta e em outras vidas.

A meus pais, Maria Conceição Greffe Lino e Mário Lino Aranda, por todo o esforço que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui e por me ensinarem o caminho da resiliência e da persistência.

Ao grande amigo e Mestre Edson Sartori, pelas rápidas, porém valiosas conversas sobre o tema, pela bibliografia fornecida e pelo cálculo estrutural da estrutura de cobertura.

A amiga Americana Carol Dobes, pela ajuda com as traduções.

A estagiária Natália, pelo importante apoio prestado durante a realização da pesquisa no Assentamento Santa Mônica.

A amiga e Arquiteta Gabriela Alberti, pela disponibilidade, paciência, rapidez e apoio prestado durante o desenvolvimento do projeto da cobertura.

A meus sogros, pela compreensão e por zelarem das crianças, nos momentos em que me ausentei.

Ao amigo Arquiteto e Artista Roberto Pacheco Giongo, pelas belíssimas ilustrações feitas à mão livre.

A professora Dra. Marney Pascoli Cereda, pela disponibilidade e pelas oportunas contribuições.

Ao professor Dr. Andrés Batista Cheung, pela disponibilidade e pelas importantes considerações.

A professora Dra. Andrea Naguissa Yuba pela bibliografia fornecida, pela colaboração, disponibilidade e valiosas orientações.

A minha orientadora professora Dra. Ana Paula da Silva Milani, pela imensa paciência, por acreditar no tema, por acreditar em mim, pelo exemplo de fé, perseverança e pela história de vida inspiradora.

EPÍGRAFE



Para voar é preciso ter fé. E se, o vôo nos aproximar da luz, a volta será completamente diferente!

Gabriel Chalita

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS	4
EPÍGRAFE	5
SUMÁRIO	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	14
RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	18
2. OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. MÉTODOS	24
3.1 PESQUISA DE CAMPO	24
3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.3 PROJETO DA COBERTURA	26
3.4 CARTILHA PARA MONTAGEM DA ESTRUTURA DE COBERTURA	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 PESQUISA DE CAMPO	26
4.1.1 Problemas enfrentados durante a execução das obras	26
4.1.2 Sistema de cobertura	28
4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
4.2.1 Sistema construtivo de coberturas das moradias rurais	32
4.2.2 Bambu	34
4.2.2.1 Classificação	34
4.2.2.2 Partes do Bambu	34
4.2.2.3 Colmo	34
4.2.2.4 Estrutura anatômica do colmo	37
4.2.2.5 Rizoma	38
4.2.2.6 Bambus entouceirantes	39
4.2.2.7 Bambu no Brasil	40
4.2.2.8 Bambu no Mato Grosso do Sul	41
4.2.2.9 O plantio	41
4.2.2.10 O Bambu <i>Guadua</i>	42
4.2.2.11 Construção com bambu <i>Guadua</i>	43
4.2.2.12 Normas e requisitos	45
4.2.2.13 Recomendações para uso sustentável do bambu <i>Guadua</i> na construção civil	48
4.2.2.14 Uso do Bambu em Coberturas - Referenciais Arquitetônicos	48

4.2.2.15 Uniões de estruturas de coberturas em Bambu - Referenciais Arquitetônicos.....	52
4.2.3 Comportamento Estrutural do Bambu <i>Guadua angustifolia</i>	56
4.2.3.1 Propriedades físicas	56
4.2.3.2 Propriedades mecânicas e meso-estruturais.....	57
4.2.4 Ligações e Uniões Estruturais	60
4.2.4.1 Fundações	60
4.2.4.2 Pilares.....	60
4.2.4.3 Entalhes.....	62
4.2.4.4 Uniões	64
4.2.4.5 Reforços para uniões.....	65
4.2.4.6 Uniões de peças horizontais e verticais	66
4.2.4.7 Emprego de pinos e ancoragem em uniões de peças horizontais e verticais	67
4.2.5 Durabilidade do Bambu.....	74
4.2.6 Colheita - o início da preservação do bambu	75
4.2.6.1 A influência das fases da lua na preservação do bambu	77
4.2.7 Tratamento e Preservação do Bambu	80
4.2.7.1 Cura e corte dos colmos.....	81
4.2.7.2 Tratamento natural dos colmos.....	81
4.2.7.3 Secagem	83
4.2.7.4 Tratamento dos colmos através de preservantes.....	84
4.2.7.5 Tratamento químico dos colmos.....	87
4.2.7.6 Tratamento por injeção	88
4.2.7.7 Preservação do bambu através do projeto.....	90
4.2.7.8 Armazenamento do Bambu.....	91
4.2.7.9 Comparação dos métodos de tratamento	91
4.2.8 Bambu - Resultados.....	94
4.3 PROJETO DA COBERTURA	94
4.4 CARTILHA PARA MONTAGEM DE COBERTURA EM BAMBU	98
4.4.1 Terminologia	99
4.4.2 Partes do bambu - Espécie <i>Guadua angustifolia</i>	100
4.4.3 Conhecendo o bambu - o colmo.....	100
4.4.4 O projeto da cobertura.....	101
4.4.4.1 Projeto da varanda (casa existente).....	101
4.4.4.2 Projeto - cobertura da futura casa	106
4.4.5 Ferramentas e equipamentos	110
4.4.6 Lista de Insumos.....	111
4.4.7 Etapas do Cultivo do Bambu e Montagem do Sistema de Cobertura	112
5. CONCLUSÕES.....	121
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

8. ANEXOS	129
8.1 ANEXO A - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	129
8.1.1 Propriedades físicas e mecânicas do bambu <i>Guadua</i>	129
8.1.2 Determinação das ações	131
8.1.2.1 Carga distribuída	131
8.1.3 Terças internas (casa)	132
8.1.3.1 Tensão	132
8.1.3.2 Deformação	133
8.1.4 Terças da Varanda	133
8.1.4.1 Tensão	133
8.1.4.2 Deformação	134
8.1.5 Terças da Varanda Frontal	134
8.1.5.1 Tensão	135
8.1.5.2 Deformação	135
8.1.6 Vigas de Apoio (casa)	136
8.1.6.1 Tensão	136
8.1.6.2 Deformação	136
8.1.7 Dimensionamento do Pilar Crítico	137
8.1.7.1 Verificação da esbeltez	138
8.1.7.2 Dimensionamento à compressão	139
8.1.8 Considerações sobre o dimensionamento estrutural	140
8.2 ANEXO B - FICHA DE COLETA DE DADOS	141

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01.	Principais causas para o atraso e paralisação das obras no Assentamento Santa Mônica	18
FIGURA 02.	Cronograma físico-financeiro global - PA Santa Mônica - FETAGRI	19
FIGURA 03.	Percentuais de serviços previstos conforme cronograma físico-financeiro global (mar/2008 a nov/2008) e executados (mar/2008 a jun/2014)	19
FIGURA 04.	Situação dos serviços de coberturas durante o 5º mês do cronograma de obras	20
FIGURA 05.	Situação dos serviços de execução das alvenarias de oitão durante a 5º mês do cronograma de obras	20
FIGURA 06.	Casas do Assentamento Santa Mônica (grupo FETAGRI) sem cobertura do corpo principal ou sem varanda frontal ou ainda com coberturas improvisadas	21
FIGURA 07.	Por qual motivo as obras no Assentamento Santa Mônica atrasaram?	27
FIGURA 08.	Quais os materiais que apresentaram pior qualidade?	28
FIGURA 09.	Quando falamos de construções que usam bambu, qual das imagens vem a sua mente?	28
FIGURA 10.	Repercussões sobre o uso do bambu na construção de moradias habitacionais	29
FIGURA 11.	Qual cobertura você escolheria para sua casa?	30
FIGURA 12.	Repercussões sobre a escolha da cobertura das casas	30
FIGURA 13.	Qual tipo de telha você escolheria para sua casa?	31
FIGURA 14.	Qual forro você escolheria para sua casa?	31
FIGURA 15.	Repercussões sobre a escolha do forro	31
FIGURA 16.	Partes do bambu	34
FIGURA 17.	Colmo	35
FIGURA 18.	Estágios do colmo do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	36
FIGURA 19.	Crescimento diário médio do bambu <i>Bambusa vulgaris</i>	36
FIGURA 20.	Variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo de bambu	37
FIGURA 21.	Detalhe dos conjuntos vasculares	38
FIGURA 22.	Diferentes tipos de rizomas	39
FIGURA 23.	Bambu entouceirante	39
FIGURA 24.	Estimativa geográfica de bambus no Brasil	40
FIGURA 25.	<i>Guadua angustifolia</i>	41
FIGURA 26.	<i>Guadua</i> , possível espécie <i>amplexifolia</i> (margens do rio Miranda/MS)	41
FIGURA 27.	<i>Guadua</i> , possível espécie <i>superba</i> (município de Bodoquena/MS)	41
FIGURA 28.	Processo para aplicação sustentável do <i>Guadua</i> na construção civil	48
FIGURA 29.	Valores máximos, mínimos e médios, medidos experimentalmente do comprimento internodal, diâmetro externo e espessura de parede dos bambus estudados	57
FIGURA 30.	Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	58
FIGURA 31.	Resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	58
FIGURA 32.	Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	58

FIGURA 33.	Enchimento do colmo com argamassa (utiliza-se funil ou objeto adaptado para tal fim)	61
FIGURA 34.	Fundações em forma de sapatas de concreto	62
FIGURA 35.	Sistema de apoio com incorporação do pilar a sapata de concreto	62
FIGURA 36.	Entalhes para uniões das estruturas de bambu	62
FIGURA 37.	Corte reto em peças aparentes	63
FIGURA 38.	Corte “ Boca de Pescado”	63
FIGURA 39.	Corte “ Boca 45°”	64
FIGURA 40.	Articulações de peças horizontais	64
FIGURA 41.	Esquema de ligação – embuchamento interno	65
FIGURA 42.	União com embuchamento interno	65
FIGURA 43.	Reforço com fita perfurada	66
FIGURA 44.	Suporte com uma ou duas orelhas	66
FIGURA 45.	Suporte duplo com orelha	66
FIGURA 46.	Suporte com orelha sobreposta	66
FIGURA 47.	Suporte com aba	67
FIGURA 48.	Suporte com entalhe “boca de pescado”	67
FIGURA 49.	União de peças com ancoragem e pino	67
FIGURA 50.	União com ancoragem metálica	67
FIGURA 51.	“Boca de peixe” com pinos	68
FIGURA 52.	União com âncora de madeira	68
FIGURA 53.	Conexão com barra roscada	68
FIGURA 54.	Vigas formadas por 4 ou 6 elementos	68
FIGURA 55.	Viga dupla central	69
FIGURA 56.	Viga dupla lateral	69
FIGURA 57.	Vigas duplas laterais	69
FIGURA 58.	União com cunha dupla de madeira	70
FIGURA 59.	União com pinos e reguladores de amarração	70
FIGURA 60.	União com transpasse de vara	70
FIGURA 61.	Posicionamento das barras roscadas na união por transpasse e embuchamento interno	70
FIGURA 62.	União em cruz com pino	70
FIGURA 63.	União com pino ou clavilha	70
FIGURA 64.	União de esquina	70
FIGURA 65.	Formas para se evitar o achatamento nas extremidades das vigas	71
FIGURA 66.	Construção de pórticos	72
FIGURA 67.	Detalhe das uniões usadas em pórticos	72
FIGURA 68.	Construção de treliça simples	73
FIGURA 69.	Detalhes das uniões usadas nas treliças	73
FIGURA 70.	Construção de treliças com caibros	74
FIGURA 71.	Detalhes das uniões usadas nas treliças com caibros	74
FIGURA 72.	Colmo jovem	76
FIGURA 73.	Colmo maduro	76
FIGURA 74.	Colmo velho	76
FIGURA 75.	Carboidratos totais na base do bambu <i>Guadua</i> de acordo com a fase lunar	79
FIGURA 76.	Carboidratos totais no colmo do bambu <i>Guadua</i> de acordo com a fase lunar	79
FIGURA 77.	Carboidratos totais após tratamento	80
FIGURA 78.	Medidor eletrônico de umidade	84

FIGURA 79.	Tratamento por injeção	89
FIGURA 80.	Fechamento dos furos	89
FIGURA 81.	Solução imunizante	89
FIGURA 82.	Armazenamento das varas de bambu	91
FIGURA 83.	Sistema de difusão por encharcamento vertical	92
FIGURA 84.	Média de furos encontrados em colmos preservados de <i>Guadua</i>	93
FIGURA 85.	Casa padrão da FETAGRI com oitão em alvenaria e pequena varanda frontal	95
FIGURA 86.	Casa padrão da FETAGRI com oitão alterado para tesoura em madeira	95
FIGURA 87.	Moradias provisórias construídas ao longo da BR MS 060 (saída para Sidrolândia/MS)	98
FIGURA 88.	Construção de varanda – estrutura de cobertura em eucalipto e telhas de fibrocimento	98
FIGURA 89.	Construção de varanda – estrutura de cobertura em madeira nativa e telhas de fibrocimento	98
FIGURA 90.	Construção de varanda longitudinal	98
FIGURA 91.	Construção de varanda lateral	98
FIGURA 92.	Estrutura do colmo	100
FIGURA 93.	Ferramentas para montagem da estrutura de cobertura	110

LISTA DE TABELAS

TABELA 01. Referências de moradias em assentamentos rurais	32
TABELA 02. Plantio direto do bambu no campo	42
TABELA 03. Percentuais de pega de três tipos de bambu entouceirantes	42
TABELA 04. Requisitos para construção com bambu <i>Guadua</i> , segundo a Norma Colombiana NRS -10/Título G-12	46
TABELA 05. Referenciais Arquitetônicos – uso do bambu em habitações sociais	49
TABELA 06. Sistemas de coberturas com bambu roliço e ligações estruturais	53
TABELA 07. Propriedades físicas do bambu <i>Guadua superba</i>	57
TABELA 08. Resultados estruturais do colmo de <i>Guadua</i> (variedade <i>Macan</i>) obtidos pelo Instituto Alemão de prova de materiais em Stuttgart	60
TABELA 09. Ligação de colunas de bambu à fundação	61
TABELA 10. Comparativo de uniões	65
TABELA 11. Agentes redutores da durabilidade	75
TABELA 12. Agentes predadores e tratamentos	75
TABELA 13. Meses e fases lunares para corte	77
TABELA 14. Tratamento natural do bambu	82
TABELA 15. Secagem do bambu	83
TABELA 16. Preservantes mais utilizados no tratamento do bambu	85
TABELA 17. Tratamento químico do bambu	87
TABELA 18. Repercussões quanto as opções adotadas para o sistema de cobertura	94
TABELA 19. Síntese das estratégias projetuais com tipologias, características e repercussões	96
TABELA 20. Partes do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	100
TABELA 21. Ferramentas e equipamentos	110

TABELA 22. Lista de insumos	111
TABELA 23. Plano de corte das varas de bambu	111
TABELA 24. Cultivo do bambu	112
TABELA 25. Corte e colheita do bambu	113
TABELA 26. Secagem e transporte do bambu	114
TABELA 27. Tratamento do bambu	115
TABELA 28. Montagem do sistema de cobertura	116

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMIMA	Arquitetura de Menor Impacto ao Meio Ambiente
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CETS	Centro de Energia e Tecnologia Sustentável
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia
EESC/USP	Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo
EMSURB	Empresa Municipal de Serviços Urbanos de Aracajú
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FETAGRI	Federação dos Trabalhadores na Agricultura
HABIS	Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade
INCOMUM	Instituto de Desenvolvimento Comunitário Sustentável
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IVIG	Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais
MST	Movimento dos Trabalhadores sem Terra
NMBA	National Mission on Bamboo Applications
PDA	Plano de Desenvolvimento de Assentamento
OGU	Orçamento Geral da União
PLS	Planilha de Levantamento de Serviços
PNHR	Programa Nacional de Habitação Rural
PNMCB	Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu
PNRA	Plano Nacional de Reforma Agrária

SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UNISOL	Universidade Solidária

RESUMO

Nas construções de moradias em assentamentos rurais, um dos gargalos no processo é a estrutura de cobertura, sendo os principais desafios: a distância dos fornecedores dos materiais de construção, a dificuldade de acesso e a impossibilidade de escolha desses materiais pelos assentados, o que compromete a execução e qualidade da construção. O presente trabalho teve como objetivo propor um sistema construtivo para a execução de estruturas de coberturas destinadas às moradias em assentamentos rurais utilizando o bambu com material alternativo. Para o desenvolvimento do projeto da cobertura foi adotado o partido arquitetônico de moradias tradicionalmente construídas nos assentamentos rurais do estado de Mato Grosso do Sul, sendo estudadas as espécies de bambu, os tipos de tratamentos e as ligações estruturais para apropriação de tecnologia e melhor adequação à construção rural. Posteriormente, foram realizados cálculos estruturais para dimensionamento das peças de bambu. Como resultado obteve-se um sistema construtivo modular, replicável e de fácil execução, respeitando as necessidades e possibilidades construtivas dos assentados. Esse processo foi traduzido em uma cartilha que prevê passo a passo, desde o plantio direto do bambu, passando pelo cultivo, colheita até a montagem da estrutura de cobertura e sua posterior manutenção, gerando mais autonomia ao assentado e proporcionando um sistema alternativo de construção que ofereça menos impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: sustentável, replicável, autonomia.

ABSTRACT

In the construction of dwellings in rural settlements, one of the obstacles in the process is the covering structure which has as its principle challenges; the distance of the suppliers of the construction materials, the difficulty of access, and the impossibility of the settlers to choose these materials which in turn jeopardize the execution and quality of the construction. This paper has the objective of proposing a constructive system for the execution of covering structures destined to dwellings in rural settlements using bamboo as an alternative material. For the development of the covering project, the architectonic faction of dwellings traditionally constructed in rural settlements in the state of Mato Grosso do Sul has been adopted. The species of bamboo, the types of treatment, and the structural connections have been studied for the appropriation of technology and the best adaptation to rural construction. Later, structural calculations were done to measure the bamboo pieces. As a result, a modular constructive system was obtained that can be replicated and easily executed, respecting the constructive necessities and possibilities of the dwellers. This process was translated into a manual the foresees step by step, beginning with direct planting of the bamboo, going on to cultivation, harvesting and up to the mounting of the covering structure and then maintenance which generates more autonomy to the dweller and provides an alternative construction system that causes less impact to the environment.

Key words: Sustainable, Replicate, Autonomy

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O autor realizou para a CAIXA, como terceirizado, de 2008 a 2014, aferições de medições no Assentamento Santa Mônica no município de Terenos/MS, das obras de construção das casas das organizações FETAGRI, AESCA e CUT. A proposta para a construção das moradias previa o sistema de mutirão assistido, ou seja, os assentados deveriam se unir para executar as casas, sob a supervisão de um pedreiro. A medição da evolução dos serviços executados, previstos no cronograma de obras sempre é feita pela Entidade Organizadora (neste caso, o grupo FETAGRI). A aferição da medição das obras é feita por empresa de engenharia credenciada da CAIXA, obedecendo um cronograma físico-financeiro global (fig. 2), o qual estabelece percentuais determinados para liberação de cada parcela correspondente, e no caso da última medição, o início de uma nova etapa é autorizada para a continuidade das obras. No caso do grupo FETAGRI, as obras tiveram início em 2008 e de acordo com o cronograma a execução era dividida em 3 etapas (3 meses para cada uma), sendo prevista a construção de 80 casas na primeira etapa, 76 na segunda e 176 na terceira e última etapa, totalizando 332 unidades habitacionais, onde o período de obra de cada etapa teria inicialmente a duração de 3 meses e todas as etapas seriam concluídas em 90 dias (fig. 2), ou seja, o cronograma previa de modo global, a execução da obra em 9 etapas, uma a cada mês. o que não ocorreu até o mês de junho de 2014, ou seja, as obras ainda encontram-se em andamento, há mais de 6 anos (fig. 3). As principais causas para o atraso e paralisação das obras são:

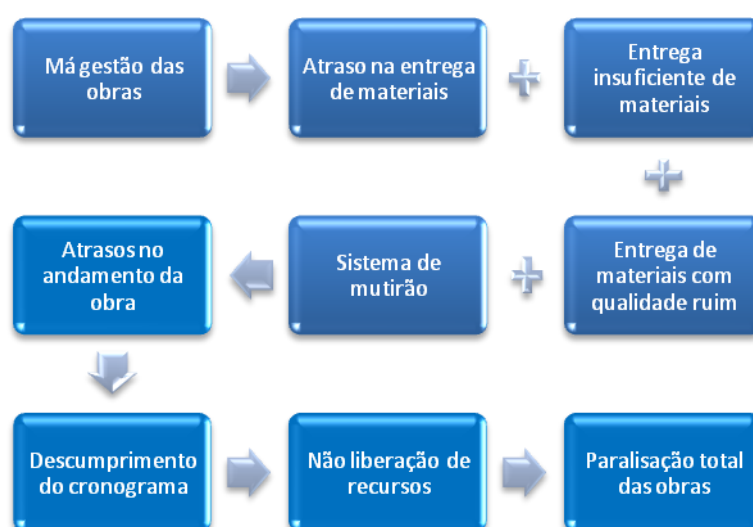


Fig. 1. Principais causas para o atraso e paralisação das obras no Assentamento Santa Mônica
Fonte: do autor

Etap	Qde	Valor Obra	%	Mês 1		Mês 2		Mês 3	
	Casas	R\$		Simp.	Acum.	Simp.	Acum.	Simp.	Acum.
1	80	761,738.40	24.10%	74.75%	74.75%	15.79%	90.54%	9.46%	100.00%
2	76	723,651.48	22.89%						
3	176	1,675,824.48	53.01%						
			100.00%	18.020%	18.02%	3.80%	21.82%	2.28%	24.10%
	332	3,161,214.36		569,650.83	569,650.83	120,126.15	689,776.97	72,075.69	761,852.66

Etap	Qde	Valor Obra	%	Mês 4		Mês 5		Mês 6	
	Casas	R\$		Simp.	Acum.	Simp.	Acum.	Simp.	Acum.
1	80	761,738.40	24.10%						
2	76	723,651.48	22.89%	74.75%	74.75%	15.79%	90.54%	9.46%	100.00%
3	176	1,675,824.48	53.01%						
			100.00%	17.11%	41.21%	3.61%	44.82%	2.17%	46.99%
	332	3,161,214.36		540,883.78	1,302,736.44	114,119.84	1,416,856.28	68,598.35	1,485,454.63

Etap	Qde	Valor Obra	%	Mês 7		Mês 8		Mês 9	
	Casas	R\$		Simp.	Acum.	Simp.	Acum.	Simp.	Acum.
1	80	761,738.40	24.10%						
2	76	723,651.48	22.89%						
3	176	1,675,824.48	53.01%	74.75%	74.75%	15.79%	90.54%	9.46%	100.00%
			100.00%	39.63%	86.62%	8.37%	94.99%	5.01%	100.00%
	332	3,161,214.36		1,252,789.25	2,738,243.88	264,593.64	3,002,837.52	158,376.84	3,161,214.36

Fig. 2 - Cronograma físico-financeiro global - PA Santa Mônica – FETAGRI

Fonte: CAIXA (2008)

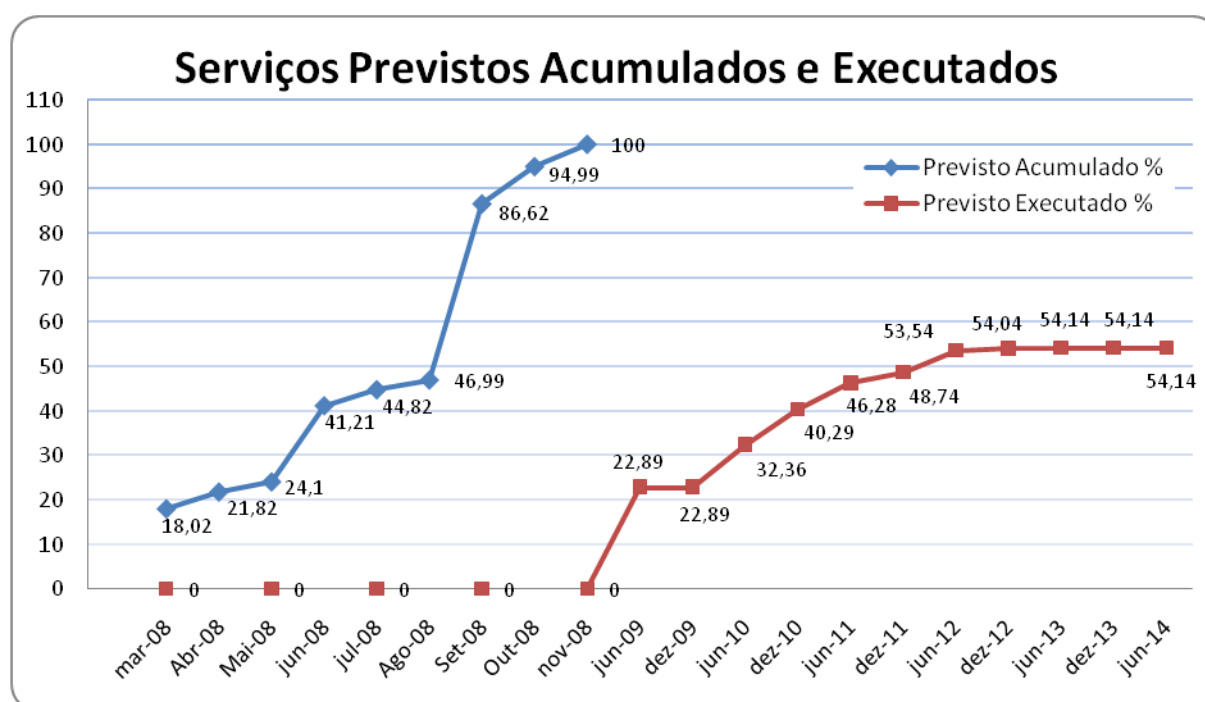


Fig. 3 - Percentuais de serviços previstos conforme cronograma físico-financeiro global (mar/2008 a nov/2008) e executados (mar/2008 a jun/2014)

Fonte: CAIXA (2008; 2009), adaptado pelo autor

De acordo com a fig. 3 percebe-se a grande discrepância entre os serviços previstos acumulados e os previstos executados durante o período de 6 anos. Para exemplificar, pode-se tomar como exemplo a aferição das medições referentes ao 5º mês do cronograma, onde evidenciou-se a não execução da estrutura de cobertura e do telhado e em alguns casos também dos oitões de alvenaria (fig. 8 e 5), o que acabou atrasando o andamento das obras, impedindo a execução de outros serviços e acarretando em algumas situações, a inutilização de outros materiais já instalados, como esquadrias, por exemplo (fig. 6).

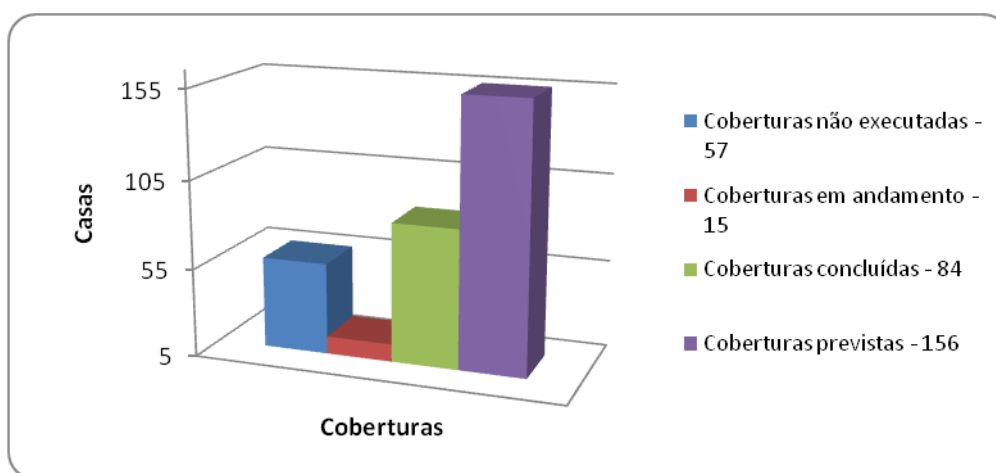


Fig. 4 - Situação dos serviços de coberturas durante o 5º mês do cronograma de obras
Fonte: do autor (2011)

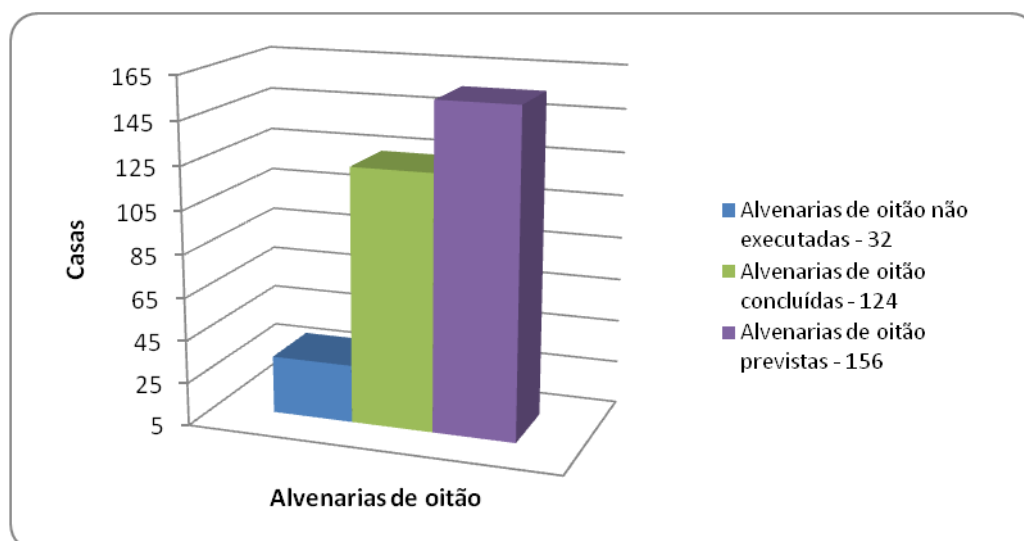


Fig. 5 - Situação dos serviços de execução das alvenarias de oitão durante a 5º mês do cronograma de obras
Fonte: do autor (2011)

A seguir, imagens de algumas casas sem cobertura ou com cobertura improvisada, e em algumas situações, alvenarias de oitão acabam não sendo executadas, pois vários moradores temem que as mesmas não suportem a ação dos ventos.



Fig. 6 - Casas do Assentamento Santa Mônica (grupo FETAGRI) sem cobertura do corpo principal ou sem varanda frontal ou ainda com coberturas improvisadas
Fonte: do autor

Diante desse quadro, o presente estudo pretende discutir uma nova alternativa para a estrutura de cobertura para as moradias em assentamentos rurais através do uso de um material que se renove naturalmente, seja de fácil manuseio, possa ser cultivado no próprio assentamento, evitando problemas com transporte e torne desnecessário o beneficiamento industrial, ganhando-se com isso, tempo e economia. Ou seja, a utilização do bambu como tecnologia apropriada de forma sustentável pode possibilitar o desenvolvimento de um sistema de cobertura modular, expansível e replicável, com benefícios ambientais, sociais e econômicos.

No estado de Mato Grosso do Sul, tem-se em larga escala, crescendo abundantemente o gênero *Guadua*, mais precisamente a espécie *Guadua angustifolia*, uma das mais indicadas para a construção civil, nativa do Pantanal e regiões próximas: Bonito, Aquidauana e Miranda (CARDOSO JR., 2000). É sem dúvida, um material promissor, por se tratar de uma planta perene, renovável, que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantios, além de apresentar excelentes características físicas, químicas e mecânicas (PEREIRA e BERALDO, 2008).

Pereira e Beraldo (2008), ao discorrerem sobre o uso estrutural do bambu, observam que no Brasil ainda não há o desenvolvimento de equipamentos específicos para efetuar o processamento mecânico dos colmos e nem se dispõe de mão de obra qualificada para trabalhar com o bambu, ou seja, quase sempre a exploração plena das potencialidades estruturais desse material fica comprometida. Segundo os mesmos autores, devido às suas características peculiares, por tratar-se de um tubo com baixa resistência ao fendilhamento, com espessura de parede variável e não perfeitamente cilíndrico, o bambu apresenta grande dificuldade quanto à eficiência das ligações entre os colmos. Desse modo, a análise das ligações estruturais é de suma importância para esse trabalho.

De acordo com Pereira e Beraldo (2008), por ser um material biológico, o bambu está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos e insetos, podendo, apresentar uma vida útil entre um a três anos quando não for tratado, e entre dez a quinze anos ou mais quando receber tratamento adequado através de métodos e produtos químicos já comprovados cientificamente, os quais serão descritos ao longo desta pesquisa, garantindo a proteção especialmente contra o ataque do caruncho. Os mesmos autores ainda recomendam o uso de um projeto adequado para o aumento da vida útil do bambu, através da presença de beirais na construção e a eliminação do contato do colmo com o solo.

Diante dessas observações, a escolha do bambu como material alternativo para a estrutura de cobertura das moradias implica em desafios, como:

1. O tratamento mais adequado, considerando a proposta sustentável do projeto;
2. A execução das ligações estruturais das peças, pois envolve diretamente a capacitação da mão de obra local;
3. Aceitação do material pela comunidade de assentados, a qual não necessariamente tem origem no campo, mas também é proveniente do meio urbano;
4. A transmissão do conhecimento e a transferência da tecnologia, visto sua pouca disseminação no Brasil, diferentemente de países como Japão, Índia, China, Costa Rica, Equador, Peru e Colômbia;
5. A falta de especificação normatizada sobre o uso do bambu como estrutura.

A fim de contribuir para a materialização do projeto da estrutura de cobertura, o presente estudo tem como um de seus resultados a elaboração de uma cartilha para execução passo a passo da montagem do sistema alternativo de cobertura em bambu, para tanto, etapas como plantio direto, cultivo, colheita e tratamento são considerados, proporcionando mais economia, autonomia e com menos impacto ao meio ambiente, além de gerar possibilidade de incremento de renda ao assentado.

A opção pelo bambu, especialmente pelo gênero *Guadua*, dentro de um contexto mais abrangente, vai de encontro a PNMCB (Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu), instituída pela Lei Federal nº 12.484/2011. A PNMCB pretende incentivar o manejo sustentável e o cultivo somente das espécies nativas e entre os agricultores familiares, tendo como diretrizes:

- a valorização do bambu como produto agrossilvopastoril capaz de suprir necessidades ecológicas, econômicas, sociais e culturais;
- o desenvolvimento tecnológico do manejo sustentável, cultivo e das aplicações do bambu;
- o desenvolvimento de pólos de manejo sustentável, cultivo e de beneficiamento de bambu, em especial nas regiões de maior ocorrência de estoques naturais do vegetal, onde a produção agrícola baseia-se em unidades familiares de produção e no entorno de centros geradores de tecnologias aplicáveis ao produto.

Sob a ótica do déficit habitacional rural, a utilização do bambu em projetos do governo, como o PNHR (Programa Nacional de Habitação Rural), poderá despertar no poder público o interesse pelo uso de materiais não convencionais e mais sustentáveis nas habitações rurais de interesse social, obtendo-se economia, menor dispêndio de energia e baixo impacto ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor um sistema alternativo de cobertura em bambu para moradias em assentamentos rurais, através da elaboração de uma cartilha destinada ao campesino, demonstrando a montagem passo a passo da estrutura de cobertura, englobando etapas como plantio direto, corte, secagem e tratamento das varas.

2.2 Objetivos Específicos

- Propor um projeto de cobertura que se adapte as telhas planas existentes no mercado local, que permita rapidez na construção, facilite a ampliação, a modulação e a replicabilidade;
- Propor um novo desenho para o sistema de cobertura da moradia rural, adaptável a tipologia de projeto arquitetônico utilizada nos assentamentos rurais, permitindo, inclusive a ampliação de varandas;
- Propor um sistema construtivo simplificado, de fácil montagem e desmontagem, que utilize ferramentas simples e tenha baixo dispêndio de energia em sua execução.

3. MÉTODOS

3.1 Pesquisa de Campo

Durante o período em que o autor realizou as vistorias de aferição das medições das obras no Assentamento Santa Mônica, foram apontados pelas entidades (FETAGRI, CUT e AESCA) vários problemas para justificar os atrasos recorrentes do cronograma físico-financeiro global. Na época, o principal deles era o atraso na entrega de materiais, porém o que era possível identificar,

através de avaliações qualitativas visuais era a qualidade de alguns materiais, em particular a madeira, fato que impediu muitas vezes a conclusão da etapa da cobertura, comprometendo o andamento das obras, porém imaginava-se que poderiam haver outros fatores responsáveis pela lentidão do cronograma. Desse modo outras possibilidades precisariam ser avaliadas e sob esta condição, porém, como já se conhecia a realidade local, optou-se por uma pesquisa participante, onde o autor pudesse em um diagnóstico inicial, confirmar algumas questões, para em seguida discutir alternativas para os problemas enfrentados durante o processo construtivo, o qual arrastasse até hoje, com apenas 226 casas concluídas, de um total de 332 unidades. Desse modo o presente trabalho iniciou-se com a realização de pesquisas de campo participantes entre o autor e os agricultores, através de reuniões nas casas das famílias, onde foram identificados outros “gargalos”, além dos já conhecidos e algumas alternativas para os problemas que comprometiam a construção das moradias no Assentamento Santa Mônica. Esta fase da pesquisa corresponde à etapa mais significativa do diagnóstico, na qual materializaram-se as análises das dificuldades vivenciadas pelos assentados durante e após as obras.

As entrevistas foram realizadas por três Arquitetos, contando com a participação direta do autor. Os levantamentos ocorreram através da aplicação de questionário junto a 80 famílias do grupo FETAGRI com foco nos problemas construtivos enfrentados e principalmente sobre detalhes do sistema de cobertura (volumetria, tipo de telha, uso de forro e estrutura de cobertura em bambu). As reuniões com as famílias possibilitaram a participação dos assentados na geração de informações acerca da realidade local. Durante a aplicação dos questionários, foram apresentadas ilustrações coloridas para as perguntas que necessitavam da visualização de imagens para serem respondidas.

3.2 Revisão Bibliográfica

A revisão da literatura foi realizada a fim de se verificar os sistemas construtivos de cobertura usados em moradias construídas em assentamentos rurais, a espécie de bambu mais apropriada para a construção civil, o método de plantio com maior índice de pegamento, a forma de secagem mais apropriada dados os recursos disponíveis em assentamentos rurais, os métodos de colheita e tratamento que garantam a preservação e a durabilidade das varas, os tipos de entalhes e ligações mais adequadas ao projeto adotado e por fim consultaram-se a NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira, a Norma Peruana E100, Norma Técnica Colombiana

NTC5407 e critérios da Resistência dos Materiais para o dimensionamento estrutural mais apropriado à execução simplificada da estrutura proposta.

3.3 Projeto da Cobertura

Foi analisada a tipologia projetual adotada atualmente pelo grupo FETAGRI e verificada junto aos assentados, através das pesquisas participantes, a necessidade de ampliação das moradias. A partir desses dados foi especificado o tipo de telha e adotado o partido arquitetônico para construção das varandas e também para a execução de futuras moradias. Através do cálculo estrutural foram dimensionadas as varas de bambu, definidos os tipos de ligações e entalhes dos colmos.

