

Priscila Maria Penalva Partel

**“PAINÉIS ESTRUTURAIS UTILIZANDO MADEIRA  
ROLIÇA DE PEQUENO DIÂMETRO PARA HABITAÇÃO  
SOCIAL: DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO”**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de  
São Carlos da Universidade de São Paulo para  
a obtenção do título de Doutor em Ciências da  
Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Recursos  
Hídricos e Ecologia Aplicada.

Orientadora: Profa. Dra. Akemi Ino

São Carlos

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P273p Partel, Priscila Maria Penalva  
Painéis estruturais utilizando madeira roliça de  
pequeno diâmetro para habitação social:  
desenvolvimento do produto / Priscila Maria Penalva  
Partel. -- São Carlos, 2006.

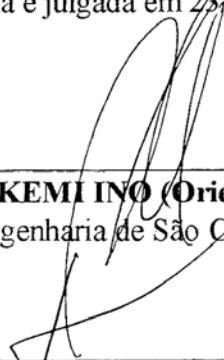
Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São  
Carlos-Universidade de São Paulo, 2006.  
Área: Ciências de Engenharia Ambiental.  
Orientador: Profa. Dra. Akemi Ino.

1. Madeira roliça. 2. Pequenos diâmetros.
3. Sustentabilidade. 4. Painéis estruturais.
5. Projeto do produto. 6. Cadeia de produção.
7. Habitação social. I. Título.

**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidata: Arquiteta **PRISCILA MARIA PENALVA PARTEL**

Tese defendida e julgada em 23/06/2006 perante a Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. **AKEMI INO (Orientadora)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

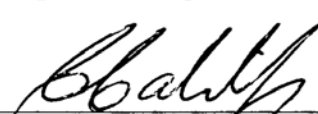
APROVADA

\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **JOSÉ NIVALDO GARCIA**  
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **WALTER DE PAULA LIMA**  
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

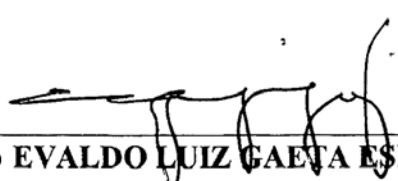
Aprovada

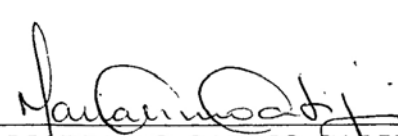
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **CARLITO CALIL JUNIOR**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. **GLACIR TEREZINHA FRICKE**  
(Pontifícia Universidade Católica/Poços de Caldas)

APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **IVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências da Engenharia Ambiental

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação



## Agradecimentos:

A Deus por todas as possibilidades e de ter chegado até aqui;

À Professora **Akemi pela orientação**, tantas histórias desses anos de convívio, amizade, e espaço, ao Professor **Ioshiaqui Shimbo** e ao grupo **Habis** por todas as oportunidades de participação nos projetos do grupo;

Ao Professor **Calil** pelo enorme incentivo, amizade, viabilização do edifício experimental, suporte teórico e prático, espaço e aos funcionários do **LaMEM** pela amizade e empenho na etapa experimental. Ao **Bragatto** pela sua contagiante devoção a madeira;

Ao Engenheiro **Alexandre** Duarte Souza pela colaboração na análise do processo de produção e ao **José** Roberto de Souza pelo trabalho em todas as práticas;

Ao primo **Carlos Alberto Partel** e Serraria **Irmãos Figueredo** pelos funcionários e material cedidos para a realização de protótipos;

Ao Engenheiro **Lourenço Cherman Salles** da Sobloco Agropecuária S/A e ao Chefe do Departamento Florestal da Faber Castell Ltda. Engenheiro **Cassiano R. Schneider**, pela receptividade e por colaborarem com as informações cedidas;

Aos meus **pais Rodolpho e Helena** que sempre estiveram comigo, meus **irmãos Ruda, Vitha, Glorinha** e ao **Tó** que me levou para o IV EBRAMEM;

À **Lully** que me fez companhia nas noites e brincando de escolinha, agüentou o ensaio de apresentação da tese, por incontáveis vezes;

Ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada **Crhea** e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - **PUCMinas** campus Poços de Caldas por me acolherem, acreditarem e subsidiarem o meu trabalho;

A todos os **alunos** em especial aqueles que atuaram nas etapas de pesquisa **André Bertozzi, Cíntia e Fernando, Vanessa, Carla e Ricardo**, etc. e **amigos da PUC**, queridos companheiros com os quais compartilhei e encontrei apoio nesse tempo de trabalho e angústias;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente ajudaram, ou tentaram atrapalhar, impulsionado assim, a realização plena dessa boa aventura.



Dedico essa tese à

**LULLY e ao ENZO ANTÔNIO**



que tiveram grande participação na  
pesquisa e generosamente,  
dividiram parte importante de suas vidas,  
colaborando sempre,  
e me fazendo acreditar,  
que tudo seria possível.



## RESUMO

PARTEL, P.M.P. (2006) “**Painéis estruturais utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação social: desenvolvimento do produto**” Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

A tese buscou identificar, a partir da análise da cadeia produtiva de produtos de base florestal, as oportunidades para aproveitamento da madeira roliça dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, com pequeno diâmetro, para produção de painéis estruturais de vedação destinados a habitação social. A madeira como material construtivo renovável, e segundo as dimensões da sustentabilidade, econômica e ambiental, apresenta as seguintes potencialidades: plantio e manejo florestal sustentável; adequação a diversos sistemas estruturais e construtivos; baixos consumos de energia e baixa geração de resíduos no processo de produção; desmontagem e aproveitamento dos resíduos no processo de transformação. O método adotado para o desenvolvimento do produto painel foi baseado, na análise e aperfeiçoamentos sucessivos a partir da avaliação dos dados coletados na fase experimental (processo de produção). As variáveis consideradas foram: facilidade de produção (homem/minuto, hora /equipamento e ferramentas), volume de resíduos gerados no processamento, custos e facilidade de montagem do painel. Os critérios adotados na avaliação de desempenho técnico foram: estrutural, estanqueidade visual e durabilidade. Na avaliação da sustentabilidade ambiental foram: uso de materiais de fontes renováveis; baixo consumo energético; redução de resíduos gerados. A sustentabilidade econômica foi avaliada considerando os critérios de: facilidade de produção; facilidade de montagem; produção em escala; baixos custos dos materiais empregados. Foram desenvolvidos e avaliados 10 projetos segundo os critérios considerados, concluindo-se com a proposição do produto painel estrutural composto por  $\frac{1}{2}$  peças roliças de eucalipto com pequeno diâmetro, curtas, justapostas e pregadas à chapa OSB (*oriented strand board*). O painel tem dimensões fracionadas na altura e na largura da chapa (1,22x2, 44m), nas seguintes medidas: 0,61 x 2,44; 0,61 x 1,22; 1,22 x 1,22m; 1,22x 2,44m. Esta composição do painel viabiliza o melhor aproveitamento das peças chamadas de “metrinho”, as quais 100% são destinadas atualmente para queima na geração de energia (desde fornos de padarias até fornos industriais).

A proposta mostrou ser viável e pode-se constatar a sua facilidade de execução, mesmo em situações precárias de maquinários. A adoção dessas simplificações construtivas para a produção de componentes construtivos para habitações pode representar uma oportunidade de redução do tempo de execução e dos custos de produtos que atendam ao setor da habitação de baixa renda. A proposta apresenta ainda uma contribuição para a melhoria nas condições de moradia e redução dos impactos negativos ao meio ambiente, gerados pela construção civil, na utilização de materiais não renováveis.

Palavras-chave: Madeira roliça. Pequeno diâmetro. Sustentabilidade. Painéis estruturais. Projeto do produto. Cadeia de produção. Habitação social.



## ABSTRACT

PARTEL, P.M.P. (2006) **“Structural panel project for social housing making use of small diameter round-wood: product development”** Thesis (Doctoral) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

The purpose of this work is to identify, from the analysis of the production chain of forest based products, the chances of making use of small diameter round-wood of the *Eucalyptus* and *Pinus* types, for the production of sealing structural panels destined for social housing. Wood as a renewable building material – and, in accordance with the environmental and economic dimensions of sustainability – presents the following potentialities: sustainable forest planting and handling; adequacy to several building and structural systems; low energy consumption and low residual outcome during the production process; dismantling and reuse of the remnants in the transformation process. The method adopted for the development of the panel product was grounded on the analysis and consecutive improvement, which was based on the evaluation of the data collected in the experimental phase (production process). The following variables were considered: production easiness (man/minute, time/equipment and tooling), amount of remnant generated by the processing, cost and panel mounting easiness. The criteria adopted in the evaluation of technical execution were the following: structural, visual tightness and durability. The following criteria were used in the environmental sustainability evaluation: use of materials from renewable sources; low energy consumption; reduction of residual outcome. The economic sustainability was evaluated taken the following criteria into consideration: production easiness; mounting easiness; mass production, low cost of the materials used. Ten projects have been developed and evaluated according to the considered criteria, and the structural panel product comprising juxtaposed, short, small diameter, eucalyptus, half round-wood pieces, nailed to OSB (oriented strand board) plate, was proposed. The panel has dimensions fractionized in the height and the width of the plate (1.22x2, 44m), in the following measures: 0.61 x 2.44; 0.61 x 1.22; 1.22 x 1.22m; 1.22x 2.44m. This panel composition enables for best utilization of the so called “metrinho” (small pieces) pieces, which, nowadays, are 100% used in burning for the generation of energy (from bakery to industrial ovens).

The proposal has shown to be doable and of easy execution, even in precarious machinery situations. The adoption of these building simplifications for the production of building components for housing may represent an opportunity to reduce the execution time, as well as the products cost, in order to serve the low income housing sector. The proposal also presents a contribution to the improvement of housing conditions and to the reduction of negative environmental impacts, caused by the civil construction through the use of non-renewable materials.

Key words: round-wood. Small diameters. Sustainability. Structural panels.

Project of the product. Production chain. Social housing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>figura 1.</b>	Habitações ocupadas pelos mesmos moradores há seis anos no Jardim Country Club Poços de Caldas, MG	17
<b>figura 2.</b>	Ciclo de produção fechado	28
<b>figura 3.</b>	Sistemas estruturais viáveis a madeira roliça com pequeno diâmetro	33
<b>figura 4.</b>	Montagem de treliça para cobertura. Parque em Rotterdam- Holanda 1990	34
<b>figura 5.</b>	Montagem da estrutura de cobertura do edifício experimental LaMEM - EESC – USP (2005)	35
<b>figura 6.</b>	Edificações para suporte Florestal. 6 (a): Projeto Casa do Horto 1996 e 6 (b): Módulo de Alojamento, ES-1992	35
<b>figura 7.</b>	Utilização e deposição de escoras	39
<b>figura 8.</b>	(a)/(b) e (c) realizações das usinas de tratamento e (d) empresas produtoras de habitações	39
<b>figura 9.</b>	(a)/(b): Equipamentos para recreação infantil, produzidos por diferentes usinas de tratamento de madeira; 9 (c) Habitações indígenas(CDHU)	42
<b>figura 10.</b>	Etapas de montagem executadas pela empresa Casabella	44
<b>figura 11.</b>	(a);(b) e (c)Habitações emergenciais_ casa de roletes em Kobe, Japão	47
<b>figura 12.</b>	Casa Kupfer de Finow, seqüência de montagem das paredes pré-fabricadas e os detalhes de um elemento parede em corte	48
<b>figura 13.</b>	O “ <i>Packaged House System</i> ” montagem dos painéis modulares e os detalhes de união de 4 painéis por um conector metálico	49
<b>figura 14.</b>	Sistema pré-fabricado de elementos de grande porte	50
<b>figura 15.</b>	Casa e escola jardim de infância construída em sistema pré-fabricado de painéis. Painéis de pequenas e de grandes dimensões	50
<b>figura 16.</b>	Painéis de pequenas dimensões; com revestimento; com enchimento	53
<b>figura 17.</b>	Painéis de grandes dimensões; <b>(a)</b> - com revestimento; <b>(b)</b> com enchimento; <b>(c)</b> com Painéis de telhados	54
<b>figura 18.</b>	Edificação construída com elementos espaciais	56
<b>figura 19.</b>	Transporte e montagem de elementos espaciais	56
<b>figura 20.</b>	Elementos espaciais	57
<b>figura 21.</b>	Exemplo de planta de construções com elementos espaciais.Três larguras dos elementos correspondem ao comprimento de um elemento	58
<b>figura 22.</b>	Grau de industrialização dos sistemas construtivos em madeira	68