3.4 Cartilha para Montagem da Estrutura de Cobertura

Por fim, para que essa construção possa ser materializada, propõe-se a elaboração de uma cartilha, descrevendo os melhores métodos de plantio direto, corte, secagem, tratamento e montagem da cobertura, além de abordar a manutenção e futuro descarte das varas de bambu utilizadas na estrutura de cobertura, para a formatação da cartilha tomaram-se como referências, modelos de manuais que demonstrassem os passos necessários para a execução de sistemas construtivos em madeira e mistos (alvenaria e madeira) de edificações residenciais de interesse social. A adoção de linguagem escrita simplificada e da apresentação gráfica através de desenhos feitos à mão livre, têm a intenção de facilitar a compreensão dos assentados, público alvo da cartilha.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Pesquisa de Campo

4.1.1 Problemas enfrentados durante a execução das obras

As pesquisas participantes realizadas com as famílias iniciaram-se com a confirmação de alguns problemas já verificados na época das vistorias de aferição das medições das obras e também com identificação de outros problemas encontrados durante o processo de construção de

moradias no Assentamento Santa Mônica. Desse modo, a primeira pergunta referente a essa questão (fig. 7), aponta a "desorganização do INCRA" como principal fator para o atraso das obras, ou seja, trata-se de um problema de gestão, especialmente quanto a ineficácia do INCRA sobre a administração das obras, junto a organização dos agricultores, em torno das associações, quanto a compra, estoque e fornecimento de materiais, acarretando a outra sequência de problemas como: atraso na entrega e materiais de baixa qualidade. A ausência de mão de obra teve pouca representatividade, pois segundo os moradores, o mau funcionamento do sistema de mutirão também foi atribuído ao INCRA.

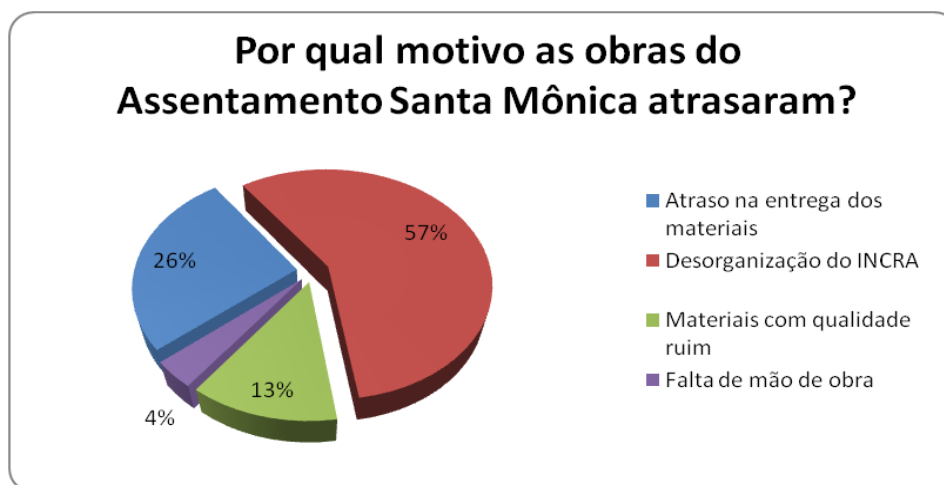


Fig. 7 - Por qual motivo as obras no Assentamento Santa Mônica atrasaram?

Fonte: Pesquisa participante realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

Quando questionados sobre a qualidade dos materiais utilizados, a principal reclamação dos assentados é sobre a madeira, em segundo lugar vem as telhas e ocupando a terceira posição aparecem as esquadrias metálicas. Segundo os moradores, muitas vezes as peças de madeira chegavam verdes ou já empenadas, apresentavam rachaduras, fendas, bitolas com dimensões inferiores as de mercado, eram entregues em quantidade insuficiente ou demoravam a ser entregues, entre outros problemas. Para 14% dos entrevistados, nenhum material apresentou qualidade inferior ao esperado, fato justificado pelos próprios assentados ao comparar a situação atual com aquela anterior, quando habitavam em barracos improvisados de madeira e lona. Diante desse quadro, pode-se concluir que a madeira usada na estrutura de cobertura está entre os materiais que mais apresentaram problemas, comprometendo o andamento das obras.

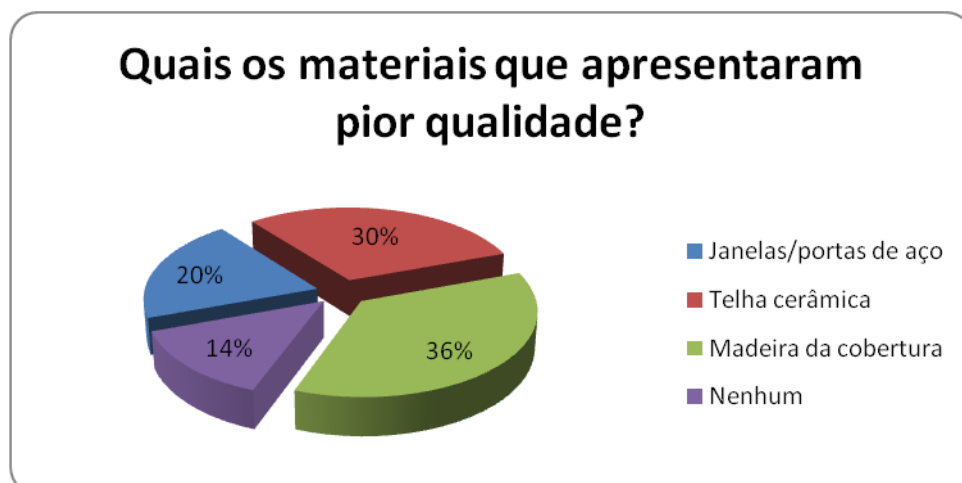


Fig. 8 - Quais os materiais que apresentaram pior qualidade?

Fonte: Pesquisa participante realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

4.1.2 Sistema de cobertura

Em outro momento, durante reuniões com os moradores, foram discutidas quais seriam as alternativas para utilização de outros materiais para a estrutura de cobertura e se evitar atrasos nas entregas. Foram apontados como possibilidades o uso da madeira roliça como eucalipto, por exemplo e apresentado pelo autor, o bambu, também em sua forma "in natura", contudo, inicialmente percebeu-se uma certa rejeição quanto ao uso desse material, seja pelo desconhecimento, ou por remeter a lembrança dos barracos da época dos acampamentos ou ainda pelo novo perfil do campesino, muitas vezes de origem urbana.

Para verificar o possível uso do bambu como estrutura de cobertura foram apresentadas três imagens referentes a construções que utilizam bambu em seu sistema construtivo (fig. 9 e 10) e perguntado aos entrevistados qual a primeira imagem que surgia na memória ao falar sobre moradias que usam bambu na construção.



Fig. 9 - Quando falamos de construções que usam bambu, qual das imagens vem a sua mente?

Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

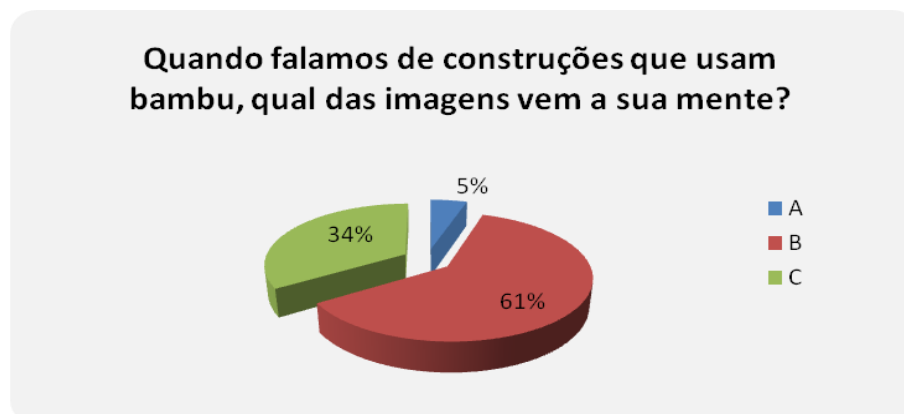


Fig. 10 - Repercussões sobre o uso do bambu na construção de moradias habitacionais
Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

A imagem mais recorrente foi a da casa tipo "B", já a casa tipo "C" foi a segunda mais lembrada, inclusive, alguns moradores relataram já ter morado em abrigos com essa similaridade. A moradia tipo "A" causou estranheza aos entrevistados, pois muitos desconheciam ser possível executar construções desse padrão com bambu. Esse diagnóstico foi importante para constatar a possibilidade de utilização do material, porém ficou evidente que a aceitação não seria pelas potencialidades da planta, mas sim como uma alternativa ao uso da madeira, demonstrando aos assentados que o bambu não trata-se apenas de um experimento, mas de uma possibilidade real já utilizada com sucesso em outros países e em situações similares.

Outra valiosa discussão refere-se a confirmação sobre a necessidade de ampliação das casas, pois segundo os moradores, a tipologia projetual adotada para as casas do grupo FETAGRI atende em parte os anseios das famílias, uma vez que o espaço interno das casas é bom, porém a varanda frontal é pequena. Aproveitando essa informação foi verificada qual a volumetria (fig. 11) preferida pelos assentados através dos modelos abaixo, onde o tipo A é o atual projeto adotado pelo grupo FETAGRI. A pergunta feita foi: Qual cobertura você escolheria para sua casa?

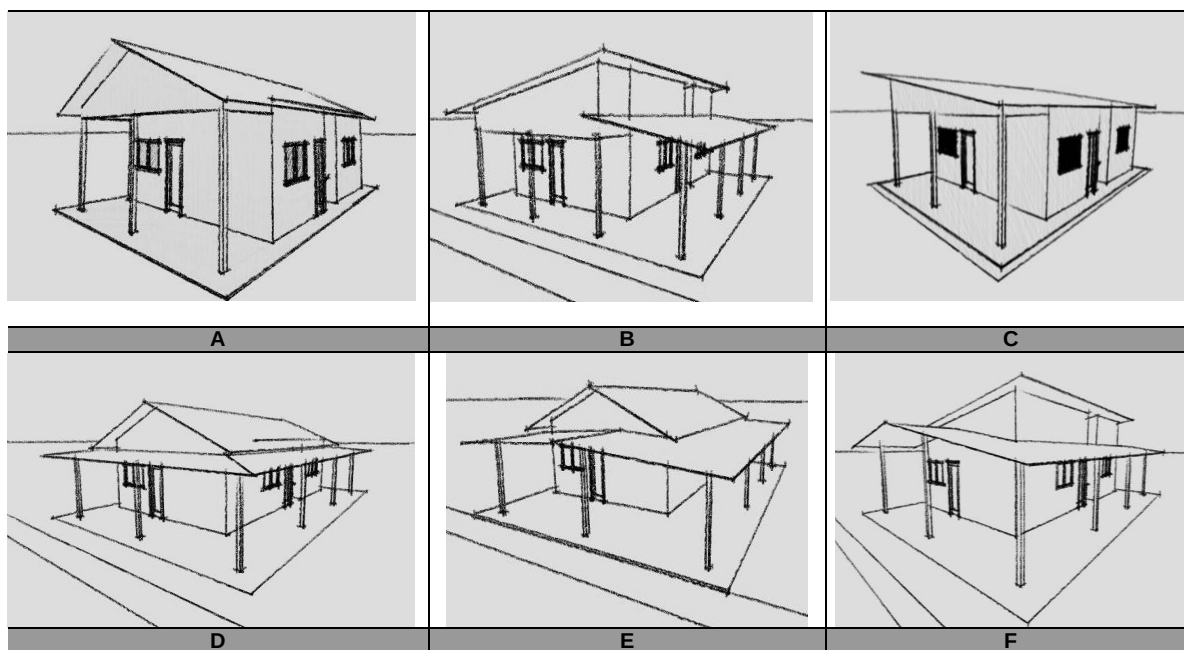


Fig. 11 - Qual cobertura você escolheria para sua casa?

Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

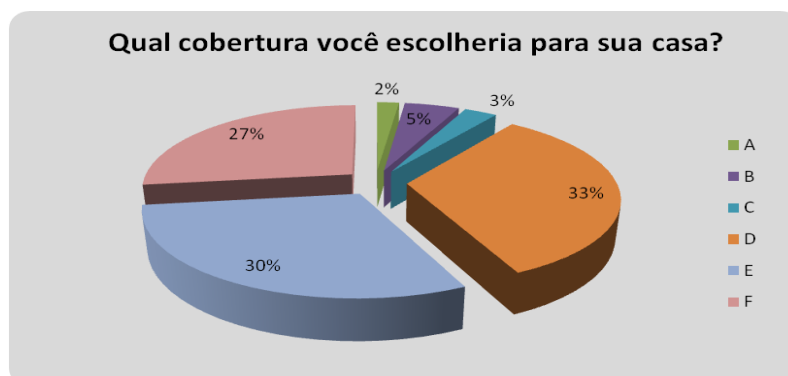


Fig. 12 - Repercussões sobre a escolha da cobertura das casas

Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

Os resultados obtidos demonstram que as opções D, E e F referentes as edificações avarandadas foram as preferidas, confirmando a necessidade da construção da varanda.

A pesquisa sobre a preferência do tipo de telha pelos assentados também demonstrou certa insatisfação com a cobertura cerâmica. Apesar da maioria ainda optar pela telha de barro, 40% dos entrevistados optaram pela cobertura de fibrocimento (fig. 13), a qual possibilita o uso de madeira em menor quantidade e como há menos encaixes, a possibilidade de goteiras diminui bastante, desse modo, a telha plana, apesar de não ser a melhor opção para garantir o conforto térmico dos usuários, surge como uma alternativa mais segura para o telhado das casas.

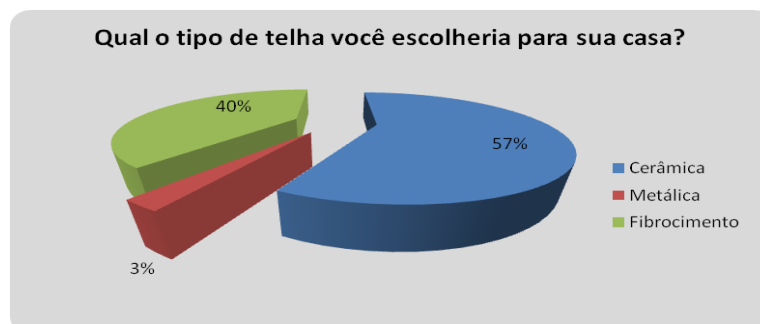


Fig. 13 - Qual tipo de telha você escolheria para sua casa?
 Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

Sobre a utilização de forro, foi diagnosticado que a ausência desse item faz muita falta, pois segundo os moradores, a existência desse acabamento, além de diminuir a entrada de poeira no interior da casa, também proporciona melhor acabamento, ocultando a estrutura de cobertura. Foram mostradas imagens (fig. 14) com 3 opções de forro: gesso (opção A), madeira (opção B) e PVC (opção C). Foi feita a seguinte pergunta: Qual dos forros você escolheria para sua casa? e a opção C (forro de PVC) foi a preferida pelos entrevistados, mesmo com a estrutura de cobertura aparente visível na imagem, sob o forro. O forro em madeira foi escolhido como 2ª opção (fig. 15).



Fig. 14 - Qual forro você escolheria para sua casa?
 Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

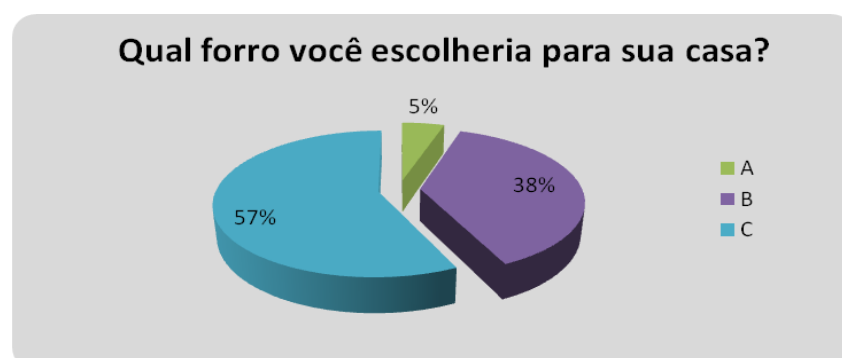


Fig. 15 - Repercussões sobre a escolha do forro
 Fonte: Pesquisa realizada no Assentamento Santa Mônica (ARANDA JR., 2014)

Ao fim da pesquisa sobre o sistema de cobertura foi possível contar com importantes informações e/ou confirmações sobre o tipo de forro, volumetria, tipo de telha e estrutura de cobertura, onde a escolha dos três últimos itens contribuíram para a definição do partido arquitetônico.

4.2 Revisão Bibliográfica

4.2.1 Sistema construtivo de coberturas das moradias rurais

De modo geral, a maioria dos projetos desenvolvidos e executados nos assentamentos rurais possuem volumetria semelhante, com cobertura em duas águas, telhas cerâmicas e madeira de reflorestamento. Não é visível o uso de materiais não convencionais e de novas tipologias projetuais voltadas às necessidades do modo de vida rural. Na sequência foram elencados alguns exemplos de sistemas de cobertura que pudessem nortear o desenvolvimento dessa pesquisa, permitindo o reaproveitamento de materiais, a modulação, a replicabilidade, a rapidez, a autonomia e a fácil ampliação.

Tabela 1 - Referências de moradias em assentamento rurais

Fonte: Ino, Akemi (2005) e <http://www.usinactah.org.br/index.php?s/--comuna-da-terra-d-tomas-balduino/> (acessado em 05/06/2014)

Local	Descrição	Imagens	Repercussões
ASSENTAMENTO RURAL PIRITUBA II Itapeva/SP	Entre 2004 e 2007, o grupo de pesquisa HABIS, coordenou o projeto Inovarural que possibilitou a construção de 42 unidades habitacionais no Assentamento Rural Pirituba II. Entre os diversos assuntos discutidos, um item foi amplamente debatido: a volumetria das casas, definida pela cobertura das mesmas. Foram apresentadas maquetes volumétricas com três tipos de coberturas: 1. duas águas com cumeeira (tradicional); 2. duas águas sem cumeeira (desencontradas, possibilitando abertura na cobertura); 3. e uma água (também poderiam colocar janela na cobertura). Dos seis grupos existentes, apenas metade esteve presente e todos optaram pela cobertura com duas águas com cumeeira e telha de barro, ou seja, a tipologia tradicional.		A transferência de tecnologia foi fundamental para o reaproveitamento das peças de pinus, transformando-as em VLP's (vigas laminadas pregadas com pinus de terceira classe). O resultado da escolha da volumetria talvez tivesse outro desfecho se todos os grupos tivessem participado da reunião final.
		Volumetria da cobertura 	
		Vista interna da estrutura de cobertura Fonte: Ino, Akemi (2005)	

ASSENTAMENTO RURAL SEPÉ TIARAJU – Serra Azul/SP	No Assentamento Sepé Tiaraju foram construídas 77 casas com financiamento do Programa INCRA/CEF e assessoria técnica do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (EESC/USP e UFSCAR). A tipologia de cobertura adotada foram duas águas, com estrutura de madeira em painéis pré-fabricados modulares de madeira de reflorestamento.	 Montagem da estrutura de cobertura na oficina  Montagem dos painéis na edificação  Volumetria final Fonte: Ino, Akemi (2005)	A montagem dos painéis na oficina inicialmente parece ser um processo difícil e lento, contudo como é realizado em local coberto pode ser realizado em períodos de chuva. Quando chega à obra, a montagem é muito rápida já que os painéis são pré-fabricados. Esse sistema também facilita a desmontagem da estrutura. Apesar do telhado em duas águas, a planta em "L" permite futura ampliação lateral da varanda.
ASSENTAMENTO COMUNA DA TERRA D. TOMÁS BALDUÍNO - Franco da Rocha/SP	Nesse assentamento organizado pelo MST, financiado pelo INCRA e CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, foram construídas 66 habitações através do Projeto e acompanhamento da obra realizado pela USINA – Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado. Depois das atividades de discussão de projeto, foram aprovadas 5 tipologias, casas térreas em bloco cerâmico aparente, com cerca de 70m². Nas imagens ao lado temos um desses exemplos.	  Volumetria da cobertura Fonte: http://www.usinactah.org.br/index.php?s/--comuna-da-terra-d-tomas-balduino/ acessado em 05/06/2014	O ponto forte desse assentamento é o respeito pelas necessidades das famílias, resultando em cinco tipologias diferentes e consequentemente em volumetrias de coberturas interessantes e que possibilitam futuras ampliações.

4.2.2 Bambu

4.2.2.1 Classificação

Bambu é o nome que se dá às plantas da subfamília *Bambusoideae*, da família das gramíneas. Essa subfamília se subdivide em dois grupos, o *Bambuseae* que são os bambus chamados de lenhosos e o *Olyrae*, os bambus chamados de herbáceos (LÓPEZ, 2003, apud PADOVAN, 2010). Trata-se, portanto, de uma gramínea gigante, tal como o milho, a cevada, o trigo, a cana-de-açúcar, entre outras, não sendo uma árvore, como é comumente caracterizada pela maioria das pessoas. Pelas características de seu colmo, é considerada uma planta lenhosa, classificada como angiosperma, pois tem as sementes protegidas e produz frutos, e monocotiledônea, pois possuem raízes fasciculadas (PEREIRA e BERALDO, 2008).

4.2.2.2 Partes do Bambu

Embora seja uma gramínea, os bambus, da mesma forma que as árvores, são constituídos por uma parte aérea, constituída pelo colmo, folhas e ramificações – e outra subterrânea, composta pelo rizoma e raiz (fig. 16).

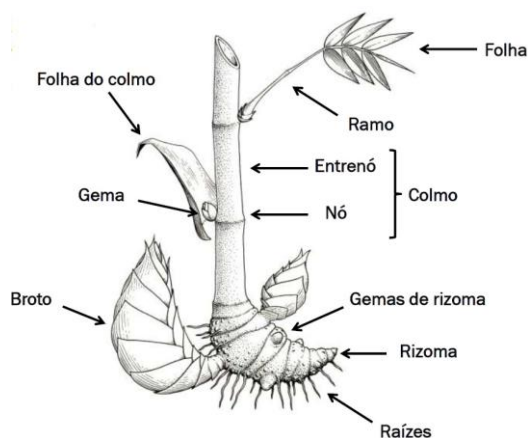


Fig. 16 - Partes do Bambu
Fonte: NMBA (2004, pg. 24), apud Suzuki (2014)

4.2.2.3 Colmo

O colmo origina-se de uma gema ativa do rizoma, compõe a parte aérea dos bambus e dá sustentação para os ramos e folhas. Como os bambus não apresentam crescimento radial, o colmo já surge com o seu diâmetro máximo na base e afunila em direção ao ápice assumindo assim a sua forma ligeiramente cônica. Os colmos são segmentados por nós e os espaços compreendidos entre

dois nós são denominados entrenós (fig. 17), que são menores na base, aumentam o seu comprimento na parte mediana e reduzem novamente o tamanho na medida em que vão aproximando do ápice. Os colmos são constituídos por células parenquimáticas e fibras. As paredes dos nós são mais finas que as paredes dos entrenós e recebem o nome de diafragma, que conferem grande rigidez, flexibilidade e resistência ao colmo.

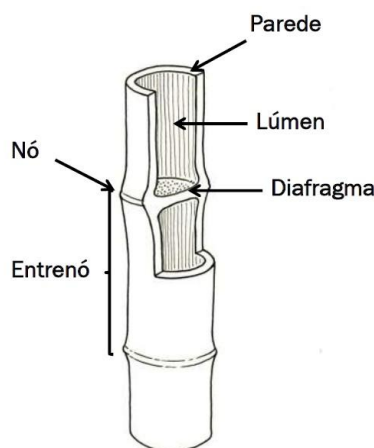


Fig. 17- Colmo
Fonte: Janssen (1988), apud Pereira e Beraldo (2008)

Do ponto de vista agrônômico o colmo é a parte mais importante do bambu, uma vez que é ele a matéria prima demandada na construção civil, fabricação de papel, pisos, móveis e outras utilidades. É, portanto, com base nas características do colmo que se escolhe a espécie a ser cultivada para fins comerciais. Como exemplo, bambus destinados à construção civil devem ser retilíneos, possuir maior diâmetro e menor teor de amido enquanto que se a finalidade for à produção de álcool, a escolha recairia sobre bambus com maior concentração de amido em seus colmos.

Os bambus são plantas de rápido crescimento que se expressa de forma visível no alongamento dos seus colmos. Este crescimento ocorre pela multiplicação das células dos meristemas intercalares localizados entre os nós e das células do meristema apical. Assim o colmo vai se distendendo como uma antena até o seu crescimento máximo que geralmente durará entre seis a oito meses.

Azzini, et al (1981) avaliando a velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambus em Campinas, São Paulo, encontrou o valor máximo de 22 cm por dia o *Dendrocalamus giganteus* e Ghavami (1995) observou, no Rio de Janeiro, para a mesma espécie

um incremento diário de 39 cm. Ueda (1960), apud López (2003) em outro estudo realizado com *Phyllostachys reticulata*, encontrou uma velocidade máxima de crescimento de 1,21 m para o mesmo período de 24 horas.

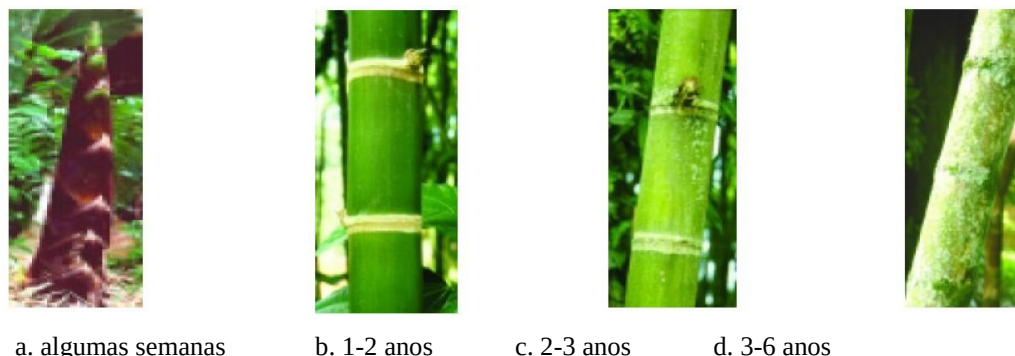


Fig. 18 - Estágios do colmo do bambu *Guadua angustifolia*
Fonte: Londoño, Camayo e Riaño (2002), apud Ghavami e Barbosa

Ao acompanhar o crescimento diário do bambu *Bambusa vulgaris*, Da Silva, Pereira e Silva (2013), verificaram um incremento vertiginoso dos 10 indivíduos avaliados, os quais atingiram uma média diária de 0,17m (fig.19).

INDIVÍDUOS	DIAS					CRESCIMENTO PERÍODO (m)	CRESCIMENTO MÉDIO/DIA (m)
	1º	3º	7º	10º	17º		
1	0,57	0,94	1,54	2,09	3,47	2,9	0,18
2	0,58	0,82	1,47	1,87	3,46	2,88	0,18
3	1,3	1,69	2,84	3,16	4,59	3,29	0,21
4	1,76	2,39	3,28	3,67	6,29	4,53	0,28
5	0,84	1,16	1,96	2,29	3,39	2,55	0,16
6	0,81	1,12	1,75	2,1	3,22	2,41	0,15
7	0,49	0,49	0,49	0,97	2,56	2,07	0,13
8	0,36	0,76	1,61	2,32	4,11	3,75	0,23
9	0,29	0,29	0,37	0,49	1,06	0,77	0,05
10	0,41	0,51	0,77	1,17	2,46	2,05	0,13

Fig. 19 - Crescimento diário médio do bambu *Bambusa vulgaris*
Fonte: Das Silva, Pereira e Silva (2013)

Embora a maioria dos bambus seja oca, existem também aqueles com ausência completa de lúmen como é o caso do *Chusquea culeou*. A espécie *Chimonobambusa quadrangularis* possui naturalmente uma forma ligeiramente quadrangular com os cantos arredondados. Mas qualquer bambu pode assumir a forma quadrangular ao ser forçado à passagem do seu colmo por uma forma de madeira . Tal técnica é empregada no Japão para a produção de colmos quadrangulares (LÓPEZ, 2003).

4.2.2.4 Estrutura anatômica do colmo

A estrutura anatômica do colmo é a base do entendimento das propriedades físicas e mecânicas do bambu e de seu comportamento estrutural (LÓPEZ, 2003, apud PADOVAN, 2010). O colmo é constituído externamente por duas camadas de células epidermes, cobertas por uma camada cutinizada, com concentração de sílica, material que confere muita resistência ao colmo e lhe serve de proteção na natureza, contra os ataques de animais e exposição mecânica. Isso, porém, é prejudicial a ferramentas de corte, por desgastá-las com facilidade (JANSSEN, 2000). Internamente, segundo Azzini e Gondim (1996) apud Ferreira (2010), a parede celular dos colmos é composta de holocelulose ($\approx 65\%$) e lignina ($\approx 18\%$). Essa camada espessa e lignificada possui numerosas células esclerenquimáticas (feixes de fibras), dispostas na direção longitudinal, que impede a movimentação de fluídos lateralmente e é assim constituída:

a) Parênquima: é o tecido básico do colmo; representa de 40% a 60% de sua composição e sua distribuição, no eixo do colmo, tem concentrações diferentes: 60% encontram-se na base e 40% na parte 25 apical, com função de estocar nutrientes e água, podendo armazenar quantidades significativas de amido, que se torna um grande atrativo ao caruncho após o corte (fig. 21).

b) Fibras: são as principais responsáveis pela resistência mecânica dos colmos; nos internós, estão orientadas axialmente, paralelas ao eixo de crescimento, e representam de 40% a 50% do tecido total do colmo e 60% a 70% de sua massa. Na direção vertical, a quantidade de fibras aumenta da base ao topo (fig. 20).

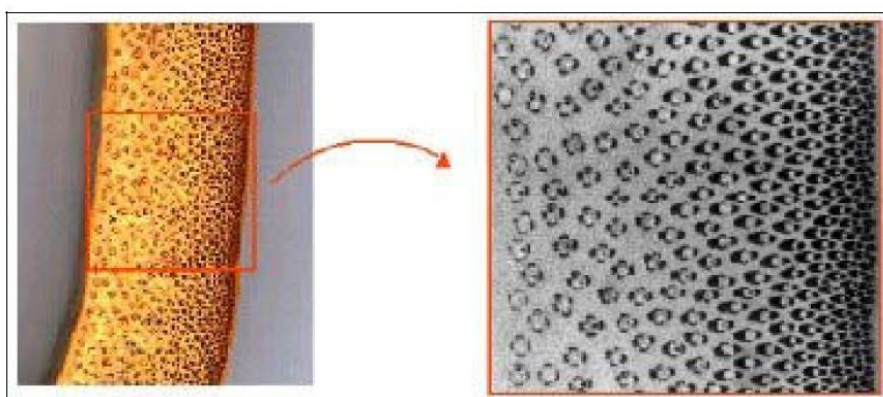


Fig. 20 - Variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo do bambu *Guadua angustifolia*
Fonte: Ghavami e Marinho (2005)

Na fig. 20, observa-se a disposição dos feixes de fibras na cor escura, concentradas transversalmente – mais na parte externa da parede do colmo – na região da casca, conferindo maior resistência a esta área; e, na cor clara, as células de parênquima, mais próximas ao centro do colmo, proporcionando menor resistência. Segundo Janssen (2000), apud Padovan (2010), na maioria das espécies, as fibras concentram-se na proporção de 60% na região próxima à casca e 10% na área interna do colmo.

O comprimento médio das fibras varia entre 1,65 mm a 3,43 mm, ocupando uma posição intermediária entre as fibras de eucalipto, com 1 mm, consideradas curtas, e as do pinus, com 3 a 4 mm, consideradas longas (PEREIRA; BERALDO, 2008, apud PADOVAN, 2010).

c) Vasos condutores ou feixes vasculares: são os principais vazios, portanto, tornam-se pontos de menor resistência mecânica dos colmos, representando aproximadamente 10%. Encontram-se em maior quantidade na parte interna do colmo, seu número diminui da base para o topo do colmo, porém, sua densidade aumenta. A fig. 21 mostra imagens dos conjuntos vasculares dos bambus, adquiridas num microscópio eletrônico de varredura (MEV), obtidas por Liese (1980).

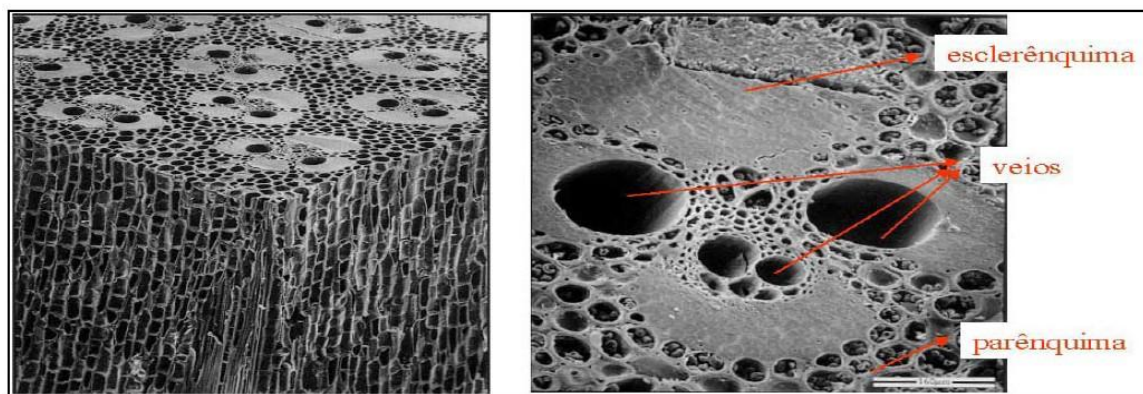
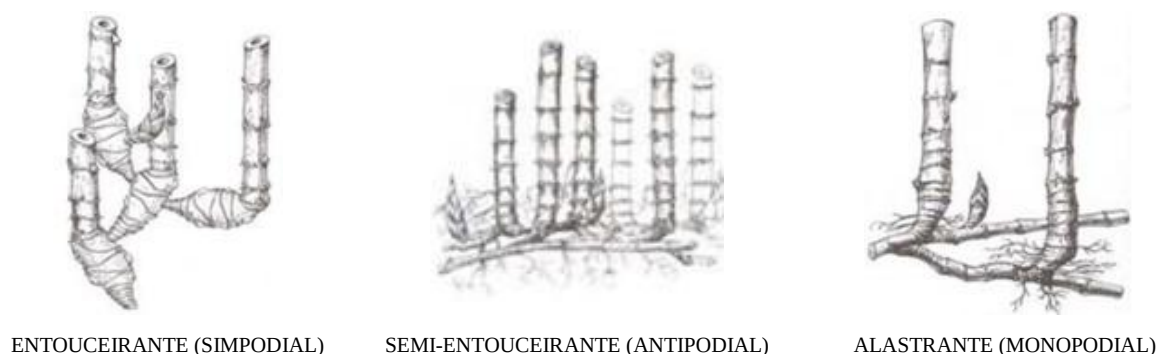


Fig. 21 - Detalhe dos conjuntos vasculares
Fonte: Ghavami e Mariho (2005)

4.2.2.5 Rizoma

Cabe aqui destacar a diferença entre rizoma e raiz, onde o primeiro é um caule subterrâneo dotado de nós e entrenós com folhas reduzidas a escamas e que se desenvolve paralelamente a superfície do solo. Já a raiz é uma parte distinta e com algumas funções comuns, porém com outras completamente diferentes (SILVA, 2010). Basicamente existem dois grupos 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 características intermediárias as anteriores (NMBA, 2004). A seguir, na fig. 22, temos os três tipos de rizomas citados.



ENTOUCEIRANTE (SIMPODIAL)

SEMI-ENTOUCEIRANTE (ANTIPODIAL)

ALASTRANTE (MONOPODIAL)

Fig. 22 - Diferentes tipos de rizomas

Fonte: NMBA (2004)

4.2.2.6 Bambus entouceirantes

O grupo entouceirante, cespitoso ou simpodial tem os gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus* e *Guadua* como principais representantes. A maior parte destes bambus se desenvolve melhor em climas tropicais.. Seus rizomas são sólidos, com raízes na sua parte inferior e se denominam paquimorfos por serem curtos e grossos. Os rizomas são dotados de gemas laterais que dão origem somente a novos rizomas. Muitas destas gemas permanecem inativas de forma permanente ou temporariamente. Apenas a gema apical do rizoma pode dar origem ao um novo colmo e por consequência cada rizoma emitirá no máximo um colmo. Este processo continua de tal maneira que os rizomas se desenvolvem formando uma touceira densa e concêntrica (fig. 23).



Fig. 23 - Bambu entouceirante

Fonte:

<http://www.apuama.org/bambu/especimes/>
(acessado em 10/08/2014)

4.2.2.7 Bambu no Brasil

No Brasil, a maioria das espécies plantadas são exóticas, com exceção do gênero *Guadua*, originário da América, muito usado na Colômbia e Equador e com várias espécies nativas no país (PEREIRA, 2001, apud BERALDO, 2008). De acordo com Filgueiras e Gonçalves (2004), apud Beraldo (2008), o Brasil possui 34 gêneros e 232 espécies de bambus nativos (174 espécies consideradas endêmicas), sendo considerados 16 gêneros de bambu do tipo herbáceo (ornamental) e 18 gêneros do tipo lenhoso. Entre os tipos herbáceos tem-se 4 gêneros (com 45 espécies) endêmicos, destacando-se os gêneros: *Merostachys*, com 53 espécies; *Chusquea*, com 40 espécies; e *Guadua*, com 16 espécies. No Brasil ocorrem 89% de todos os gêneros e 65% de todas as espécies de bambus conhecidas na América. Ainda, segundo os autores, dentre as espécies introduzidas no Brasil destacam-se aquelas pertencentes aos gêneros *Bambusa* (espécies: *blumeana*, *dissimulador*, *multiplex*, *tulda*, *tuldoides*, *ventricosa*, *vulgaris*, *beecheana*), *Dendrocalamus* (espécies: *giganteus*, *asper*, *latiflorus*, *strictus*), *Gigantochloa*, *Guadua*, *Phyllostachys* (espécies: *aurea*, *purpurata*, *bambusoides*, *nigra*, *pubescens*), *Pseudosasa*, *Sasa* e *Sinoarundinara*. Na fig. 24, temos a distribuição estimada de bambu por estado no Brasil.



Fig. 24 - Estimativa geográfica de bambus no Brasil
Fonte: SEBRAE (2006)

4.2.2.8 Bambu no Mato Grosso do Sul

De acordo com Pereira e Beraldo (2008), espécies de bambu pertencentes ao gênero *Guadua* ocorrem na Amazônia (Acre e Pará), sendo denominadas localmente por Taquaruçu, mas no Pantanal (Rio Aquidauana) e em Foz do Iguaçu também ocorrem tais bambus, os quais são caracterizados pela presença de espinhos nos colmos e nos ramos.



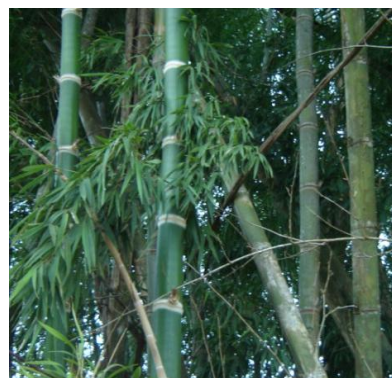
Fig. 25 - *Guadua angustifolia*
Fonte: Greco (2013)



Fig. 26 - *Guadua*, possível espécie *amplexifolia* (margens do Rio Miranda/MS)
Fonte: do Autor



Fig. 27 - *Guadua*, possível espécie *superba* (município de Bodoquena/MS)
Fonte: do Autor



4.2.2.9 O plantio

O plantio pode ser mecanizado ou manual, conforme a situação topográfica da área. O espaçamento pode variar, dependendo da espécie e do fim, para bambus destinados a produção de celulose, por exemplo, a distância recomendada é de 7 x 3,5 m (BORGES e GUTIÉRREZ-CÉSPEDES, 2006). Os mesmos autores recomendam que: a adubação de fundação seja feita com torta de filtro ou substituto, e fosfato natural (gafta) e que o replantio seja realizado um mês depois do plantio, o que geralmente não ultrapassa os 5%.