<b>figura 23.</b>	Cadeia de produção da madeira	70
<b>figura 24.</b>	Fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de eucalipto para habitação de interesse social na cadeia produtiva da empresa Sobloco Agropecuária Ltda	87
<b>figura 25.</b>	Fluxograma da cadeia de eucalipto	88
<b>figura 26.</b>	Fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de pinus para habitação social na cadeia produtiva do lápis da empresa Faber Castell Ltda.	93
<b>figura 27.</b>	Fluxograma da cadeia de pinus	94
<b>figura 28.</b>	Síntese das etapas gerais de desenvolvimento do produto das quatro propostas.	103
<b>figura 29.</b>	Fluxograma Geral da Produção do componente painel	104
<b>figura 30.</b>	Fluxograma de Produção de ½ peças roliças	106
<b>figura 31.</b>	Fluxograma de Produção dos sarrafos e cavilhas a partir dos toretes	106
<b>figura 32.</b>	Esquema de produção das travessas e cavilhas	116
<b>figura 33.</b>	Desdobro do torete para a produção das travessas	116
<b>figura 34.</b>	Refilo do semi bloco para a produção das travessas e cavilhas	116
<b>figura 35.</b>	Refilo da costaneira	117
<b>figura 36.</b>	Preparação para usinagem da cavilha	117
<b>figura 37.</b>	Proposta 4.0 chapa OSB (1,22X1,22) e ½ peças rolicas (2,44m) cavilhadas	184
<b>figura 38.</b>	Painel composto por chapas OSB e ½ peças roliças curtas de eucalipto através de pregação pneumática – Proposta 4.1	185
<b>figura 39.</b>	Proposta 4.1B fração horizontal da chapa OSB (1,22X1,22m) e Proposta 4.1C fração vertical da chapa OSB (1,22X0,61m)	185
<b>figura 40.</b>	Edifício Experimental composto por painéis em chapas OSB e ½ peças roliças de eucalipto com pequeno diâmetro construído no LaMEM - EESC-USP	186
<b>figura 41.</b>	Montagem do edifício experimental composto por sistema pilar viga em eucalipto roliço e painéis estruturais	186
<b>figura 42.</b>	Sistema de montagem para habitação	187
<b>figura 43.</b>	Gráfico comparativo dos custos dos materiais utilizados em cada proposta	190
<b>figura 44.</b>	Gráfico comparativo do tempo de processo gasto em cada proposta	191
<b>figura 45.</b>	Gráfico comparativo do tempo total homem/minuto gasto em cada proposta	192
<b>figura 46.</b>	Gráfico comparativo do tempo de máquina gasto em cada proposta	193

<b>figura 47.</b> Gráfico comparativo do volume total de resíduos gerados em cada proposta	194
<b>figura 48.</b> Montagem do painel estrutural composto por chapa OSB e “metrinho”pregados alternadamente	202
<b>figura 49.</b> Painel estrutural composto por chapa OSB e “metrinho” pregado	203

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b>	Exigências do usuário	62
<b>Quadro 2.</b>	Classificação das funções da chapa para vedação vertical	64
<b>Quadro 3.</b>	Critérios para concepção e desenvolvimento das propostas segundo os indicadores de desempenho técnico e da sustentabilidade econômica e ambiental	75
<b>Quadro 4.</b>	Etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados	79
<b>Quadro 5.</b>	Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto para habitação social	82
<b>Quadro 6.</b>	Oportunidades de aproveitamento de madeira de pinus para habitação social	89
<b>Quadro 7.</b>	Síntese da operação 1 de seleção dendométrica e visual (retilinidade) das peças roliças	109
<b>Quadro 8.</b>	Síntese da operação 2 de desdobro e amarração das ½ peças roliças	110
<b>Quadro 9.</b>	Síntese da operação 3 de secagem das ½ peças roliças	111
<b>Quadro 10.</b>	Síntese da operação 4 de desbaste lateral das ½ peças roliças	112
<b>Quadro 11.</b>	Síntese da operação 5 de destopo das ½ peças roliças	113
<b>Quadro 12.</b>	Síntese da operação 6 de furação das ½ peças roliças	114
<b>Quadro 13.</b>	Síntese do volume médio de resíduo gerado na produção de ½ peça	114
<b>Quadro 14.</b>	Quadro síntese da operação de produção de travessas	117
<b>Quadro 15.</b>	Quadro síntese do volume médio de resíduo gerado na produção das cavilhas	118
<b>Quadro 16.</b>	Síntese da operação de produção das cavilhas a partir do resíduo da produção de sarrafos.	118
<b>Quadro 17.</b>	Análise da Proposta 1.0.	129
<b>Quadro 18.</b>	Análise da Proposta 1.1.	135
<b>Quadro 19.</b>	Análise da Proposta 2.0.	141
<b>Quadro 20.</b>	Análise da Proposta 2.1.	147
<b>Quadro 21.</b>	Análise da Proposta 3.0 e 3.0 B.	157
<b>Quadro 22.</b>	Análise da Proposta 4.0	164
<b>Quadro 23.</b>	Análise das Propostas 4.1; 4.1B e 4.1C.	179
<b>Quadro 24.</b>	Síntese das propostas desenvolvidas.	181

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Preço médio de comercialização das peças de madeira roliça tratada pelas indústrias de preservação de madeiras	38
<b>Tabela 2.</b>	Valores obtidos pelo PER para materiais de construção	72
<b>Tabela 3.</b>	Custo de materiais utilizados em cada proposta	189
<b>Tabela 4.</b>	Tempo total em homem minuto e tempo total de processo para cada proposta.	191
<b>Tabela 5.</b>	Total do tempo de utilização de máquinas em cada proposta.	193
<b>Tabela 6.</b>	Resíduos gerados no processo de produção de cada proposta.	194

## SUMÁRIO

Resumo	
Abstract	
Lista de figuras	
Lista de quadros	
Lista de tabelas	
<b>Introdução</b>	<b>16</b>
<b>1. Capítulo 01</b>	
<b>Sustentabilidade na utilização de peças de madeira roliça de pequeno diâmetro na construção civil</b>	<b>24</b>
<b>1.1. Apresentação</b>	<b>24</b>
<b>1.2. Sustentabilidade na construção civil</b>	<b>26</b>
1.3. Indicadores de sustentabilidade da madeira roliça de pequeno diâmetro de plantios florestais	29
1.3.1. Potencial florestal e maior aproveitamento da madeira nas etapas de manejo florestal	30
1.3.2. Adequação a diversos sistemas estruturais e construtivos	33
1.3.3. Baixos consumos de energia e de resíduos gerados no processo de produção	36
1.3.4. Aproveitamento dos resíduos no processo de transformação	37
1.3.5. Viabilidade econômica.	38
<b>1.4. Estágio tecnológico da industrialização das peças de madeira roliça de pequeno diâmetro no mercado brasileiro da construção civil.</b>	<b>40</b>
<b>2. Capítulo 02.</b>	
<b>Conceitos do produto</b>	<b>46</b>
<b>2.1. Industrialização e sistemas construtivos em painéis</b>	<b>48</b>
<b>2.2. Elementos da construção com painéis</b>	<b>51</b>
2.2.1. Painéis portantes de pequenas dimensões	52
2.2.2. Painéis portantes de grandes dimensões	54
2.2.3. Elementos espaciais	55
<b>2.3. Desenvolvimento de sistema construtivo</b>	<b>59</b>
2.3.1. Projeto do Produto	60



2.3.2.	As funções de um produto	62
2.3.3.	Projeto da produção	64
<b>2.4.</b>	<b>Sustentabilidade Ambiental</b>	<b>69</b>
2.4.1.	Cadeia de produção de produtos de base florestal	69
2.4.2.	Baixo consumo energético	71
2.4.3.	Baixa geração de resíduos	72
<b>2.5.</b>	<b>Diretrizes para o desenvolvimento do produto e da produção</b>	<b>73</b>

### **3. Capítulo 03.**

	<b>Disponibilidade do material - Identificação de oportunidades para aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro na habitação social a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal.</b>	<b>76</b>
--	---	-----------

3.1.	<b>Apresentação</b>	<b>76</b>
3.2.	<b>Etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados</b>	<b>76</b>
3.3.	<b>Identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de eucalipto na cadeia produtiva da empresa Sobloco Agropecuária Ltda para habitação de interesse social.</b>	<b>65</b>
3.4.	<b>Identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de pinus na cadeia produtiva do lápis da empresa Faber Castell para habitação de interesse social.</b>	<b>75</b>
3.5.	<b><i>“Oriented Strand Board ”_OSB</i></b>	<b>80</b>
3.6.	<b>Considerações finais sobre a identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro na habitação social a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal</b>	<b>82</b>

### **4. Capítulo 04.**

	<b>Desenvolvimento do Produto - Painel Estrutural de Fechamento</b>	<b>86</b>
4.1.	<b>Método de desenvolvimento do produto</b>	<b>86</b>
4.2.	<b>Caracterização do processo de produção dos painéis</b>	<b>88</b>
4.2.1.	Critérios para caracterização do processo de produção	104
4.2.2.	Caracterização das etapas de produção das peças	105
4.2.2.1.	Produção das ½ peças roliças	107
4.2.2.2.	Produção das peças: travessas e cavilhas	115
4.2.2.3.	Síntese da caracterização do processo de produção das peças	119

<b>4.3. Desenvolvimento das Propostas 1.0 e 1.1</b>	<b>123</b>
4.3.1. Projeto do Produto _PROPOSTA 1.0	125
4.3.2. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 1.0	127
4.3.3. Análise _PROPOSTA 1.0	129
4.3.4. Projeto do Produto _ PROPOSTA 1.1. (Aperfeiçoamento)	131
4.3.5. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 1.1	133
4.3.6. Análise _PROPOSTA 1.1	135
<b>4.4. Desenvolvimento das Propostas 2.0 e 2.1</b>	<b>136</b>
4.4.1. Projeto do Produto _PROPOSTA 2.0	137
4.4.2. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 2.0	139
4.4.3. Análise _PROPOSTA 2.0	141
4.4.4. Projeto do Produto _ PROPOSTA 2.1. (Aperfeiçoamento)	143
4.4.5. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 2.1	145
4.4.6. Análise _PROPOSTA 2.1	147
<b>4.5. Desenvolvimento das Propostas 3.0 e 3.0B</b>	<b>149</b>
4.5.1. Projeto do Produto _PROPOSTA 3.0	150
4.5.2. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 3.0	152
4.5.3. Projeto do Produto _ PROPOSTA 3.0B	154
4.5.4. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 3.0	156
4.5.5. Análise _PROPOSTA 3.0 e 3.0B	157
<b>4.6. Desenvolvimento das Propostas 4.0 e 4.1; 4.1B e 4.1C</b>	<b>159</b>
4.6.1. Projeto do Produto _ PROPOSTA 4.0	160
4.6.2. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 4.0	162
4.6.3. Análise _PROPOSTA 4.0	164
4.6.4. Projeto do Produto _ PROPOSTA 4.1 (Aperfeiçoamento)	167
4.6.5. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 4.1	169
4.6.6. Projeto do Produto _ PROPOSTA 4.1B	171
4.6.7. Processo de Produção e dados da etapa Experimental -PROPOSTA 4.1B	173
4.6.8. Projeto do Produto _ PROPOSTA 4.1C	175
4.6.9. Processo de Produção e dados da etapa Experimental- PROPOSTAS 4.1C177	
4.6.10. Análise _ 4.1; 4.1B E 4.1C	179

<b>4.7. Síntese das propostas desenvolvidas</b>	<b>181</b>
<b>5. Capítulo 05.</b>	
<b>Resultados e Discussões</b>	<b>182</b>
<b>5.1. Análise do desempenho técnico estrutural das propostas</b>	<b>182</b>
<b>5.2. Análise comparativa da sustentabilidade econômica das propostas</b>	<b>188</b>
<b>5.3. Análise comparativa da sustentabilidade ambiental das propostas</b>	<b>193</b>
<b>6. Conclusões</b>	<b>195</b>
<b>Referências</b>	<b>204</b>
<b>Anexos</b>	
<b>ANEXO a:</b> Quadro das indústrias de preservação filiadas a ABPM.	209
<b>ANEXO b:</b> Planilhas para coleta de dados nas cadeias produtivas	211
<b>ANEXO c:</b> Cálculo dos resíduos gerados	223
<b>ANEXO d:</b> Planilhas para coleta de dados na etapa experimental	230
<b>ANEXO e:</b> Projeto do edifício experimental	238

## Introdução

Coloca o objeto da pesquisa, forma de abordagem e estrutura da tese.

O trabalho proposto trata de usos múltiplos da floresta com vistas à otimização e melhor aproveitamento da madeira roliça de pequenos diâmetros. A proposta se coloca como sendo uma das possibilidades de estudo dentro do Projeto “Habitação Social em Madeira de Reflorestamento como Alternativa Econômica para Usos Múltiplos da Floresta”, com financiamento do Programa de Pesquisas em Políticas Públicas da FAPESP<sup>1</sup>, sob coordenação da Profa. Dra. Akemi Ino e Prof. Dr. Ioshiaqui Shimbo. Esse projeto está sendo conduzido em parceria com a Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo\_ campus Bauru e Rio Claro, e também com a Prefeitura Municipal de Itararé e Itapeva, na região sudoeste do Estado de São Paulo, objeto de estudo do projeto. O projeto visa à elaboração de diretrizes para políticas públicas em três áreas: habitação social, geração de trabalho e renda e reposição florestal (INO e SHIMBO, 1999). O tema apresentado **“Painéis estruturais utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação social: desenvolvimento do produto”** buscou contribuir dentro do Programa visando o desenvolvimento de painéis estruturais de base florestal a custos acessíveis à população economicamente carente. Os painéis podem ser adotados na produção de habitações e equipamentos diversos, e apresentam características sustentáveis de produção e custos, se comparados aos produtos oferecidos atualmente no mercado da construção civil. A proposta do painel de fechamento de edifícios nasceu da observação das moradias construídas a partir de resíduos da construção civil nas preferias de grandes cidades.

---

<sup>1</sup> Programa de Políticas Públicas da FAPESP, processo nº 98/14124-1. Fase I – de outubro de 1999 a julho de 2000. Fase II aprovada em julho de 2001, vigente até julho de 2003.

A soma de chapas de compensado reutilizadas, escoras de eucalipto e outros resíduos da construção civil, como telhas reutilizadas como fechamento e lonas para coberturas, resultam em uma composição precária, onde famílias passam suas vidas e nesse contexto, é possível somente a reposição dos materiais decompostos na moradia, por outros materiais igualmente precários.

A ocupação apresentada na figura 1 foi acompanhada por quatro anos, tempo que a autora residiu na vizinhança imediata à ocupação da área adjacente à Avenida Padre Francis Cletus Cox, na altura do número 519 na cidade de Poços de Caldas, MG. Esse dado constata que as mesmas famílias residiram por um longo período, que se estende até a presente data, nas mesmas condições das habitações apresentadas. As habitações apresentadas abaixo não se tratam de soluções temporárias, recursos de populações nômades, como ciganos, andarilhos, etc., mas de uma comunidade fixa, com renda no processamento de bambu e aluguéis de cavalos, colhidos e criados no fundo de vale, próximo à ocupação. A implantação de uma tecnologia junto às comunidades economicamente carentes, para melhor aproveitamento de materiais, poderia trazer uma contribuição na melhoria das condições, dessas comunidades. Nos recursos utilizados por essas famílias podem ser comumente observados em outras regiões do Brasil, onde se verifica o aproveitamento de chapas de compensado pregadas horizontalmente e verticalmente em estrutura interna.



**Figura 1** - Habitações ocupadas pelos mesmos moradores há seis anos no Jardim Country Club Poços de Caldas, MG

Nota-se o aproveitamento de madeira roliça com pequeno diâmetro proveniente da reutilização de escoras na cozinha aberta figura 1 (a) e banheiro comunitário externo às residências, onde um galão plástico aberto foi utilizado como reservatório de água figura 1 (b). Telhas de amianto na cobertura e como reforço na base das chapas figura 1 (c) e lona plástica utilizada como forma de cobertura figura 1 (d) e (g). Nas figuras 1 (a); (b); (e); (f); (g) e (h) as famílias utilizam chapas pregadas desordenadamente em quadros internos compostos por madeiras serradas residuais de construções e coberturas diversas com chapas e lonas. A possibilidade de autoconstrução e a rapidez de execução abriram um universo de reflexões sobre pensar a habitação de interesse social, a partir do abrigo temporário ou habitação emergencial. A realidade caótica das apropriações de materiais e formas de construção apresentadas na figura 1 (a;b;c;d;e;f;g;h) concebidas com a praticidade e simplicidades proporcionais ao déficit habitacional, são aproximadamente 6,6 milhões de déficit habitacional brasileiro de novas moradias e cerca de 10 a 12 milhões necessitam de adequação/ recuperação para atender condições mínimas de habitabilidade (FJP, 2002) apontam para possibilidades de redução dos custos de produção da habitação de interesse social, através do aproveitamento de materiais e simplicidade nas soluções construtivas.

A utilização de materiais não convencionais, como a reutilização de peças de madeira e derivados se dá em razão da possibilidade de obtenção sem custo, desses materiais, considerados descarte da construção civil. O aproveitamento de peças roliças de pequeno diâmetro, provenientes de plantios florestais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, poderá possibilitar a utilização do material, de maneira racionalizada, na construção da habitação. A proposta vem ao encontro da necessidade emergente em desenvolver e disseminar a utilização de materiais com características renováveis, de baixos custos e menores impactos ambientais no setor da construção civil.

A seguinte hipótese foi considerada provável para o desenvolvimento da pesquisa:

“A viabilidade da utilização de painéis estruturais para habitação social utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro apresenta um maior aproveitamento das florestas plantadas e como resultado viabiliza meios de produção mais sustentáveis na construção civil”.

Comprovar essa hipótese teve como intuito, buscar alternativas junto às transformações que irão afetar a atividade da construção civil e a engenharia, como um todo, a partir dos critérios de sustentabilidade ambiental. Através do desenvolvimento de produtos de base florestal, painel de fechamentos estruturais, a baixos custos, buscou-se incrementar os usos múltiplos das florestas de plantio, como forma de incentivo à reposição florestal manejada e sustentável. A identificação de oportunidades de aproveitamento florestal e a proposta de um produto oriundo desse aproveitamento podem vir a gerar outras frentes de trabalho e renda junto aos centros produtores regionais, e ser colocado como mais uma alternativa à produção de habitações de baixo custo.

Os **objetivos da pesquisa** podem ser classificados em duas etapas:

**1. Identificação das oportunidades para aproveitamento da madeira roliça** de pequeno diâmetro de plantios florestais, a partir **da produção de produtos de base florestal** e aproveitamento em painéis estruturais, aplicáveis à construção de habitação de baixa renda;

**2. Desenvolvimento de painéis estruturais aproveitando a madeira roliça de pequeno diâmetro** como alternativa estrutural e construtiva de baixos custos e impactos ambientais, considerando os seguintes indicadores adotados nesta análise da sustentabilidade: Racionalização do processo de produção; Adequação a diversos sistemas estruturais e construtivos; Baixos consumos de energia no processo de produção; Aproveitamento dos resíduos no processo de transformação, Potencial florestal e maior aproveitamento da madeira nas etapas de manejo florestal.

Na primeira etapa procurou-se entender o manejo das florestas plantadas de pinus e eucalipto destinado à produção de determinados produtos. O objetivo foi descobrir dentro da cadeia de produção desses produtos, de larga escala de produção, possibilidades de aproveitamento de madeira, com baixo valor agregado, residuais das etapas de manejo das florestas plantadas. O método adotado para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi através de coleta de dados junto às florestas plantadas, o primeiro contato foi feito via telefone, e-mail, fax, seguido de viagem p/ entrevista, verificação junto às florestas e registros fotográficos.

Após o levantamento das informações foi realizado um quadro organizando os registros das etapas de manejo e os ciclos de extração das florestas. A elaboração do quadro possibilitou a organização dos dados coletados, que foram mapeados na seqüência do manejo florestal, analisados e posteriormente sistematizados, gerando um fluxograma de identificação das porcentagens e diâmetros extraídos. Além do destino dessa extração, e identificação das oportunidades de aproveitamentos em todo o ciclo de vida dessas florestas plantadas, selecionadas nesta análise.

Os dados colhidos visaram obter uma maior visibilidade sobre a cadeia produtiva de alguns produtos (lápiz, papel, escoras, chapas, madeira para corte em serraria e viveiros) de base florestal das espécies de pinus e eucaliptus bem como suas variedades, levando em consideração as formas atuais de utilização das peças de pequeno diâmetro, e oportunidades de aproveitamento, fruto deste estudo.

O segundo estudo buscou o desenvolvimento de um produto (painel para fechamento estrutural) para casas de baixa renda, através de um processo sustentável de obtenção da matéria prima, disponível em diferentes regiões, a partir da identificação de oportunidades de aproveitamentos da madeira roliça de pequeno diâmetro obtido nas cadeias de produção de produtos diversos, nas duas empresas levantadas: Faber Castell Ltda. (lápiz) e Sobloco Agropecuária Ltda. (papel, escoras, madeira para desdobro e viveiros agrícolas).

O levantamento visou localizar uma oportunidade de obtenção de madeira de baixo custo no processo do ciclo do cultivo das espécies plantadas e manejadas especialmente para a obtenção de determinados produtos. A identificação dessa madeira a baixos custos, de baixo valor agregado, foi o pressuposto para o desenvolvimento da segunda etapa da pesquisa. Uma vez identificadas as oportunidades de aproveitamentos, partiu-se para a tentativa de desenvolvimento de um produto que pudesse agregar valor a esse aproveitamento de madeira, buscando contribuir socialmente e ambientalmente com a demanda nacional da habitação de baixa renda e com o incremento de produtos nacionais alternativos, de baixo impacto ambiental no setor da construção civil.



Na segunda etapa de trabalho o desenvolvimento de componentes com peças de aproveitamento de madeira roliça foi realizado da seguinte forma: a revisão bibliográfica foi desenvolvida em paralelo com pesquisa de campo onde foram levantados dados para desenvolvimento do projeto de painéis de fechamento estrutural para habitação social; desenvolvimento de propostas para o projeto do painel; etapa experimental contendo: avaliação do processo de produção em serraria; ensaios e análise dos dados; após a análise dos dados foram feitas revisões de projetos (alguns projetos demandaram ajustes propondo aperfeiçoamento dentro das mesmas propostas) gerando tentativas de aperfeiçoamentos que retornaram novamente à etapa experimental, até a proposta final, que melhor respondeu ao segundo objetivo da pesquisa.