Tabela 2 - Plantio direto do bambu no campo

Fonte: Corporação Autônoma Regional do Vale CVC. Luis Fernando Cortés - El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible, adaptado pelo Autor

Plantio das mudas no campo		
Descrição	Dimensões/Descrição	Imagens
Distância de plantio	Para bambus de grandes dimensões como o <i>guadua</i> , o plantio deve obedecer a distância de 5,00x5,00m, facilitando as manutenções e o crescimento saudável das plantas.	
Covas e adubação	São abertas nas dimensões 0,40x0,40x0,40m para receber as mudas. A adubação de fundação deve ser feita com torta de filtro ou substituto, e fosfato natural (gafta).	
Mudas e replantio	A partir de cada colmo é possível se fazer várias mudas pelo método dos ramos laterais (estaquia). Apresenta elevado percentual de pegamento, conforme descrito na tabela 3. O replantio deve ser realizado um mês depois do plantio.	

Tabela 3 - Percentuais de pega de três tipos de bambus entouceirantes

Fonte: Pereira, 2006a, apud Pereira e Beraldo (2008)

Data de plantio: Julho e Agosto de 2004			
Data de contagem: Novembro e dezembro de 2004			
Espécie	Plantadas	Germinadas	% Germinação
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	2104	1552	72
<i>Bambusa oldhami</i>	338	265	77
<i>Guadua angustifolia</i>	974	648	66

4.2.2.10 O Bambu *Guadua*

Em 1822, o botânico alemão Kunth descreveu o gênero *Guadua*, separando-o do gênero asiático, *Bambusa*. Kunth usou a palavra indígena "Guadua" (folha estreita), que foi o nome dado a este bambu pelas comunidades indígenas da Colômbia e do Equador. (fonte: <http://www.guaduabamboo.com/guadua-angustifolia>, acessado em 23/05/2014, traduzido pelo autor).

Os bambus tem um crescimento muito rápido, segundo Salas Delgado (2006), os bambus do gênero *Guadua*, entre 3 e 6 anos de crescimento, atingem sua força máxima, e em média, atingem as seguintes dimensões:

- Altura entre 18 e 30 metros;
- Diâmetros de 8 a 18 cm (podendo chegar até a 25cm);
- Espessuras de 2 a 2,5 cm no meio e 1,5cm nas extremidades;
- Distância entre nós de 7 a 10 cm na base e de 25 a 35 cm no meio

Se tratado adequadamente, o bambu *Guadua* pode ter uma produção ilimitada. A composição ideal de colmos em uma plantação é estimada em 10% de brotos, 30% jovens e 60% maduros com uma densidade de 3.000-8.000 colmos por hectare. Isso significa uma produtividade de 1.200 - 1.350 colmos por hectare por ano e uma alternativa eficaz para produção de madeira laminada e aglomerado, como colunas, vigas, pranchas, painéis, etc. (fonte: <http://www.guaduabamboo.com/guadua-angustifolia>, acessado em 23/05/2014).

4.2.2.11 Construção com bambu *Guadua*

As pesquisas e aplicações do bambu na construção civil são bastante difundidas em vários países da América Latina, como: Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia, onde vários exemplos de edificações confirmam sua potencialidade como material de construção civil, tendo como principais precursores a Arquiteta Costa Riquenha Ana Cecilia Chaves e os Arquitetos Colombianos Oscar Hidalgo Lopez e Simón Velez, este último foi o responsável pelo projeto do pavilhão para Expo-Hannover 2000 na Alemanha, esta construção utilizou o bambu *Guadua*, e apresenta balanços de até 7 metros e com grandes avanços nas técnicas de união entre as peças. (MARQUEZ, 2006).

Atualmente existe uma busca em tornar o bambu uma opção de material construtivo, trazendo-o para além das técnicas vernaculares e artesanais. Segundo Marquez (2006), no ano de 1992, foi criado o programa “Joint Research Programam on Natural Structures” por um grupo formado pelo escritório do arquiteto Renzo Piano, de Gênova, a Unesco de Paris, e o escritório de engenharia Ove Arup & Partners de Londres, que tinha como objetivos:

- Considerar a natureza como referência nos processos de design e construção;
- Estudar fibras naturais de espécies vegetais, seus usos e combinações com outros materiais;
- Desenvolver sistemas construtivos novos, leves, resistentes e de baixo custo.

Apesar de não haver preocupações com resultados conclusivos na fase inicial do projeto, questões técnicas sobre a utilização do bambu já eram consideradas. A principal fonte utilizada por eles foi o extenso documento "Bambus-Bamboo", baseado nos estudos de K.Dunkelberg e publicado pelo "Institute for lightweight Structures" da Universidade de Stuttgart, dirigido pelo Arquiteto alemão Frei Otto. (DUNKELBERG, 1985). Os estudos realizados pelo instituto caracterizam o bambu como um material:

- viável e economicamente vantajoso;
- disponível em quase todo o mundo;
- adequado às construções de baixo custo;
- que pode ser integrado à produção moderna de edificações e estruturas.

De acordo com Morado (1994), apud Marquez (2006), as peças estruturais das edificações como vigas, arcos, cúpulas, pórticos, coberturas, entre outros, podem incorporar tecnologia, como as ligações estruturais desenvolvidas no "Joint Research Program on Natural Structures".

Outro fator que merece atenção é a resistência apresentada pelo bambu à tração, a qual é maior do que a da madeira e do concreto, sendo superada apenas pelo aço. Ao analisarmos as relações entre peso específico e resistência à tração do bambu, podemos chegar a conclusão de que este possui uma alta eficiência estrutural, melhor até do que os materiais estruturais mais usuais. Portanto, um material de grande leveza e alta resistência mecânica "ficando atrás apenas do titânio e do Kevlar." (GLENN, 1950, apud MARQUEZ, 2006).

As estruturas construídas com o bambu são leves, resistentes e flexíveis, além de ser um produto otimizado quantitativamente em relação à sua composição fibrosa, pois, sendo oco, contém a menor quantidade possível de material fibroso. Como material de construção, os colmos de bambu são usados de acordo com suas dimensões e características. Aqueles que apresentam maior diâmetro são utilizados estruturalmente e são provenientes dos gêneros *Dendrocalamus*, *Gigantochloa* e *Guadua*, da qual a espécie *Guadua angustifolia* é nativa da América do Sul e possui as melhores propriedades para a construção civil. Devido às suas características físicas, o bambu *Guadua* é adequado para diversos tipos de estruturas e construções, com as seguintes vantagens:

- As fibras podem chegar até 1 cm, enquanto que as da madeira são de aproximadamente 2 mm de comprimento. Com uma resistência à tração de até 40 kN/cm², supera facilmente as fibras de madeira (cerca de 5 kN/cm²), ou mesmo as de aço leve (36 kN/cm²);
- A sua capacidade para absorver a energia e a resistência à flexão superior faz com seja um material ideal para construções resistentes a abalos sísmicos;
- O bambu possui apenas uma pequena proporção de lignina. O seu componente principal é o ácido silícico, o que lhe confere durabilidade e dureza. A composição de tecidos do *Guadua* é de 40% de fibra, 51% do parênquima e tecido condutor de 9%, o que explica a sua força e flexibilidade.

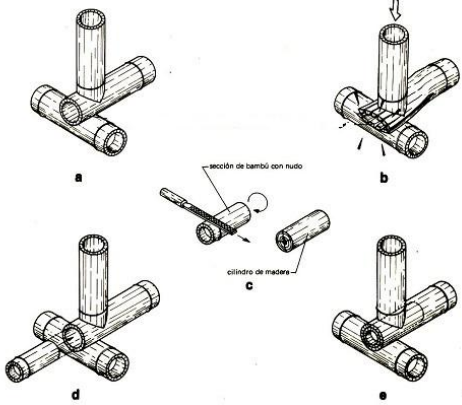
Sob a ótica do conceito de desenvolvimento sustentável, o bambu destaca-se entre os materiais de construção não poluentes, resistentes, renováveis e de baixo custo, além disso, segundo Morado (1994), é uma planta que cresce muito rápido. Algumas espécies completam seu crescimento em 40 dias, mas apenas depois de 3 anos se inicia o processo de lignificação, processo pelo qual as membranas das células se impregnam de lignina e tomam aparência lenhosa e em 4 anos os colmos estão prontos para uso. Pelo rápido crescimento, é uma ótima alternativa para suprir a demandas construtivas da crescente população mundial, podendo oferecer soluções tanto para comunidades com poucos recursos como para outros setores da construção civil (produção de painéis laminados colados, pisos laminados colados, forros, mobiliário com bambu laminado colado, etc) e da sociedade (hotéis, escolas, edificações multiresidenciais, habitações de alto padrão, etc.), fato já consolidado em vários países.

4.2.2.12 Normas e requisitos

A NBR não possui um capítulo para estruturas de bambu e indica que na ausência de normas prescritivas para sistemas, podem ser usadas normas internacionais, como a E-100 Peruana ou a Colombiana, por exemplo. O título G-12 do Regulamento Colombiano da Construção Sismo-resistente (NRS-10), considera os requisitos do processo da tabela 4, para construção e uso estrutural do bambu *Guadua Angustifolia Kunth*, conforme descrito a seguir:

Tabela 4 - Requisitos para construção com bambu *Guadua*, segundo a Norma Colombiana NRS -10/Título G-12
Fonte: Benavides (2012), adaptado pelo autor

Etapas	Requisitos	Imagens
Corte e cura no bambuzal	• Os colmos devem estar secos e previamente tratados para prevenção de ataque de fungos ou insetos; não devem ter furos, nem apresentar sinais de apodrecimento; • O <i>Guadua</i> deve ter entre 4 e 6 anos (colmos maduros).	 Colmos secos e tratados
Secagem	• O teor de umidade deve ser o mais próximo à umidade de equilíbrio dependendo da umidade relativa do ambiente da região na qual será utilizado. Se possível, inferior a 19%.	
Preservação	• Pela economia e efetividade do processo, propõe-se o método por imersão, usando bórax e ácido bórico. Para melhorar a impregnação do tratamento, Pinzón (2006) recomenda manter entre 6% e 9% a concentração de sais de boro nos tanques de preservação para melhorar a retenção deles nas peças de <i>Guadua</i>; • Para cada 100 l de água devem ser usados 4 kg de ácido bórico e 2 kg de bórax, ou 6:3 respectivamente. O tempo de imersão deve ser de 4 a 5 dias; • O diâmetro da perfuração realizada nos diafragmas dos colmos para submetê-los nesse tratamento, não deve ser maior que 130 mm.	 Tratamento por imersão
		 Furação dos diafragmas antes do tratamento
Aplicação na construção (uniões)	• Para união com outros elementos estruturais, os entalhes no bambu roliço mais usados podem ser do tipo: reto, boca de peixe, bisel e bico de flauta; • O corte de bambu deve ser realizado de modo que cada peça estrutural comece e acabe com um nó, a uma distância máxima de 6cm do nó; • Os bambus têm limitada resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, por esse motivo, nunca deve-se realizar uniões estruturais com pregos; • No caso de uso de parafusos, o diâmetro deve ser no mínimo de 9,5 mm e os furos feitos nos colmos de bambu para esse fim devem ter um diâmetro 1,5 mm maior do que os parafusos; • Todos os elementos metálicos usados (parafusos, porcas, braçadeiras) para as uniões devem ter um tratamento anticorrosivo prévio a sua aplicação; • O espaçamento entre parafusos não deve ser menos de 150 mm nem mais do que 250 mm. A distância do parafuso até o extremo de um colmo de bambu submetido à compressão deve ser mais de 100 mm, e para um colmo	 Corte reto  Boca de peixe  Bisel  Bico de flauta  Cortes próximos aos nós
		 Uniões com parafusos galvanizados

	submetido à tração mais de 150 mm; •Para os elementos estruturais submetidos à flexão: o bambu é um material muito flexível, mas para evitar a falha por achatamento nos elementos horizontais de bambu roliço, os apoios devem estar próximos aos nós; •Todos os entrenós que estejam submetidos a esforços pontuais de compressão perpendicular às fibras, devem estar preenchidos com argamassa de cimento em proporção 1:3. As perfurações feitas nos entrenós para a colocação da argamassa não deve ter um diâmetro maior que 26 mm; •Para os elementos solicitados por forças paralelas às fibras: como reforço, todos os entrenós dos elementos verticais que são parte dessas uniões devem ser preenchidos com argamassa de concreto; •As colunas conformadas por mais de um colmo de <i>Guadua</i> devem estar conectadas entre si por elementos metálicos que garantam a unidade estrutural.	 Método para se evitar o cisalhamento  Preenchimento do colmo com argamassa  Conexões de colunas duplas através de parafusos galvanizados
Manutenção preventiva	•Devem inspecionar-se frequentemente as peças de bambu que estejam à vista para verificar que não estejam sendo atacadas por agentes biológicos; •É preciso constatar continuamente o correto funcionamento de instalações elétricas e de água, para prever riscos de incêndios ou umidades que possam afetar a durabilidade do bambu; •Como o bambu <i>Guadua</i> é um material combustível, deve ser limitada a aplicação de lacas, vernizes e substâncias óleo solúveis que possam contribuir para a propagação do fogo; •Em virtude da higroscopicidade do material, os colmos não devem estar em contato direto com o chão, nem expostos às intempéries.	 Colunas apoiadas em blocos de concreto, distantes no mínimo 50cm do piso

Manutenção corretiva	•As peças de bambu que sofrerem desajuste por contrações do material, precisam ser corrigidos; •Caso algum elemento da estrutura apresentar rachaduras, esmagamento, deformações excessivas ou apodrecimento será preciso substituir a peça; •No caso de presença de algum cupim ou besouro na peça, Montoya (2008) recomenda injetar a mesma solução de sais de boro, que foi usada para o tratamento preventivo, no nó afetado.	 O método da injeção pode ser utilizado diretamente na estrutura acabada, com aplicação direta nos colmos
------------------------------------	---	--

4.2.2.13 Recomendações para uso sustentável do bambu *Guadua* na construção civil

Em um sistema construtivo projetado com bambu a principal preocupação é maximizar sua durabilidade e otimizar sua aplicação. Com esse fim, torna-se necessário o manejo correto das touceiras, possibilitando futuras manutenções, através das substituições de peças instaladas na construção, as quais, após o descarte, podem ser trituradas e devolvidas ao solo na forma de adubo contribuindo para a produção contínua dos colmos, estabelecendo um ciclo produtivo e sustentável, conforme indicado na figura a seguir:



Fig. 28 – Processo para aplicação sustentável do *Guadua* na construção civil
Fonte: Benavides (2012), adaptado pelo autor

4.2.2.14 Uso do Bambu em Coberturas - Referenciais Arquitetônicos

Infelizmente, como se sabe, poucos são os estudos sobre o processo de construções de moradias em assentamentos rurais e mais raros ainda são as experiências com a utilização de

materiais não convencionais, portanto o uso do bambu como estrutura de cobertura em série em assentamentos rurais no país ainda é inédito, contudo, experiências de edificações residenciais de países como Colômbia, México e Equador nos mostram que essa é uma possibilidade real e iminente, uma vez que no Brasil há área disponível para plantio e matéria prima em abundância, além disso, alguns protótipos e residências particulares já foram construídos no país, usando o bambu em sua forma roliça, conforme tabela a seguir:

Tabela 5 - Referenciais Arquitetônicos - uso do bambu em habitações sociais

Fonte: Caeiro (2010), adaptado pelo autor

País	Descrição	Imagem	Repercussões
Equador - Guayaquil Casas de Hogar de Cristo	Fundada em 1971, a Associação Hogar de Cristo, já construiu cerca de 140 mil casas. A construção consiste na produção de painéis de madeira e ripado de bambu sem revestimento exterior, estrutura de cobertura em bambu roliço e cobertura metálica. São elevadas para que futuramente o espaço inferior seja reaproveitado com alguma benfeitoria.	 Fonte: Peña Ruiz, apud Benavides (2012)	Essas casas tem a intenção de suprir uma demanda emergencial das famílias que encontram-se em situação de vulnerabilidade social. As habitações são construídas e vendidas ao custo aproximado de R\$ 1.600,00, contudo por essas características, essas moradias e o seu principal elemento construtivo são associados à pobreza pela população do país.
	O bambu utilizado é o <i>Guadua Angustifolia</i> . A estrutura em bambu roliço é reticulada, unida com parafusos e separada do solo por fundações de tijolo cerâmico.		A casa tem a supraestrutura (pilares, vigas) e a estrutura de cobertura em bambu, portanto há uma preocupação com os custos para execução do projeto.
Colômbia – Habitação de interesse social em Ricaurte	As paredes externas são rebocadas com cimento e areia, sobre malha metálica grampeada à estrutura.		Detalhes como aberturas no oitão e especificação de telha cerâmica sugerem cuidado com o conforto térmico da edificação, no entanto percebe-se a ausência de varanda e a restrita possibilidade de ampliação do imóvel em razão da volumetria da cobertura adotada.
	A telha é do tipo cerâmica para se obter o peso necessário para suportar ventos fortes e impermeabilizar a estrutura.		
	O oitão permite ventilação cruzada e arejamento da construção e melhor conforto.		
	As paredes externas são pintadas, mas com acabamento interno que deixa visível a estrutura do bambu.		
		Fonte: http://paulanoia.tumblr.com (acessado em 25/07/2014)	

México - Habitações de Interesse Social	O Arquiteto mexicano Luis Montiel desenvolve uma casa baixo custo em bambu com dois pisos e detalhes construtivos mais elaborados: - base de bloco de cimento com reboco pintado; - estrutura e paredes com bambu roliço; - beirais avantajados para proteção do sol e chuva; - várias janelas que permitem a circulação do ar; - acabamento rústico permite uma integração no ambiente social e natural onde se constrói.	 Fonte: http://www.bambumex.org/paginas/fotogaleria3.htm (acessado em 02/05/2014)	Tratam-se de edificações assobradas, com supraestrutura e estrutura de cobertura em bambu roliço, com uniões realizadas através de parafusos e entalhes tradicionais como "corte reto", "boca de pescada", "bisel" e "bico de flauta". Nota-se o cuidado com a utilização de beirais maiores para melhorar a proteção das paredes, também executadas em bambu roliço.
Brasil - Habitações de Interesse Social - Maceió/AL (protótipo)	O Protótipo ao lado foi construído pelo Instituto do Bambu para o Banco de Tecnologias da Caixa Econômica Federal. O projeto possui 38,40m² e possui sistema construtivo com painéis pré-moldados, em esteiras de bambu e vedação de duas camadas de terra crua estabilizada, sob revestimento posterior de reboco. Para construção do protótipo foram utilizadas as espécies <i>Dendrocalamus giganteus</i>, <i>Bambusa vulgaris schard</i>, <i>Bambusa vulgaris</i>, Var. <i>vitata</i>, <i>Guadua amplexifolia</i> Esse tipo de obra pode ser adaptada conforme a necessidade local e implantada em lotes urbanos ou rurais. Na cobertura foram usadas telhas planas e na estrutura de cobertura o bambu em sua forma roliça com fixações através de parafusos e arame galvanizado número 14.	 Fonte: Sartori, Cardoso Jr., Brasileiro (2003)	Vista da casa concluída, com supraestrutura (pilares e vigas) aparentes. Uniões estruturais realizadas com entalhes do tipo "corte reto", "boca de pescada" "bisel" e "bico de flauta". Assentamento de painéis (esteiras de bambu) na estrutura, para posterior aplicação da primeira camada de revestimento de terra estabilizada. Aplicação da primeira camada de terra estabilizada (não requer mão de obra especializada) de cal, areia e terra. Aplicação da segunda camada de cal e areia, 30 dias após a aplicação da primeira camada, para posterior aplicação de reboco (camada fina de cimento ou cal, areia e saibro).

Brasil - Habitações de Interesse Social - Aracaju/SE (protótipo)	As casas de bambu são resultado da parceria entre a Prefeitura de Aracaju, por meio da Empresa Municipal de Serviços Urbanos (Emsurb), Petrobras e o Instituto de Desenvolvimento Comunitário Sustentável (Incomun), sob a coordenação do Arq. Ricardo Nunes. A construção das duas casas, de 47m² cada uma, dispensa a utilização de pedras, blocos cerâmico, ferro e madeira, o que reduz em 50% o custo em relação às construções convencionais. As paredes foram rebocadas com argamassa de cal, cimento e areia.	   Fonte: http://www.aracaju.se.gov.br/agencia_de_noticias/index.php?act=leitura&codigo=34430, acessado em 03/07/2014	Os protótipos seguem o mesmo princípio estrutural e de vedação do protótipo construído em Maceió, Al.. No oitão lateral, foram dispostas verticalmente varas de bambu para permitir a circulação de ar, com a intenção de melhorar o conforto térmico da edificação. Há uma variação da volumetria da cobertura, porém aberturas na cobertura e beirais avantajados são características marcantes em ambas edificações. As ligações estruturais utilizam-se de entalhes como "corte reto", "boca de peixe" "bisel" e "bico de flauta". Internamente, toda a estrutura é aparente e as paredes não chegam até o teto, permitindo livremente a circulação do ar. O forro permite um melhor acabamento junto a estrutura de cobertura.
Brasil - Habitações de Interesse Social - COPPE/UFRJ (protótipo)	Casa Ecológica da COPPE/UFRJ com 45 m² Assinado pelas Arquitetas Andressa Martinez e Carolina Rezende, o protótipo foi construído pelo IVIG – COPPE/UFRJ, através da utilização de materiais ambientalmente amigáveis: telhas de fibra de côco, madeiramento do telhado em bambu, tijolo de solo-cimento, além de estudos de iluminação e ventilação para redução do consumo energético. O protótipo integra o CETS, Centro de Energia e Tecnologia Sustentável, e localiza-se no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A construção foi financiada pela Eletrobrás e faz parte do projeto de pesquisa desenvolvido pela COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia.	  	O protótipo apresenta volumetria diferenciada, com estrutura de cobertura em bambu, e telha plana em fibra vegetal, a qual é flexível e necessita de uma quantidade maior de apoios. Detalhe das vigas no beiral com pequenas distâncias entre as mesmas e pequenos diâmetros das varas. Internamente nota-se a ausência de forro, porém o cuidado com a iluminação e ventilação natural, através de varas de bambu dispostas verticalmente no oitão.
Fonte: http://www.andressamartinez.com.br/wordpress/arquitetura/ (acessado em 23/07/2014)			

Brasil - Habitação Residencial Particular	Concluída em 2009, essa residência foi construída em Brasília/DF, Lago Oeste, no Sítio Floresta, Lago Oeste, tendo toda a sua estrutura construída com bambu gigante e cobertura com telhas cerâmicas. Possui área interna de 50m² e externa de 90 m². O projeto arquitetônico foi elaborado pelo Engenheiro Civil Frederico Rosalino.	  http://www.permaculturailimitada.com.br/pos-t-3-videos/ (acessado em 06/09/2014)	Possui pilares apoiados em blocos de concreto para evitar o contato do colmo com o solo e estrutura de cobertura com mãos francesas possibilitam beirais largos para garantir a proteção das peças. As uniões estruturais são feitas através de parafusos e entalhes do tipo "corte reto", "boca de peixe", "bico de flauta" e "bisel". Abraçadeiras metálicas são utilizadas para conferir resistência aos colmos e evitar que os mesmos rachem.
Brasil - Habitação Residencial Particular	Essa residência particular foi projetada pelo Eng. Civil Frederico Rosalino e utiliza Bambu gigante roliço na estrutura de cobertura e nos pilares apoiados em sapatas de concreto. Cobertura com telhas planas (onduline).	  Fonte: http://www.bioestrutura.com.br/2011-10-16-12-38-16/2011-10-26-11-14-18 (acessado em 02/05/2014) e Rosalino (2011)	Possui pilares apoiados em blocos de concreto para evitar o contato do colmo com o solo e estrutura de cobertura com beirais largos para garantir a proteção das peças. Uniões estruturais feitas através de parafusos e entalhes do tipo "corte reto", "boca de peixe", "bico de flauta" e "bisel".

4.2.2.15 Uniões de estruturas de coberturas em Bambu - Referenciais Arquitetônicos

A falta de uma norma específica brasileira, o desconhecimento sobre as possibilidades do material e a ausência de uma cadeia produtiva são alguns dos fatores que contribuem para uso restrito do bambu na construção civil em nosso país.

A seguir foram elencados três casos de sistemas de cobertura que nortearam o desenvolvimento pesquisa.

Tabela 6 - Sistemas de coberturas com bambu roliço e ligações estruturais
 Fonte: Pereira, et al (2012), adaptado pelo do autor

Assentamento Horto de Aimorés/SP				
Descrição		A construção do galpão no Horto de Aimorés foi feita em um assentamento rural, localizado na divisa entre Bauru e Pederneiras é fruto da parceria entre os alunos do Projeto Taquara, Unesp/FE/Faac/Pró-reitoria de Extensão Universitária da Unesp/Unisol - Universidade Solidária (Banco Santander) e Instituto 3M. O Galpão bambuzeira abriga uma oficina de artesanato que permite a diversificação e geração de renda entre os assentados.		
Sistema Construtivo	Espécie	<i>Dendrocalamus giganteus</i>		
	Tratamento	Inicialmente foi utilizada a técnica do Boucherie com solução de Borax e complementação do tratamento utilizando uma técnica de injeção de PENTOX® nos entrenós.		
	Entalhes	"corte reto", "boca de pescada", "bico de flauta".		
	Ferramentas	Furadeira, chaves de "boca", serra circular, serrote.		
	Uniões	Inicialmente, com 5,0 cm a partir da base do pilar, foi marcado o ponto do primeiro furo passante. Depois da furação, é locada a barra roscada de 5/8" dentro do colmo.	 	
		Depois de fixada a peça metálica, outros dois furos passantes foram executados na base do pilar. Nesses furos, foram passadas barras roscadas de 1/2", travando totalmente a barra metálica.		
		Depois da fixação da chapa metálica com as barras roscadas, os pilares foram posicionados na vertical com a parte do encaixe metálico para cima e foram grauteadas.	 	
		Foram amarradas e transpassadas de uma só vez. A cada furo feito, uma barra roscada de 1/2" com 0,40 cm de comprimento era posicionada e travada. Cada viga recebeu 8 barras de travamento.	 	
Estrutura e Cobertura	Pilares de Aroeira , estrutura de cobertura em bambu roliço e telhas planas metálicas	 		
Repercussões		Toda as peças foram montadas em uma oficina e depois foram transportadas para o local onde seria construído o galpão. A estrutura foi içada e instalada sobre os pilares de aroeira, agilizando o processo construtivo. Trata-se de uma construção de médio porte em local sem infra-estrutura, por isso foi necessário a montagem das peças em outro local, envolvendo o uso de caminhão munck e perfuratriz.		

Casa do Artesão - Piracaia/SP			
Descrição		Localizada na entrada da cidade, a Casa do Artesão, tem 190 metros quadrados no edifício principal e 60 metros quadrados no anexo, foi construída pela SEC Engenharia e utiliza em sua estrutura o eucalipto tratado e na cobertura, o bambu. O projeto elaborado por Nilma Mieko Yamato e Ana Regina Borges, arquitetas da CETESB, teve sua execução concretizada com a parceria entre a Prefeitura e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SMA. A obra foi chefiada pela Bioarquiteta Celina Llerena.	
Sistema Construtivo	Espécie	Não informado	
	Tratamento	Não informado	
	Entalhes	"bico de flauta", "boca de pescado", "bisel" e "corte reto".	
	Ferramentas	Serra circular, serrote, furadeira, serra copo, chaves de "boca".	
	Uniões	Parafusos, porcas, arruelas, abraçadeiras metálicas.	
	Estrutura e Cobertura	Pilares de Eucalipto, estrutura de cobertura em bambu roliço e telhas planas fabricadas a partir da reciclagem de aparas de tubos de creme dental     Fonte: http://rasbambu.wordpress.com/galeria-de-imagens/ (acessado em 30/05/2014)	
	Repercussões	Nota-se a preocupação com a ventilação e iluminação natural da edificação, obtidas graças as grandes aberturas horizontais nas laterais entre respaldo e cobertura, permitindo a ventilação cruzada em seu interior. Telhas planas proporcionam leveza ao conjunto estrutural e beirais generosos protegem a construção contra a ação das intempéries. A maioria das uniões são realizadas por parafusos e barras roscáveis. Abraçadeiras metálicas são utilizadas como reforço e evitar que as varas rachem.	

Centro Cultural Max Feffer - Pardinho/SP			
Descrição		Projetado pela Arquiteta Leiko Motomura, do escritório Amima Arquitetura, o Centro Cultural tem metragem superior a 800 metros quadrados. A estrutura de cobertura é em bambu da espécie <i>Guadua chacoensis</i> e encontra-se apoiada em vigas e pilares de eucalipto. As ligações estruturais foram feitas através de parafusos, barras e pinos metálicos, além de abraçadeiras metálicas e fitas de náilon. Fonte: Nóia (2012)	
Sistema Construtivo	Espécie	<i>Guadua chacoensis</i>	
	Tratamento	Não informado	
	Entalhes	"bico de flauta", "boca de pescador", "bisel" e "corte reto".	
	Ferramentas	Serra circular, serrote, furadeira, serra copo, chaves de "boca".	
	Uniões	Os colmos de bambu são interligados por barras metálicas. Essa conexão ocorre a cada 3 colmos e permite a eventual substituição de peças. Para evitar que as peças rachessem foram utilizadas abraçadeiras metálicas e fitas de náilon. Nesse tipo de conexões foram utilizadas barras roscáveis, parafusos, porcas, arruelas e pinos metálicos.	    Fonte: Nóia (2012) e http://bamboo.ning.com/photo/albums/centro-de-cultura-max-feffer-1 (acessado em 31/05/2014)
	Estrutura e Cobertura	Pilares de Eucalipto, estrutura de cobertura em bambu roliço e telhas planas de fibras vegetais impermeabilizadas	  Fonte: http://magno-cravaggio.blogspot.com.br/2011/05/coberturas.html (acessado em 16/06/2014)
Repercussões		Todo o sistema de conexão foi projetado de modo a facilitar a substituição de peças eventualmente danificadas. As telhas de fibra vegetal acompanham o movimento do telhado.	

Como é perceptível, o uso das varas "in natura" gera um grande desafio quanto a execução das ligações estruturais, pois o bambu é circular, oco e possui nós a distâncias variáveis. As uniões são mais difíceis de se executar do que na madeira, concreto ou aço e devem assegurar a resistência e estabilidade a todo sistema estrutural. Contudo, as experiências construtivas da Colômbia e Peru aliadas a técnicas modernas de construção trazem recomendações desde a execução da infra até a supraestrutura da edificação, conforme descritas a seguir.

4.2.3 Comportamento Estrutural do Bambu *Guadua angustifolia*

Cada espécie de bambu tem suas próprias propriedades estruturais e mecânicas. Há uma grande variação de dimensões (altura e diâmetro), desse modo, o primeiro critério para a construção de qualidade e de longa duração com bambu, é a espécie.

4.2.3.1 Propriedades físicas

Sartori (2000), estudou quatro espécies de maior ocorrência no estado de Mato Grosso do Sul e que são mais utilizadas na construção civil:

- Bambu verde (*Bambusa vulgaris*);
- Bambu imperial ou Bambu amarelo (*Bambusa vulgaris* var. *vitata*);
- Bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)
- Taquaruçu.

O Taquaruçu apresenta semelhanças com o *Guadua chacoensis* estudado por Londoño & P.M.Peterson (1992) e o *Guadua angustifolia* Kunth, porém, segundo Filgueiras e Londoño (2006) trata-se de uma espécie nova para a ciência.

Para as espécies citadas, Sartori e Cardoso (1997), apud Sartori (2000), realizaram medições e pesagens para determinação das características físicas e dimensionais. Para o bambu Taquaruçu, as principais propriedades obtidas foram:

Tabela 7 - Propriedades físicas do bambu *Guadua superba*

Fonte: Sartori e Cardoso (1997), apud Sartori (2000), adaptado pelo autor

Bambu		Nós	Comp. (m)		Diâmetro (cm)			Espessura (cm)			Pesos	
Espécie	Cor	Número	1/2 colmo	nó	Base	Topo	Médio	Base	Topo	Médio	Colmo (kg)	Peso específico Kgf/m³
<i>Guadua superba</i>	Verde c/ anéis brancos	28	9,00	0,24 0,40	12,2	4,7	8,5	2,4	0,70	1,55	30,6	1000

Ghavami e Marinho (2001), estudaram as propriedades físicas dos colmos de bambus das espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia* provenientes do Jardim Botânico-RJ, e de São Paulo *Guadua angustifolia*, *Guadua tigoara*, *Mosó* e *Matake* onde determinaram a variação do diâmetro, da espessura de parede e do comprimento internodal de colmos inteiros (fig. 29).

Características físicas		Espécies de bambu					
		Dendrocal. Giganteus	Guadua angustifolia		Guadua tigoara	Matake	Mosó
			SP	JB-RJ			
Comp. total (m)		18,85	15,55	20,91	15,23	20,45	15,68
Comp. internodal (mm)	mínimo	244,00	138,50	197,5	201,25	65,50	40,00
	máximo	508,00	315,75	426,6	447,75	509,00	395,50
	média	392,68	229,80	321,7	346,09	335,30	290,43
Diâmetro externo (mm)	mínimo	9,83	31,21	21,67	47,00	10,50	25,36
	máximo	131,49	101,86	135,3	106,63	118,25	131,78
	média	79,87	79,56	90,37	83,70	70,22	78,63
Espessura da parede (mm)	mínimo	2,00	3,00	9,13	8,02	2,99	2,32
	máximo	17,03	22,13	21,84	26,21	25,16	19,86
	média	7,97	10,80	12,26	14,74	8,93	11,17

Fig. 29 - Valores máximos, mínimos e médios, medidos experimentalmente do comprimento internodal, diâmetro externo e espessura de parede dos bambus estudados
fonte: Ghavami e Marinho (2001)

4.2.3.2 Propriedades mecânicas e meso-estruturais

Além das propriedades físicas, Ghavami e Marinho (2005), determinaram as propriedades mecânicas e meso-estruturais dos colmos inteiros do bambu *Guadua angustifolia*, possibilitando o

uso do bambu como elemento estrutural e permitindo aos engenheiros e arquitetos selecionar, em seus projetos, as dimensões requeridas, como diâmetro, espessura e distância internodal, tensões de flexão, tensões máximas de tração, compressão e cisalhamento, conforme figuras a seguir.

Parte do bambu	Resistência à tração σ_t (MPa)	Módulo Elasticidade-E (GPa)	Coef. Poisson μ
Base sem nó	93,38	16,25	0,19
Base com nó	69,88	15,70	-
Centro sem nó	95,80	18,10	0,25
Centro com nó	82,62	11,10	-
Topo sem nó	115,84	18,36	0,33
Topo com nó	64,26	8,0	-
Valor médio	86,96	14,59	0,26
Variação	64,26 - 115,84	8,0 - 18,36	0,19 - 0,33

Fig. 30. Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia* fonte: Ghavami e Marinho (2005)

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

Fig. 31. Resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia* fonte: Ghavami e Marinho (2005)

Partes do colmo	Tensão de cisalhamento τ (MPa)
Base	Com nó
	Sem nó
Centro	Com nó
	Sem nó
Topo	Com nó
	Sem nó
Valor médio	

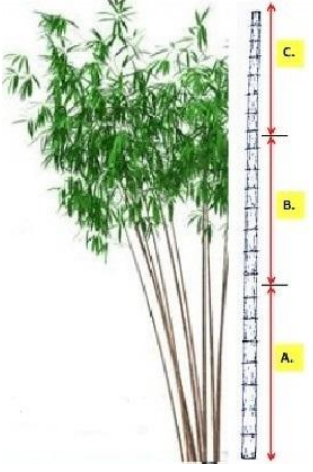
Fig. 32. Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guadua angustifolia* fonte: Ghavami e Marinho (2005)

A partir dos resultados obtidos, Ghavami e Marinho (2005), concluíram que:

- Os bambus têm diminuição gradual, no sentido da base para o topo, no diâmetro do colmo, na espessura da parede e no comprimento internodal;
- O módulo de resistência, que é função do diâmetro e da espessura da parede, varia ao longo do colmo;
- Os ensaios experimentais realizados para obtenção das características mecânicas do bambu *Guadua angustifolia* demonstraram que ele resiste mais aos esforços de tração que aos de compressão, com diferença de valores superior a 50% em todas as partes analisadas;
- As curvas de tensão-deformação obtidas nos ensaios de tração e compressão indicam que o bambu *Guadua angustifolia* apresenta comportamento quase linear, até o ponto de ruptura;
- A resistência média à tração do bambu *Guadua angustifolia* foi de 86,96 MPa, apresentando maiores valores na parte central, ou seja, 95,80 MPa no corpo-de-prova sem nó e de 82,61 MPa no corpo-de-prova com nó. O módulo de elasticidade médio foi de 15,11 GPa no sentido longitudinal às fibras. O coeficiente de Poisson médio no ensaio de tração foi de 0,26, com os valores aumentando da base para o topo;
- A resistência à compressão média foi de 29,48 MPa, com valor máximo de 29,62 MPa e 34,52 MPa na parte superior, com e sem nó, respectivamente. De modo geral, a resistência à compressão foi pouco influenciada pela presença do nó. O módulo de elasticidade médio no ensaio de compressão foi de 12,58 GPa, no sentido longitudinal às fibras;
- A resistência média ao cisalhamento interlaminar foi de 2,02 MPa, com os valores máximos na parte superior do colmo. A resistência diminuiu do topo para a parte basal do colmo.

O Instituto Alemão de prova de materiais em Stuttgart, obteve os resultados da tabela 8, referentes ao estudo do bambu *Guadua* conforme partes do colmo e não de acordo com os limites do material.

Tabela 8 - Resultados estruturais do colmo de *Guadua* (variedade Macan) obtidos pelo Instituto Alemão de prova de materiais em Stuttgart, adaptado pelo autor
 fonte: <http://pt.slideshare.net/FerminBlanco/guadua-angustifolia?related=1> (acessado em 08/09/2014).

Imagem	Resultados e conclusões	
	a. Uso estrutural - Ótimo trabalho a compressão $\sigma = 18 \text{ N/mm}^2$ $\text{MOE} = 18400 \text{ N/mm}^2$	O bambu <i>Guadua</i> é altamente resistente à compressão paralela das fibras é muito usado em estruturas como: pilares, pontaletes, apoios e em todos os casos submetidos a cargas.
	b. Parte intermediária usada para elementos de amarração - Ótimo trabalho a tração $\sigma = 4,18 \text{ N/mm}^2$ $\text{MOE} = 19000 \text{ N/mm}^2$	A resistência a flexão que está presente nas partes estruturais como vigas, suportam e respondem a tração.
	c. Parte superior, uso estrutural, maior resistência - Trabalhando a flexão deve-se considerar a esbeltez $\sigma = 18 \text{ N/mm}^2$ $\text{MOE} = 17900 \text{ N/mm}^2$	Cortante (sem cimento no colmo) = $\tau = 1.1 \text{ N/mm}^2$ Peso específico: 790 kgf/m^3

4.2.4 Ligações e Uniões Estruturais

4.2.4.1 Fundações

Segundo Padovan (2010), nas construções modernas, geralmente as fundações passaram a ser realizadas em concreto armado, na forma de blocos salientes do solo, para se obter um distanciamento da estrutura de bambu da umidade proveniente do solo ou das chuvas (fig. 33).

4.2.4.2 Pilares

De acordo com o item 9.3.5.1 da Norma Técnica Peruana E100, sobre a união entre fundação e coluna, temos:

- Forças de tração devem ser transmitidas através de conexões aparafusadas. Um parafuso tem que atravessar o primeiro e segundo entrenó do bambu;
- Cada coluna deve ter, pelo menos, uma peça de bambu ligada a fundação ou sobre a mesma;
- Os entrenós atravessados pela peça e pino de metal são abastecidos com argamassa de cimento e areia grossa no traço máximo de 1: 4 (fig. 33);
- O contato do bambu com concreto ou alvenaria deve ser evitado com uma barreira impermeável feita de um sistema repelente de água.



Fig. 33 – Enchimento do colmo com argamassa (utiliza-se funil ou objeto adaptado para tal fim)
Fonte: Norma Técnica Peruana E100

Quanto a ligação de colunas de bambu nas sapatas de concreto, a Norma Peruana E-100, traz duas opções, conforme descrito na tabela 10.

Tabela 9 – Ligação de colunas de bambu à fundação
Fonte: Pereira, et al (2012), adaptado pelo Autor

Uniões	Descrição	Imagens
União com ancoragem interna	- Deixa-se a fundação construída com uma barra de ferro de espera, com pelo menos, nove milímetros de diâmetro e com terminação em gancho. Deverá ter um comprimento mínimo de 40cm acima da fundação; - Antes da montagem da coluna de bambu, os diafragmas devem ser perfurados nas duas primeiras unidades de base da coluna de perfuração; - Um pino (parafuso), com um diâmetro mínimo de 9mm, deve passar através do gancho da barra; - Entrenós atravessados pela barra são preenchidos com argamassa no traço máximo de 1: 4 (cimento - areia grossa);	Fundações em forma de sapatas de concreto Fonte: Norma Técnica Peruana E100
União com ancoragem externa	- Deixa-se a fundação construída com uma base de metal e com duas barras de ferro ou chapas de 9 milímetros de diâmetro, no mínimo. Estas hastes devem ter um comprimento mínimo de 40 cm acima da fundação; - É colocado um pino (parafuso), com um diâmetro mínimo de 9mm, que vai unir as duas hastes ou placas, sustentando a coluna de bambu.	Fundações em forma de sapatas de concreto Fonte: Norma Técnica Peruana E100

Segundo Jayanetti e Follett (1998), apud Padovan (2010), as estruturas de apoio nas fundações de concreto serão realizadas de acordo com as necessidades projetuais, podendo ser simplesmente apoiadas, como visto anteriormente, permitindo a movimentação do sistema ou incorporadas ao concreto, conferindo rigidez à estrutura (Fig. 34 e 35).

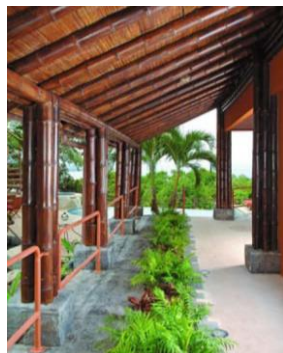


Fig. 34 – Fundações em forma de sapatas de concreto
Fonte : Koolbambu (2009), apud Padovan (2010)

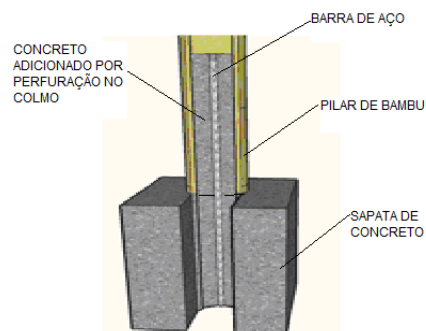
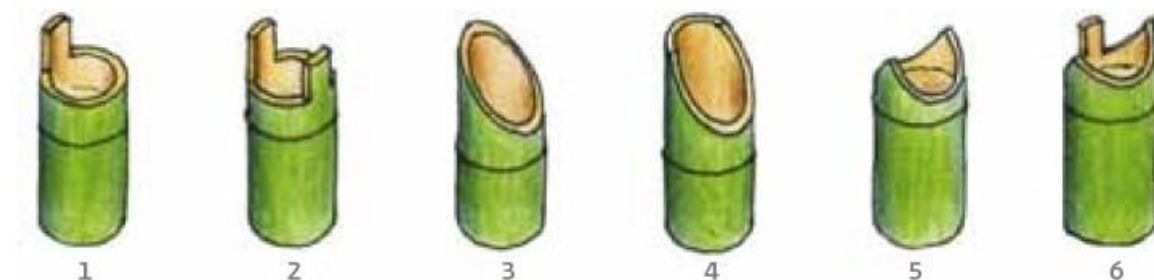


Fig. 35 – Sistema de apoio com incorporação do pilar a sapata de concreto
Fonte: Marçal (2008), apud Padovan (2010)

4.2.4.3 Entalhes

Os entalhes facilitam e sistematizam as conexões entre os elementos estruturais de bambu. A seguir temos os tipos mais usuais de entalhes utilizados para encaixe das peças:



1) Com uma orelha

2) Com duas orelhas

3) Bisel

4) Bico de flauta

5) Boca de pescador

6) Boca de pescador com orelha

Fig. 36 - Entalhes para uniões das estruturas de bambu
Fonte: Lopez (1974)

a) Corte reto

Geralmente é o corte feito perpendicular à vara de bambu formando um ângulo de 90 graus. Pode ser feito com uma serra circular, serrote ou até mesmo arco de serra. Recomenda-se,

para a extremidade das peças que ficarão visíveis na edificação, o corte logo após o nó. Isto proporcionará um melhor acabamento e evitará abrigos de abelhas, insetos e pássaros (Fig. 37).



Fig. 37 - Corte reto em peças aparentes
Fonte: Rosalino (2011)

b) Corte "Boca de Pescado"

É o corte realizado para encaixar duas peças com ângulo de 90 graus entre si. O corte é feito com grosa e formão ou com o uso de uma serra copo do mesmo diâmetro ou de dimensão maior da vara que vai receber a conexão (Fig. 38). É importante que a vara cortada encaixe adequadamente na outra vara a fim de se evitar fissuras no local de encontro entre as peças (ROSALINO, 2011).



Fig. 38 - Corte "Boca de Pescado"
Fonte: Rosalino (2011)

c) Corte "Boca 45° ou "Bico de Flauta"

A boca de 45° normalmente é utilizada em peças que servirão de mão francesa. Esse corte é obtido com a utilização também de formão e grosa ou de serra copo, a qual deve ser posicionada no ângulo de 45° (Fig. 39).



Fig. 39 - Corte "Boca 45°"
Fonte: Rosalino (2011)

4.2.4.4 Uniões

As varas de bambu podem medir até 30 metros de altura, porém não se recomenda o uso de toda vara, pois existe a possibilidade de perda das características mecânicas entre o topo e a base, diferenças de diâmetro entre as extremidades e dificuldade de transporte de peças muito longas. Sendo assim, em alguns casos, será necessário prolongar as peças de bambu. Para tanto existem diferentes possibilidades para se fazer esse tipo de união, conforme ilustrações a seguir.

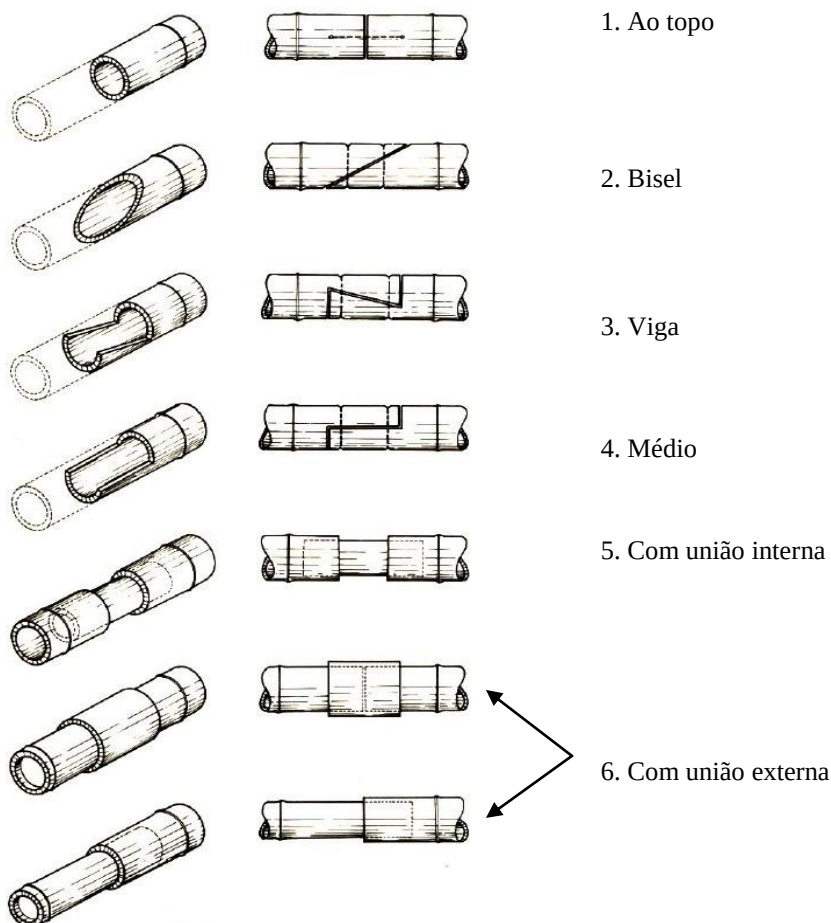


Fig. 40 - Articulações de peças horizontais
Fonte: López (1974)

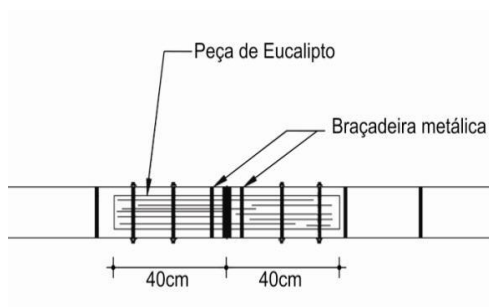


Fig. 41 – Esquema de união com embuchamento interno
Fonte: Rosalino (2011)



Fig. 42 - União com embuchamento interno
Fonte: Marçal (2008), apud Padovan (2010)

De acordo com o Manual para Construção Sustentável com Bambu (CANDELARIA, et al., 2002), temos o comparativo de uniões conforme descrito a seguir:

Tabela 10 – Comparativo de uniões

Fonte: Candelaria, et al. (2002), adaptado pelo autor

Tipo de União	Vantagens	Desvantagens	Recomendações	Utilização
Com amarras	Fáceis de realizar	Não transmitem todos os esforços	As amarras não devem ficar frouxas: Utilizar arame galvanizado	- Grades; - Cercas; - Coberturas temporárias; - Andaimes
Com pinos	Rapidez na montagem	Não aproveita todo o diâmetro do colmo para transmitir esforços	As perfurações devem ser realizadas próximas dos nós	- Estruturas que requeiram rapidez em sua construção; - Estruturas temporárias.
Com centro de madeira	- Melhor transmissão de esforços; - Compatibilidade entre bambu e madeira; - Padronização das uniões	Deve-se ter o equipamento necessário	Utilizar resina adequada.	- Estruturas tridimensionais; - Uniões de móveis.
Combinação de sistemas	Fácil substituição de peças	Maior quantidade de material	Um bom desenho que facilite a substituição de peças.	Reforçar ou facilitar as uniões

4.2.4.5 Reforços para uniões

Quando houver a necessidade de reforçar a união da estrutura, fitas perfuradas (Fig. 43) normalmente utilizadas para fixação de fios em postes são uma boa alternativa. Para estes casos, também podem ser utilizadas fitas para arqueação, arame liso ou recozido. As abraçadeiras previnem futuras rachaduras.



Fig. 43 - Reforço com fita perfurada
Fonte: Rosalino (2011)

4.2.4.6 Uniões de peças horizontais e verticais

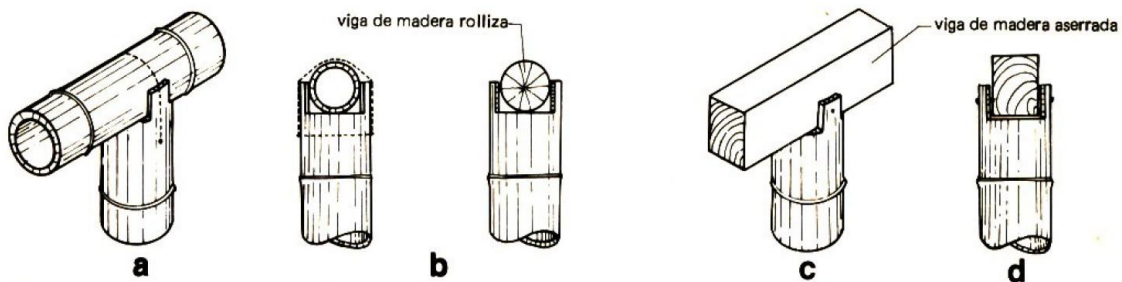


Fig. 44 - Suporte com uma ou duas orelhas.
Usado para receber vigas de bambu, madeira roliça ou serrada
Fonte: López (1974)

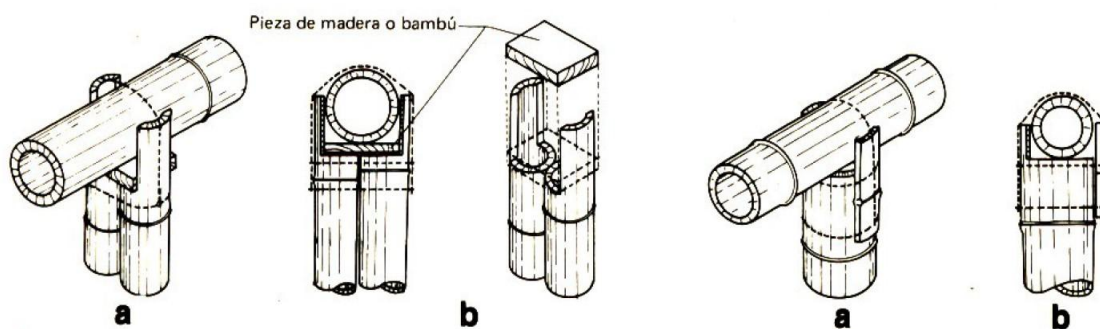


Fig. 45 - Suporte duplo com orelha

Fig. 46 - Suporte com orelha sobreposta

Ambos são usados quando as vigas possuem maior diâmetro que as colunas
Fonte: López (1974)



Fig. 47 - Suporte com aba
Usado quando não se dispõe de arame para amarração
Fonte: López (1974)

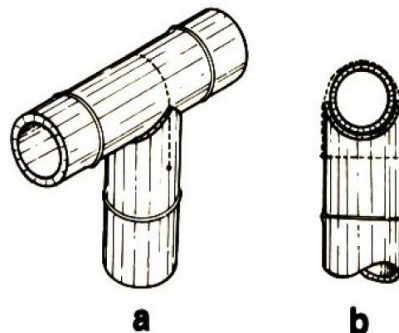
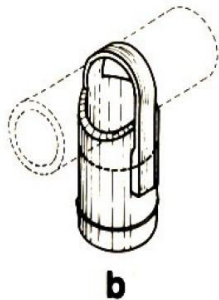


Fig. 48 - Suporte com entalhe "boca de peixe"

4.2.4.7 Emprego de pinos e ancoragem em uniões de peças horizontais e verticais

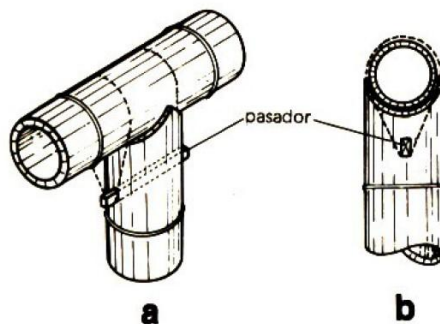


Fig. 49 - União de peças com ancoragem e pino, o qual pode ser colocado na coluna, paralelo ou perpendicular a viga
Fonte: López (1974)

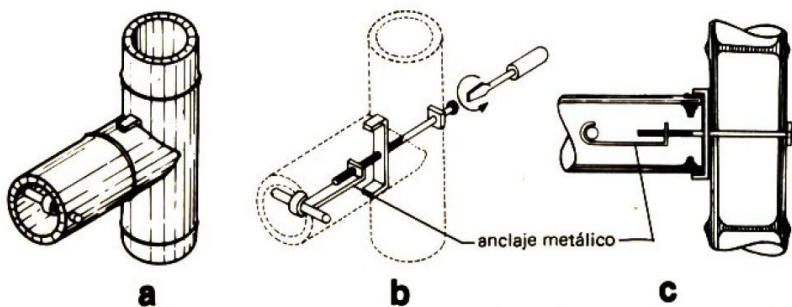


Fig. 50 - União com ancoragem metálica
Fonte: López (1974)

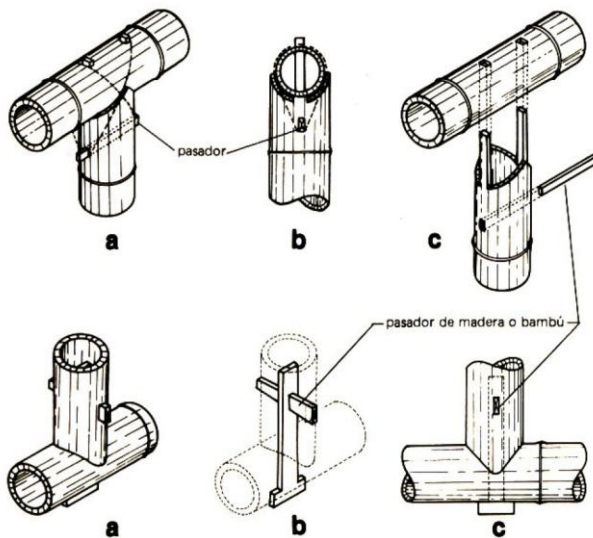


Fig. 51 - "Boca de peixe" com pinos
Fonte: López (2003)

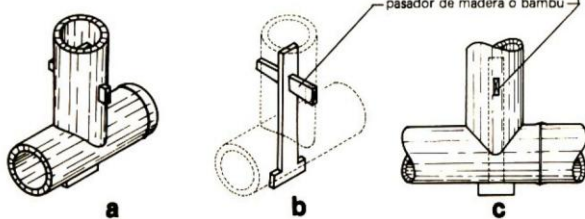


Fig. 52 - União com âncora de madeira.
Pode-se usar invertida.
Fonte: López (2003)

As estruturas dos pilares e vigas de bambu receberam novas conexões, permitindo uma melhor transferência de esforços, com usos de argamassa, parafusos de fixação e esperas metálicas que fazem ligações por diversas técnicas.

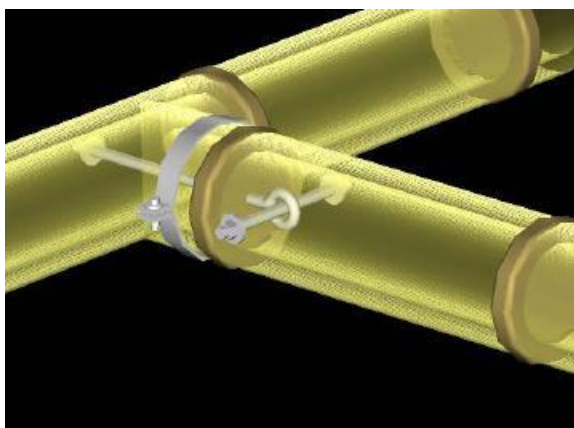


Fig. 53 - Conexão com barra rosca
Fonte: Rosalino (2011)

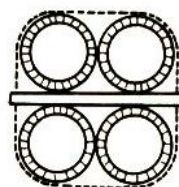
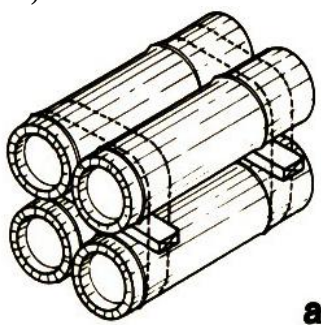


Fig. 54 - Vigas formadas por 4 ou 6 elementos.
Utilizam-se peças de madeira a cada metro entre as vigas de bambu, a fim de evitar que as mesmas deslizem.
Fonte: López (1974)

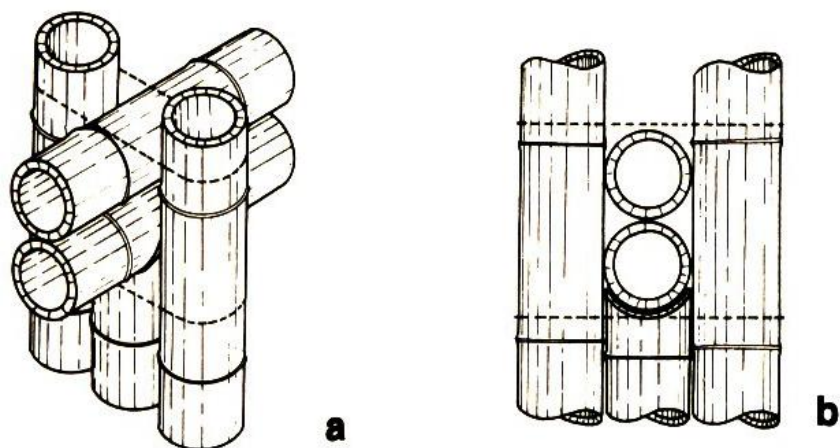


Fig. 55 - Viga dupla central. Muito usada em estruturas de pontes e instalações rurais.
Fonte: López (1974)

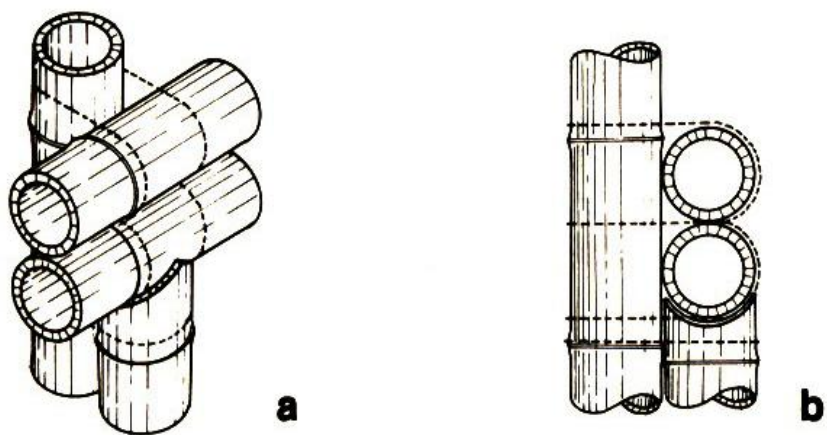


Fig. 56 - Viga dupla lateral. Cada uma das vigas se amarra independentemente do suporte lateral e entre si. Tem uma grande diversidade de aplicações em estruturas de pontes e instalações rurais.
Fonte: López (1974)

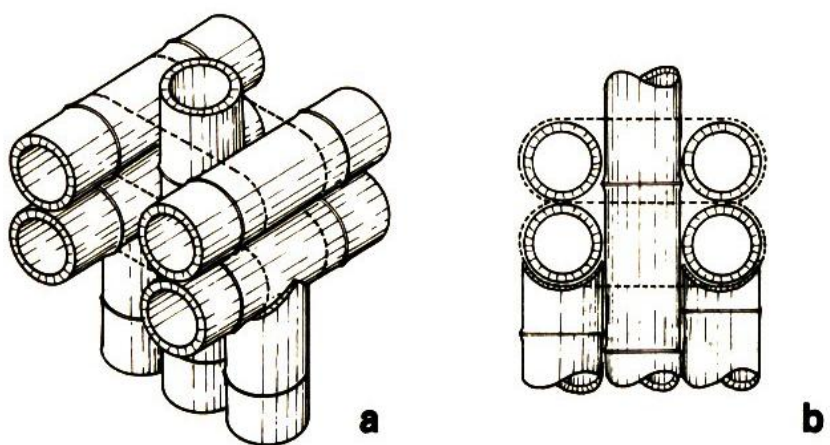


Fig. 57 - Vigas duplas laterais. Muito usadas em estruturas de pontes e galpões.
Fonte: López (1974)

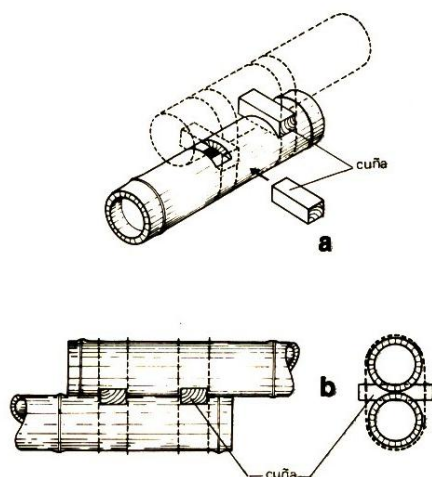


Fig. 58 - União com cunha dupla de madeira
Fonte: López (1974)

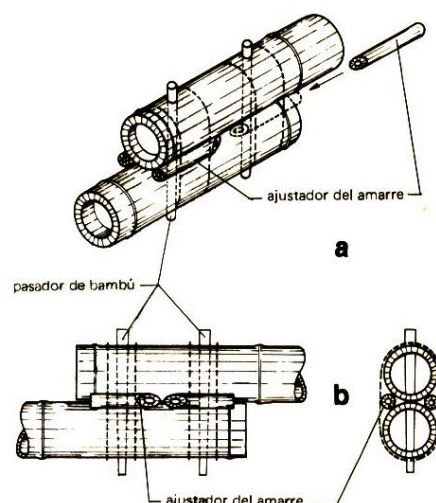


Fig. 59 - União com pinos e reguladores de amarração
Fonte: López (1974)



Fig. 60 - União com transpasse de vara
Fonte: Rosalino (2011)

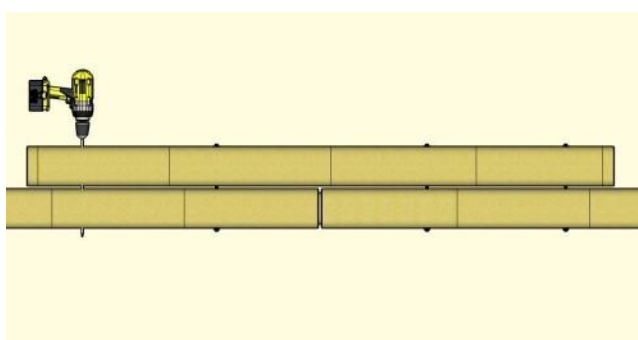


Fig. 61 - Posicionamento das barras roscadas na união por transpasse e embuchamento interno.
Fonte: Marçal (2008)

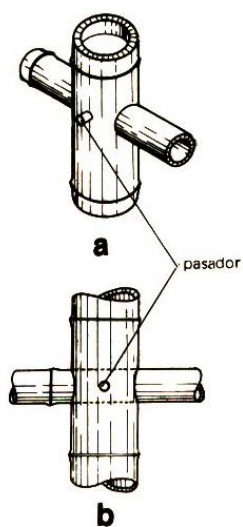


Fig. 62 - União em cruz com pino
Fonte: López (1974)

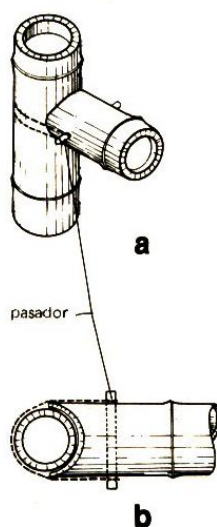


Fig. 63- União com pino ou cavilha. Usada em cercas
Fonte: López (1974)

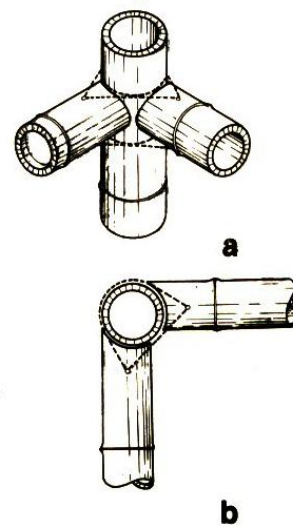


Fig. 64 - União de esquina. Usada em cercas
Fonte: López (1974)

De acordo com Lopez (1974), apud Meyer (2006), o bambu tem baixa resistência ao cisalhamento, fato que deve ser considerado no projeto das juntas. A presença dos nós nas ligações aumenta em 50% a resistência ao cisalhamento ao longo das fibras, atingindo um valor médio de 1,67 MPa.

Outra observação importante, é que em cada um dos extremos das peças de bambu envolvidas nas ligações devem conter um nó, caso contrário, as cargas verticais transmitidas neste apoio podem causar o esmagamento das peças, comprometendo as ligações (Fig. 65b). Porém, não sendo possível a coincidência dos nós em cada extremidade das peças, pode-se optar pela utilização de um segmento de madeira ou mesmo um nó de bambu, de mesmo diâmetro em seu interior (fig. 65d). Caso o nó da seção sobressaia, deve-se limar (fig. 65c).

Segundo Lopez (1974), em nenhuma hipótese deve-se fazer cavas nas vigas, pois devido à predominância de fibras verticais no bambu, estas vigas facilmente se romperiam; os encaixes devem ser realizados apenas em peças verticais.

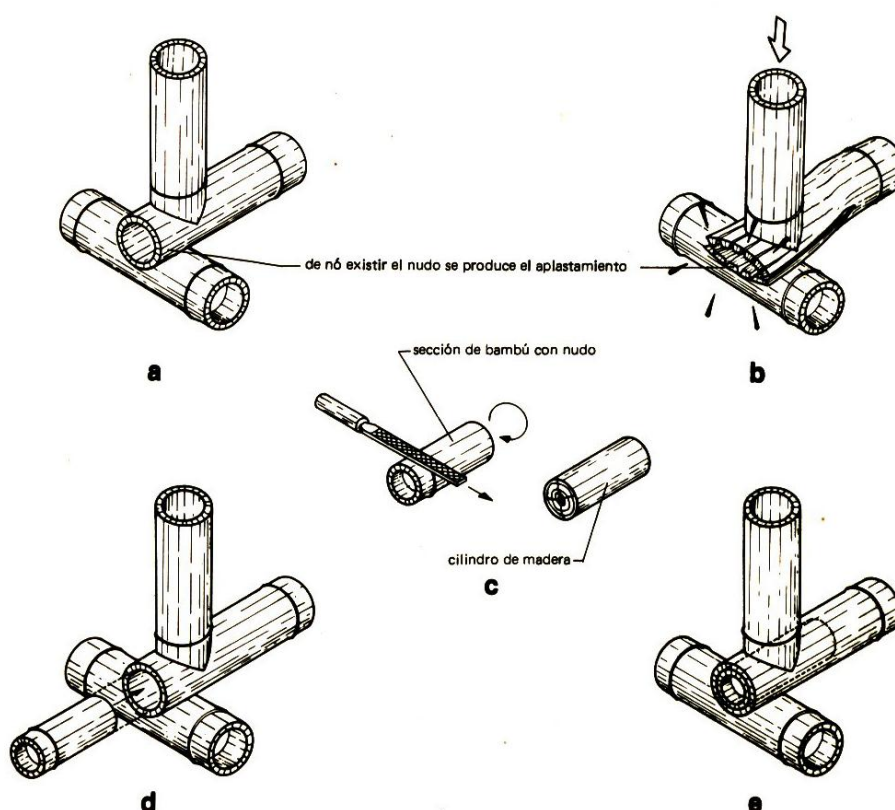


Fig. 65 - Formas para se evitar o achatamento nas extremidades das vigas
Fonte: López (1974)

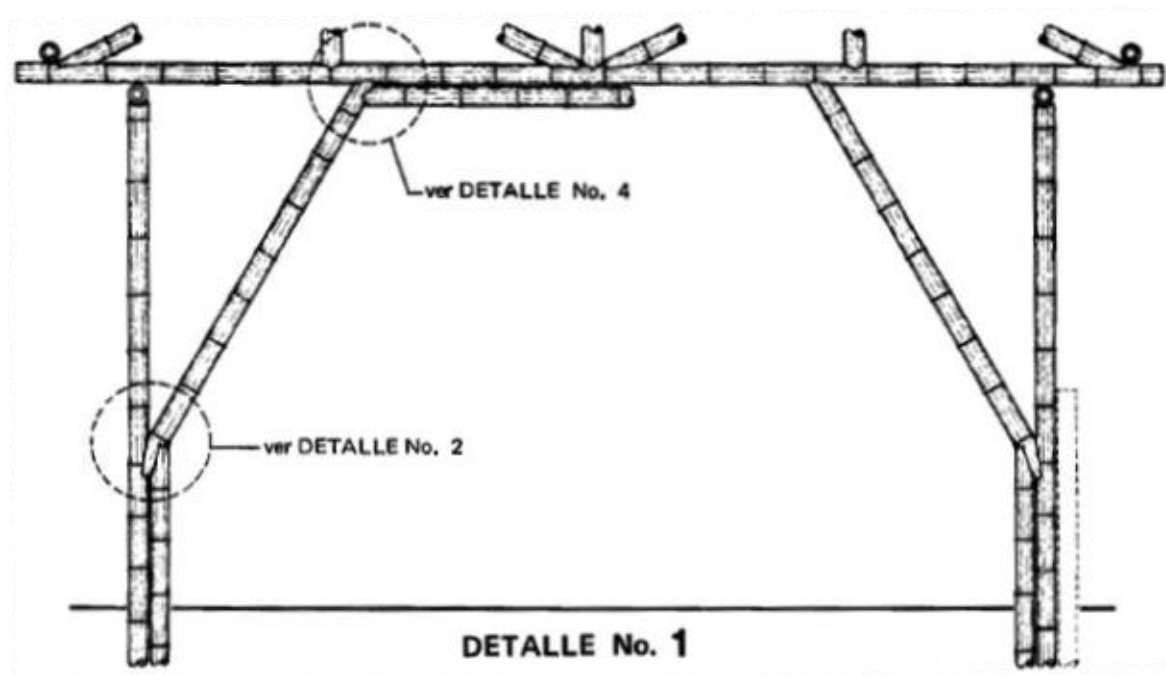


Fig. 66 - Construção de pórticos
Fonte: López (1974)

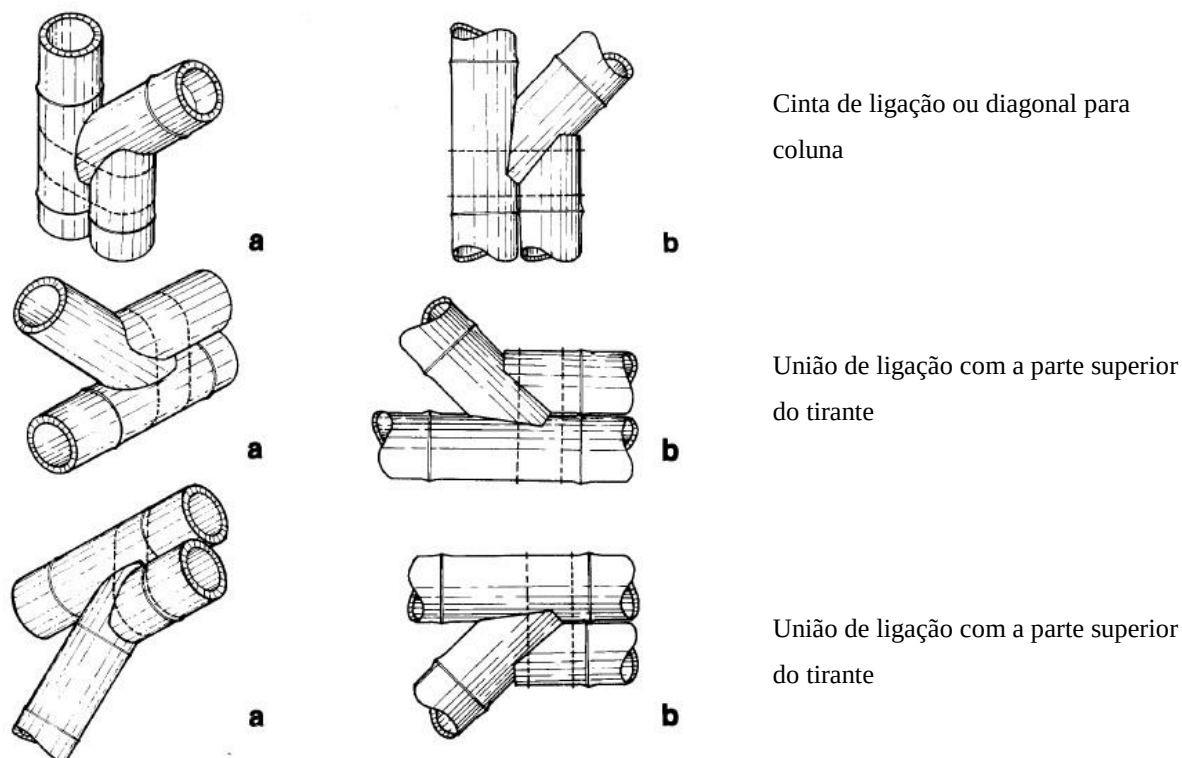


Fig. 67 - Detalhe das uniões usadas nos pórticos
Fonte: López (1974)

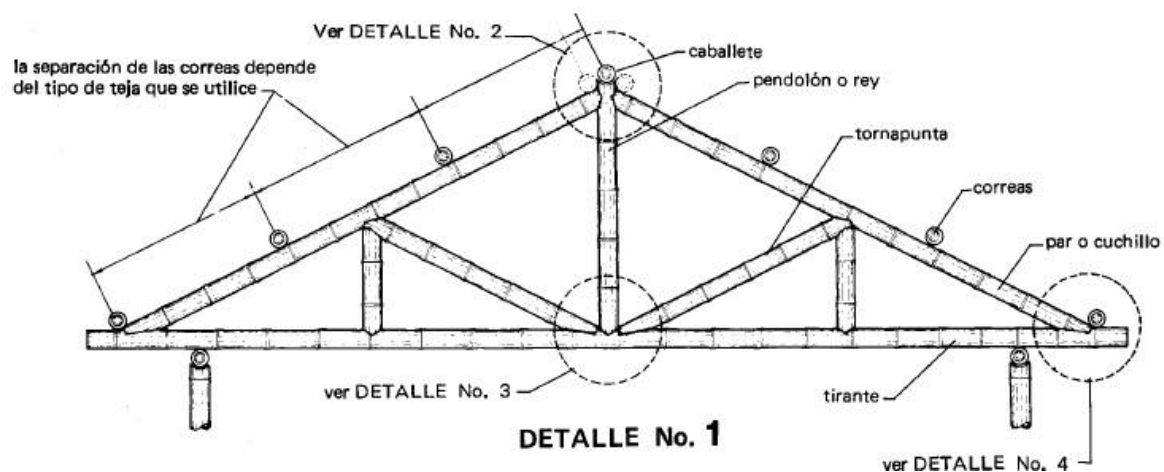


Fig. 68 - Construção de treliças simples
Fonte: López (1974)

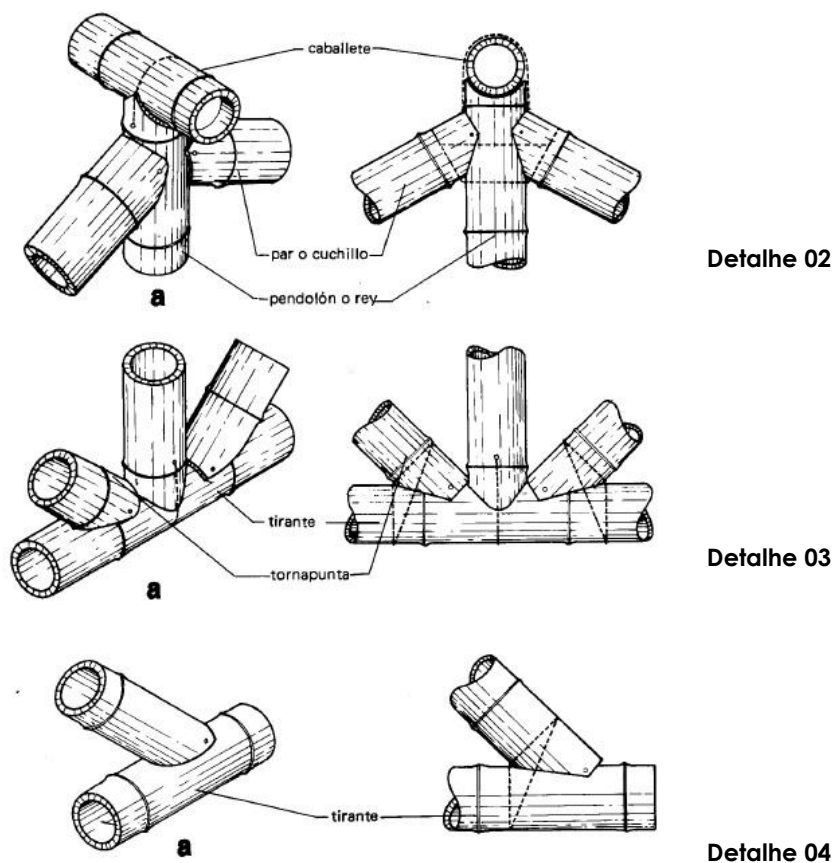


Fig. 69 – Detalhes das uniões usadas nas treliças
Fonte: López (1974)

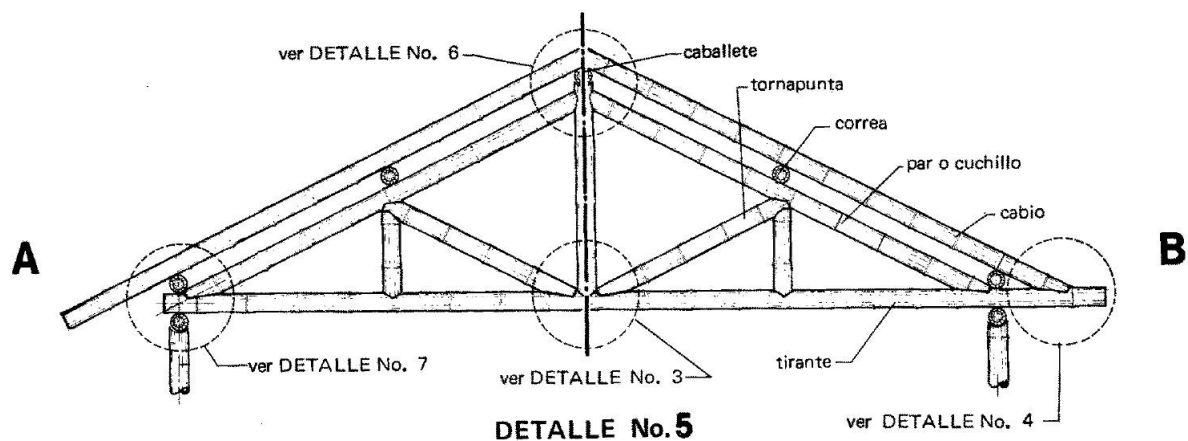
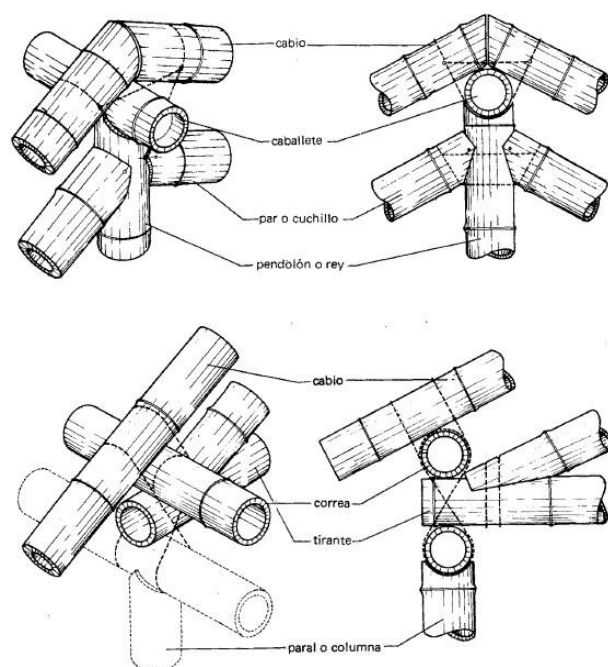


Fig. 70 - Construção de treliças com caibros
Fonte: López (1974)



Detalhe 06

Detalhe 07

Fig. 71 – Detalhes das uniões usadas nas treliças com caibros
Fonte: López (1974)

4.2.5 Durabilidade do Bambu

Segundo Kusak (1999), apud Kleine (2010), a durabilidade do bambu maduro (com idade entre 3 e 6 anos), bem desenvolvido e colhido na época recomendada, porém sem nenhum tratamento, pode variar entre 2 e 4 anos, quando exposto ao sol e a chuva, e entre 3 e 10 anos em ambiente protegido. Para um bambu tratado a durabilidade pode dobrar ou triplicar.