Os projetos desenvolvidos incluíram o processo de produção e avaliação em pequenas serrarias, onde poderia ser avaliado na prática, o grau de dificuldade de execução das propostas. Após essa experimentação e posterior avaliação das dificuldades encontradas no processo de produção; tempo despendido; resíduos gerados; número de trabalhadores; máquinas e ferramentas de fácil acesso e custos, a etapa experimental contou com a realização de ensaios dos componentes construtivos, em madeira roliça de diâmetro inferior a 12 cm, propostos através de modelos parciais e em escala real e ensaios, que foram realizados no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

A estrutura da tese foi dividida da seguinte forma:

**A Introdução** coloca o objeto da pesquisa, forma de abordagem e estrutura da tese.

**O Capítulo 01\_Sustentabilidade na utilização de peças roliças de pequeno diâmetro na construção civil\_** Aborda os novos paradigmas da sustentabilidade na construção civil, justifica a viabilidade de utilização de peças roliças de pequeno diâmetro e apresenta os indicadores de sustentabilidade da madeira roliça com pequeno diâmetro de plantios florestais adotados nesta análise. O capítulo traz um levantamento a respeito do estágio tecnológico da industrialização das peças roliças de pequeno diâmetro no cenário nacional.

**O Capítulo 02\_ Conceitos do produto \_** O capítulo traz as características pretendidas para o produto, componente construtivo, e a abordagem utilizada como recurso para criação e delimitação das diretrizes que levaram aos critérios para o desenvolvimento e avaliação das propostas de projeto do produto. São descritas as referências para o processo de concepção do projeto que originou a seqüência de propostas apresentadas no capítulo 04. O levantamento sobre industrialização, modulação e sistema construtivo; elementos de painéis, projeto do produto e da produção e delimitação dos critérios da sustentabilidade ambiental nortearam o desenvolvimento do produto a partir das diretrizes apresentadas nesse capítulo.

**O Capítulo 03\_ Disponibilidade do material\_ Identificação de oportunidades para aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro na habitação social a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal\_** Apresenta as oportunidades de aproveitamentos da madeira de eucalipto e pinus nas cadeias produtivas de produtos comercializados pelas empresas Sobloco Agropecuária Ltda. e Faber Castell Ltda. e a metodologia utilizada no levantamento de identificação dessas oportunidades.

**O Capítulo 04\_ Desenvolvimento do produto\_ Painel estrutural de fechamento\_** apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento do painel estrutural de fechamento utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro de eucalipto, oriundo de aproveitamento da cadeia de produção de produtos a base florestal (lápiz, postes, madeira serrada e escoras). O capítulo inicia com a apresentação do método, da pesquisa e na seqüência apresenta as etapas gerais da experimentação e caracterização dos resíduos do processamento e os respectivos desenvolvimentos das 4 propostas estudadas apresentados em forma de FICHA de processo de produção e quadro de análise com diretrizes para aperfeiçoamento.

**O Capítulo 05\_ Discussões e Resultados\_** Neste capítulo estão apresentadas discussões sucessivas realizadas para o desenvolvimento das propostas com base nos dados obtidos nas etapas da produção experimental de cada proposta (capítulo 4).

As comparações de dados avaliados para cada uma das propostas permitiram uma discussão transversal que percorre as 10 propostas, verificando e confrontando as vantagens e desvantagens de cada proposta segundo os critérios adotados para análise do desempenho técnico, da sustentabilidade ambiental e da sustentabilidade econômica.

**Conclusões**\_ As Conclusões consistem na última etapa da pesquisa, onde todos os resultados obtidos no desenvolvimento dos capítulos desenvolvidos na tese foram analisados juntamente traçando o percurso de desenvolvimento da pesquisa. As propostas percorridas para o desenvolvimento do produto seguiram os seguintes eixos de análise: desempenho técnico, sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental. Neste capítulo também foram feitas as recomendações relativas à continuidade de desenvolvimento de pesquisas voltadas ao aproveitamento de peças roliças com pequenos diâmetros em painéis estruturais para habitação social.

## Capítulo 01

### **Sustentabilidade na utilização de peças de madeira roliça de pequeno diâmetro na construção civil**

Aborda os novos paradigmas da sustentabilidade na construção civil, justifica a viabilidade de utilização de peças roliças de pequeno diâmetro e apresenta os indicadores de sustentabilidade da madeira roliça de pequeno diâmetro de plantios florestais adotados nesta análise. O capítulo traz um levantamento a respeito do estágio tecnológico da industrialização das peças roliças de pequeno diâmetro no cenário nacional.

#### **1.1. Apresentação**

A proposta do presente trabalho fundamenta-se nos princípios de sustentabilidade dos materiais e de desenvolvimento e disseminação de tecnologias alternativas no setor da construção civil. Foi dada ênfase para a utilização das espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*, com o objetivo de disseminar o aproveitamento dessas espécies, propondo a utilização de peças roliças de pequeno diâmetro de baixo valor comercial em habitações. O aumento na demanda por produtos de base florestal e a adequação na utilização desse material no setor da Habitação Social está principalmente nas edificações de baixo custo (habitações populares); condições de assentamentos que apresentam características locais de obtenção do material (adequação contextual); assentamentos habitacionais e infra-estrutura urbana. Na aplicação do material em habitações de baixo custo no Brasil, Ino et al. (1999) coloca que apesar da oferta das potencialidades de reflorestamento e de uma demanda crescente por moradias, o uso da madeira na produção de habitações é ainda irrisório.

O esforço de se colocar como opção para produção em escala de habitação utilizando madeira já vem sendo realizado a algum tempo, de forma esparsa e ainda tímida. As poucas experiências realizadas empregaram madeiras nativas e não se tem ainda conhecimento sobre experiências de conjunto habitacionais em madeira de eucalipto, há somente registros bastante localizados da utilização em fundações (Campos do Jordão –1980) e em coberturas (Jaboticabal-1993).

Ainda de acordo com Ino et al (1999) a pouca utilização da madeira de reflorestamento para componentes de edificações, em particular destinadas à habitação social, pode ser explicada por várias razões: baixo conhecimento das potencialidades da madeira pelos empresários e dirigentes públicos; elevação do preço da madeira, baixa competitividade do setor madeireiro; baixa produção de madeira de qualidade oriunda de florestas plantadas e manejadas para uso da indústria de móveis e da construção civil; atividade florestal tida como de baixa rentabilidade, e sempre preterida em favor de outras alternativas, principalmente agrícola e pecuária; baixa aceitação da madeira pelos usuários devido à tradição cultural ibérica que valoriza a alvenaria (tijolo, pedra e cimento). Além disso, a madeira do gênero *Eucalyptus* carrega o estigma de possuir baixa qualidade, que fendilha demasiadamente e que dificilmente pode ser usada como madeira serrada, e a madeira do gênero *Pinus* é vista como de baixa durabilidade susceptível a ataque de fungos e insetos.

Soluções relacionadas ao problema do fendilhamento de topo e ligações em peças roliças com pequeno diâmetro somadas com as alternativas de tratamento preservativo e técnicas de projeto preventivas possibilitam que o material possa ser considerado como opção “ecologicamente e contextualmente” adequada para suprir demandas específicas na construção civil (PARTEL, 1999). Podem ser adotados fechamentos diferenciados utilizando apenas a estrutura composta por peças roliças com pequeno diâmetro, ou somente como painéis de fechamento proporcionando maior isolamento térmico, através de maior espessura das peças, em comparação as paredes formadas por peças de madeira serrada. O conforto térmico e acústico das habitações em madeira roliça está proporcionalmente relacionado ao diâmetro das peças que compõem o fechamento: quanto maior for o diâmetro das peças utilizado, maior será a espessura das paredes e, portanto maior o isolamento térmico, (sem a utilização de nenhum outro recurso, como paredes duplas e ou material isolante).

As dimensões das peças roliças que compõem as paredes compostas por peças roliças de pequeno diâmetro, mais espessas que as peças de madeira serrada, devem ser colocadas como argumentos favoráveis junto ao mercado consumidor. Trata-se de um dos primeiros materiais de construção descobertos pela humanidade e pouco foi feito pelo desenvolvimento, viabilização e disseminação do seu uso, se comparado a outros materiais construtivos como o concreto e o aço.

## **1.2. Sustentabilidade na construção civil**

De maneira geral, o impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social, estando presente em todas as regiões do planeta ocupadas pelo homem, na cidade ou no campo e até mesmo entre povos da floresta. Além de ser um dos maiores da economia, o macrossetor produz os bens de maiores dimensões físicas do planeta, sendo conseqüentemente o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia. A sustentabilidade no consumo de recursos naturais na construção civil em determinada região depende de fatores como: taxa de resíduos gerados; vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas; necessidades de manutenção, inclusive as que visam corrigirem falhas construtivas; perdas incorporadas nos edifícios e tecnologia empregada. Construir significa modificar o ambiente natural, sempre.

No Brasil, existem múltiplas legislações que tratam de limitar a destruição dos ecossistemas por atividades de construção, especialmente por obras de maior porte, como loteamentos e estradas (JOHN, 2000). A construção civil deverá estar em um curto prazo inserida numa política mais ampla de desenvolvimento sustentável. Em países de economia avançada, nota-se o avanço na regulamentação ambiental das atividades de construção civil. Legislação voltada ao consumo de energia, uso racional da água, qualidade do ar interno, nível de ruído e poeira gerados por canteiros, taxas sobre resíduos gerados ou até mesmo a proibição da deposição de resíduos e materiais agressivos ao meio são alguns exemplos.

Dados do FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO (2000) indicam que o Brasil, apesar de um grande exportador de madeira, possuindo as maiores reservas do mundo, produz pouco para o mercado interno, oferecendo produtos de baixa qualidade.

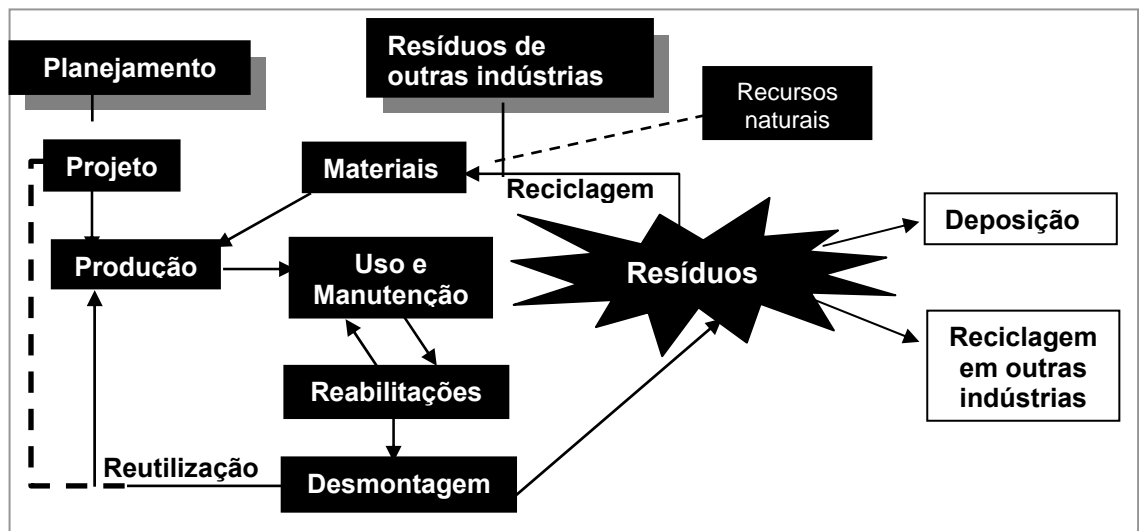
Esta questão se revela bastante complexa e envolve diferentes interesses, desde os produtores, dirigentes públicos até os consumidores, permitindo que a madeira perca mercado para produtos fabricados com aço, alumínio, plásticos e outros compostos, que vão se introduzindo com sucesso na construção de edificações e nas indústrias moveleiras antes com predomínio da madeira.

A Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas (Rio92) consolidou através da Agenda 21, a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais, de maneira a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento – a igualdade entre gerações – mas também maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento, a igualdade intra gerações. A meta de desenvolvimento sustentável exigirá ações coordenadas tanto no nível macro global, regional, nacional, local, empresarial e de consumidores individuais.