A tabela a seguir resume os tipos de agentes que reduzem a durabilidade em cada meio ambiente.

Tabela 11 – Agentes redutores da durabilidade

Fonte: Kleine (2010)

Meio ambiente	Sol e chuva	Fungos	Insetos	Microorganismos
Solo				X
Água				X
Ar úmido s/ cobertura	X	X	X	
Ar seco s/ cobertura	X		X	
Ar úmido c/ cobertura		X	X	
Ar seco c/ cobertura			X	

Grande parte da durabilidade, além dos agentes acima, também é afetada pela espécie e pelo o histórico do desenvolvimento do bambu na moita, onde devem ser consideradas:

- origem e idade;
- características do solo;
- alterações climáticas sofridas ao longo do seu crescimento;
- ocorrências de florescimento esporádico ou gregário da moita.

García (2003), apresenta dois grupos de agentes predadores e respectivos tratamentos que devem ser utilizados na preservação do bambu, conforme tabela a seguir:

Tabela 12 – Agentes predadores e tratamentos

Fonte: García (2003)

Grupo 1	Tratamento
Insetos xilófagos Cogumelos Incêndios	Alteração Química Proteção através de Projeto
Grupo 2	Tratamento
Sol/chuva Chuva Usos	Proteção através de Projeto Manutenção (limpeza, pintura, etc)

4.2.6 Colheita - o início da preservação do bambu

Pode-se dizer que o tratamento do bambu inicia-se na colheita, uma vez que para os usos que requerem durabilidade (como material de construção), devem ser usados somente bambus maduros (fig. 73), jamais colmos imaturos (fig. 72), com idade inferior a 3 anos para bambus entouceirantes e com menos de 5 anos para bambus alastrantes. Eles tendem a rachar e se

deformar, além de serem preferencialmente atacados por microorganismos, fungos e insetos (KLEINE, 2010).



Colmo verde, de 1 a 3 anos, com cor verde intensa
Fig. 72 - colmo jovem



Colmo maduro, de 4 a 6 anos, cor verde opaca e manchas de líquens brancos
Fig. 73 - colmo maduro



Colmo velho, com mais de 6 anos, também apresentam líquens, mas tem coloração amarelada.
Fig. 74 – colmo velho

Fonte: Poppens e Morán (2005), apud Benavides (2012)

Além da coloração, Rehaman e Ishaq (1947), apud Lopez (2003) e Pereira e Beraldo (2008), descreveram outros métodos para se verificar o grau de maturação dos colmos:

- posição do colmo na touceira: colmos maduros encontram-se mais ao centro e os imaturos mais na região periférica;
- umidade: colmos imaturos possuem maior teor de umidade do que os maduros e apresentam umidade mais constante ao longo do colmo, enquanto que nos colmos maduros a umidade é decrescente com a altura;
- dureza externa: a superfície externa dos colmos imaturos apresenta menor dureza do que a dos maduros;
- Sobre o processo de colheita, Liese (1985) apud Beraldo e Pereira (2008) explica que:
- nenhum corte deve ser feito durante a estação de crescimento dos colmos (época das chuvas para os bambus entouceirantes), evitando-se danificar os brotos em crescimento;
- a estação seca deve ser a preferida para o corte, pois os colmos apresentam menor teor de umidade, portanto são mais leves, facilitando o transporte;
- os colmos, nessa fase, apresentam menor quantidade de seiva circulando, o que torna o bambu menos atrativo para o ataque de fungos e insetos;
- no Brasil, em algumas regiões, a estação seca coincide com a época de temperaturas mais baixas, período em que os insetos xilófagos encontram-se menos ativos ou em hibernação;

- também na estação seca, os colmos estão menos suscetíveis a ataque, pois apresentam menor concentração de amido, o qual foi liberado de forma intensa durante a fase de geração dos brotos, ou seja, entre dezembro a março.

4.2.6.1 A influência das fases da lua na preservação do bambu

Sarlo (2000), ao estudar a influência das fases da lua, da época de corte e de algumas espécies de bambu sobre o ataque de *Dinoderus minutus*, verificou a melhor fase lunar para corte de cada espécie avaliada, de acordo com o mês, conforme tabela 13, abaixo:

Tabela 13 - Meses e fases lunares para corte

Fonte: adaptado de Sarlo (2010)

* não houve influência da fase da lua no corte da espécie

Espécies	Meses				
	Jul	Ago	Set	Out	Nov
<i>B. vulgaris</i> var. <i>vittata</i>					
					
					
<i>D. giganteus</i>					
					
					
<i>B. vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>					
					
					
<i>Phyllostachys</i> sp.	*	*	*		*
					
					

Legenda:



Nova



Cheia



Quarto

Crescente



Quarto

Minguante

As conclusões que Sarlo (2000) chegou foram as seguintes:

- houve influência das fases da lua sobre o corte das espécies de bambu de modo geral, tanto com relação a quantidade média de furos quanto no tocante a quantidade de insetos adultos, sendo a lua cheia a melhor fase para se realizar o corte, pois foi a fase que apresentou as menores quantidades médias de furos e de insetos adultos;
- as fases da lua e o mês de corte de algumas espécies de bambu podem ser usados como técnica de manejo, visando minimizar o ataque do caruncho;
- a utilização de espécies de bambus resistentes em substituição a espécies suscetíveis favorece seu emprego em maior escala, devido ao aumento da sua durabilidade.

Pinzón (2002), ao analisar amostras de *Guadua angustifolia* para determinação de carboidratos totais associados com as fases da lua, verificou que:

- O efeito da fase lunar é apreciável especialmente quando se compara a fase da Lua preenchido com o declínio e fase escura (quarta minguante e minguante), mostrando que o conteúdo total de carboidratos é mais elevado enquanto a maior parte do disco lunar é visível (fig. 75 e 76);
- A diferença no teor de carboidratos total no bambu em diferentes fases lunares, é representado por mais açúcares diferentes da glicose e sacarose, uma vez que estes permaneceram sem mudanças significativas ao longo do ciclo lunar;
- O teor de carboidratos totais em hastes de bambu é altamente variável entre eles, provavelmente devido ao efeito da idade da separação uns dos outros;
- A umidade do solo afeta significativamente a teor de açúcar no bambu, o qual apresenta menor conteúdo total de carboidratos quando associados a períodos de seca;

- Os tratamentos mostrados podem ser eficazes para diminuição do conteúdo total de carboidratos nas varas de bambu, mas não para a diminuição da glicose e sacarose.

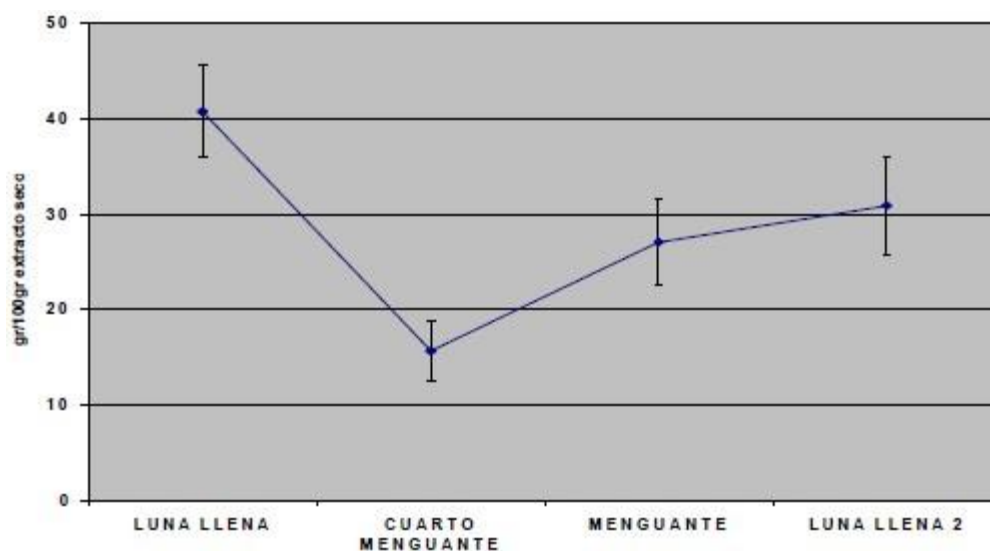


Fig. 75 – Carboidratos totais na base do bambu Guadua de acordo com a fase lunar
Fonte: Pinzón (2002)

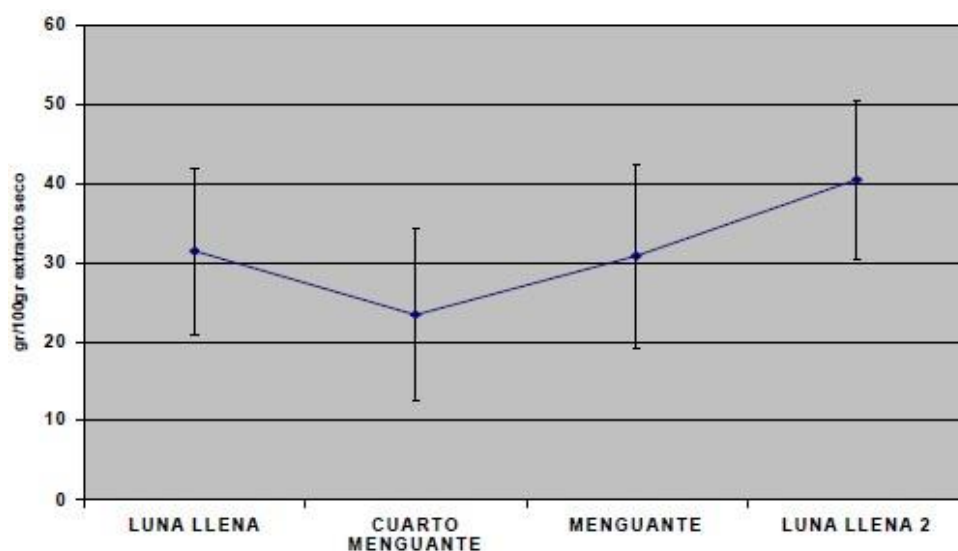


Fig. 76 – Carboidratos totais no colmo do bambu Guadua de acordo com a fase lunar
Fonte: Pinzón (2002)

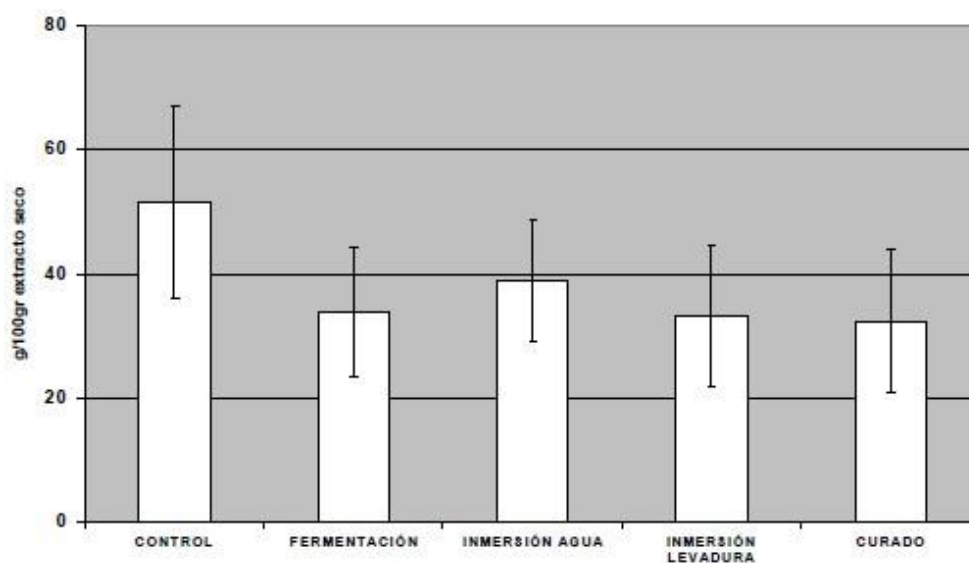


Fig. 77 – Carboidratos totais após tratamentos
Fonte: Pinzón (2002)

Ao analisar os trabalhos de Sarlo (2000) e Pinzón (2002), observa-se que no primeiro a lua mais apropriada para o corte é a cheia, enquanto para Pinzón, é a quarto minguante e a minguante, ou seja, não há um consenso quanto a relação entre a durabilidade e determinadas fases da lua. Segundo López (2003), apud Kleine (2010), tradicionalmente na Colômbia predomina a preferência pelo corte na fase da lua minguante, enquanto na Índia, o corte é feito na lua crescente. Assim, como Sarlo (2010) explica que a fase lunar associada ao mês de corte de algumas espécies de bambu deve ser usada apenas como técnica de manejo para minimizar o ataque de insetos xilófagos, tratamentos de preservação do bambu devem estar associados a essa prática, como afirma Pinzón (2002).

4.2.7 Tratamento e Preservação do Bambu

Pesquisas realizadas por Azzini (1981;1984) e Azzini et al. (1998), apud Beraldo e Pereira (2008) demonstram que a susceptibilidade do bambu ao ataque do caruncho depende principalmente do teor de amido existente e metabolizado apenas pelos colmos maduros. Desse modo, a durabilidade do bambu, que é um material biológico, sujeito a deterioração pela ação de fungos e insetos, aumentará quando as peças forem protegidas por um tratamento eficaz, elevando a vida útil do bambu entre dez a quinze anos ou mais.

4.2.7.1 Cura e corte dos colmos

Para fins de construção devem-se usar os bambus maduros, mas não podres, com idade entre três a seis anos, quando atingiram sua resistência ideal devido ao processo de lignificação. A idade dos colmos a serem cortados é a principal medida cultural que se deve levar em consideração para se ter um produto final mais resistente. Os colmos colhidos antes do ponto máximo de maturação tornam-se mais vulneráveis aos insetos e fungos, porém esta maior resistência pode estar relacionada com o maior teor de fibras e não de amido já que Azzini et al (1996) apud Silva (2005) comparando o teor de amido em bambus de 1, 3 e 5 anos, encontrou um maior teor nos colmos de 5 anos. Segundo Silva (2005), logo após o corte, os colmos podem ser submetidos a tratamentos de "cura", com objetivo de torná-los mais resistentes ao ataque do caruncho.

4.2.7.2 Tratamento natural dos colmos

É aquele que não envolve a utilização de produtos químicos no processo de preservação do colmo. Tem custo relativamente baixo, porém os resultados não são satisfatórios e comprometem a eficiência do tratamento (PEREIRA e BERALDO, 2008). Cortar apenas os colmos maduros (3 anos ou mais) e na época da seca (meses de maio a agosto) pode aumentar a durabilidade natural dos colmos. A maturação dos colmos, ou a idade mais adequada por ocasião da colheita, é um importante fator biológico que deve ser levado em consideração, principalmente quando pretende-se utilizar as peças como material estrutural em colunas, vigas, tesouras e pontaletes (PEREIRA e BERALDO, 2008).

De acordo com Azzini e Beraldo (2001), apud Pereira e Beraldo (2008), os métodos mais conhecidos e usuais dividem-se em tradicionais e/ou naturais (cura na mata, cura por fogo, fumaça e pela água) e químicos (oleosos, óleos solúveis, hidrossolúveis, imersão em solução de sais hidrossolúveis e substituição de seiva por hidrossolúveis) conforme descrito a seguir:

Tabela 14 – Tratamento natural do Bambu

Fonte: Adaptado de Pereira & Beraldo (2008) e Barboza, A. S. R; Barbitato, J. C. C.; Silva, M. M. C. P (2008)

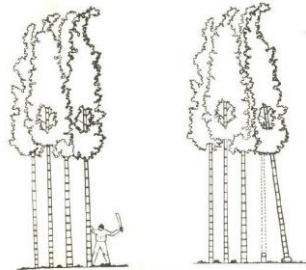
TRATAMENTO NATURAL			
Tipo	Descrição	Considerações	Ilustração/imagem
Cura na Mata	Após o corte, o bambu é posto na moita, na posição vertical, com as ramas e folhas sem contato com o solo por aproximadamente 30 dias. As varas podem ficar apoiadas sobre pedras ou amarradas em outros bambus.	O processo de assimilação da seiva continua, reduzindo o teor de amido presente no colmo, aumentando a resistência contra o ataque das brocas e diminuindo a incidência de rachaduras nas peças.	 Bambu amarrado na moita Fonte: Barbosa, et al. (2003), apud Nunes (2005)
Cura pelo fogo	Os colmos são submetidos ao calor do fogo, usando-se normalmente o maçarico para esse processo.	O aquecimento tem a função de degradar quimicamente o amido, tornando-o menos atrativo ao caruncho	 Uso do maçarico Fonte: http://ecoviladamontanha.com.br/tratamentos-naturais-para-bambu/ (acessado em 05/03/2014)
Cura pela ação da fumaça	Os colmos são submetidos à ação da fumaça logo após o corte, comumente em estufas, as quais devem coletar o calor do sol durante o dia, sem incidir diretamente sobre os bambus e sem causar calor excessivo, mantendo o interior quente durante a noite.	A ação do calor e da fumaça, além de degradar o amido, altera o sabor do colmo, prolongando sua vida útil.	 Câmaras de fumaça Fonte: Garcia (2003)
Cura pela Água	Os colmos ficam submersos em água (preferencialmente estagnada) por várias semanas para melhorar a resistência contra insetos e fungos.	A fermentação biológica anaeróbica (ausência de ar) possibilita a redução ou eliminação do amido existente nos colmos	 Imersão na água Fonte: Kramer (1992), apud Costa (2012)

4.2.7.3 Secagem

O processo de secagem é o primeiro passo para o tratamento natural do bambu. Segundo Rosalino (2011), após a colheita, os colmos começam naturalmente a perder a umidade, e se essa perda acontecer muito rapidamente e de forma desigual, deformações e rachaduras ocorrerão com facilidade. É vantajoso submeter os colmos a uma secagem controlada, lenta e uniforme, em local abrigado da chuva e do sol, e ventilado o suficiente para garantir a redução por igual da umidade. A umidade ideal para utilizar o bambu em construções é entre 12% e 25%, esta umidade será a de equilíbrio e irá variar dentro destes valores dependendo da umidade do ambiente e da incidência solar (ROSALINO, 2010). De acordo com Poppens e Morán (2005), apud Benavides (2012), seco de forma natural, o bambu pode atingir uma umidade entre 12 e 16% e o processo demora no mínimo dois meses e varia dependendo da região.

Tabela 15 – Secagem do bambu

Fonte: Adaptado de López (1974) e Rosalino (2011)

SECAGEM DO BAMBU			
Descrição		Imagens	Considerações
Cura na Mata	Mais acessível, a secagem natural tradicional é realizada logo após o corte, quando os colmos são deixados secando em pé, ainda dentro da touceira, apenas apoiados em uma pedra para evitar o contato direto com o solo.		Nesse caso os galhos e a folhagem não devem ser removidos, pois são eles que aceleram o processo estimulando a transpiração das folhas, e ao mesmo tempo reduzem o número de pontos vulneráveis ao ataque de microorganismos.
		Secagem ao ar livre, na touceira Fonte: López (1974)	
Descrição		Imagens	Considerações
Secagem em estufa	A secagem em estufa deve ser bem planejada com intuito de evitar que os colmos sejam submetidos a variações bruscas de temperatura. Como regra geral, recomenda-se controlar o processo de secagem de maneira a se atingir uma umidade média ligeiramente abaixo da umidade de equilíbrio do ar externo.		Este processo embora seja muito eficiente, tem custo mais elevado e exig um controle maior.
		Secagem em estufa Fonte: Rosalino (2010)	

	Descrição	Imagens	Considerações
Secagem em local coberto	Os locais cobertos destinados a secagem dos colmos devem possuir boa ventilação e não permitir que o bambu tenha contado com o chão.		Os colmos podem ser mantidos na horizontal ou na vertical, sendo que nesta posição, a secagem é mais rápida devido a maior facilidade de escoamento.
	O tempo de secagem deve variar entre 6 a 12 semanas, de acordo com a umidade do bambu e do ambiente.	 Secagem na posição horizontal e vertical em local coberto Fonte: Rosalino (2010)	

Após a secagem, o ideal é medir a umidade com a utilização de um medidor eletrônico (Fig. 78). Na ausência deste, recomenda-se deixar os colmos secarem por no mínimo 3 meses.



Fig. 78 - Medidor eletrônico de umidade
Fonte: Rosalino (2010)

4.2.7.4 Tratamento dos colmos através de preservantes

No tratamento natural dos colmos, observa-se uma significativa redução do amido e açúcares através de um ou mais métodos associados, porém, os mesmos não são suficientes para a retirada total dessas substâncias da estrutura dos colmos, tornando-os ainda vulneráveis ao ataque dos insetos e fungos (NUNES, 2005). A fim de se garantir a durabilidade e estabilidade das propriedades físicas e mecânicas do bambu, torna necessária a utilização de substâncias sintéticas

ou naturais preservantes de ação bactericida, fungicida ou inseticida, que possam ser introduzidas no bambu (KLEINE, 2010). Ainda, segundo o mesmo autor, os dois grandes desafios dos preservantes são: a impregnação do tecido lenhoso do bambu, (pois o mesmo é uniforme e heterogêneo) e a fixação no interior do tecido, evitando a lixiviação posterior, o que pode ser causada pela água da chuva.

Segundo Salgado e Godoy Júnior (2002), para utilização de preservantes é preciso que:

- os produtos sejam suficientemente ativos para impedir a vida e o desenvolvimento de microorganismos interiores e exteriores;
- a composição dos mesmos não afetem os tecidos, ocasionando modificações e diminuindo suas qualidades físicas; sejam empregados em estado líquido a fim de impregnarem facilmente todas as partes do bambu;
- não tenham cheiro forte ou desagradável capaz de impedir seu emprego no interior das residências;
- não modifiquem a coloração do bambu, principalmente os que forem utilizados como elemento decorativo;
- sejam observados outros critérios na escolha do produto, quanto aos riscos para o meio ambiente e a para a saúde do aplicador.

Os principais preservantes utilizados no tratamento do bambu estão descritos a seguir:

Tabela 16 - Preservantes mais utilizados no tratamento do bambu

Fonte: Kleine (2010), adaptado pelo autor

PRESERVANTES SOLÚVEIS EM ÁGUA	
Nome	Características
CCA	▪ A sigla CCA representa os três elementos: cromo, cobre e arsênico; ▪ Mistura de dicromato de potássio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - 2\text{H}_2\text{O}$, sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e pentóxido de arsênio ($\text{As}_2\text{O}_5 - 2\text{H}_2\text{O}$), na proporção de 4:3:1 em peso; ▪ A concentração recomendada da mistura em água é de 5%, sendo a máxima de 10%; ▪ Eficaz, porém extremamente tóxico, tanto para fungos e insetos como para os seres humanos; ▪ Pela alta toxicidade do arsênico e pelo acúmulo do cromo e cobre na cadeia alimentar, o uso do CCA é proibido em diversos países.

CCB	▪ A sigla CCB representa os três elementos: cromo, cobre e boro; ▪ Mistura de dicromato de potássio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - 2\text{H}_2\text{O}$), sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e octaborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} - 4\text{H}_2\text{O}$), normalmente usada na proporção de 4:3:2,5 em peso; ▪ A concentração recomendada da mistura em água é de 5%, sendo a máxima de 10%; ▪ Como o boro é um inseticida totalmente inofensivo ao homem e aos animais domésticos, o CCB é uma mistura não tóxica, que exige menos cuidado do que o CCA.
Ácido bórico e bórax (tetraborato de sódio)	▪ Composto de boro, o ácido bórico (H_3BO_3) e o bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 - 10\text{H}_2\text{O}$), tem ação fungicida e inseticida prolongada. ▪ Podem ser utilizadas em conjunto, pois um ajuda a dissolver o outro em água e a maior solubilidade ocorre quando a proporção entre eles for de 1:1,54; ▪ Devido sua baixa solubilidade em água fria, a concentração recomendada é de 5%, podendo chegar a 10% em água quente; ▪ Ambos são inofensivos ao homem e aos animais.
Octaborato de sódio	▪ Sal de sódio, mais solúvel em água ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} - 4\text{H}_2\text{O}$); ▪ Atualmente é o mais usado entre os compostos de boro.
Octaborato dissódio tetrahidratado (DOT)	▪ Sal de boro muito usado como fertilizante, comercializado no país pelas empresas Produquímica e Sulboro; ▪ No bambu pode atuar como inseticida, conforme é classificado pela ANVISA; ▪ A mistura sugerida consiste de 250g do produto para 1 litro de água, resultando em uma solução a 20%.
Glicóis (etilenoglicol e propilenoglicol)	▪ Compostos orgânicos pertencentes aos álcoois, de fórmula $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ e $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$, respectivamente. ▪ São bastante solúveis em água e tem ação fungicida; ▪ Penetram no bambu mais rápido que a própria água e são inofensivos ao homem e aos animais; ▪ Os glicóis são frequentemente usados em conjunto com o octaborato de sódio ou outro composto de boro; ▪ A concentração mínima recomendada é de 50% em água, mas pode ser de até 100%.
Piretróides (piretrina, cipermetrina, etc.)	▪ Compostos químicos sintéticos, de ação inseticida de curta duração (decompõem-se em apenas 2 dias, quando expostos ao sol); ▪ Tóxicos ao homem e aos animais; ▪ Podem ter ação mais prolongada se forem injetados no interior do bambu, sem contato com a luz solar.
Organofosforados organoclorados e carbamatos	▪ Compostos de ação inseticida prolongada, eficazes no combate aos organismos xilófagos, porém de alta toxicidade; ▪ Representam elevado risco de intoxicação durante o tratamento e posterior descarte dos objetos tratados.
Ácido Pirolenhoso	▪ Produto natural, obtido por condensação dos vapores durante a fabricação de carvão vegetal (pirólise), na faixa de 250 e 350°C; ▪ Mistura de cerca de duzentas substâncias contidas na madeira, com maior destaque para o vinagre, ou ácido acético; ▪ Tem cor amarelada e cheiro forte de fumaça; ▪ A concentração recomendada é de 30% em água, podendo chegar a 100%; ▪ Tem apresentado ótimos resultados fungicidas e inseticidas.
Tanino	▪ Produto natural, extraído da casca de diversas árvores, com a acácia negra, o quebracho, etc.; ▪ Usado industrialmente para curtimento do couro e por diversas tribos sul-americanas para preservar o bambu; ▪ A concentração recomendada é de 5% a 10% em água; ▪ Inofensivo ao homem e aos animais; ▪ Tem eficácia questionada.

PRESERVANTES NÃO SOLÚVEIS EM ÁGUA	
Nome	Características
Óleo de palma (dendê)	▪ Produto natural extraído da palmeira de dendê, usado no tratamento térmico do bambu em temperatura de 222°C; ▪ Inofensivo ao homem e aos animais; ▪ Não tem ação fungicida ou inseticida, mas impede a entrada de umidade no bambu, evitando o ataque de fungos.
Óleo diesel	▪ Derivado do petróleo, que facilita a remoção do amido e dos açúcares contidos na seiva do bambu durante tratamento com maçarico; ▪ Não tem ação fungicida ou inseticida, mas impede a entrada de umidade no bambu, evitando o ataque de fungos.

4.2.7.5 Tratamento químico dos colmos

Os tratamentos químicos obrigatoriamente utilizam preservantes e são mais eficientes que os métodos naturais, pois quando bem conduzidos, protegem os colmos contra o ataque do caruncho e aumentam a durabilidade dos mesmos (PEREIRA e BERALDO, 2008). Os mais utilizados estão descritos a seguir:

Tabela 17 - Tratamento químico do bambu

Fonte: Adaptado de Pereira & Beraldo (2008) e Barboza, A. S. R; Barbitato, J. C. C.; Silva, M. M. C. P (2008)

TRATAMENTO QUÍMICO			
Tipo	Descrição	Observações	Imagens
Pentaclorofenol (produto oleossolúvel)	Imersão completa por sete dias de colmos bem secos na solução à temperatura ambiente	Para que não haja alteração na coloração dos colmos, utiliza-se óleo diesel ou óleo queimado como solventes.	
Produtos Hidrossolúveis	Constituídos por vários tipos de sais: sulfato de cobre, ou de zinco, dicromato de sódio, ácido bórico ou crônico borato de cobre cromatado (CCB), cujas soluções reagem com a lignina.	O método pode ser aplicado em colmos secos (processo de imersão) ou verdes (substituição da seiva).	Tanque para imersão das varas Fonte: Montoya (2008)
Imersão em solução de sais hidrossolúveis	Imersão completa dos colmos secos na solução preservativa, a qual poderá ser composta por um ou mais sais hidrossolúveis.	A duração do tratamento pode ser de 2 a 4 semanas. Após esse período as peças deverão ser armazenadas em local protegido por vários dias, para que ocorra a difusão da solução.	

Transpiração radial (substituição de seiva por sais hidrossolúveis)	Consiste em colocar os colmos de bambu na posição vertical, sobre um tambor preenchido com um produto químico de preservação, o qual é aquecido e se transforma em vapor	A duração é de cerca de 7 dias, ao final dos quais os colmos devem ser invertidos e mantidos nessa posição por um período igual de tempo.	 Fonte: Ferreira (2010)
Tratamento sob pressão (Autoclave)	Deve-se efetuar tratamento preliminar nas bases dos colmos, através de imersão, para somente depois secar os mesmos.	Antes da colocação das peças na autoclave deve-se perfurá-las com uma haste metálica, para que se recolha o líquido excedente.	 Fonte: http://bamboo.ning.com/photo/albums/c-entro-de-cultura-max-feffer-1 (acessado em 31/05/2014)
Tratamento sob pressão (Boucherie modificado)	Consiste na substituição acelerada da seiva por produto químico (usualmente o CCB - Borato de Cobre Cromatado), que apresenta ação fungicida e inseticida.	Deve ser aplicado aos colmos recém cortados com equipamento adaptado.	 Fonte: http://www.apuama.org/bambu/especimes/ (acessado em 10/08/2014)

4.2.7.6 Tratamento por injeção

Segundo Nunes (2005), o processo é bastante simples e consiste em se injetar uma solução preservante através de um pequeno furo em cada entrenó das peças (fig. 79), tapando-se o mesmo em seguida com palitos de bambu para manter o líquido estanque no interior do colmo (fig. 80). É necessário girar o colmo inteiro para espalhar a solução. As vantagens são as seguintes:

- Ao contrário do método de imersão, os bambus só entram em contato com a solução em sua parte interna, que é a área vulnerável ao ataque de predadores. A superfície externa pode ser manuseada sem que haja contato com a solução química e por sua dureza, não sofre ataque das brocas;

- Toda a solução preparada para aplicação será absorvida pelo bambu, enquanto que no processo de imersão, grandes quantidades de preservantes precisam ser descartadas no final do processo, tornando-o assim, economicamente menos vantajoso e mais agressivo ao meio ambiente.
- Esse método pode ser utilizado também para manutenção de estruturas já instaladas, em casos de indícios de ataques de insetos xilófagos, aplicando se a solução diretamente nos entrenós conforme fig. 79.



Fig. 79 - Tratamento por injeção
Fonte: Nunes (2005)



Fig. 80 - Fechamento dos furos
Fonte:
<http://cursodebambu.blogspot.com.br/p/tratamento-de-bambu.html> (acessado em 20/04/2014)

De acordo com Nunes (2005), produtos a base de boro como o bórax, ácido bórico e o octaborato, associados ao sulfato de cobre como um eficiente fungicida (fig. 81), têm demonstrado bons resultados como imunizantes do bambu. São produtos de baixa toxicidade para humanos e que não apresentam riscos ao meio ambiente se manejados de acordo com as recomendações técnicas. Empregando-se essa mesma solução preservante utilizada no método do tratamento por imersão e obedecendo ao mesmo critério de seleção dos colmos a serem tratados, o processo por injeção tem se mostrado muito eficaz para o tratamento de bambus para uso em construção estrutural (NUNES, 2005).

Sulfato de cobre	1 kg
Ácido bórico	3 kg
Bórax	5 kg
Água	100 l

Fig. 81 - Solução imunizante
Fonte: Lengen (1997), apud Nunes (2005)

Outra boa opção, porém menos tóxica e menos poluente é o Octaborato dissódio tetrahidratado, sal de boro, muito usado como fertilizante para várias culturas, e que tem ação inseticida quando usado como preservante em madeiras destinadas para dormentes, postes, cruzetas, mourões para cercas rurais, esteios e vigas. Segundo a classificação da ANVISA, tem classificação toxicológica classe III, ou seja, é mediamente tóxico. Segundo Vasconcelos (2004), a mistura sugerida consiste de 250g do produto para 1 litro de água, resultando em uma solução a 20%.

O uso do Octaborato dissódio tetrahidratado pode facilitar o futuro reaproveitamento das varas de bambu por ocasião de manutenção da estrutura de cobertura, uma vez que trata-se de fertilizante já usado em diversas culturas e comercializado no país pela empresa Sulboro (<http://sulboro.com.br/>, acessado em 20/09/2014), desse modo as varas descartadas podem ser trituradas e utilizadas como adubo de cobertura, contribuindo para a continuidade do ciclo de vida do bambu.

4.2.7.7 Preservação do bambu através do projeto

De acordo com García (2003), um bom projeto é fundamental para a preservação do bambu, onde alguns itens devem ser observados:

- É oportuno estudar a orientação do sol e a frequência e intensidade das chuvas na fase de concepção do projeto, pois a exposição prolongada ao sol e a chuva deteriora as qualidades estéticas e estruturais dos colmos;
- Sempre que possível, devem ser previstos beirais com larguras de pelo menos um terço da altura do pilar;
- A cobertura deve proporcionar estanqueidade, isolamento térmico e acústico, pois um telhado que permite vazamento e é permeável à umidade irá incentivar o crescimento de fungos e insetos. A cobertura sem isolamento térmico pode criar tensões por fortes mudanças de temperatura e consequentemente causar rachaduras na estrutura de cobertura;
- O bambu deve ficar distante pelo menos 50 cm do chão, a fim de se evitar o ataque de fungos;

Caeiro (2010) acrescenta que sempre que possível devem ser previstos sistemas construtivos modulares de modo a possibilitar uma montagem mais rápida e econômica e permitir a substituição de peças ao longo do tempo.

4.2.7.8 Armazenamento do Bambu

O armazenamento dos bambus após o tratamento deve ser realizado em local coberto e bem ventilado, e preferencialmente em prateleiras horizontais afastadas 15 centímetros do solo (Fig. 82). Esses cuidados possibilitarão uma maior circulação de ar entre o solo e as varas proporcionando uma secagem por igual das peças. Recomenda-se constantemente observar a ocorrência de brocas e fungos, caso isso ocorra, retire o bambu e submeta-o novamente ao tratamento afim de não comprometer as outras peças que ali estão. Separar as peças por diâmetros e tamanhos facilitará a seleção do bambu ideal para a construção que irá realizar.



Fig. 82 – Armazenamento das varas de bambu
Fonte: Rosalino (2011)

4.2.7.9 Comparação dos métodos de tratamento

Liese (2004), classifim os métodos de preservação de bambus em pressurizados e não pressurizados. Entre os métodos que emprega a pressão, o autor relata o *Boucherie* modificado que utiliza a pressão atmosférica numa das extremidades do colmo para forçar a troca da seiva presente no seu interior pelo produto imunizante. Este método tido como de boa eficiência teve o pior desempenho quando comparado com outros por Nascimento et al. (2002). O método de *Boucherie* apresenta também a dificuldade na obtenção de uma perfeita interface entre os colmos a

serem tratados e os tubos no processo da construção da máquina. Se tal junção não for feita a contento o vazamento do produto será inevitável.

A *Environmental Bamboo Foundation* com sede na Indonésia desenvolveu um sistema recomendado para pequenas demandas denominado difusão por encharcamento vertical (DEV). Nesse processo, colmos recém cortados são colocados verticalmente em um reservatório tendo todos os nós rompidos, exceto o inferior. O preservativo à base de boro é colocado na parte superior, sendo completado o nível à medida que o colmo absorve a solução, por meio da difusão (EBF - *Environmental Bamboo Foundation*, 2003). A capacidade de difusão é influenciada pela estrutura das camadas internas da parede (Fig. 83).

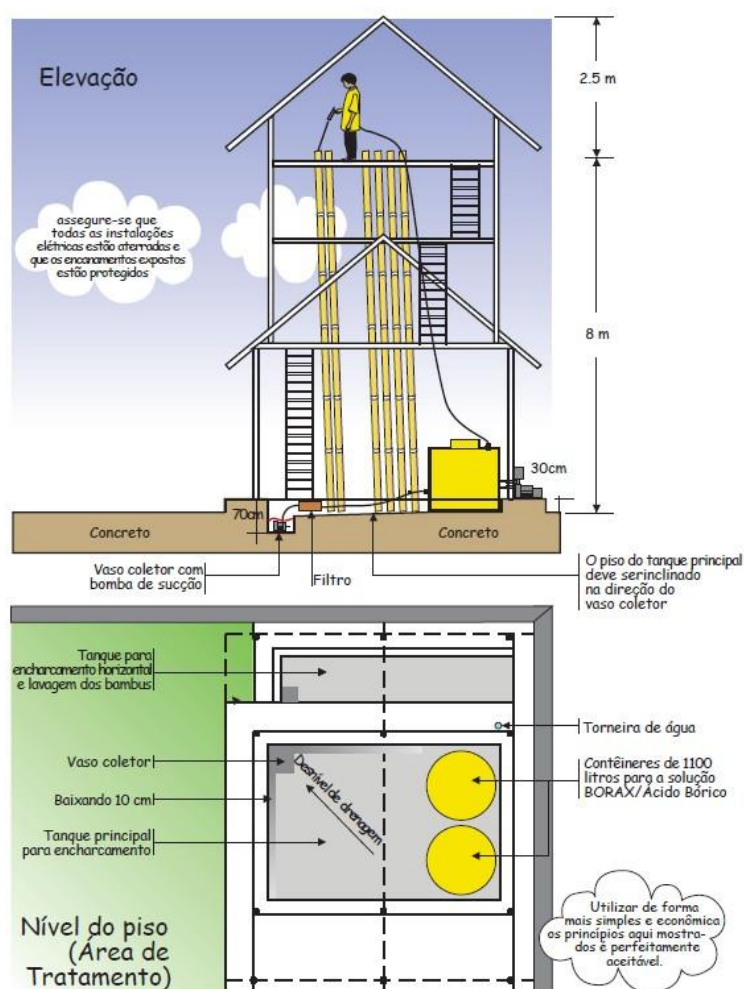


Fig. 83 - Sistema de difusão por encharcamento vertical
Fonte: EBF (2003)

Na Universidad Tecnológica de Pereira, na Colômbia, pesquisadores elaboraram estudos comparativos de alguns métodos de preservação, obtendo os resultados resumidos na fig. 84.

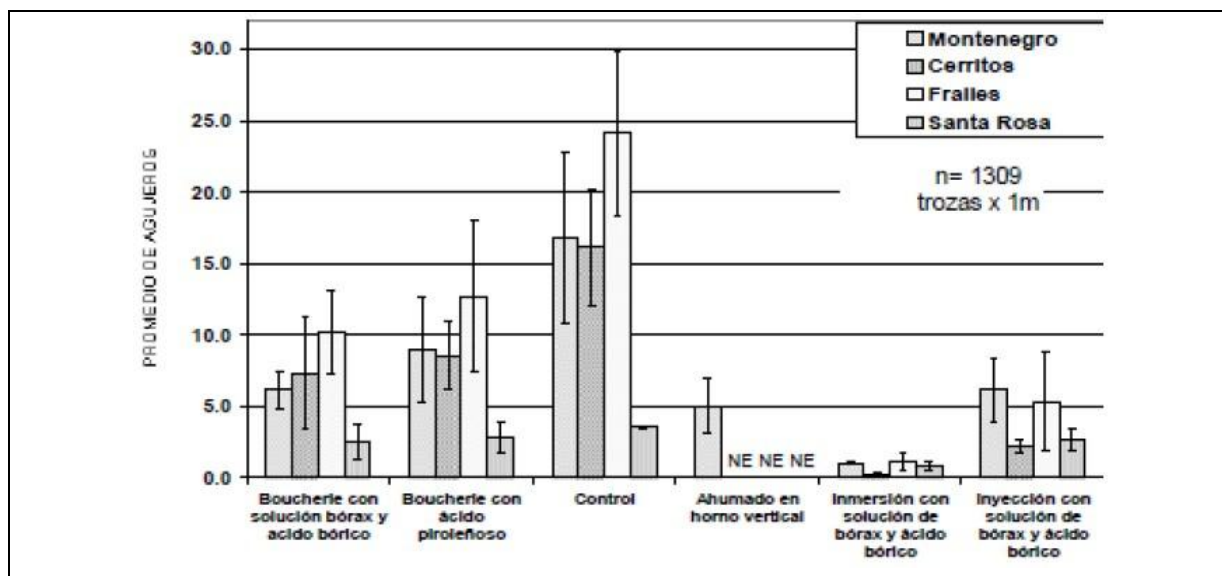


Fig. 84 - Média de furos encontrados em colmos preservados de *Guadua*
 Fonte: Montoya (2008), apud Benavides (2012)

Os métodos de preservação avaliados foram:

- Imersão com solução de ácido bórico e bórax;
- Injeção com solução de ácido bórico e bórax;
- Boucherie modificado com solução de ácido bórico e bórax;
- Boucherie modificado com ácido pirolenhoso;
- Defumação (em forno vertical e horizontal).

Na pesquisa, os diferentes métodos foram aplicados em bambus de várias regiões da Colômbia e passaram pelo mesmo processo de corte e secagem. Deixou-se um bambu de cada região sem tratamento para obter um controle do processo, e para verificação dos resultados. As conclusões foram as seguintes:

- O método da imersão na solução de ácido bórico foi a mais efetiva;
- O uso da injeção é o método corretivo recomendado quando o bambu já tenha apresentado ataques de insetos;
- Não recomendam o uso de ácido pirolenhoso por apresentar o efeito contrário ao esperado;
- Fazem recomendações para a realização de mais provas que possam validar ou rebater os resultados.

4.2.8 Bambu – Resultados

A partir da revisão da literatura foram possíveis as seguintes escolhas: a espécie de bambu, métodos de propagação, secagem, tratamento e ligações estruturais para o desenvolvimento do sistema de cobertura, conforme tabela a seguir:

Tabela 18 - Repercussões quanto as opções adotadas para o sistema de cobertura

Fonte: do autor

Descrição	Opções	Justificativa
Espécie	<i>Guadua angustifolia</i>	É uma das espécies mais pesquisadas e que apresenta resultados técnico-científicos comprovando sua elevada resistência mecânica para o uso na construção civil
Propagação	Estaquia	Segundo estudos científicos, trata-se de um dos métodos com maiores índices de pegamento
Secagem	Em local coberto na posição vertical	Nesta posição, a secagem é mais rápida devido a maior facilidade de escoamento
Tratamento	Com solução de octobarato dissódico tetra-hidratado, com aplicação em cada entrenó dos colmos, aplicada através de pulverizador ou injeção de vacina animal	A aplicação com injeção ou pulverizador do produto químico em furos feitos nos entrenós, evita a produção de resíduos. A solução é absorvida pelo bambu e o baixo índice de toxicidade permite o descarte futuro das varas sem riscos para o meio ambiente
Entalhes	Corte reto, "boca de peixe", "bisel".	Apenas três tipos de entalhes simplificam a execução do sistema de cobertura
Ligações estruturais	Parafusos, porcas, arruelas	Evitam que os colmos rachem, além de serem acessórios já conhecidos e de fácil manuseio pelos assentados
Ferramentas	Arco de pua ou furadeira, serra circular ou arco de serra, facão, serra copo de bitolas variadas, serrote de poda, tesoura de poda, formões chatos de várias bitolas, grosa, machadinha, martelo, martelo de borracha, alicate, esquadro, lápis de carpinteiro, metro de carpinteiro ou trena, jogo de chaves de boca, jogo de chaves "L", jogo de chaves de fendas grandes, nível de madeira, prumo, mangueira de nível, lima.	As ferramentas e os acessórios mais sofisticados são a furadeira, a serra circular e a "serra copo", a qual pode ser acoplado a furadeira para a execução de entalhes do tipo "boca de peixe", contudo na ausência de energia elétrica ou mesmo das ferramentas citadas, o arco de pua pode ser usado para a furação das varas, o arco de serra para cortes e a grosa para execução de entalhes.

De modo geral, a partir de conceitos mais sustentáveis, houve a preocupação em se utilizar um material que diminuísse os custos com produção, beneficiamento, transporte e aquisição, entre outros, além de garantir a solidez do sistema de cobertura. Desse modo o bambu foi elencado como uma alternativa viável.

4.3 Projeto da Cobertura

As casas do Grupo FETAGRI possuem cobertura com duas águas, composta de telhas cerâmicas do tipo romana, estrutura de madeira de reflorestamento serrada (pinus). Têm pequena varanda frontal com oitão em alvenaria (fig. 85) ou com utilização de tesouras de madeira, nos casos em que houve alteração do projeto arquitetônico original. (fig. 86)



Fig. 85. Casa padrão do Grupo FETAGRI com oitão em alvenaria e pequena varanda frontal
Fonte: do Autor



Fig. 86. Casa do Grupo FETAGRI com oitão alterado para tesoura em madeira
Fonte: do Autor

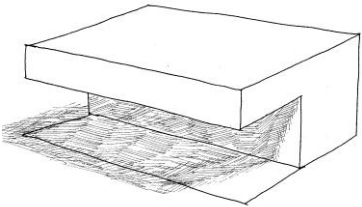
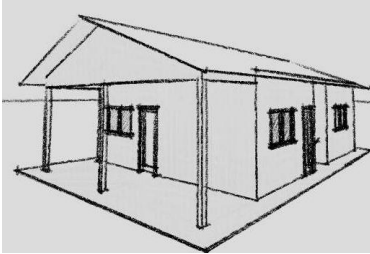
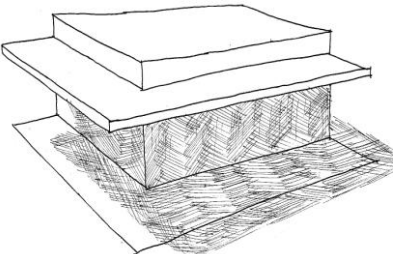
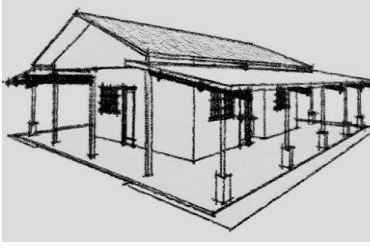
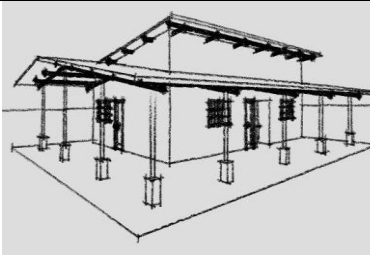
Como objeto de estudo elegeu-se o projeto do grupo FETAGRI e o primeiro diagnóstico quanto ao sistema de cobertura foi a necessidade da ampliação das casas existentes, através da varanda, fato já verificado por Coletti, et al. (2010) quando constatou as seguintes prioridades de intervenção no mesmo assentamento: construir cozinha caipira, interligada com a habitação pela varanda, cobrir a área de serviço, ampliar a varanda existente e construir nova varanda.

Segundo a Agenda 21 brasileira, em sua Política Habitacional, a varanda é um elemento da cultura material do brasileiro, expressando seus hábitos de moradia e seu modo de vida, sendo de extrema importância para a proteção da casa e para o convívio familiar, característica muito bem expressada por Lúcio Costa, apud Fonseca:

" (...) o fato é que as varandas, quando bem orientadas, são o melhor lugar que as nossas casas tem para se ficar; o que é a varanda, afinal, senão uma sala completamente aberta?"

Em razão da inclinação do telhado em duas águas, telhas planas foram especificadas para a construção da varanda, a qual pode ser executada apenas em uma das laterais, ou em formato de "L" ou ainda circundando toda a casa. Definido este primeiro requisito, o segundo passo era pensar nas futuras moradias, portanto a fim de racionalizar o processo construtivo, adotou-se o mesmo partido arquitetônico da varanda proposta para as casas existentes, o qual prevê a construção em módulos, permitindo futuras ampliações. Em ambos os projetos, a modulação é uma premissa, por esse motivo a cobertura do corpo principal da casa segue o mesmo princípio e possui uma água (tabela 19), possibilitando ampliações transversais ou longitudinais.

Tabela 19 - Síntese das estratégias projetuais com tipologias, características e repercussões
 Grupo Fetagri - Assentamento Santa Mônica - Terenos/MS
 Fonte: Maragno (2010), adaptado pelo autor

Estratégia Projetual	Tipologias	Características/Repercussões
 Recuo das paredes	 Volumetria atual das casas	Varandas salientes em relação ao espaço interno imediato, porém sob massa construída. Dependendo da dimensão, proporcionam muita ou pouca sombra e proteção à chuva além de contar com a massa térmica da cobertura.
 Adição de nova cobertura	 Volumetria proposta para construção da varanda nos casos em que o telhado da casa já existe  Volumetria proposta para construção da cobertura de novas casas e varanda.	Essas varandas proporcionam boa proteção contra intempéries nas fachadas laterais e posterior, em função da orientação e relação altura x profundidade. Além das características da varanda proposta para as casas existentes, possui varanda frontal maior. O telhado de uma água facilita a modulação e futuras ampliações futuras, além de possibilitar abertura extra no oitão para iluminação e/ou ventilação

A partir desse contexto, surgiram dois cenários que nortearam o desenvolvimento do projeto:

1. propor um sistema de cobertura modular perimetral para construção das varandas nas casas já existentes;
2. propor uma cobertura de uma água para o corpo principal das futuras moradias rurais, inclusive cobertura para a varanda perimetral.

Diante de tais necessidades, foram adotados os seguintes critérios para definição da estratégia projetual:

- no caso das casas existentes com cobertura cerâmica em duas águas, o telhado das varanda não poderia acompanhar a mesma inclinação, isto é, poderia ter inclinação máxima de 15%;
- a fim de permitir a modulação, adotou-se a mesma tipologia projetual da varanda proposta para as casas existentes também para as casas novas, bem como, aplicou-se o mesmo conceito para a cobertura da casa (corpo principal);
- para que o projeto seja exequível, os seguintes itens fatores foram considerados: familiaridade com materiais, facilidade de montagem, rapidez na execução, modulação, replicabilidade e fácil expansão;
- utilizar telhas e estrutura de cobertura leves, uma vez que esta última será apoiada parcialmente nas paredes da casa.

A partir da definição do projeto de cobertura, realizou-se revisão na literatura para definir a melhor opção de dimensionamento estrutural do sistema de cobertura ora em discussão, foram consultadas a NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira, a Norma Peruana E100, Norma Técnica Colombiana NTC5407 e critérios da Resistência dos Materiais. Foram adotadas diretrizes das Normas Peruana e Colombiana, as quais utilizam o método dos esforços admissíveis e o cálculo foi realizado levando-se em conta a resistência dos materiais e através do mesmo foram dimensionados as peças e os tipos de entalhes para execução das ligações estruturais dos colmos.

A decisão para essa escolha considerou o meio rural para implantação do projeto, baseou-se na simplificação da montagem da estrutura por uma mão de obra não especializada, considerando métodos e sistemas construtivos já adotados pelos assentados (fig. 87 a 91) e que atendam suas necessidades do dia a dia como:

- uso de técnicas construtivas simples;
- soluções projetuais compatíveis com o modo de vida rural;
- uso de materiais já conhecidos como telhas planas, acessórios, como arames, parafusos, porcas, arruelas, barras roscáveis, abraçadeiras, pinos metálicos, pinos de madeira, etc.



Fig. 87 - Moradias provisórias construídas ao longo da BR MS 060 (Saída para Sidrolândia/MS)
Fonte: do Autor (2014)



Fig. 88 - Construção de varanda - Estrutura de cobertura em eucalipto e telhas de fibrocimento
Fonte: do Autor (2014)



Fig. 89 - Construção de varanda - Estrutura de cobertura em eucalipto e telhas de fibrocimento
Fonte: do Autor (2014)



Fig. 90 - Construção de varanda longitudinal
Fonte: do Autor (2014)



Fig. 91 - Construção de varanda lateral
Fonte: do Autor (2014)

4.4 Cartilha para Montagem de Cobertura em Bambu

A Cartilha é produto final do trabalho de dissertação curso do Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade, da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e

Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, com o objetivo de divulgar um sistema construtivo de estrutura de cobertura em bambu para moradias de interesse social em assentamento rurais. A cartilha ilustra passo a passo as etapas de plantio direto, manejo, corte, secagem, tratamento das varas de bambu e montagem do sistema de cobertura, facilitando a construção da varanda ou da cobertura do corpo principal da casa, bem como o futuro descarte e substituição dos colmos. Tem como público alvo o assentado e utiliza tecnologia apropriada para a concretização da proposta, porém necessita de intervenções e parcerias com instituições como universidades, Sebrae, Caixa Econômica Federal e também com prefeituras e Governos Estadual e Federal.

O partido arquitetônico possibilita a ampliação de moradias, através da execução de varandas e também da construção de coberturas de novas casas. Quanto aos materiais especificados, procurou-se respeitar a volumetria das edificações já existentes e utilizar insumos já utilizados no meio rural e facilmente encontrados no mercado local (telhas planas, porcas, parafusos, arruelas, barras roscáveis, etc).

Desenvolver um sistema de cobertura simplificado e de cunho sustentável, que utilize mão de obra não especializada e um material que pode ser cultivado no próprio assentamento, a partir do plantio direto através de mudas produzidas em outros locais e em 4 anos estar pronto para uso, reduzindo-se gastos energéticos de produção, resíduos, tempo e custos com transporte e aquisição, foi fator decisivo para elaboração desta proposta.

4.4.1 Terminologia

- **entrenó:** é a distância entre os nós;
- **diafragma:** parede horizontais dos nós;
- **colmo:** parte da vara de bambu;
- **touceira:** moita de bambu, formada por vários colmos;
- **traço:** é a proporção entre cimento, cal, areia e brita, que pode ser alterada, representando-se por exemplo: 1:2:3:0.5 (1 lata de cimento, 2 latas de cal, 3 latas de areia e meia lata de brita). Nesta cartilha foi adotada como unidade do traço a lata de 18 litros.

4.4.2 Partes do bambu - Espécie *Guadua angustifolia*

Tabela 20 - Partes do bambu *Guadua angustifolia*

Fonte: Grosser e Liese (1971), apud Córdova (2014) , adaptado pelo autor

Descrição		Imagem	Utilização
Topo	Topo do bambu com comprimento de 1,20m a 2,00m		Usado no solo como aporte de matéria orgânica
Seção Superior	Parte de menor diâmetro, seu comprimento tem aproximadamente 3,00m		Usado na construção civil como cinta de tetos, com telhas de barro ou de palha. Também usado como tutores em cultivos transitórios
Sobrebase	Parte com bom valor comercial em razão do seu diâmetro e paredes com espessuras maiores. Seu comprimento nesse segmento tem aproximadamente 4,00m		Usado como elementos de suporte em estruturas de concreto de edifícios em construção. Também são empregados com vigas para placas e como postes de treliças em cultivos.
Base	Parte com maior utilização e com maior valor comercial do bambu <i>guadua</i> . Seu comprimento nesse segmento tem aproximadamente 8,00m		Desta parte se faz a esteira de bambu, usada para vedação de paredes. Também é usado como vigas e colunas em construções.
Seção inferior	Seção basal do colmo de maior diâmetro, devido seus entrenós mais curtos proporciona uma maior resistência e tem um comprimento de 3,00m		Em construções é usado como pilares
Rizoma	Caule modificado subterrâneo, responsável pelo suporte da planta		Estabilização de ladeiras e prevenção de erosões

4.4.3 Conhecendo o bambu - o colmo

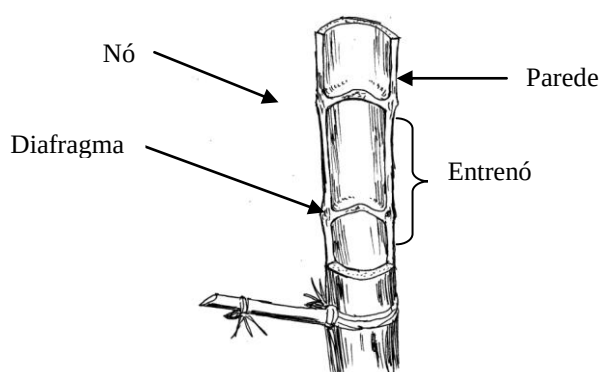
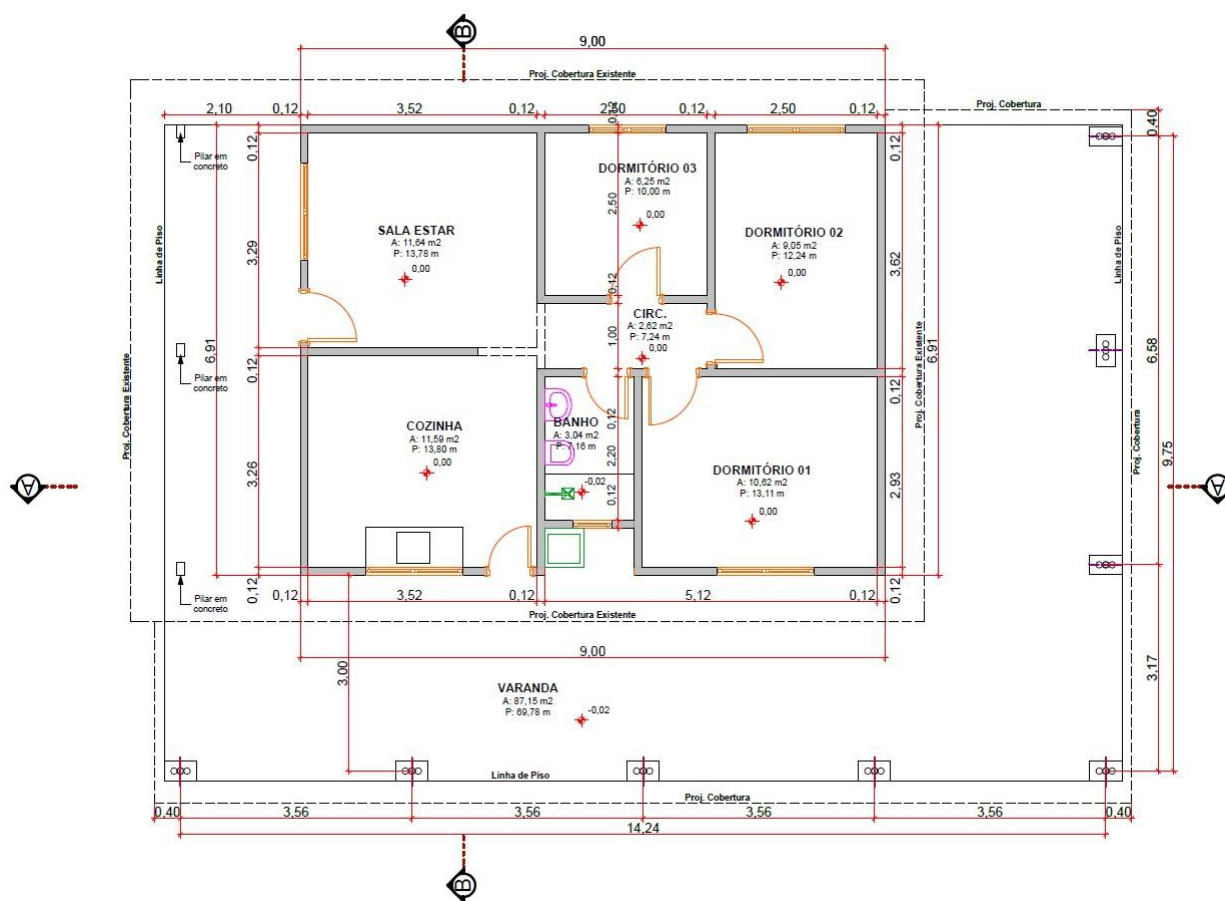


Fig. 92 - Estrutura do colmo
Fonte: do autor (2014)

4.4.4 O projeto da cobertura

O projeto da cobertura surgiu a partir na necessidade de ampliação das casas dos produtores rurais do Grupo Fetagri, no Assentamento Santa Mônica, no município de Terenos/MS. As casas apresentam cobertura em telhas cerâmicas em duas águas que dificultam a construção de varandas perimetrais com o mesmo material, em razão das inclinações necessárias. A partir desse critério, optou-se o uso de telhas planas, adotando-se o mesmo partido para construções novas, incluindo-se a cobertura do corpo principal da casa.

4.4.4.1 Projeto da varanda (casa existente)



Planta Baixa
S/ escala

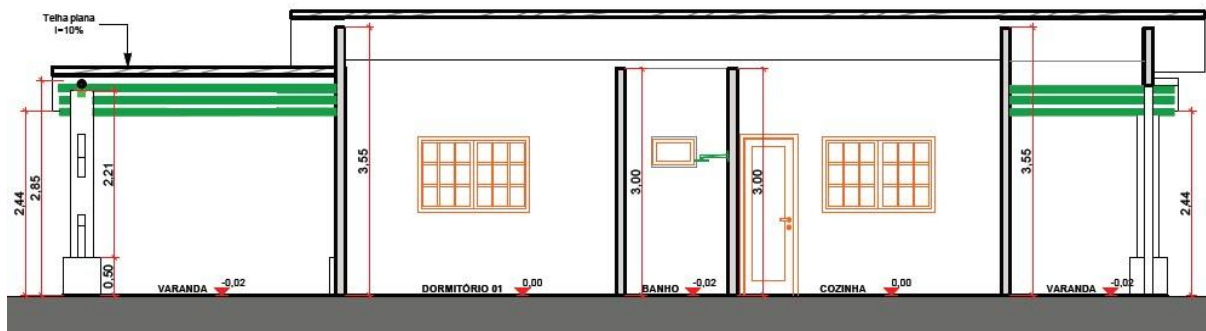




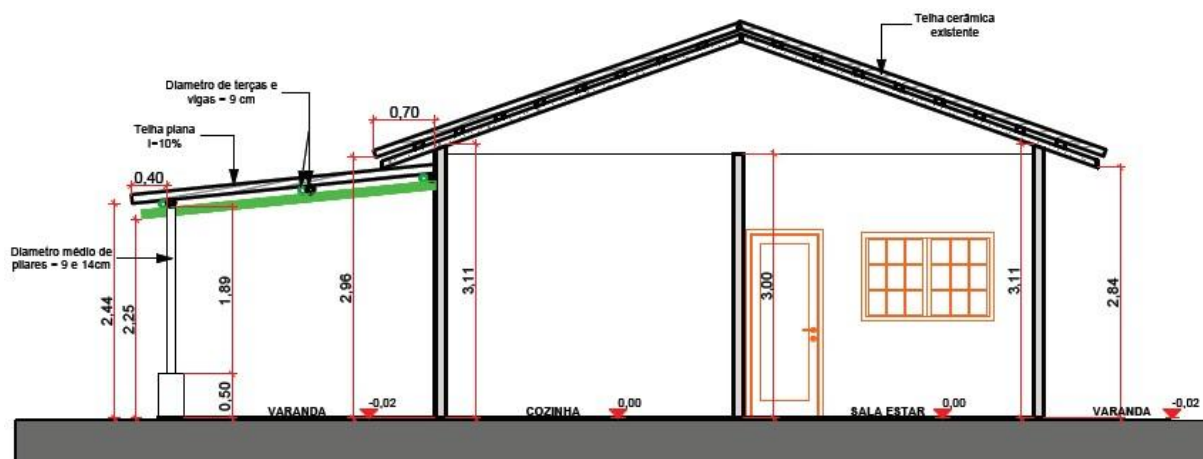
Perspectiva - estrutura de cobertura
S/ escala



Perspectiva - estrutura de cobertura
S/ escala



Corte AA
S/ escala



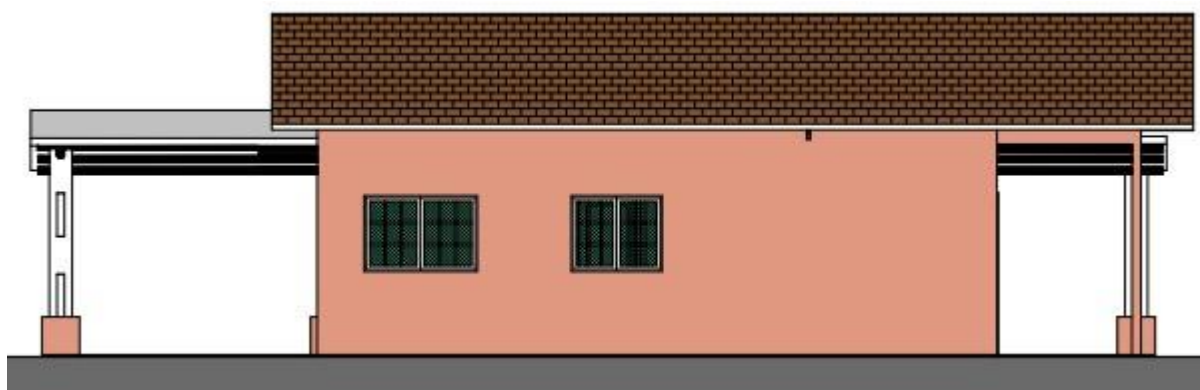
Corte BB
S/ escala



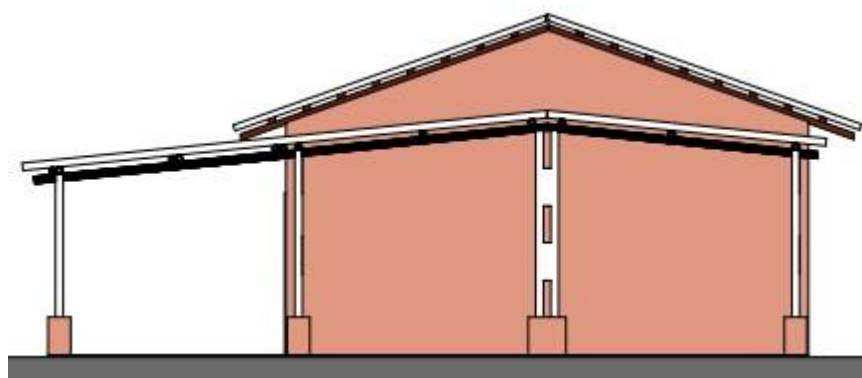
Fachada frontal
S/ escala



Fachada lateral direita
S/ escala

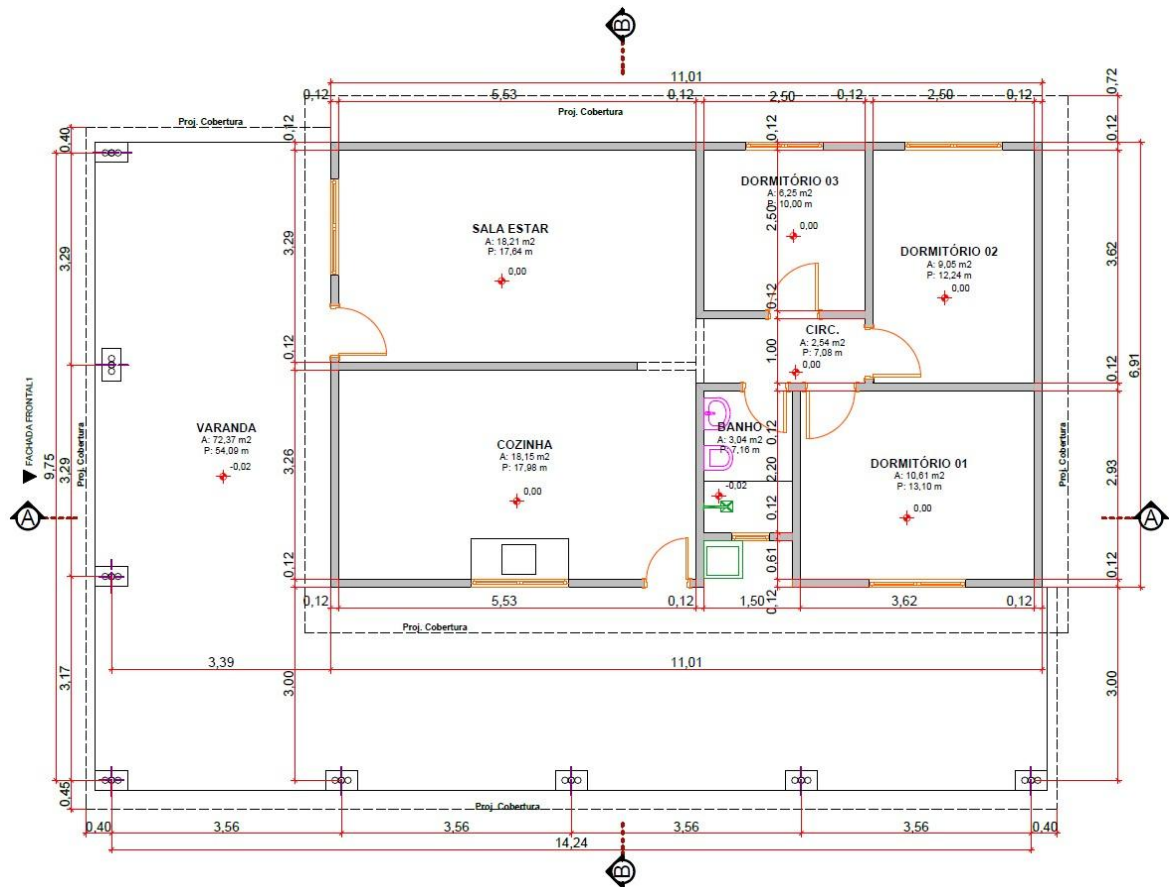


Fachada lateral esquerda
S/ escala

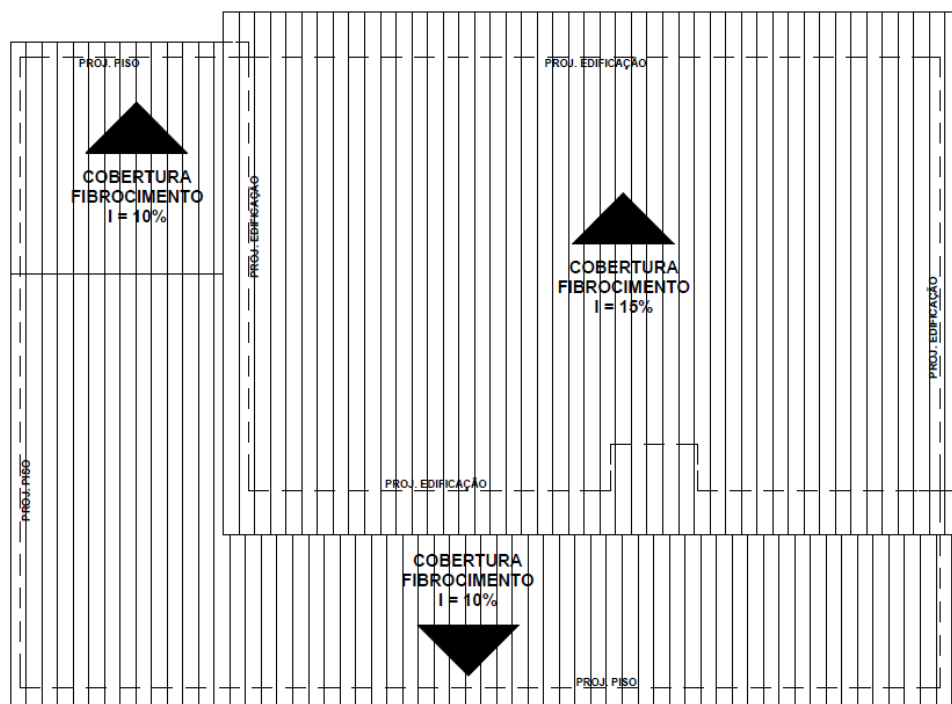


Fachada posterior
S/ escala

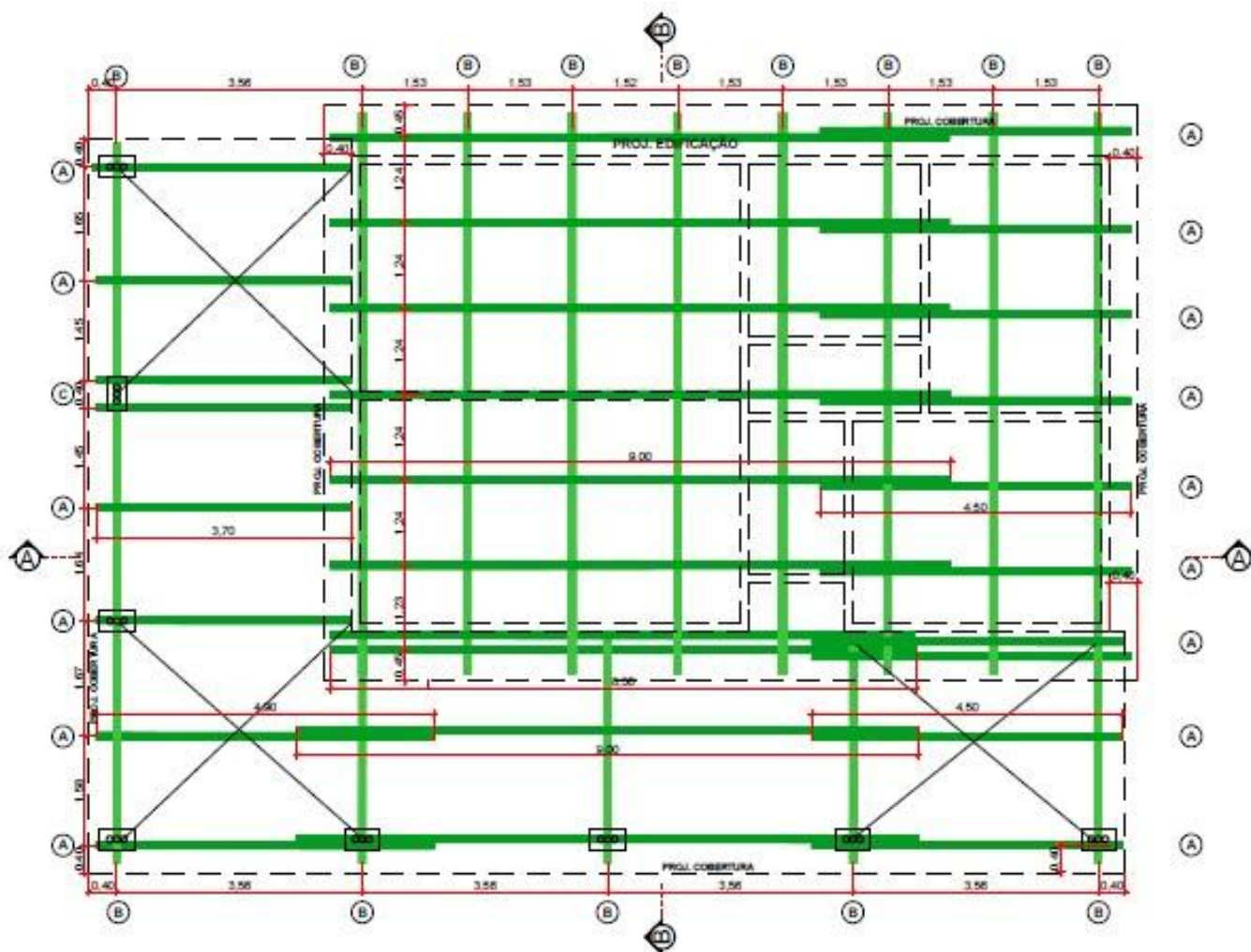
4.4.4.2 Projeto - cobertura da futura casa