No setor da construção civil o consumo de materiais naturais cresce na mesma medida do crescimento da economia e da população. Discutem-se atualmente vários níveis das múltiplas dimensões da sustentabilidade: política, cultural, jurídica (social) etc., além do conceito do desenho arquitetônico sustentável introduzindo a análise das variáveis relativas a ampliação, desmontagem, ambiência e aceitabilidade (CABRITA, 2002; SCHILLER, 2002). Assim, a noção de desenvolvimento sustentável vai afetar significativamente o conceito de engenharia que, tradicionalmente desenvolve soluções de desempenho técnico adequado, dentro de prazos razoáveis e ao menor custo. A incorporação do paradigma de desenvolvimento sustentável vai exigir que as soluções de engenharia também demonstrem um impacto ambiental aceitável.

A fase de planejamento, por exemplo, pode ser responsável por desperdício ao decidir-se a construção de uma estrutura não racionalizada. Na fase de projeto, a seleção de uma tecnologia inadequada ou o superdimensionamento da solução construtiva também pode causar desperdício ou necessidades de retrabalho (JOHN, 2000). As estimativas da participação da construção civil no consumo global de recursos naturais estão entre 14% e 75%, este último correspondendo aos Estados Unidos da América (EUA). O consumo anual per capita é de seis ton /hab. /ano nos EUA.

No Brasil, considerando que aqui são produzidas aproximadamente 35 milhões de toneladas de cimento Portland por ano e assumindo que este cimento é misturado com agregados a um traço médio de 1:6, em massa, pode-se estimar um consumo anual de 210 milhões de toneladas de agregados somente na produção de concretos e argamassas, ou pouco mais de 1 ton/hab/ano. A este valor é necessário somar o volume de agregados utilizados em pavimentação e as perdas. O projeto de uma obra vai exigir a avaliação dos múltiplos aspectos ambientais envolvidos, durante todo o seu ciclo de vida. Seleção de materiais de acordo com a agenda ambiental local, economia de energia, uso racional da água, reciclagem de resíduos, tratamento de dejetos, preservação da paisagem etc., deverão ser incorporados na fase de projeto. Mais ainda, o modelo linear de produção deverá ser substituído por um modelo mais eficiente no aproveitamento dos recursos investidos, definido como de ciclo fechado. Neste modelo, a utilização de todos os recursos empregados é otimizada e a geração de resíduos é reduzida a um mínimo reciclável. John (2000) apresenta uma adaptação do modelo de ciclo fechado ao caso da construção civil.



**Figura 2 - Ciclo de Produção fechado**

Fonte: John (2000) adaptado de Curwell (1996)

Neste novo modelo, os produtos são projetados e construídos de forma a facilitar operações de reabilitação ou reformas, desmontagem ou desconstrução, e até reciclagem dos produtos. Além de detalhes específicos de projeto e execução, esta abordagem vai possibilitar uma durabilidade dos componentes significativamente superiores às praticadas nos dias de hoje. Este ciclo fechado vai implicar necessariamente maior volume de reciclagem na construção civil, especialmente de seus próprios resíduos (JOHN, 2000).



Verifica-se a crescente necessidade de pesquisas que apresentem materiais e tecnologias alternativas para a redução no consumo de recursos naturais não renováveis; poluentes gerados no processo de produção e nas perdas incorporadas ao processamento dos materiais e técnicas apresentadas, além da reciclagem dos resíduos gerados nos processos de construção. O setor da construção civil deverá buscar menor impacto ambiental, gerando e utilizando produtos ambientalmente responsáveis (menos poluentes) que contribuam para o progresso do setor, sem o comprometimento das futuras gerações.

### **1.3. Indicadores de sustentabilidade da madeira roliça de pequeno diâmetro de plantios florestais**

Rodes; Barrichelo; Ferreira (1990) define os três níveis de sustentabilidade de uma floresta como sendo: econômica, resultante de um retorno financeiro positivo das atividades de transformação, cujo crescimento fica numa dependência da equidade entre as gerações sucessivas; ecológica, indicando o nível de biodiversidade acolhida em sua área, mostra a necessidade de um equilíbrio na demanda das diversas espécies (comerciais e naturais) e social, componente mais complexo dos três. No Brasil, esses aspectos sociais ligados às atividades florestais estão muito ligados à evolução tecnológica e aos subseqüentes níveis de produtividade.

A madeira roliça com pequenos diâmetros apresenta características sustentáveis que podem viabilizar o desenvolvimento de produtos para o mercado da construção. Alguns indicativos para essa afirmação são referentes aos seguintes itens:

- Potencial florestal e maior aproveitamento da madeira nas etapas de manejo florestal;
- Adequação a diversos sistemas estruturais e construtivos;
- Baixos consumos de energia e de resíduos gerados no processo de produção;
- Possibilidade de desmontagem e aproveitamento dos resíduos no processo de transformação;
- Viabilidade econômica

### **1.3.1. Potencial florestal e maior aproveitamento da madeira nas etapas de manejo florestal**

De acordo com Moreira Filho (1992) a madeira é um importante exemplo de implantação de biotecnologias preventivas, ou seja, tecnologia que possibilite a substituição de materiais considerados de alto impacto, evitando ainda maior degradação do meio ambiente, como aço, ferro e concreto. Os dados fornecidos por Cruzeiro et al. (2000) relativos ao Estado de São Paulo no período de 1990-1992 indicam um remanescente de 3.330.744,00 ha. ou 13,40 % de florestas naturais; 610.544,02 ha. ou 2,45 % de eucaliptos e 194.054,23 ha. ou 0,82 % de pinus.

O autor coloca a necessidade de ampliar o reflorestamento de uma forma auto-sustentada, ou seja, sem perigo de devastação florestal e prejuízos ecológicos como alternativa mais viável para conciliar a preservação das matas nativas com a necessidade de uso. De acordo com Ab'Saber (1990) o Brasil é um dos poucos países do mundo que possui dimensões espaciais suficientes para desenvolver um plano de reflorestamento de grande escala sem prejuízo a outras atividades. Através deste plano nacional de reflorestamento seria possível alternar espaços silviculturais, uma agricultura modernizada flexível à diversificação; uma pecuária melhorada e as indústrias de transformação e processamento, visando maior valor agregado, além de melhorar as condições culturais e de subsistência da população rural. Coloca a criação de um Plano Nacional de Reflorestamento para refrear e conter a marcha da destruição da biodiversidade principalmente em relação à floresta amazônica.

Foram instituídos limites de taxas de ocupação intraglebas para reservar pouco mais da metade de cada gleba para o desenvolvimento regional de atividades rurais. Dentro destas premissas, por exemplo, para os cenários previstos para as futuras fazendas em áreas de chapadões revestidos por cerrado, dotados de baixa densidade hidrográfica, envolverá a presença de maciços florestais até o nível de 40 –45% do espaço total da gleba, 25 a 30% para a preservação de ecossistemas peculiares da região (cerrados interfluviais e de vertentes, mata galeria e veredas, e 20 a 30% de espaços para atividades agrícolas e pastoris) (AB'SABER, 1990).

De acordo com Unruh; Houghton; lefevre (1993) se os reflorestamentos com agro florestas fornecessem ainda uma fonte de combustível e renda local, a degradação e o desflorestamento das florestas vizinhas talvez fossem reduzidos. Segundo El-Ashry (1995), o desafio é envolver modelos com múltiplas demandas que vise o desenvolvimento econômico, mas que paralelamente venha persuadir de alguma forma a conservação da biodiversidade e simultaneamente venha beneficiar a população local que sobrevive desta atividade. Os modelos devem ir ao encontro das aspirações mútuas, para que as metas da conservação sejam reconhecidas e gradativamente sejam absorvidas como valor de comportamento humano.

Segundo Rodes; Barrichelo; Ferreira (1990) para um uso sustentável das florestas econômicas, é necessário, definir primeiramente as áreas de preservação, destinadas a conservar ecossistemas regionais, assegurando assim a continuidade dos mecanismos defensivos naturais da floresta nativa local e estendendo sua influência benéfica às florestas plantadas ao interagir na longa interface que as separa. As “manchas” de mata nativa a serem preservadas encontram suas melhores condições de sobrevivência ao redor das nascentes, nas cabeceiras (onde as margens apresentam declives mais acentuados) e ao longo dos pequenos cursos de água, onde a vegetação preservada também se valoriza pela sua ação estabilizadora do solo, evitando perdas pela erosão.

De acordo com Ino et al (1999) se levarmos em conta as crescentes demandas por produtos com apelo ecológico e certificação ambiental, a pressão para o plantio de florestas de pinus e eucalipto ou de outras espécies nativas com potencial econômico, permitirá o aumento da oferta de madeira, possibilitando ampliar o mercado de componentes construtivos de base florestal destinado à habitação social. Para isso se faz necessário aumentar os plantios de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, ou seja, ter uma política de reposição florestal que garanta a sustentabilidade na renovação deste recurso natural.

Incentivando os usos múltiplos da floresta, em especial para produção de painéis estruturais para edificações representa ainda, uma alternativa para solucionar problemas habitacionais, de infra-estrutura rural e florestal e como recurso para captação e fixação (encapsulamento) de CO<sup>2</sup>.

Através de florestas manejadas e da utilização dessa matéria-prima, obtém-se um importante recurso de captação do CO<sup>2</sup> e agrega-se maior valor ao material, utilizando-o para fins mais nobres, do que a queima como combustível.

Dados do CONSTRUCTION & ENVIRONMENT (2000) apontam que, embora se trate de um dos poucos materiais renováveis, a maior parte da extração da madeira é feita de maneira não sustentável. Estima-se que entre 26% e 50% do volume de madeira extraído no mundo, sejam consumidos como material de construção e que 50% sejam utilizados para fins mais nobres do que a queima como combustível. Através de florestas manejadas e da utilização sustentável da matéria prima, o carbono fica retido na madeira e não há liberação de CO<sup>2</sup>. Quanto maior o aproveitamento da madeira em elementos de vida útil prolongada como elementos estruturais; construtivos e equipamentos urbanos, maior será a capacidade de seqüestro de CO<sup>2</sup> da atmosfera, armazenado, e transferido para os produtos de madeira. Nesta situação pode-se dizer que a floresta aproveitada apresenta maior contribuição para a redução da emissão de CO<sup>2</sup> e conseqüentemente a sua ação no meio.

Pode-se considerar a emissão de CO<sup>2</sup> como principal responsável pelo efeito estufa e por grandes acidentes climáticos, inclusive a elevação da temperatura da terra. A fabricação de cimento Portland e cal, por exemplo, implica a calcinação do calcário ou dolomito, liberando grandes quantidades de CO<sup>2</sup>. Dados apresentados por John (2000) indicam que a massa de CO<sup>2</sup> gerada pela indústria cimenteira é significativa, especialmente no Brasil, onde a produção de cimento contribui atualmente com algo entre 6% a 8% do CO<sup>2</sup> emitido, contra uma média mundial de 3%.

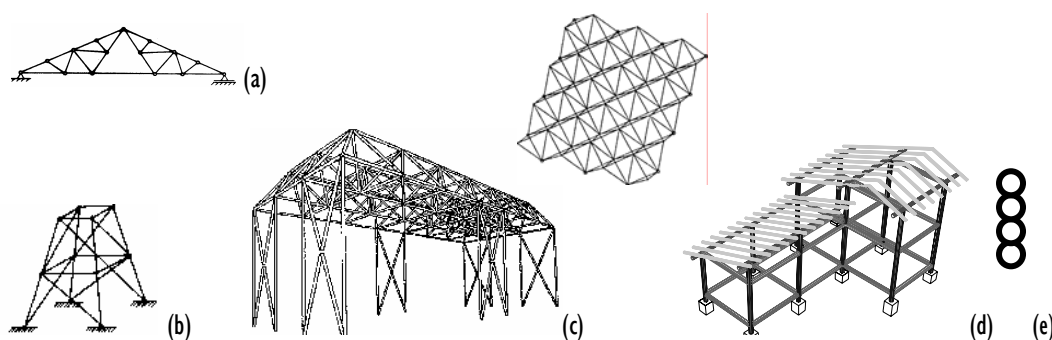
A madeira desempenha um importante papel no estoque de carbono, e por requerer menor consumo energético em seu processamento, principalmente na utilização de peças roliças, há a redução na emissão de gases que contribuem ao efeito estufa. Gut (1998) traz dados sobre o seqüestro de carbono da atmosfera pelas florestas em torno de 9 t/ha. e conclusões sobre estudos realizados em plantações de pinus e eucalipto onde 200mil hectares de plantações (equivalente a área desmatada na Amazônia por ano), poderiam absorver cerca de 5 milhões de toneladas de carbono por ano. O CO<sup>2</sup> emitido no Brasil todo é estimado em 60 milhões por ano e para que estes sejam absorvidos serão necessários 2.400mil hectares de florestas.

O Brasil possui cerca de 2.920.800 hectares de áreas de reflorestamento de pinus e eucalipto, portanto o Brasil tem como excedente para absorção de CO<sup>2</sup> aproximadamente 520.000 hectares, correspondendo a 13 milhões de toneladas de CO<sup>2</sup> que podem ser negociados por ano em Políticas Mundiais. Com isso, o Brasil tem possibilidades de através do potencial produtivo do setor madeireiro, ampliar e receber apoio financeiro para conservação e ampliação de suas reservas florestais (CONSTRUCTION & ENVIROMENT, 2000).

A difusão na utilização da madeira como material construtivo, somados a possibilidade de transformação de parte dos resíduos gerados em subprodutos, contribui como formas de armazenamento de carbono (o carbono armazenado permanece como produtos da madeira).

### 1.3.2. Adequação a diversos sistemas estruturais e construtivos

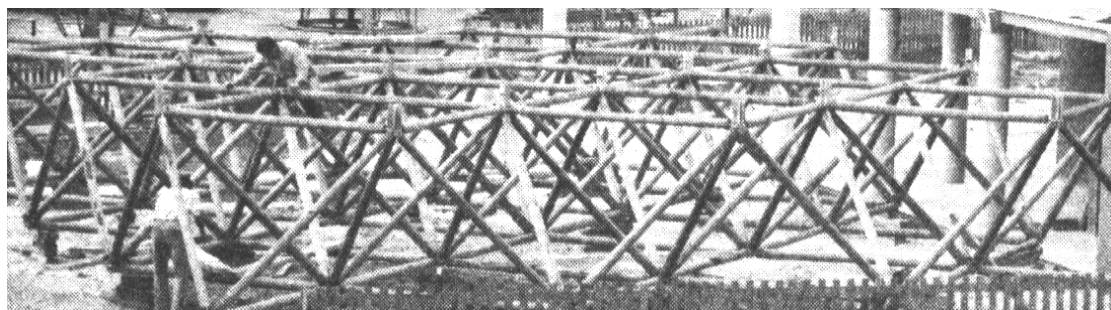
Além de apresentar vantagens econômicas e ambientais sobre os materiais convencionais, a utilização da madeira roliça de pequeno diâmetro, possibilita a pré-fabricação e uma gama de variações estruturais e construtivas viáveis aos postes com um alto valor agregado. Os sistemas estruturais e construtivos apresentados são viáveis utilizando peças roliças de madeira, com diâmetros não superiores a 15 cm, gerando edificações com componentes econômicos de madeira roliça para composição de estruturas leves. As peças roliças de pequeno diâmetro possibilitam sistemas estruturais e construtivos utilizando diferentes componentes e modelos de ligações para estruturas e fechamentos, conforme mostra a figura abaixo.



**Figura 3** - Sistemas estruturais viáveis a madeira roliça de pequeno diâmetro

Na figura 3(a) é mostrado um sistema em treliça utilizado em coberturas diversas; 3(b) treliças adotadas em torres de eletrificação e vigilância florestal; 3(c) treliças para edificações com até três pavimentos compostas por reticulados para grandes vãos utilizados em equipamentos urbanos, rurais e florestais; 3(d) sistema em pórticos para edificações com funções múltiplas e 3(e) sistema em placa comendo muros horizontais ou verticais para edificações de múltiplas finalidades. O sistema em pórtico apresentado na figura 3 (d) é o mais utilizado com peças roliças, permite a composição de vigas e pilares duplos para pequenos diâmetros e uma grande variedade de fechamentos. Para a construção de treliças apresentado na figura 3 (c) são utilizadas peças roliças de pequeno diâmetro, menores que 10 cm, onde, na maioria das vezes, a madeira não é torneada, somente usinada nas suas extremidades.

É apresentada na figura 4 uma cobertura em treliça constituída por um reticulado espacial, mostrado também na figura 3 (c). O maior uso dessas treliças espaciais, em está em coberturas de edifícios, localizadas na Inglaterra e Holanda (HUYBERS, 1999).



**Figura 4** - Montagem de treliça para cobertura. - Parque em Rotterdam-Holanda 1990

Fonte: HUYBERS (1991).

Os arranjos com peças de pequeno diâmetro podem gerar componentes construtivos leves, possíveis de serem utilizados na demanda por materiais alternativos e renováveis na construção civil. Uma estrutura leve para cobertura (parabólica hiperbólica) foi executada com peças roliças de madeira de pequeno diâmetro de eucalipto pelo Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da EESC-USP em 2005. A cobertura foi pré-montada no solo, onde as peças foram numeradas de acordo com a sua posição na estrutura, para serem montadas definitivamente no topo do edifício experimental. Sobre esta estrutura (figura 5) foi fixada uma manta de teflon marrom claro.



**Figura 5** - Montagem da estrutura de cobertura do edifício experimental  
LaMEM - EESC -USP (2005)

Uma gama de sistemas estruturais e construtivos utilizando-se de diferentes componentes e modelos de ligações viabiliza a utilização de peças roliças de madeira de diâmetro não superior a 15 cm para estrutura e fechamento (PARTEL,1999). Parte do fechamento mostrado na figura 6(a) é de peças roliças dispostas horizontalmente. A figura 6(b) corresponde a painéis auto portantes compostos por peças roliças:



(a)



(b)

**Figura 6 (a)/(b)** Edificações para suporte Florestal. 6 (a): Projeto Casa do Horto 1996 e 6 (b): Módulo de Alojamento, ES-1992

Foram apresentadas obras realizadas com madeira roliça onde todos os sistemas adotados poderiam permitir a substituição de componentes, flexibilização dos usos, ampliações, operações de reformas, desmontagem e remontagem com baixo impacto ambiental e remoção de resíduos. Os sistemas construtivos compostos por componentes de madeira roliça de pequeno diâmetro proveniente de reflorestamentos, apresentam-se como possibilidades construtivas, de baixo impacto ambiental, capazes de cumprir com os critérios que devem fazer parte da futura política do setor da construção civil. A utilização desses sistemas pode vir a reduzir significativamente o impacto ambiental dos empreendimentos destinados à população de baixa renda.

### **1.3.3. Baixos consumos de energia e de resíduos gerados no processo de produção**

A baixa utilização de energia para a produção e transformação da madeira roliça com pequenos diâmetros em painéis estruturais representa característica bastante favorável para que o material seja considerado sustentável no contexto atual. Winter (1998) coloca que usando a madeira para construção economiza-se em duas etapas a quantidade de energia uma na formação da matéria prima que se faz através da absorção da energia solar (fotossíntese) e a outra no consumo de energia necessária para processamento, usinagem, montagem da construção e, sobretudo quanto ao aproveitamento de seus resíduos como energia calorífica.

A proposta de aproveitamento das peças roliças de pequenos diâmetros para utilização em componentes construtivos reduz ainda mais o consumo de energia quando comparada à madeira serrada, eliminando as etapas de desdobro, aparelhamento, usinagem e aplainamento. O desdobro fica reduzido ao corte em duas metades da peça, e a usinagem a furos para introdução da cavilha. Além disso, são eliminadas as etapas de aparelhamento e aplainamento, reduzindo também o desperdício de madeira como material construtivo gerando menor produção de resíduos, resultando em baixos impactos ambientais durante as etapas de produção e processamento. Entre outros impactos da cadeia produtiva da construção, também têm sido bastante discutidos os efeitos das obras e da extração de matérias-primas na destruição da flora, fauna e paisagem.

A redução do consumo de energia, especialmente a produzida pela queima de combustíveis não renováveis, e a redução global da poluição gerada (no processo de extração de agregados e moagem de matérias – primas, como o cimento e a cal que geram materiais particulados), incluindo resíduos como algumas das principais condições para o desenvolvimento sustentável. A água, embora abundante no planeta, é predominantemente não potável. Concentra-se em oceanos e mares ou encontra-se nas calotas polares. Menos de 1% do total da água é potável e acessível ao consumo humano. Em grandes cidades, mesmo fora de regiões desérticas ou semi-desérticas, a água potável é produto escasso e caro.



Mesmo aspectos considerados menores do ponto de vista do processo construtivo, como a contaminação de água pela limpeza de caminhões betoneiras ao final do dia de trabalho, têm recebido atenção de pesquisadores e de discussões na Câmara Ambiental da Construção Civil, na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (JOHN 2000).

Sendo o Brasil um país de clima tropical favorável ao rápido crescimento de florestas (matéria prima), que tem a possibilidade de uso “in natura” (roliça) praticamente sem processamento, pode-se obter um material construtivo com baixa geração de resíduos e consumo de energia e água na sua produção. Em sua formação necessita apenas de energia solar, água da chuva e incentiva o plantio de florestas (reposição florestal). Os baixos custos das peças de pinus e eucalipto com pequenos diâmetros podem ser uma alternativa viável na política ambiental para o setor da construção civil. Além da necessidade de um planejamento complexo para o manejo sustentável na produção da matéria prima (madeira), o material apresenta características sustentáveis na etapa de processamento e desmontagem.

#### **1.3.4. Aproveitamento dos resíduos no processo de transformação**

Wegener e Zimmer (1998) colocam o aproveitamento dos resíduos gerados no processo da madeira, na Suíça, como matéria prima em outros usos, como: produção de derivados, produção de energia, e reincorporação a biomassa, onde os resíduos produzidos na usinagem dos produtos principais da madeira podem ser reaproveitados: casca; cavaco e pó de serra, para transformá-los em energia calorífica nas próprias serrarias, ou em subprodutos tais como: compensados, placas, MDF e outros.

No Brasil, as estimativas existentes indicam que os resíduos gerados diretamente pelas atividades de construção e demolição representam uma geração entre 230 e 760 kg; hab.ano, variando entre 41 e 70% do resíduo gerado nos municípios. Os resíduos de construção, de demolição ou entulho de obra (RCD) podem conter resíduos perigosos como adesivos, tintas, óleo, baterias, biocidas incorporados em madeiras tratadas, sulfatos provenientes da dissolução de gesso etc. (JOHN, 2000).

Os painéis estruturais em madeira roliça de pequeno diâmetro (sistema estrutural e construtivo) propostos neste trabalho não utilizam quaisquer tratamentos químicos convencionalmente utilizados (fungicida) ou de superfície (umidade), para que não sejam danosos ao meio ambiente na fase de desmontagem e transformação dos resíduos gerados.

### 1.3.5. Viabilidade Econômica

Como pode ser observado na tabela 1 no mercado de peças roliças com pequenos diâmetros, o valor comercial desse material é alto. As dimensões de mercado para os produtos de aproveitamento da floresta, classificados como “moirões”, divide-se em três categorias:

	DIÂMETROS VOLUME		COMPRIMENTO (C)	PREÇO (R\$);	PREÇO (R\$);	
	(D)	$\pi \cdot D^2 \cdot C$ (m <sup>3</sup> )		m <sup>3</sup> madeira bruta tratada (R\$)	por pecas (R\$)	
<b>MOIRÕES</b>	5 - 8	(6,5cm) 0,00731		143,00	3,00	
	8 -12	(10 cm) 0,017278	2,20	220,00	3,80	<b>PREÇO/ peça (R\$)</b>
	13 -15	(14 cm) 0,03386		411,00	4,80	
<b>CAIBROS</b>	6-10		1,00		3,00	
			2,00	-	6,00	
			3,00	-	9,00	
			4,00	-	12,00	
			5,00	,-	15,00	
<b>ESTEIOS</b>	15		6,00	,-	18,00	<b>PREÇO / Metro linear R\$ 7,00/ m</b>
			3,00	-	18,00	
			7,00	,-	49,00	
			8,00	-	56,00	
			9,00	420,00	63,00	

**Tabela 1** - Preço médio de comercialização das peças de madeira roliça tratada pelas indústrias de preservação de madeiras

Fonte: pesquisa de campo (IRPA, MATRA, USIPREMA, ICOTEMA) em maio de 2000.