Planta Baixa
S/ escala



Cobertura
S/ escala



Estrutura de cobertura
S/ escala

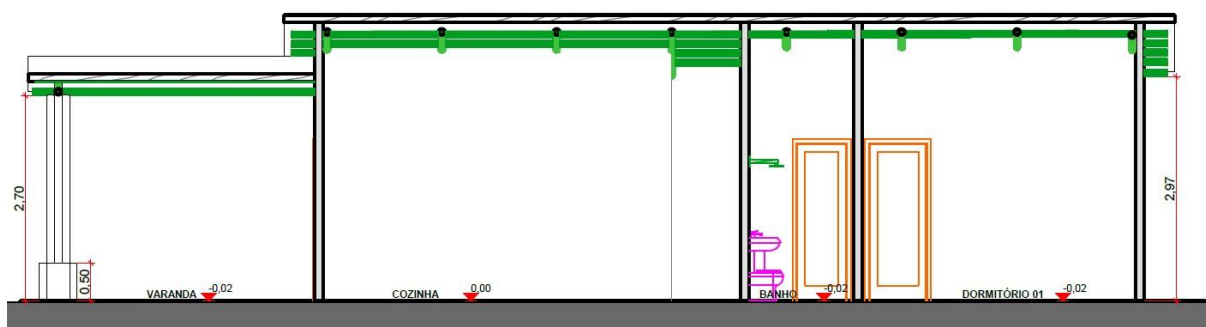
- LEGENDA:
- (A) TERÇAS INTERNAS
 - (B) VIGAS DE APOIO
 - (C) PILAR CRÍTICO



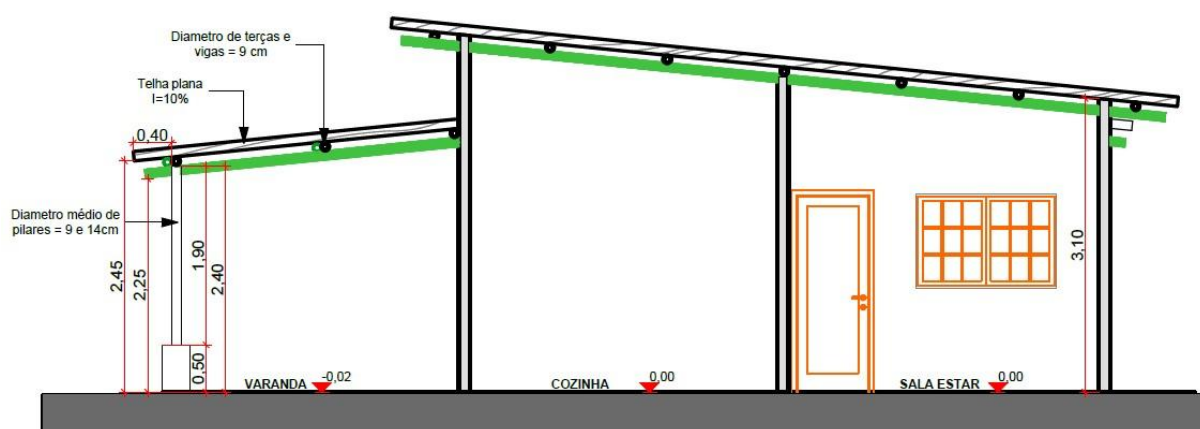
Fachada frontal
S/ escala



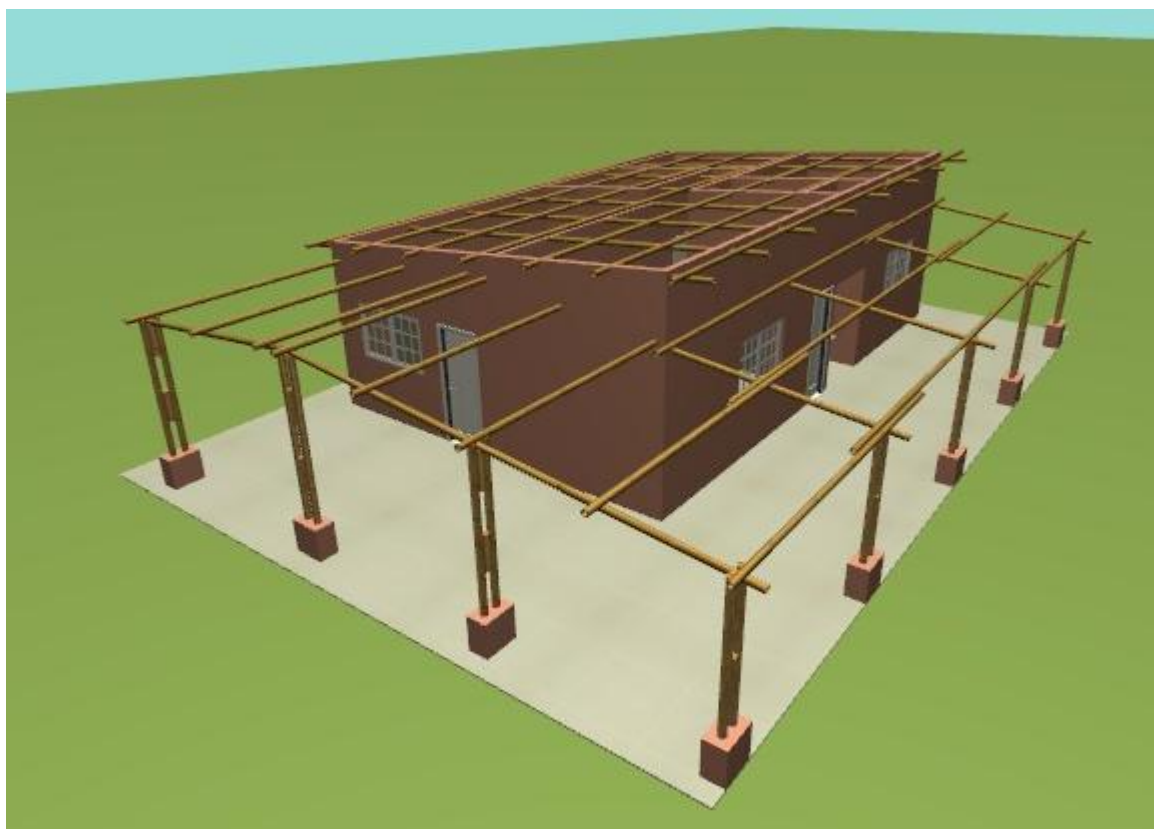
Fachada lateral direita
S/ escala



Corte AA
S/ escala



Corte BB
S/ escala



Perspectiva frontal - estrutura de cobertura
S/ escala



Perspectiva posterior - estrutura de cobertura
S/ escala

4.4.5 Ferramentas e equipamentos

Outro fator importante a ser considerado é a disponibilidade de ferramentas, as quais devem ser adquiridas logo no início da obra para evitar possíveis atrasos ou erros. Para as situações em que se torna inviável a utilização de rede elétrica, pode ser utilizado o arco de pua em substituição a furadeira, e formão e grosa em substituição a serra copo, por exemplo.

Tabela 21 – Ferramentas e equipamentos

Fonte: do autor

Etapas	Ferramentas
Plantio	Enxada, enxadão, pá coração, pá de ponta, cavadeira manual
Cultivo e manutenção	Enxada, enxadão, tesoura de poda, facão, regador
Colheita	Serrote de poda, tesoura de poda
Tratamento	Injeção para vacina animal ou pulverizador, arco de pua, martelo pequeno, martelo de borracha
Montagem do sistema de cobertura	Arco de serra ou serra corte, arco de pua ou furadeira, formões, grosas, chaves de boca, chaves de fenda, alicate, trena, prumo, nível de mão, esquadro, marretas de borracha, martelo, balde de pedreiro, enxada, pá coração.



Fig. 93 - Ferramentas para montagem da estrutura de cobertura

Fonte: do autor (2014)

4.4.6 Lista de Insumos

A seguir é apresentada uma lista de materiais para execução do sistema de estrutura. A quantidade considerada para a fundação refere-se a execução de apenas uma sapata.

Tabela 22 – Lista de insumos

Fonte: do autor

Fundação (brocas) e sapata			
	Material	un	qde
Varanda	Cimento (saco de 50kg)	sc	2
	Areia grossa (lata de 18l)	lata	10
	Brita 1	lata	13
	Arame recozido	kg	1
	Aço CA 50 - 1/4"	m	24
	Aço CA 50 - 3/8"	m	2,5
	Aço CA 50 - 1/2"	m	2,5
	Cobertura		
	Telha de fibrocimento ondulada 3,66m/ 6mm	un	23
	Cumeeira de fibrocimento 6mm	un	04
	Arruelas/buchas de PVC/porcas sextavadas e parafusos 20mm x 8mm rosca soberba (para fixação das telhas)	cj	138
	Arruelas/porcas sextavadas e parafusos 20mm x 8mm rosca soberba (para união das terças e vigas)	cj	40
	Barra roscável 5/16" (para união dos pilares)	m	10
	Barra roscável 5/16" p/ confecção de gancho (união da terça de beiral e pilares)	m	6,5
	Arruelas e porcas sextavadas para barra roscável 5/16" (união de pilares)	cj	80
Casa	Terças e vigas de bambu de 9m (diâmetros entre 8,50 e 9,00cm)	un	10
	Pilares de bambu (diâmetro de 9,00cm)	un	5
	Telha de fibrocimento ondulada 2,13m/ 6mm	un	36
	Telha de fibrocimento ondulada 2,44m/ 6mm	un	12
	Arruelas/buchas de PVC/porcas sextavadas e parafusos 20mm x 8mm rosca soberba (para fixação das telhas)	un	216
	Arruelas/porcas sextavadas e parafusos 20mm x 8mm rosca soberba (para união das terças e vigas)	un	84
	Terças e vigas de bambu de 9m (diâmetros entre 8,50 e 9,00cm)	m	18

Tabela 23 – Plano de corte das varas de bambu

Fonte: do autor

Fonte: do autor.

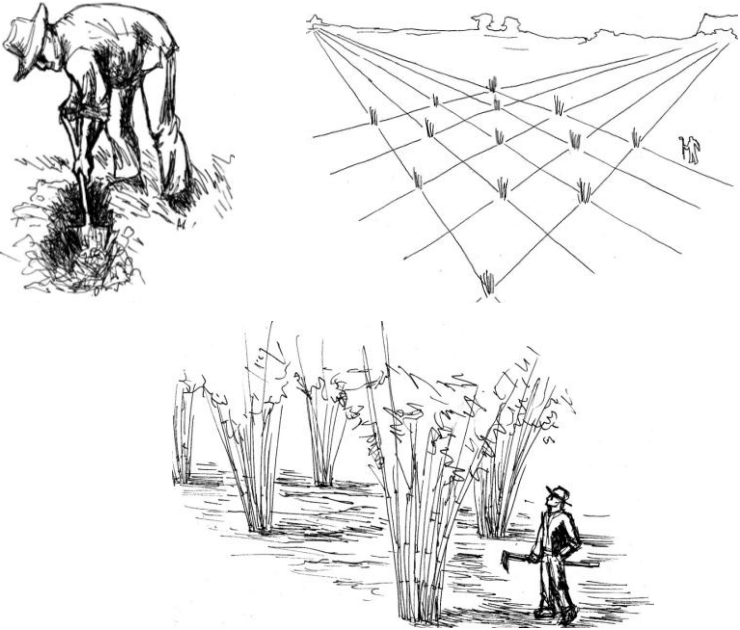
Sistema de Cobertura					
Varanda	Função	Diâmetro (cm)	Comp. (m)	Qde.	Total (m)
	Pilar crítico	9,00	2,50	02	5,00
	Pilares da fachada frontal		2,25	04	9,00
	Pilares da fachada lateral		2,00	10	20,00
	Peças de ligação dos pilares		0,50	16	8,00
	Terças da varanda frontal	8,50 - 9,00	3,70	06	22,20
	Terças da varanda lateral		4,50	05	22,50
			9,00	02	18,00
			8,50	01	8,50
	Vigas inclinadas da fachada		3,60	01	3,60
Vigas da varanda lateral	6,80		01	6,80	
	3,35		04	13,40	
	Casa		Terças	9,00	07
Vigas		4,50	07	31,50	
		8,15	08	65,20	
Total geral (m)					296,70

4.4.7 Etapas do Cultivo do Bambu e Montagem do Sistema de Cobertura

A partir de mudas produzidas em outros locais, a primeira etapa inicia-se com o plantio direto das plantas, conforme descrito a seguir:

Tabela 24 – Cultivo do bambu

Fonte: do autor

1. Aberturas de covas - espaçamento para plantio	Abrem-se covas de 40cm x 40cm x 40cm. Para espécies maiores como o bambu <i>Guadua angustifolia</i>, o espaçamento entre as covas deve ser de 5,00 x 5,00m, permitindo o desenvolvimento seguro e saudável das touceiras. O plantio pode ser feito ao longo das divisas do lote para não comprometer a área de produção agrícola.	
2 Adubação das covas e mudas	Em cada cova coloca-se 300g de calcário dolomítico, 150g de superfosfato simples, 150g de cloreto de potássio e 20l de esterco de curral curtido. As mudas são transplantadas definitivamente para as covas e protegidas com cobertura morta	
3 .Regas e adubação de manutenção	As regas devem ser frequentes e devem se tomar cuidados com ataques de formigas. Anualmente deve se fazer a adubação de manutenção, usando-se a fórmula 20- 05 - 20 (NPK) como adubação química. Essa adubação de cobertura deve ser aplicada em 3 vezes, a primeira no início das chuvas, a segunda no meio da estação e última no final.	

4. Manutenção das touceiras	Quando as mudas são pequenas o roço é feito com enxada impedindo o crescimento de ervas daninhas, porém sempre preservando a cobertura morta para manter a umidade do solo. Quando maiores utiliza-se tesoura de poda.	
-----------------------------	--	--

Tabela 25 – Corte e colheita do bambu

Fonte: do autor

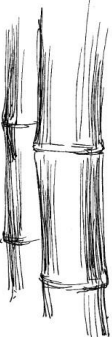
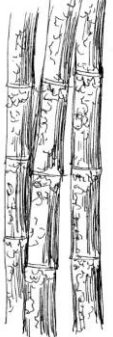
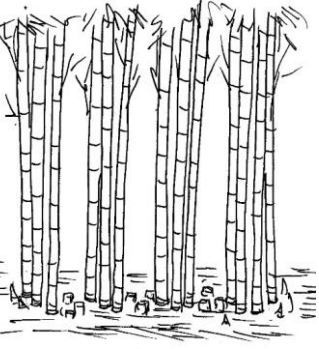
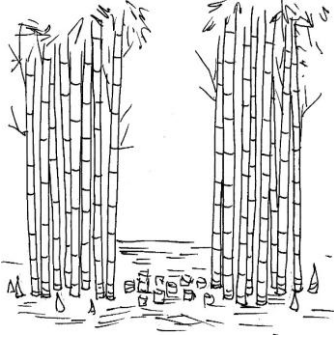
5.Corte	Devem-se cortar apenas colmos maduros, entre 4 e 6 anos de idade. Nessa fase os colmos maduros são geralmente manchados.		
		colmo imaturo	colmo maduro
	O corte deve ser feito logo acima do 2º nó e ser realizado de modo que o colmo não fique com aspecto de um "copo", pois o acúmulo de água nesse local pode causar o apodrecimento do rizoma. A retirada de colmos da touceira deve ser realizado de forma a preservar o contínuo desenvolvimento da moita, através de cortes de varas em pontos intercalados. Cortes pontuais devem ser evitados.		
			
		corte correto	corte incorreto

Tabela 26 – Secagem e transporte do bambu

Fonte: do autor

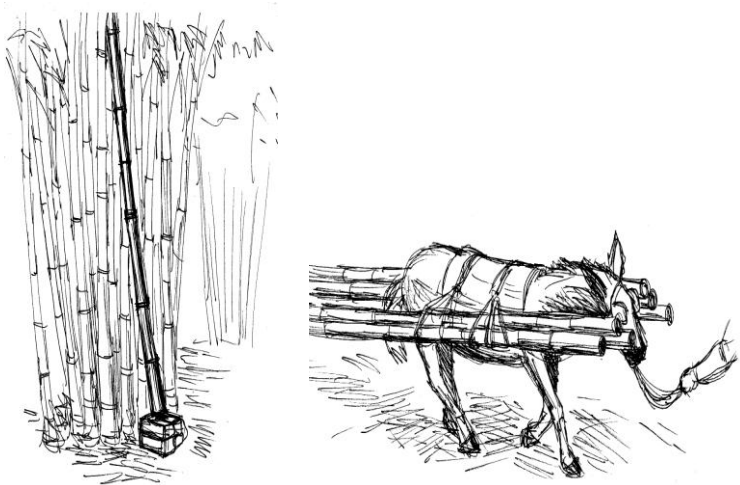
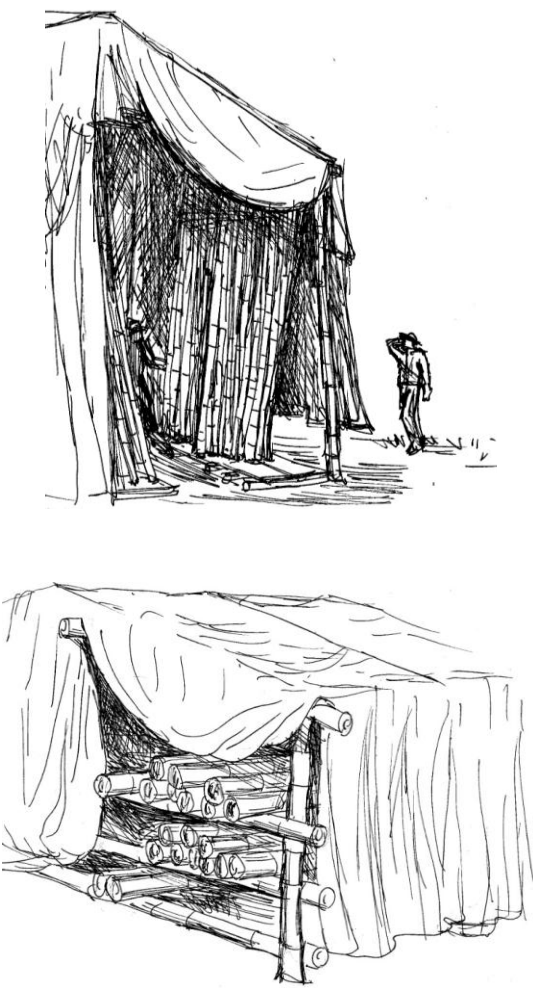
6. Secagem na mata e transporte	O colmo é cortado e deixado apoiado sobre o próprio nó ou pedra na touceira por 6 semanas. Após o período de secagem da mata, o bambu é levado para a secagem em local coberto. Na ausência de veículo para o transporte podem ser usados animais.	
7. Secagem na posição vertical ou horizontal em local coberto	Os locais cobertos destinados a secagem dos colmos devem possuir boa ventilação e não permitir que o bambu tenha contado com o chão. Na ausência de galpões ou cobertos para a secagem, podem ser feitas coberturas com lona. O tempo de secagem deve variar entre 6 a 12 semanas, de acordo com a umidade do bambu e do ambiente. Os colmos podem ser mantidos na horizontal ou na vertical, sendo que nesta posição, a secagem é mais rápida devido a maior facilidade de escoamento.	

Tabela 27 – Tratamento do bambu
Fonte: do autor

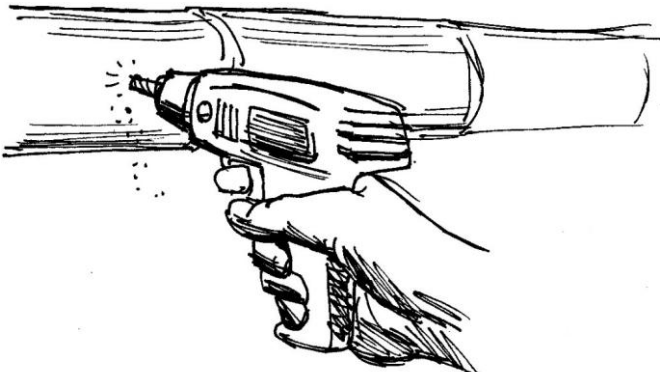
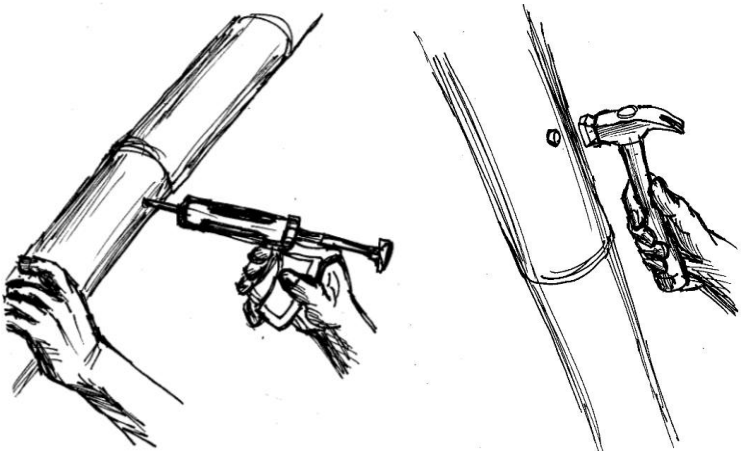
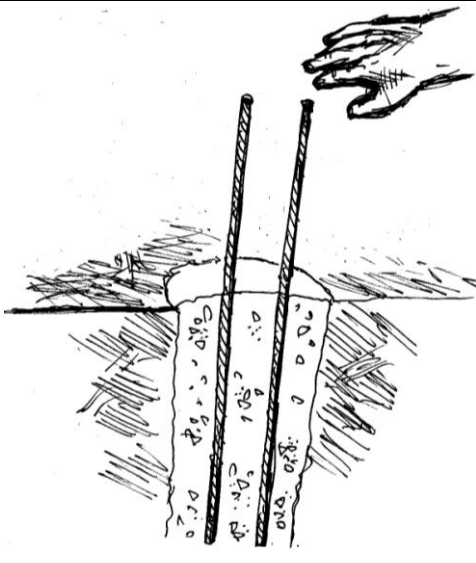
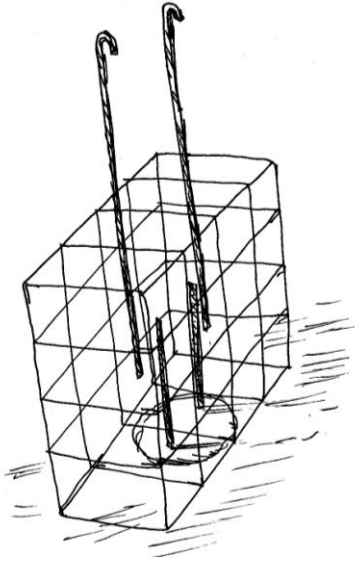
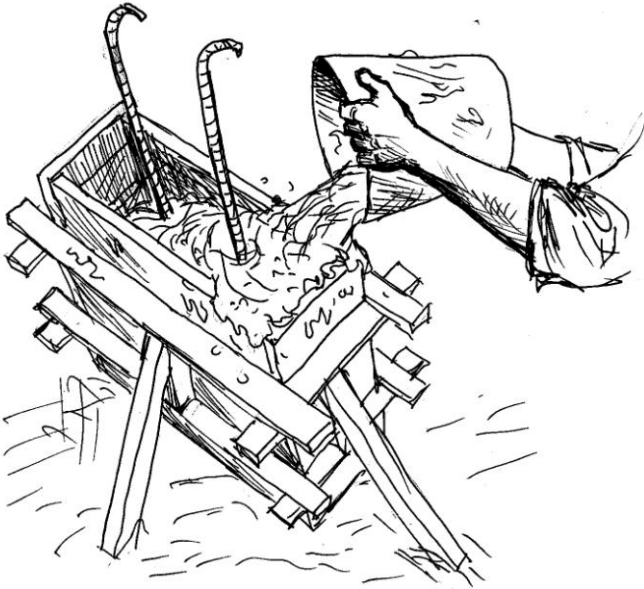
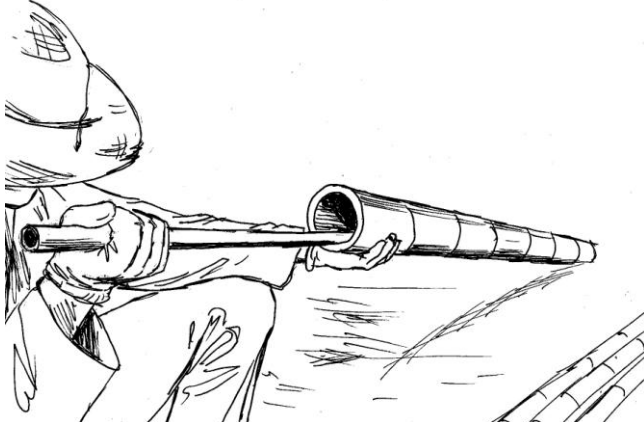
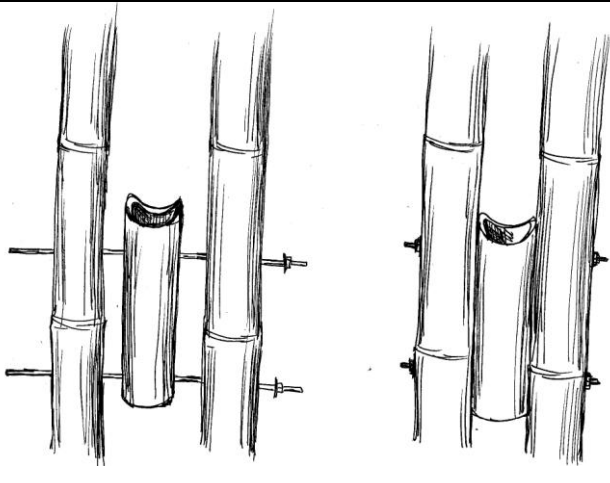
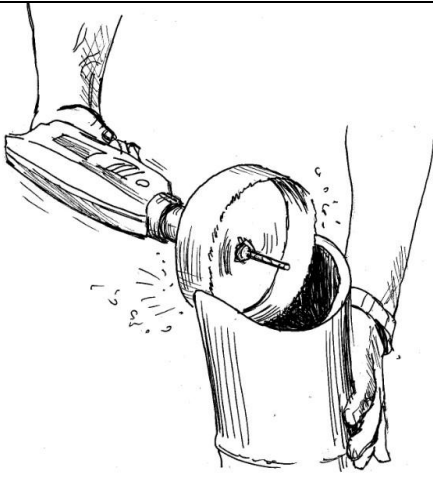
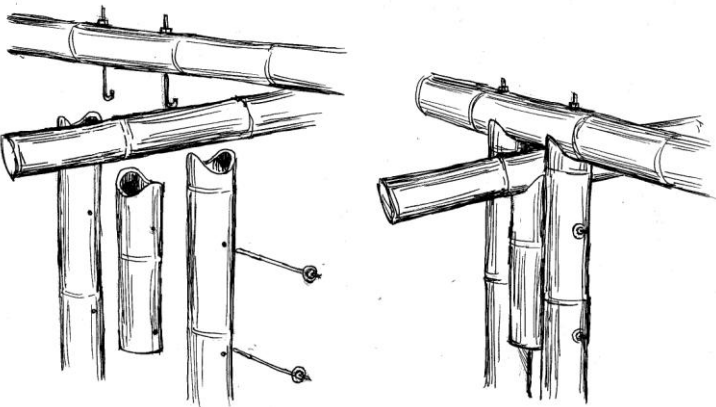
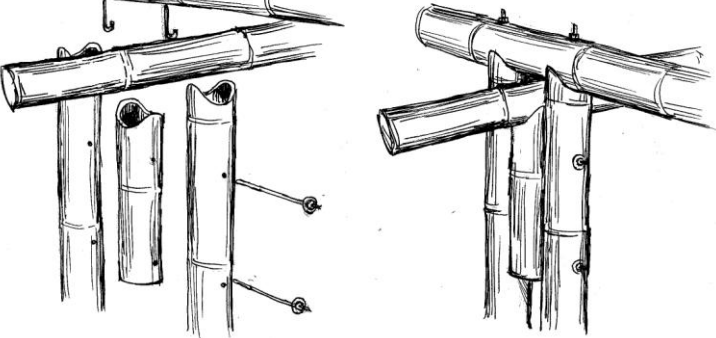
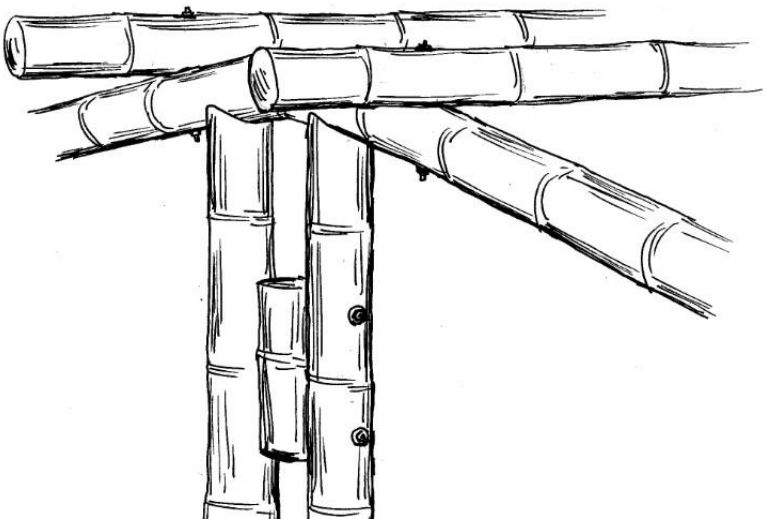
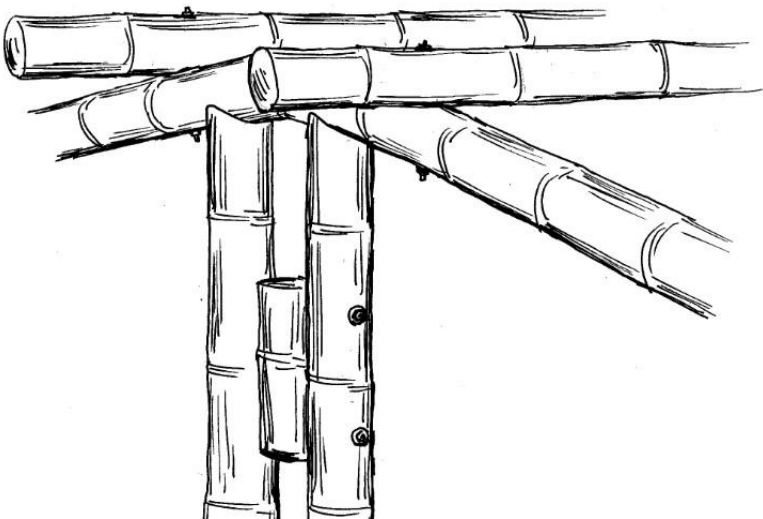
8. Perfuração dos entrenós	Cada entrenó é perfurado com furadeira ou arco de pua para aplicação de solução química do fertilizante DOT (Octaborato dissódico tetra-hidratado).	
9. Aplicação da solução química	Através de pulverizador ou injeção de vacina animal é injetada a solução de DOT (Octaborato dissódico tetra-hidratado) em cada entrenó do colmo. A mistura será feita na proporção de 250g do produto para 1 litro de água. Os furos são tapados com taliscas de bambu ou cera de abelha para evitar que a solução vaze.	
10. Giro da vara de bambu	Após a injeção da solução e fechamento dos furos, a vara de bambu é girada para embeber o interior do colmo com o preservante.	

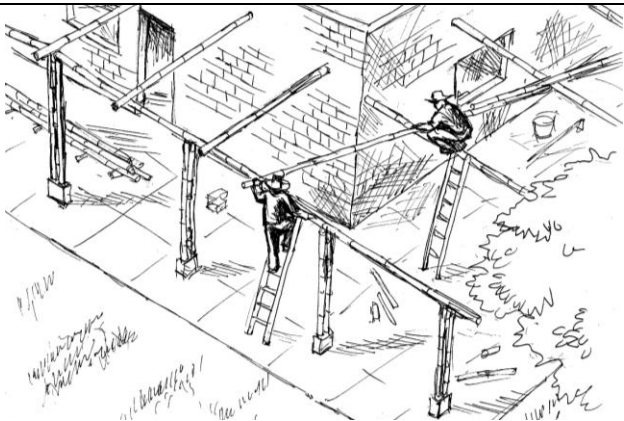
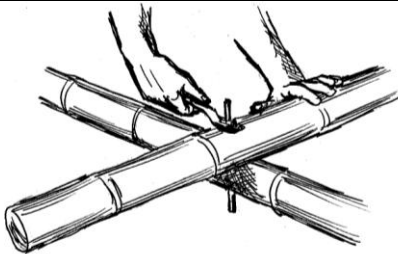
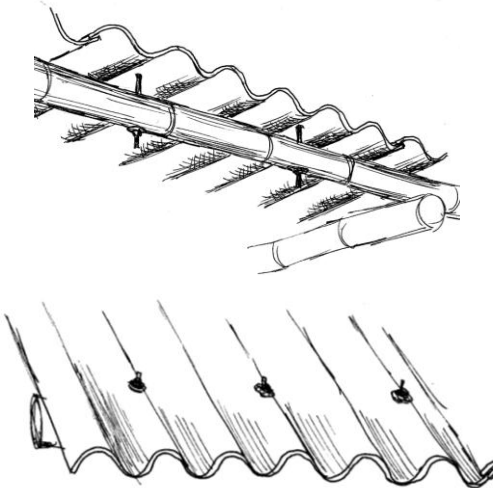
Tabela 28 – Montagem do sistema de cobertura
Fonte: do autor

11. Locação da obra	Antes da execução das brocas dos pilares da varanda, a locação da obra deve ser realizada obedecendo as medidas do projeto.	
12. Fundação	Inicialmente deve feita a escavação com trado manual para execução da broca com 20cm de diâmetro e 3,5m de profundidade.	
13. Concretagem da broca	Devem ser deixados dois arranques de 1/2" com no mínimo 80cm concretados no interior da broca e 30cm para fora. Por fim concretar-se o conjunto na proporção de: - 1 saco de cimento; - 5 latas (18l) de areia; - 6 latas e meia de pedra; - 1 lata e meia de água;	

14. Armadura do bloco	A armadura do bloco deve ser armada em aço CA 50 1/4" e dimensões 44cm x 44cm x 24cm e colocada sobre a cabeça da broca	
15. Concretagem do bloco	O bloco deve ser concretado no mesmo traço utilizado para a execução das brocas. A caixaria deve ser montada de modo permitir a concretagem final de 50cm x 30cm x 50cm de altura. Deve ser previstos 2 arranques de no mínimo 3/8" de diâmetro e 111,5cm de comprimento, sendo 44 cm no interior e 67,5cm fora do bloco.	
16. Perfuração dos diafragmas	Os pilares serão instalados sobre os arranques, para tanto os primeiros diafragmas até a altura do segundo entrenó devem ser abertos com uma barra roscada.	

17. Ligação e preenchimento dos pilares com argamassa	Através de furos previamente abertos nos entrenós, é executado o preenchimento de cimento e areia grossa no traço 1:4.	
18. União dos pilares	A união dos pilares será feita através de pedaço de colmo cortado de nó a nó, o qual será parafusado nos pilares com parafuso galvanizado 5/16" e demais acessórios (porcas e arruelas) galvanizados.	
19. Execução do entalhe boca de peixe	Deverá ser executado entalhe tipo "boca de peixe" no pedaço de colmo que será disposto entre os pilares e que receberá a viga da cumeeira da varanda.	

20. Vigas inclinadas laterais da varanda	De um lado, serão apoiadas na alvenaria, do outro, encaixadas no entalhe "boca de peixe" e ancoradas no parafuso disposto entre os pilares.	
21. Terças sobre os pilares	A terça final será apoiada sobre o entalhe "boca de peixe" dos pilares. As barras roscáveis com gancho devem ser engastadas nos parafusos dispostos os pilares, passar pela viga e serem parafusadas sobre a terça.	
22. Vigas inclinadas frontais da varanda	Serão apoiadas no entalhe "bico de flauta" dos pilares e serão engastadas no pedaço de colmo disposto entre os pilares e que sustenta a viga reta. Todo o conjunto será conectado através de parafuso galvanizado 5/16". Neste caso a distância do parafuso até o extremo do colmo deve ser mais de 15cm.	
23. Viga reta da cumeeira	Será apoiada na alvenaria e encaixada no entalhe "boca de peixe" executado no pedaço de colmo disposto entre os pilares.	

24. Transpasse de vigas	As terças que terão que vencer dimensões superiores a 9m (comprimento médio dos colmos) deverão ser transpassadas através de ligações com parafusos de rosca soberba, arruelas e porcas.	
25. Montagem da estrutura	Após a montagem das vigas e pilares, as terças são parafusadas nas vigas para posterior instalação das telhas.	
26. Fixação das terças	Após a montagem das vigas e pilares, as terças devem ser parafusadas nas vigas com parafusos 5/16", para posterior instalação das telhas. O espaçamento entre parafusos deve estar entre 15cm e 25cm..	
27. Instalação das telhas	As telhas serão parafusadas sobre as terças de bambu, sempre na onda mais alta na segunda e quinta onda, com parafusos de rosca soberba 5/16" e comprimento entre 20 e 23 cm, que deverão passar através do colmo e ser fixados sob a terça com porca e arruela. Nas quinas do telhado da casa, as telhas devem ser fixadas na segunda, quarta e sexta onda mais alta.	

5. CONCLUSÕES

A revisão da literatura nos mostra que o uso do bambu *guada* na construção civil no Brasil ainda é restrito a residências particulares e a poucas edificações de cunho institucional ou comercial. Isso deve-se a falta de conhecimento da população sobre o material e principalmente a ausência de uma norma específica brasileira para dimensionamento estrutural de estruturas em bambu. Por outro lado, em países vizinhos, como Colômbia, Equador, Peru, entre outros, o bambu tem seu valor reconhecido e seu uso na engenharia e arquitetura é comum.

Através das pesquisas participantes verificou-se a insatisfação com alguns materiais utilizados na construção das casas e a aceitação do bambu seria somente por esse motivo, ou seja, como uma alternativa ao uso da madeira e não pelas suas potencialidades, até porque, como é sabido, trata-se de uma cultura ainda desconhecida e pouco difundida em nosso País. Contudo, essa oportunidade pode criar novas perspectivas ao assentado, pois além de atender as necessidades construtivas do pequeno produtor rural, a produção do bambu nos assentamentos poderá em breve espaço de tempo suprir outras demandas a exemplo do PNHR (Programa Nacional de Habitação Rural), o qual concede subsídios através de recursos do OGU e também do FGTS ao beneficiário (pessoa física), agricultor familiar ou trabalhador rural, ordenados por uma Entidade Organizadora, para a aquisição de material, para a construção, conclusão ou reforma/ampliação da unidade habitacional. Entre suas várias diretrizes, vale elencar algumas que tem relação direta com o teor deste trabalho:

- Os projetos arquitetônicos devem ser compatíveis com as características regionais, locais, climáticas e culturais da localidade e prever, ainda, a ampliação futura da moradia;
- Atendimento a projetos que contemplem parâmetros de sustentabilidade ambiental;
- Atendimento a projetos que contemplem parcerias de capacitação, assistência Técnica (ATEC) e Trabalho Social (TS) com instituições públicas e privadas especializadas;
- Atendimento aos agricultores familiares assentados, beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA).

Seguindo essas diretrizes, obteve-se um sistema de cobertura adaptável a atual tipologia arquitetônica encontrada nos assentamentos que respeita as necessidades dos assentados quanto a

construção e/ou ampliação do sistema de cobertura das moradias, levando-se em conta as características do meio rural, como o uso de ferramentas e materiais já conhecidos pelos camponeses.

Além de ser exequível, replicável, durável, seguro e permitir manutenções e/ou substituições futuras, o projeto e o processo construtivo têm caráter sustentável, através do cultivo do bambu na própria propriedade rural, permitindo mais autonomia ao assentado na seleção e na produção perene do material (colmos), poupando tempo e eliminando gastos com beneficiamento industrial, transporte e aquisição da estrutura de cobertura para a construção das casas.