No mercado de postes tratados a madeira roliça de pequeno diâmetro é um produto de baixo valor comercial sendo obtido a partir das “sobras” dos topos dos postes serrados em comprimentos, diâmetros de topos e bases comerciais nas indústrias de preservação. Outra forma de obtenção de madeira roliça é através da rebrota das florestas após 8 a 10 anos da primeira retirada, esse tempo é necessário para diminuição de perdas do material por fendilhamento durante o processo de secagem.

Considerando-se a possibilidade da utilização de aproveitamento de escoras utilizadas no processo de fabricação de lajes, propõe-se viabilizar a pré-fabricação e industrialização de componentes e produtos a custos reduzidos para o setor da construção. O preço do material (R\$ 1,00/m) sem tratamento, viabiliza a produção de sistemas estruturais racionalizados a custos acessíveis e com menor impacto ambiental que os produtos oferecidos atualmente no mercado nacional.



**Figura 7 - Utilização e deposição de escoras**

Algumas usinas de preservação de madeira nacionais (USIPREMA/ MATRA)<sup>2</sup> oferecem como produto ao mercado nacional galpões para infra-estrutura rural, quiosques, e coberturas utilizando peças roliças de pequenos diâmetros, ainda a custos reduzidos se comparados aos sistemas construtivos convencionalmente adotados na utilização do material para construção de habitações.



**(a) Quiosques**

**(b) Coberturas**

**(c) Brinquedos**

**(d) Muros  
Autoportantes**

**Figura 8 (a)/(b) e (c) realizações das usinas de tratamento e (d) empresas produtoras de habitações**

<sup>2</sup> Dados fornecidos em 04/11/2002.

Na atual demanda por materiais renováveis na construção civil, os arranjos com peças de pequeno diâmetro geram componentes construtivos alternativos, se comparados aos sistemas produzidos em concreto e aço, como os exemplos apresentados acima. As indústrias fornecem a madeira, as ligações metálicas e o transporte, em parceria com a mão de obra pré-fabricam as peças facilitando a montagem. Um caminhão “muque” se desloca até a obra para o transporte das peças que são colocadas na sua posição final. Levando-se em conta a possível redução dos custos, e do tempo de execução desses produtos, podem-se desenvolver soluções construtivas simples que atendam a diferentes usos e demandas de produção industrial e local.

#### **1.4. Estágio tecnológico da industrialização das peças de madeira roliça de pequeno diâmetro no mercado brasileiro da construção civil**

A atual demanda de produtos realizados utilizando a madeira roliça de pequeno diâmetro foi levantada através de pesquisa de campo em empresas do setor madeireiro (anexo a). As sistematizações das obras e pesquisas desenvolvidas na área são apresentadas em imagens e informações técnicas referentes aos critérios adotados para avaliação do estágio tecnológico dessas realizações. Os critérios adotados na avaliação do estágio tecnológico das realizações avaliadas foram: processamento; execução das ligações; pré-fabricação dos componentes; montagem e detalhes de projeto. Considerando as possibilidades que o material pode apresentar na produção da habitação junto aos centros produtores, a pesquisa buscou primeiramente detectar informações sobre produtos industrializados, produzidos com madeiras roliças de pequeno diâmetro por usinas de tratamento ou empresas específicas do segmento da habitação. A partir do mapeamento e classificação desses produtos foram obtidos dados sobre demanda, aceitação, processos produtivos (racionalização), custos, etc. Os critérios adotados na avaliação do estágio tecnológico das realizações avaliadas foram: processamento; execução das ligações; pré-fabricação dos componentes; montagem e detalhes de projeto. As experiências selecionadas com peças roliças de pequeno diâmetro estão entre 5 e 15 cm de diâmetro, sendo o último, o limite máximo adotado nessa classificação de acordo com a classificação proposta pela Associação Brasileira de Preservadores de Madeira (ABPM).

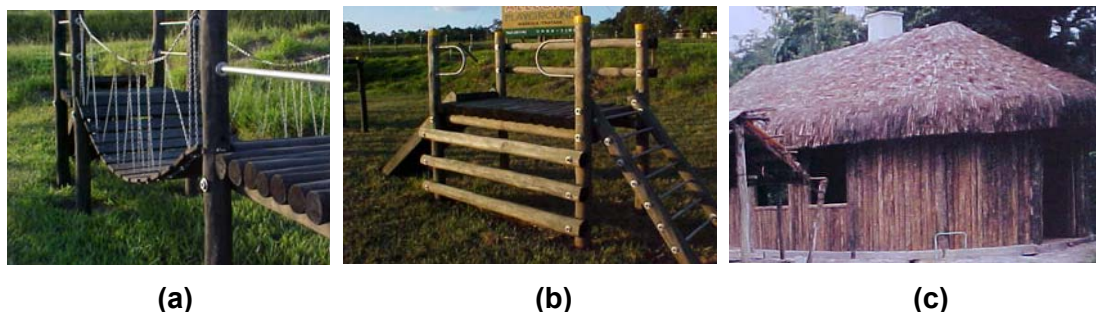
Os comprimentos são classificados até 3m como moirões, entre 4 e 6m como caibros e entre 7 e 9m como esteios, também de acordo com a classificação adotada pelas indústrias de preservação filiadas a ABPM apresentadas (anexo a).

De acordo com o levantamento realizado junto às usinas a maior demanda estável de peças de madeira de diâmetro igual ou inferior a 15 cm nos últimos 10 anos é de postes e moirões p/ cercas em área rural seguida pelo mercado de brinquedos infantis que representa maior demanda que o mercado da construção civil. As peças têm em ordem decrescente as seguintes demandas: infra-estrutura rural, brinquedos, coberturas para quiosques, varandas e restaurantes (moirões e esteios e caibros); escoramentos pra lajes ( $\varnothing$  8 cm a 10) e comprimentos de 2,70m a 3,00m (sem tratamento preservativo) (caibros); infra-estrutura agrícola: plantações de tomate ( $\varnothing$  6 cm a 10 cm e comprimentos de 2,00 a 2,50m moirões e caibros); pilares para estufas de verduras ( $\varnothing$  12 cm a 15 cm e comprimento de até 3,00m - moirões e caibros); estacas para cobertura de lavouras de caqui ( $\varnothing$  12 cm a 15 cm comprimento de 5,00m – esteios e caibros).

As tipologias produzidas pelas indústrias de preservação consultadas (casas, galpões rurais, indústrias, outros) foram na maior parte equipamentos para recreação infantil seguida pelos galpões rurais. As indústrias atendem a projetos de terceiros e a montagem é terceirizada (carpinteiros indicados pela empresa), caso o cliente não tenha carpinteiro. Os equipamentos para recreação infantil representam um faturamento em torno de R\$ 40.000/mês a 50.000/mês ( $\varnothing$  < 15 cm) e comprovam a viabilidade em se agregar valor ao material a partir do desenvolvimento de produtos. As usinas de tratamento de madeira apresentam em seus catálogos vários projetos de quiosques e coberturas personalizados realizados a partir de peças roliças de pequeno diâmetro. Essas experiências não foram transformadas em produtos com projetos padronizados e seriados pela indústria, como acontece com os equipamentos infantis. Esses produtos significam retorno financeiro significativo às indústrias, devido ao valor agregado ao material.

Foi encontrado o fornecimento de peças roliças de pequeno diâmetro tratadas, para habitações de baixa renda pela USIPREMA, à Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) para construção de ocas em reservas indígenas.

As obras fazem parte do Programa de Moradia Indígena (PMI) que prevê a construção de casas especiais em áreas indígenas pertencentes à União.



**Figura 9 (a)/(b)** - Equipamentos para recreação infantil, produzidos por diferentes usinas de tratamento de madeira ; 9 (c): Habitações indígenas (CDHU)

A aldeia do Ribeirão Silveira, em Boracéia, São Sebastião (SP), foi a primeira a receber as empreiteiras contratadas pela CDHU. O projeto previu casas totalmente diferente das habitualmente encomendadas pelo Estado, que usam blocos de cimento, tijolos baianos e telhas de barro. As residências indígenas são redondas e têm pisos de cimento liso, paredes de madeira (peças roliças com pequenos diâmetros tratadas) e telhados de piaçava baiana com banheiros totalmente de alvenaria. Há construções de 49m<sup>2</sup> e de 60m<sup>2</sup> a R\$ 15mil por casa em média, que se comparado ao valor das casas populares de alvenaria construídas pelo Programa Chamadas Empresarial da CDHU, que custaram R\$25.000,00 em média, representam considerável diminuição orçamental. Foram também iniciadas as construções de vinte e duas casas na aldeia Icatu, em Braúna (SP), orçadas em R\$330.000,00, que devem ficar prontas até 2003, onde vive uma comunidade Guarani, segundo dados apresentados na FOLHA DE SÃO PAULO (26/06/2002). Os custos apresentados comprovam a viabilidade na utilização das peças roliças de pequeno diâmetro em habitações.

As peças roliças de pequeno diâmetro possuem características contextuais que permitem a adequação a diversas situações, mas ao contrário de países como Estados Unidos, Finlândia e Canadá, não existem no Brasil muitas empresas explorando o mercado de casas pré-fabricadas de madeira com peças roliças. As edificações formadas por peças roliças sobrepostas são bastante difundidas nesses países, onde são encontradas várias indústrias produzindo diferentes tipologias para o mercado mundial.

A construção das casas de toras decresceu nos anos 60 e 70, quando as casas em paredes estruturadas de madeira pré-fabricadas vieram ao mercado e a demanda das "segundas casas" (casas de campo) ainda era pequena (PARTEL,1999).

A empresa Casabella produz tipologias térreas a partir de peças roliças de eucalipto citriodora com 15 cm de diâmetro, antes do torneamento, onde vinte e sete peças com espessura final de 12,5 cm compõem um pé direito de paredes auto portantes. A empresa executou somente nove edificações com projetos personalizados, que não permitem futuras ampliações devido ao esquema estático do sistema. A empresa estará apta à produção em escala industrial após concluir o projeto de seriamento dos elementos construtivos. Na análise do processo de industrialização das peças roliças pela empresa, foram descritas as etapas de produção (fluxograma das peças de madeira): 1. compra da floresta com idade entre 15 e 20 anos; 2. extração; 3. transporte; 4. secagem por 30 dias a sombra; 5. armazenamento em local coberto; 6. desdobro para retirada das costaneiras (diminuição no tempo de torneamento das peças); 7. torneamento; 8. destopo; 9. usinagem dos encaixes e furação para as barras de aço; 10. tratamento em auto clave (CCA -garantia de durabilidade por 20 anos); 12. Transporte.

As costaneiras são retiradas durante o desdobro (6ª etapa) para o torneamento direcionado pela medula das peças. Uma possível melhora no esquema de produção seria o desbaste dos cantos, formando um octógono, após a retirada das costaneiras. Dessa maneira haveria uma redução no consumo de energia no processamento. Outro problema detectado com materiais e técnicas empregadas foi à alta densidade do eucalipto, problemática com relação à maquinaria e a montagem das paredes, quando algumas peças apresentam problemas de torção, havendo a necessidade de uma classificação visual, após a secagem das peças.