Esse conjunto de fatores foi materializado na elaboração de uma cartilha, resultado do presente estudo, tendo como público alvo o pequeno produtor rural, contudo, para implantação real da proposta, mecanismos como transferência de tecnologia e parcerias com instituições públicas e/ou privadas são fundamentais.

Por fim, além de fazer sua própria construção, o pequeno produtor rural, através do cultivo do bambu, poderá, com o tempo comercializar esse produto e seus subprodutos, criando oportunidade de trabalho e geração de renda com perspectivas reais, minimizando a migração para os centros urbanos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANDA JR., M. L. **Relatórios de Aferição de Medições no Assentamento Santa Mônica, no município de Terenos/MS**, 2010;2011;2012;2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p

AZZINI, A.; SALGADO, A. L. de B. **Possibilidades Agrícolas e Industriais do Bambu**. O Agrônomo. Campinas: Instituto Agrônomo; v. 33, n. 1, p. 61-80, 1981.

BARBOZA, A. S. R.; Barbirato, J. C. C.; Silva, M. M. C. P. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social**. Ambiente Construído, v.8, p.115-129, 2008.

BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo, **Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu guadua: um estudo de caso no Equador**. Dissertação (mestrado) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, SC, 2012.

BORGES, Osmarino; GUTIÉRREZ-CÉSPEDES, German H. **Os benefícios socioambientais das florestas de bambu (bambusa vulgaris), no nordeste do brasil**. In: I SEMINÁRIO NACIONAL DO BAMBU, 1., 2006, Brasília, DF. Estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento. Brasília: Gráfica e Editora Ideal Ltda., 2011. p. 1 - 197.

CAEIRO, João Gabriel Boto de Matos. **Construção em bambu**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CANDELARIA, Victor Rubén Ordóñez, Et al. **Manual para la construccion sustentable con bambu**. Comisión Nacional Forestal. Estados Unidos Mexicanos - Gobierno Federal.

CARDOSO, Júnior. Rubens. **Arquitetura com bambu**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Convênio UNIDERP (Universidade para o desenvolvimento do estado e da região do Pantanal) – UFGRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 2000.

COLETTI, Mariana NBF et al. **Adequação do Projeto de Habitação Rural ao Perfil de seus Moradores em Assentamentos Rurais de Ocupação Recente. Caso da Comunidade 3/MST, do Assentamento Santa Monica-Terenos/MS**. XIII ENTAC, 2010.

CÓRDOVA ALCÍVAR, Pedro Luis. **Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadúa Angustifolia Kunth del Ecuador**. 2014. Tese de Doutorado.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC. **El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible**.

DA SILVA, Isaac Freitas; PEREIRA, Daniel dos Santos; SILVA, Silvana Rocha Ferreira. **Estudos Morfológicos do Bambu (Bambusa cf. vulgaris L.), uma Espécie Invasora em Área de Mata Atlântica no Parque Municipal de Maceió-Alagoas**. Revista Semente, v. 6, n. 6, 2013.

DUNKELBERG, Klaus. **Bamboo as a building material**, in: IL31 Bambus, KarlKrämer Verlag Stuttgart, 1992.

Environmental Bamboo Foundation. **Difusão por Encharcamento Vertical**. Indonésia, Bali. 2003. 24 p. Traduzido e adaptado para o português pelo Instituto do Bambu.

FERREIRA, Lucas Guilherme Reis. **Qualidade do tratamento preservativo de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad.)**. 2010.

FILGUEIRAS, T.S., GONÇALVES, A.P.S. **Bambus Nativos no Brasil: Oportunidades e desafios para seu Conhecimento**. Anais do Seminário nacional de Bambu, Brasília, Faculdade de Arquitetura e urbanismo, Universidade de Brasília, 2006.

FILGUEIRAS, Tarciso S.; LONDOÑO, Ximena. **Anais do Seminário Nacional de Estruturação da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento do Bambu**. Brasília-DF, 2006.

FONSECA, Ingrid CL et al. **152-Uma casa de Lucio Costa em Laranjeiras-Aspectos Ambientais observados na década de 30 e nos dias atuais**.

GARCÍA, R. R. **Preservación de la Guadua**. Publicaciones de la Universidad San Buenaventura. Cali, Colombia, 2003.

GHAVAMI, K. Ultimate Load Behaviour of Bamboo - Reinforced lightweight concrete beams. **Cement and Concrete Composites**. Netherlands: Elsevier, v. 17, n. 4, p. 281-288, 1995.

GHAVAMI, K., BARBOSA, N. P. **Bambu**. Instituto Brasileiro do Concreto, cap. 47.

GHAVAMI, K., MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia***. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

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

GLENN, H. E. **Bamboo reinforcement of portland cement concrete structures**. Clemson College Engineering Experiment Station. Bul. 4. Clemson, S.C, 1950

GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu: Cultivo e Manejo**. 1.ed. Florianópolis: Insular, 2011. 184p.

GROSSER, Dietger; LIESE, Walter. **On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles**. Wood Science and technology, v. 5, n. 4, p. 290-312, 1971.

INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui (coord.). O encontro de famílias e assessores: organizando grupos para projetos de habitação rural. Projeto Inovarural. **Habitação rural com inovações no processo, gestão e produto: participação, geração de renda e sistemas construtivos com recursos locais e renováveis**. (Caderno Amarelo) – Coleção Cadernos Inovarural, Caixa Econômica Federal, 2005.

JAYANETTI, D. L.; FOLLETT, P. R. **Bamboo in construction: an introduction**. Ed. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Colombia: TRADA Technology Limited, Department for International Development (DFID), 1998.

JANSSEN, J. J. A. **Building with bamboo**. London: Intermediate Technology Publications. 1988.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and Building with Bamboo**. Beijing/China: Inbar - International Network for Bamboo and Rattan, 2000. 207 p. Technical Report nº 20

KLEINE, Hans J. **Bambu: Tecnologia e Durabilidade**. Santa Catarina, Brasil, 2010. 65p.

KUSAK, V. **Bamboo World: The growing and use of clumping bamboo**. Kangaroo Press. Australia, 1999. 224 p

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço**. Rio de Janeiro: Editora Tibá, 1997. 702 p.

LIESE, W. **Bamboos - Biology, silvics, properties, utilization**. GTZ, Germany, 132p., 1985.

LIESE, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia, 1980, Ottawa. Proceedings. Ottawa: IDRC, 1980. p. 165-172

LIESE, W.; **A preservação do colmo de bambu com relação à sua estrutura**. Texto de conferência apresentada durante o Simpósio Internacional Guadua, em 2004, em Pereira, Colômbia. Tradução do Prof. Antonio L. Beraldo, Feagri – Unicamp, mediante autorização do autor.

LONDOÑO, Ximena; PETERSON, Paul M. **Guadua chacoensis (Poaceae: Bambuseae), its taxonomic identity, morphology, and affinities**. Novon, p. 41-47, 1992.

LONDOÑO, Ximena et al. **Caracterización anatómica del culmo de Guadua angustifolia Kunth (Poaceae: Bambusoideae)**. Colombia. 12p, 2003.

LÓPEZ, O. H. **Manual de construcción con bambú**. Estudos Técnicos Colombianos, 1981. Ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de Bambu y Madera – CIBAM, 1974.

LÓPEZ, O. H. **Bamboo, the gifts of the gods**. Colombia, Bogota: D'vinni Ltda, 2003.

MANHÃES, A. P. **Caracterização da Cadeia Produtiva do Bambu no Brasil: Abordagem**. 2008. 32 p. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Soropédica, 2009.

MARAGNO, G. Vieira; COCH, Helena. **O Desenho da varanda e sua repercussão ambiental na arquitetura das casas brasileiras**. XI ENCAC/VII ELACAC, 2011.

MARÇAL, Vitor Hugo. **Uso do bambu na construção civil**. 2008. 60 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília-DF, 2008.

MARQUEZ, F.L. **Arquitetura em Bambu: Técnicas construtivas na utilização do bambu como material arquitetônico**. PIBIC Mackenzie, 2006.

MEYER, Tina Miriam. **Equipamentos urbanos de bambu com ligações de fibras vegetais em matrizes poliméricas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, PB, 2006.

MONTOYA A., Jorge. **Evaluación de métodos para la preservación de la Guadua angustifolia kunth**. Scientia et Technica Año XIV, No 38. Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.

MORADO, Denise. **Material de Fibra**. Revista técnica, São Paulo, n.9, p.32-36, mar/abr. 1994

NASCIMENTO, A. M.; STACHERA, S.F.; XAVIER, L. M. **Tratamentos preservantes aplicados ao *Bambusa tuldoidea* (Munro)**. II Congresso Íbero-americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais / I Seminário em Tecnologia da Madeira e Produtos Florestais não Madeiráveis. 9 a 13 de setembro de 2002, Curitiba, PR, Brasil.

NMBA. **Processing bamboo shoots**. Training manual. New Delhi, India. 2004. 27 p.: il.

NOIA, P. R. C. **Sustentabilidade socioambiental: Desenvolvimento de sistemas construtivos em bambu no Vale do Ribeira, SP**. 2012. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NUNES, Antônio Ricardo sampaio. **Construindo com a natureza. Bambu:uma alternativa de ecodesenvolvimento**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

PADOVAN, Roberval Bráz. **O Bambu na Arquitetura: Design de conexões estruturais**. 2010. 184f. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru – SP, 2010.

PEREIRA, Marco Antônio dos Reis et al. **Projeto de Produção e Processo de Pré-fabricação de Componentes de Bambu**. Floresta e Ambiente, p. 200-209, 2012.

PEREIRA, M. A. dos R. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Apostila de curso, UNESP, Bauru/SP, 2001.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO A. L. **Bambu de corpo e alma**, Bauru, Editora Canal 6, 2008.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto Bambu: manejo e produção de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*), cultivado na Unesp/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica**. Relatório Fapesp (2003/04323-7), 2006a.

PINZÓN, T.M. **Ensayo preliminar de contenido de azúcar en la guadua**. Pereira, Colômbia: FMA, 2002. 12p

POPPENS, Ronald; MORÁN, Jorge. **Vivir con la guadúa**. Publicação INBAR. Quito, 2005. 64p.

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

REHMAN M. A., Ishaq S. M.: **Seasoning and Shrinkage of Bamboo**. Indian Forest Records, Vol. 4 N°2, Forest Research Institute, Dehra Dun India 1947.

ROSALINO, Frederico (coord.). **Uso do bambu em construções rurais**. IBRACI - Instituto Brasil Cidadão. Brasília/DF, 2011.

SALAS DELGADO, Eduardo et al. **Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia**. 2006.

SALGADO, A. L. B.; GODOY JÚNIOR, G. **O bambu no Brasil, em nossa vida, nossa cultura, seu cultivo e utilização**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL O USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2002, Maceió. Anais... Alagoas: [s.n.], 2002

SARLO, H.B.; **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambus sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleóptera:Bostrichidae)** / Helena Bergi sarlo. – Viçosa: UFV, 2000. 50P

SARTORI, E. de M. **O uso de painéis de bambu na habitação de interesse social**. 2000. 125f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFGRS – convênio com a Universidade para o Desenvolvimento do Estado e Região do Pantanal – UNIDERP, 2000.

SARTORI, E. de M.; CARDOSO Jr., R.; BRASILEIRO, S. B. de C. **Caracterização de uma residência de interesse social sustentável à base de bambu e terra estabilizada, no bairro Bebedouro, comunidade Juvenópolis, em Maceió, Al - Brasil**. Instituto do Bambu, 2003.

SILVA, Roberto Magno de Castro. **O bambu no Brasil e no mundo**. Jan. 2010. 57f.

SILVA, R. M. de C. e. **Caracterização do taquaruçu (*Guadua* sp.) e do seu ambiente de ocorrência na bacia do Rio Crixás-Açú, Goiás, Brasil**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SUZUKI, Joozi et al. **Manejo de bambuzais da região de Curitiba visando produção de varas com potencial de utilização na construção civil**. 2014.

VASCONCELLOS, R. M. de. **Cartilha de Fabricação de Móveis**. Maceió/AL: Inbambu - Instituto do Bambu, 2004. 54 p. Cartilha.

Arquitetura e culturas construtivas. Habitação de Interesse Social em Ricaurte. Disponível em: <<http://paulanoia.tumblr.com>>. Acesso em 25 de julho de 2014.

Assentamento rural Comuna da Terra D. Tomás Balduino. Disponível em: <<http://www.usinactah.org.br/index.php?s/--comuna-da-terra-d-tomas-balduino/>>. Acesso em: 05 de junho de 2014.

Centro Cultural Max Feffer. Disponível em <<http://bamboo.ning.com/photo/albums/centro-de-cultura-max-feffer-1>>. Acesso em 31 de maio de 2014 e <<http://magno-cravalgo.blogspot.com.br/2011/05/coberturas.html>>. Acesso em 16 de junho de 2014.

Casas de bambu em Aracaju/SE. Disponível em: <http://www.aracaju.se.gov.br/agencia_de_noticias/index.php?act=leitura&codigo=34430>. Acesso em 03 de julho de 2014.

Casas de bambu no México. Arq. Luiz Montiel. Disponível em: <<http://www.bambumex.org/paginas/fotogaleria3.htm>>. Acesso em 02 de maio de 2014.

Casa do Artesão em Piracaia/SP. Disponível em: <<http://rasbambu.wordpress.com/galeria-de-imagens/>>. Acesso em 30 de maio 2014.

Casa Ecológica da COPPE/UFRJ. Disponível em: <<http://www.andressamartinez.com.br/wordpress/arquitetura/>>. Acesso em 23 de julho 2014.

Casa popular de bambu. Disponível em: <<http://www.permaculturailimitada.com.br/post-3-videos/>>. Acesso em 06 de setembro de 2014.

Bambu *Guadua*. Disponível em: <<http://www.guaduabamboo.com/guadua-angustifolia>>. Acesso em 05 de junho de 2014.

Gêneros e espécies de bambu. Disponível em: <<http://www.apuama.org/bambu/especimes/>>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

Octaborato dissódio tetrahidratado. Borotop. Disponível em: <<http://sulboro.com.br/site/>>. Acesso em 20 de setembro de 2014.

Residência Estefânia Uchôa. Disponível em: <<http://www.bioestrutura.com.br/2011-10-16-12-38-16/2011-10-26-11-14-18>>. Acesso em 02 de maio de 2014.

Resultados estruturais do colmo de *Guadua*. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/FerminBlanco/guadua-angustifolia?related=1>>. Acesso em 08 de setembro de 2014.

Tratamento do bambu. Disponível em: <<http://cursodebambu.blogspot.com.br/p/tratamento-de-bambu.html>>. Acesso em 20 de abril de 2014.

Tratamento natural do bambu. Disponível em: <<http://ecoviladamontanha.com.br/tratamentos-naturais-para-bambu/>>. Acesso em 05 de março de 2014.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO A - Dimensionamento Estrutural

8.1.1 Propriedades físicas e mecânicas do bambu *Guadua*

Sartori (2000), estudou quatro espécies de maior ocorrência em nosso estado e que são mais utilizadas na construção civil:

- Bambu verde (*Bambusa vulgaris*);
- Bambu imperial ou Bambu amarelo (*Bambusa vulgaris* var. *vitata*);
- Bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)
- Taquarussu (*Bambusa guadua angustifolia*)

Para estas espécies, Sartori e Cardoso (1997), apud Sartori (2000), realizaram medições e pesagens para determinação das características físicas e dimensionais. Para o bambu Taquarussu, objeto deste estudo, as principais propriedades são:

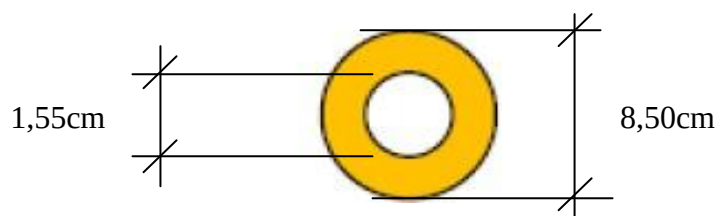
Bambu		Nós	Comp. (m)		Diâmetro (cm)			Espessura (cm)			Pesos	
Espécie	Cor	Número	1/2 colmo	nó	Base	Topo	Médio	Base	Topo	Médio	Colmo (kg)	Peso específico Kg/m ³
<i>Bambusa guadua</i>	Verde c/ anéis brancos	28	9,00	0,24 0,40	12,2	4,7	8,5	2,4	0,70	1,55	30,6	1000

Como fonte comparativa, os dados referentes as propriedades físicas dos principais bambus encontrados no Rio de Janeiro analisados por Ghavami (1990), apud Sartori (2000), merecem atenção, neste caso específico o bambu *Guadua*, pela representatividade no presente trabalho.

Bambu		Distância Internós (cm)	Comp. (m)	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Umidade Natural (%)	Peso específico KN/m³
Espécie	Cor						
<i>Bambusa guadua</i>	Verde	0,35	9,00	9	0,8	18,3	9

Diante dos dados apresentados, temos:

$\gamma = 900 \text{ kgf/m}^3$ Onde: $\gamma = \text{peso específico}$
 $\bar{D} = 8,5 \text{ cm}$ $\bar{D} = \text{diâmetro externo do colmo}$
 $\bar{e} = 1,55 \text{ cm}$ $\bar{e} = \text{diâmetro interno do colmo}$



Ainda de acordo com Ghavami (1990), apud Sartori (2000), temos as seguintes propriedades mecânicas para o bambu *Guadua superba*:

$$\sigma_t = 112,3 \text{ Mpa}$$

$\sigma_t = \text{Resistência a Tração}$

$$\sigma_c = 35,70 \text{ Mpa}$$

$\sigma_c = \text{Resistência a Compressão}$

$$\sigma_b = 113,5 \text{ Mpa}$$

$\sigma_b = \text{Resistência a Flexão}$

$$E = 11160 \text{ Mpa}$$

$E = \text{Módulo de Elasticidades Longitudinal}$

•Propriedades geométricas da seção estrutural - Área, momento de inércia e módulo de rigidez:

$A = \text{Área}$

$J = \text{Módulo de Inércia}$

$W = \text{Módulo de Rigidez}$

$$A = \pi(R_1^2 - R_2^2)$$

$$A = 3,1416 \cdot (4,25_1^2 - 2,70_2^2) = 33,84 \text{ cm}^2$$

$$J = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64}$$

$$\omega = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

$$J = \frac{\pi (8,50^4 - 1,55d^4)}{64} = 255,96 \text{ cm}^4$$

$$\omega = \frac{\pi (8,50^4 - 1,55^4)}{32 \cdot 8,50} = 60,22 \text{ cm}^3$$

•Portanto, temos:

$$A = 33,84 \text{ cm}^2$$

$$J = 255,96 \text{ cm}^4$$

$$W = 60,22 \text{ cm}^3$$

8.1.2 Determinação das ações

a) Telhas onduladas de fibrocimento 6mm = 18 kgf/m²

c) Peso próprio do colmo de bambu = A. γ = 33,84cm².900 kgf/m³ = 3,05 kgf/m

b) Pressão do vento estimada = 40 kgf/m² + 18 kgf/m² (telhas) = 58 kgf/m²

8.1.2.1 Carga distribuída

As telhas descarregam seus pesos sobre as terças de bambu, as quais transmitem as cargas resultantes para as vigas e pilares. Para considerar as cargas distribuídas nas terças de bambu oriundas das telhas, admitem-se os carregamentos ilustrados nos itens 8.1.3 e 8.1.4.

$$q = (l \cdot p) + \text{peso colmo}$$

Onde:

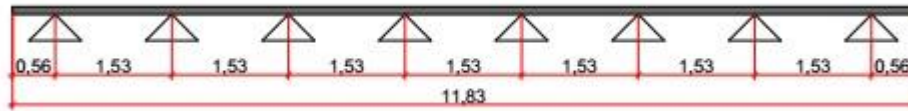
q = carga distribuída

p = *pressão do vento estimada*

l = *largura da faixa de telhado sobre a terça*

$$q = (1,24 \cdot 58) + 3,05 \cong 75 \text{ kg/m}$$

8.1.3 Terças internas (casa)



8.1.3.1 Tensão

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

Onde:

$M_{\text{máx}}$ = momento fletor máximo

q = carga distribuída

l = largura da faixa de telhado sobre a terça

$$M_{\text{máx}} = \frac{75 \cdot 1,53^2}{12} = 14,63 \text{ kgf. cm}$$

$$W_{x_{\text{nec}}} = \frac{\gamma \cdot M}{0,60 \cdot \sigma_b}$$

Onde:

$W_{x_{\text{nec}}}$ = módulo de rigidez necessário para o momento fletor

M = momento fletor

σ_b = resistência a flexão

$$W_{x_{\text{nec}}} = \frac{1,4 \cdot 14,63 \text{ Kgf. cm}}{0,60 \cdot 1135 \text{ Kgf/cm}^2} = 3,95 \text{ cm}^3$$

Como $3,95 < 60,22 \text{ cm}^3$ $\Rightarrow$ **VERIFICA ESTABILIDADE**

8.1.3.2 Deformação

$$f_{lim} = \frac{l}{200}$$

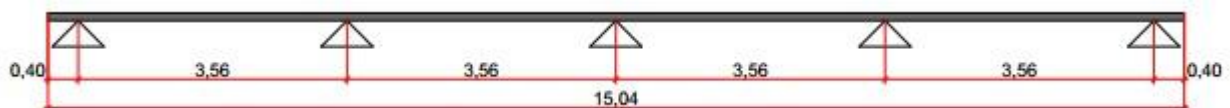
$$f_{lim} = \frac{153}{200} = 0,77 \text{ cm}$$

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$$f = \frac{0,75 \cdot 153^4}{384 \cdot 111600 \cdot 255,96} = 0,04 \text{ cm}$$

Como $0,04 < 0,77 \text{ cm}$  **VERIFICA DEFORMAÇÃO LIMITE**

8.1.4 Terças da Varanda



8.1.4.1 Tensão

$$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

$$M_{max} = \frac{75 \cdot 3,56^2}{12} = 79,21 \text{ kgf. cm}$$

$$W_{x_{nsc}} = \frac{\gamma \cdot M}{0,60 \cdot \sigma_b}$$

$$W_{x_{mec}} = \frac{1,4.7921 \text{Kgf.cm}}{0,60.1135 \text{ Kgf/cm}^2} = 16,28 \text{cm}^3$$

Como $16,28 < 60,22 \text{cm}^3$  **VERIFICA ESTABILIDADE**

8.1.4.2 Deformação

$$f_{lim} = \frac{l}{200}$$

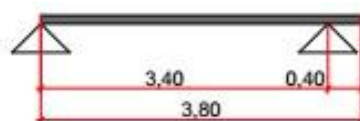
$$f_{lim} = \frac{356}{200} = 1,78 \text{ cm}$$

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$$f = \frac{0,75 \cdot 356^4}{384 \cdot 111600 \cdot 255,96} = 1,10 \text{cm}$$

Como $1,10 < 1,78 \text{cm}$  **VERIFICA DEFORMAÇÃO LIMITE**

8.1.5 Terças da Varanda Frontal



$$q = (1,67.58) + 3,05 \cong 100 \text{ kg/m}$$

8.1.5.1 Tensão

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

$$M_{\max} = \frac{100.3,40^2}{12} = 96,33 \text{ kgf. cm}$$

$$W_{x_{\text{sec}}} = \frac{\gamma \cdot M}{0,60 \cdot \sigma_b}$$

$$W_{x_{\text{sec}}} = \frac{1,4.9633 \text{ Kgf.cm}}{0,60.1135 \text{ Kgf/cm}^2} = 19,80 \text{ cm}^3$$

Como $19,80 < 60,22 \text{ cm}^3$  **VERIFICA ESTABILIDADE**

8.1.5.2 Deformação

$$f_{\text{lim}} = \frac{l}{200}$$

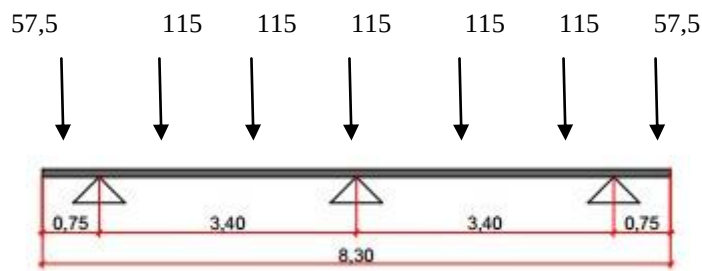
$$f_{\text{lim}} = \frac{340}{200} = 1,70 \text{ cm}$$

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$$f = \frac{1.356^4}{384.111600.255,96} = 1,46 \text{ cm}$$

Como $1,46 < 1,70 \text{ cm}$  **VERIFICA DEFORMAÇÃO LIMITE**

8.1.6 Vigas de Apoio (casa)



8.1.6.1 Tensão

$$q = \frac{\sum \text{cargas}}{\text{vão}} = 96,99$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot l^2}{10,5}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{96,99 \cdot 3,40^2}{10,5} = 106,78 \text{ kgf. cm}$$

$$W_{x_{\text{nec}}} = \frac{\gamma \cdot M}{0,60 \cdot \sigma_b}$$

$$W_{x_{\text{méc}}} = \frac{1,4 \cdot 106,78 \text{ Kgf.cm}}{0,60 \cdot 1135 \text{ Kgf/cm}^2} = 21,95 \text{ cm}^3$$

Como $21,95 < 60,22 \text{ cm}^3$  **VERIFICA ESTABILIDADE**

8.1.6.2 Deformação

$$f_{\text{lim}} = \frac{1}{200}$$

$$f_{lim} = \frac{340}{200} = 1,70 \text{ cm}$$

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}$$

$$f = \frac{0,97 \cdot 340^4}{384 \cdot 111600 \cdot 255,96} = 1,18 \text{ cm}$$

Como $1,18 < 1,70 \text{ cm}$  **VERIFICA DEFORMAÇÃO LIMITE**

8.1.7 Dimensionamento do Pilar Crítico

✓ Característica: pilar apoiado na base e no topo

✓ Carga do pilar crítico:

a) Área de influência = $3,30 \times 1,90 = 6,27 \text{ m}^2$

b) Carga para área de influência:

$$q_t = 58 \text{ kg/m}^2$$

$$p_t = 4 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{total} = 62 \text{ kg/m}^2$$

Onde:

q_t = carga no telhado (cobertura + sobrecarga do vento)

q_{total} = carga total ($q_t + p_t$)

p_t = peso próprio da estrutura

P = área de influência x q_{total}

Portanto, temos:

$$P = 6,27.62 \cong 389 \text{ kgf}$$

8.1.7.1 Verificação da esbeltez

a) Comprimento da flambagem

$$l_{fl} = h$$

Onde:

l_{fl} = comprimento de flambagem

h = altura

Portanto, temos:

$$l_{fl} = 250 = 250 \text{ cm}$$

b) Raio de giração da seção

Onde:

i = raio de giração da seção

J = momento de inércia

A = área

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}$$

$$i = \sqrt{\frac{255,96.(2)}{33,84.(2)}} = 7,56 \text{ cm}$$

c) Índice de esbeltez

Onde:

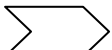
λ = índice de esbeltez

l_{fl} = comprimento de flambagem

i = raio de giro da seção

$$\lambda = \frac{l_{fl}}{i}$$

$$\lambda = \frac{250}{7,56} = 33,07$$

Como $\lambda = 33,07 \leq 140$ (λ_{limite})  **VERIFICAÇÃO À COMPRESSÃO**

8.1.7.2 Dimensionamento à compressão

$$\sigma_{c,d} = \frac{\gamma P}{A}$$

Onde:

$$\sigma_t = 112,3 \text{ Mpa}$$

σ_t = Resistência a Tração

$$\sigma_c = 35,70 \text{ Mpa}$$

σ_c = Resistência a Compressão

$$\sigma_b = 113,5 \text{ Mpa}$$

σ_b = Resistência a Flexão

$$\gamma = 1,4$$

$\sigma_{c,d}$ = Resistência a Compressão (de cálculo)

A = área

P = carga no pilar

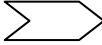
$$A = 33,84 \cdot (2) = 67,68 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{\gamma P}{A}$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{1,4 \cdot 389}{67,68} = 8,05 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\overline{\sigma_b} = \frac{\sigma_c}{1,4}$$

$$\overline{\sigma_b} = \frac{357}{1,4} = 255 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \rightarrow \text{Tensão Admissível}$$

Como $\sigma_{c,d} \leq \overline{\sigma_b}$, ou seja $8,05 < 255$  **VERIFICA A ESTABILIDADE**

8.1.8 Considerações sobre o dimensionamento estrutural

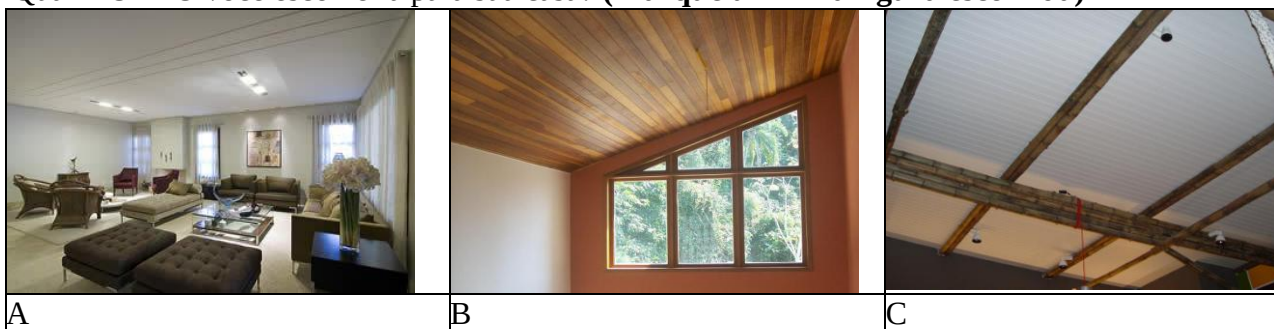
- As terças, vigas de apoio e pilares foram verificados ao dimensionamento, considerando o diâmetro médio de 8,5cm, conforme cálculo estrutural. No entanto a fim de facilitar a seleção e encaixe das peças, o diâmetro dos pilares deverá ter 9,00cm. Para terças e vigas pode variar entre 8,50 e 9,00cm. O comprimento máximo será de 9m, admitindo-se, quando necessário o transpasse de varas no mínimo a cada 3 nós;
- A fim de se garantir que os pilares obtenham 9,00cm no topo, facilitando a execução dos entalhes do tipo “boca de pescador”, sugere-se que os mesmos sejam selecionados na base do colmo, com diâmetros entre 12 a 14cm.
- Após a realização dos cálculos não foi verificada a necessidade de se utilizar vigas ou pilares duplos, contudo para facilitar os encaixes dos colmos, adotou-se a solução de pilares duplos interligados por pedaços de colmos com cerca de 50cm.

8.2 ANEXO B - Ficha de Coleta de Dados

Quando falamos de construções que usam BAMBU, qual das imagens vem a sua mente? **(Marque um X na figura escolhida)**



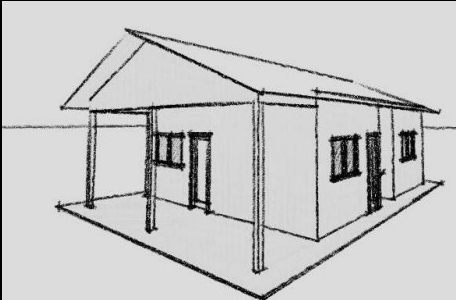
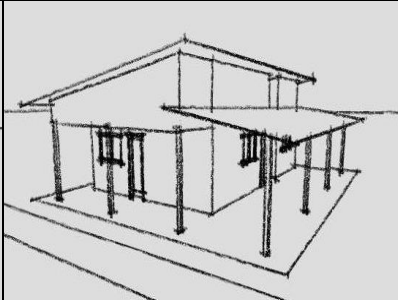
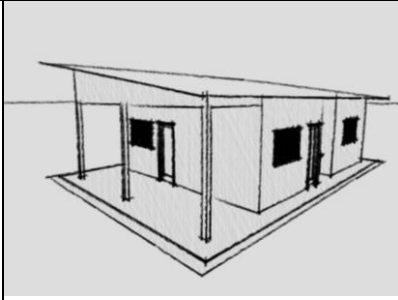
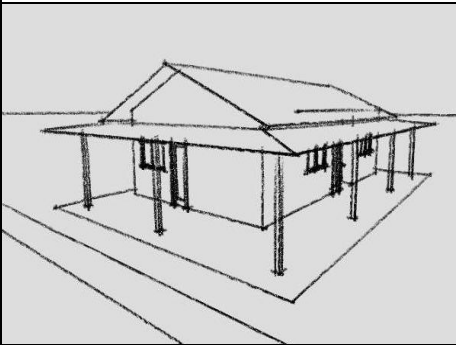
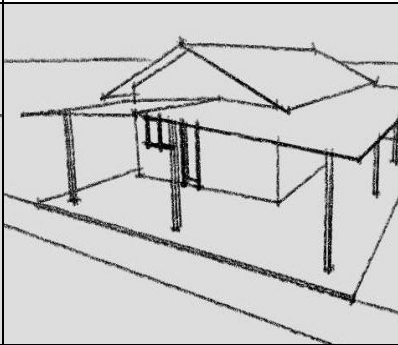
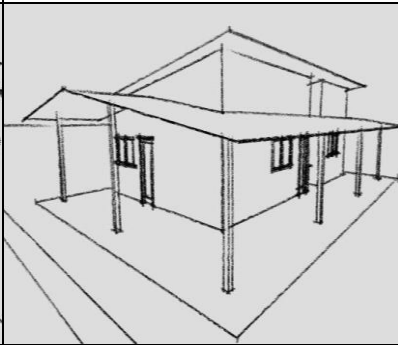
Qual FORRO você escolheria para sua casa? **(Marque um X na figura escolhida)**



Qual tipo de TELHA você escolheria para sua casa? **(Marque um X na figura escolhida)**



Qual a cobertura você escolheria para sua casa? (Marque um X na figura escolhida)

		
A	B	C
		
D	E	F

Dos materiais abaixo, qual apresentou pior qualidade na execução da sua casa?

() Tijolo cerâmico oito furos
 () Janelas/portas de aço
 () Telha cerâmica
 () Madeira usada na cobertura
 Outro _____

Na sua opinião, porque as obras do Assentamento Santa Mônica, com previsão para término em 9 meses, ainda não foram concluídas em sua totalidade?

() Atraso na entrega dos materiais
 () Estradas ruins
 () Falta de mão de obra
 () Não ocorreu a construção em sistema de mutirão assistido

() Materiais com qualidade ruim
 () outros _____

Você participou da construção da sua casa?

a. () sim b. () não

Quem participou da construção da sua casa?

a. () pedreiros/outras profissionais
 b. () familiares
 c. () amigos
 d. () outros _____

Você já participou de sistema de autoconstrução?

a. () sim b. () não

Você estaria disposto a construir sua própria casa?

a. () sim b. () não

Você já participou de sistema de mutirão? O que achou?

a. () sim b. () não

Dos itens abaixo, qual você produz ou cria atualmente em sua propriedade?

- ☐ hortaliças ☐ Legumes ☐ Cereais ☐ Frutos
☐ Caprinos ☐ Suínos ☐ Bovinos ☐ Galináceos
Outros _____

Tem interesse em conhecer outras culturas?

- a. ☐ sim b. ☐ não

O que você acha de plantar a própria madeira para usar na cobertura da sua casa?

- ☺ Bom ☹ Ruim ☹ Não Sei

Você já usou BAMBU para alguma coisa?

- ☐ sim ☐ não

Para o quê? _____

Estaria disposto a usar o BAMBU na construção ou ampliação da sua casa?

- a. ☐ sim b. ☐ não

Que parte da casa você gostaria de ter em BAMBU?

- ☐ piso ☐ janelas ☐ forro ☐ estrutura do telhado
☐ telhas ☐ móveis ☐ outros _____

Você moraria em uma casa que utilizasse BAMBU na estrutura do telhado?

- ☐ Sim. Já morei e moraria novamente
☐ Sim. Não morei, mas moraria
☐ Não. Já morei e não moraria novamente
☐ Não. Não morei e não moraria
☐ Nunca morei. Mas usaria em períodos curtos ou finais de semana ou por necessidade
☐ Já morei. Mas usaria apenas em períodos curtos, finais de semana ou por necessidade

Você moraria em uma casa que utilizasse TELHA METÁLICA como cobertura?

- a. ☐ Sim. Já morei e moraria novamente
b. ☐ Sim. Não morei mas moraria
c. ☐ Não. Já morei e não moraria novamente
d. ☐ Não. Não morei e não moraria
e. ☐ Nunca morei. Mas usaria em períodos curtos ou finais de semana ou por necessidade
f. ☐ Já morei. Mas usaria apenas em períodos curtos, finais de semana ou por necessidade

Sobre casa com estrutura de telhado em PINUS, como você avalia os itens abaixo?

☺ Bom				☹ Ruim				☹ Não Sei			
A manutenção com o passar dos anos				☺		☹		☹			
Durabilidade				☺		☹		☹			
O tempo que leva para construir				☺		☹		☹			
Custo para construir				☺		☹		☹			
O preço na hora de vender				☺		☹		☹			

A aparência	😊	😞	😐
É bom para a natureza	😊	😞	😐
😊 Fácil 😞 Difícil 😐 Não Sei			
Fazer reformas e ampliações	😊	😞	😐
Fazer as instalações elétricas	😊	😞	😐
Pegar fogo	😊	😞	😐
Ser atacada por insetos	😊	😞	😐
😊 Bom 😞 Ruim 😐 Não Sei			
Qualidade	😊	😞	😐
Durabilidade	😊	😞	😐
É bom para a natureza	😊	😞	😐

Sobre casa com estrutura de telhado em BAMBU, como você avalia os itens abaixo?

😊 Bom 😞 Ruim 😐 Não Sei			
A manutenção com o passar dos anos	😊	😞	😐
Durabilidade	😊	😞	😐
O tempo que leva para construir	😊	😞	😐
Custo para construir	😊	😞	😐
O preço na hora de vender	😊	😞	😐
A aparência	😊	😞	😐
É bom para a natureza	😊	😞	😐
😊 Fácil 😞 Difícil 😐 Não Sei			
Fazer reformas e ampliações	😊	😞	😐
Fazer as instalações elétricas	😊	😞	😐
Pegar fogo	😊	😞	😐
Ser atacada por insetos	😊	😞	😐

Sobre casa com telha de FIBROCIMENTO, como você avalia os itens abaixo?

😊 Bom 😞 Ruim 😐 Não Sei			
A manutenção com o passar dos anos	😊	😞	😐
Durabilidade	😊	😞	😐
O tempo que leva para construir	😊	😞	😐
Custo para construir	😊	😞	😐

O preço na hora de vender	😊	😞	😐
A aparência	😊	😞	😐
Temperatura no interior da casa	😊	😞	😐
É bom para a natureza	😊	😞	😐
😊 Fácil 😞 Difícil 😐 Não Sei			
Fazer reformas e ampliações	😊	😞	😐
Pegar fogo	😊	😞	😐
Apresentar ruídos	😊	😞	😐
Apresentar vazamentos	😊	😞	😐

Sobre casa com telha METÁLICA, como você avalia os itens abaixo?

😊 Bom 😞 Ruim 😐 Não Sei			
A manutenção com o passar dos anos	😊	😞	😐
Durabilidade	😊	😞	😐
O tempo que leva para construir	😊	😞	😐
Custo para construir	😊	😞	😐
O preço na hora de vender	😊	😞	😐
A aparência	😊	😞	😐
Temperatura no interior da casa	😊	😞	😐
É bom para a natureza	😊	😞	😐
😊 Fácil 😞 Difícil 😐 Não Sei			
Fazer reformas e ampliações	😊	😞	😐
Pegar fogo	😊	😞	😐
Apresentar ruídos	😊	😞	😐
Apresentar vazamentos	😊	😞	😐