A construção requer mão de obra especializada empregada a partir da extração. Três pessoas são necessárias em cada etapa: retirada das costaneiras; torneamento; destopo e usinagem das peças; transporte para a obra e montagem. De acordo com o cronograma das etapas o tempo despendido é de 30 dias, até a cobertura. A empresa executa a obra a partir das fundações: brocas; canaletas; locação das barras de aço verticais e concretagem.

As peças são encaixadas nas barras, montada a cobertura, executados pisos, instalações, etc., até a aplicação do revestimento superficial a base de *stain* pigmentado. Seguem as etapas de montagem da habitação: As paredes são presas por barras de aço e usinadas para a sobreposição das peças. Os cantos também sofrem usinagem, são encaixados, colados e transpassados por uma barra de aço vertical para garantir a rigidez da união. As barras ovalhadas tipo CA 50 cm ½ polegada variam com espaçamento entre 80 a 100 cm e funcionam como travamento vertical. É então aplicado um cordão de algodão e pasta obtido pela mistura de serragem com cola comum branca, para prevenir o aparecimento de frestas.



**Figura 10** - Etapas de montagem executadas pela empresa Casabella

Fonte: [www.casabella.etc.br](http://www.casabella.etc.br)

As soluções construtivas adotadas no sistema são de baixos custos: Fundações em broca manual e baldrame para receberem as barras ovalhadas aprumadas verticalmente; montagem: as paredes são detalhadas e numeradas, sem pré – montagem; piso cerâmico aplicado tradicionalmente; área molhada: espuma fina (5 mm) em toda parede interna de toras, sobre ela é pregada uma tela de malha fina, chapiscada, rebocada; cobertura em tesouras de madeira serrada de pinus (não há limitação de ângulo para inclinação do telhado); forro: pinus tratado pregado direto no banzo inferior das tesouras; instalações elétricas e sanitárias: embutidas ou aparentes. Algumas variações em materiais de baixos custos podem contribuir com a redução no valor final da obra.

Apesar da vasta utilização de peças de pequeno diâmetro em áreas rurais, não há a preocupação no desenvolvimento de projetos para o incremento da industrialização brasileira de produtos para esse setor.



As usinas de tratamento e empresas nacionais que estão produzindo casas com peças roliças não estão trabalhando especificamente com peças de pequeno diâmetro, apresentando alto consumo de energia e geração de resíduos na produção das peças. Poucas usinas de preservação consultadas estão especializadas no fornecimento de peças de pequeno diâmetro para o setor civil, elas trabalham com peças selecionadas e cobram um valor adicional para essas peças consideradas especiais, o maior mercado é o de residências de campo e praia, especialmente utilizadas como cobertura.

Segundo a classificação apresentada, a atual demanda de peças de pequeno diâmetro é de moirões (infra-estrutura rural /brinquedos infantis) seguidos pelos caibros (escoras/ coberturas) e esteios (infra-estrutura rural /coberturas). Apesar do custo de produção ser reduzido em comparação à alvenaria comum e em comparação com as casas em madeira serradas pré-fabricadas no estado de São Paulo, a aceitabilidade pelo público alvo ainda é baixa.

Apesar das usinas de tratamento observar um decréscimo na venda de postes de madeira para fins de eletrificação rural, não estão propondo produtos específicos para o mercado da construção civil. Essas usinas permanecem com o fornecimento de peças roliças de pequeno diâmetro para cercas e infra-estrutura rural (não inclui moradia) como maior demanda, seguido por peças para recreação infantil “parquinhos”. A produção desses equipamentos para recreação, quiosques e coberturas para o litoral demonstram o início de um processo que vem sendo descoberto por essas indústrias para ampliar o mercado, com valor agregado a essas peças.

## Capítulo 02

### Conceitos do produto

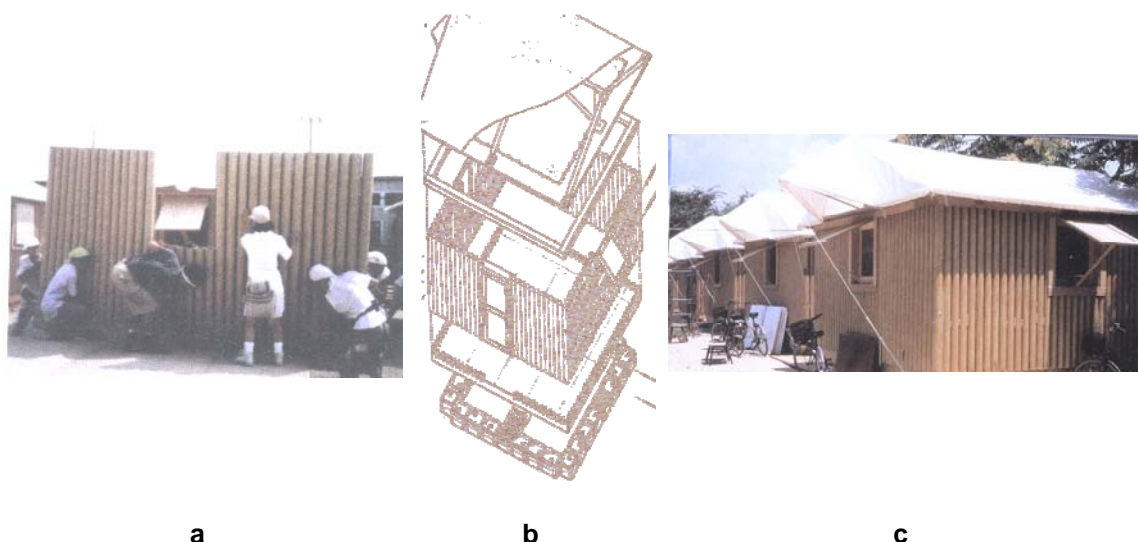
O capítulo traz as características pretendidas para o produto, componente construtivo, e a abordagem utilizada como recurso para criação e delimitação das diretrizes que levaram aos critérios para o desenvolvimento e avaliação das propostas de projeto do produto. São descritas as referências para o processo de concepção do projeto que originou a seqüência de propostas apresentadas no capítulo 04. O levantamento sobre industrialização, modulação e sistema construtivo; elementos de painéis, projeto do produto e da produção e delimitação dos critérios da sustentabilidade ambiental nortearam o desenvolvimento do produto a partir das diretrizes apresentadas nesse capítulo.

A rapidez de execução de habitações pré-fabricadas, montadas e prontas para habitar em curto prazo, remetem às alternativas disseminadas em larga escala em países economicamente desenvolvidos. A adoção de sistemas modulares, somados a maior utilização de materiais de fontes renováveis (madeira) com facilidade de montagem através do projeto de interfaces, flexibilidade na arquitetura dos espaços e melhores condições de produção dessas habitações, passaram a ser o foco para o desenvolvimento do produto destinado a esse setor da habitação de baixa renda. Migayrou e Brayer (2003) apresentam como BAN SHIGERU<sup>3</sup> respondeu à necessidade urgente de prover habitações temporárias “decentes” para as vítimas do furacão Kobe em 1995.

---

<sup>3</sup> *Casa de roletas de papel em Kobe, Japão 1995. MIGAYROU F.; BRAYER, M. (2003). Archilab – radical experiments in global architecture. Inglaterra: Thames & Hudson.*

O critério de projeto pode ser atribuído a uma estrutura barata que pudesse ser construída e rapidamente executada por qualquer pessoa. A solução proposta por BAN foi usar uma fundação de fileiras de engradados de cerveja preenchidos com areia, paredes de tubos de papel (diâmetro de 10,8 cm e 0,4cm de espessura), e os forros e coberturas de material têxtil. A área do térreo de 16m<sup>2</sup>, foi o mesmo do tamanho básico de abrigo adotado na África e, como em Ruanda, foi possível a montagem dos tubos de papel no local, sem a necessidade, com esse sistema, de armazenamento. Estão sendo desenvolvidos protótipos ajustados, com as propriedades térmicas dos tubos de papel, para muitos países. No parque Minamikomae em Kobe, mais de vinte unidades foram construídas.



**Figura 11(a);(b) e (c)-** *Habitacões emergenciais\_ casa de roletes em Kobe, Japão*

**Fonte:** Migayrou e Brayer (2003).

A diferença está na qualidade e “decência” final da proposta, como a experiência foi qualificada pelos autores citados. Essa proposta contribuiu com a intenção de se propor a habitação como solução emergencial, não às vítimas de catástrofes ambientais, mas às vítimas da exclusão, que necessitam de alternativas emergenciais “decentes” às condições verificadas atualmente como abrigo familiar.

Ainda de acordo com os autores, as casas de roletes de papel não apenas se mostraram vantajosas em comparação com outros tipos de habitação temporária em termos de custos, facilidade e rapidez de construção, mas elas também foram fáceis de serem recicladas e comercializadas depois do uso.

Na figura 11 (a); (b) e (c) é apresentada a casa de roletes de papel proposta como abrigo emergencial para as vítimas do furacão Kobe, O conceito dessa proposta tem similaridades com a “favela brasileira”, onde materiais residuais foram aproveitados para a auto construção da habitação, e a partir de soluções simples dessas apropriações, qualquer pessoa executa a obra, como já é vigente na apropriação das técnicas convencionais em alvenaria.

## 2.1. Industrialização e Sistemas Construtivos em Painéis

De acordo com Gotz.et al. (1995) em 1931, Walter Gropius já havia desenvolvido um sistema de construção pré-fabricada com grandes elementos, a casa Kupfer do empreendimento *Hirsch Kupfer-und Messingwerke AS, finow*. Padronizados, os painéis das paredes eram compostos de um caixilho em madeira contendo uma folha de alumínio, revestido do lado interior com cimento amianto e, do lado exterior, com uma chapa de cobre nervurada. Esse sistema de construção foi baseado sobre uma trama modular onde os elementos de paredes de mesma altura se juntam por meio de conectores, método que foi desenvolvido e que reaparece alguns anos mais tarde, no “Plano Geral da Construção”.

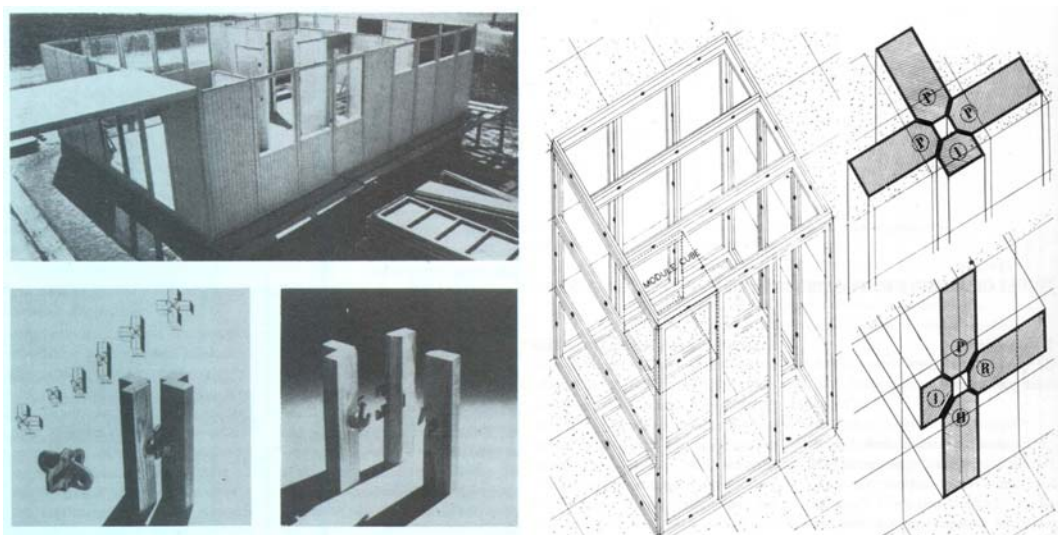


**Figura 12-** Casa Kupfer de Finow, seqüência de montagem das paredes pré-fabricadas e os detalhes de um elemento parede em corte

**Fonte:** Gotz .et al. (1995).

O sistema foi posteriormente desenvolvido entre 1943 e 1945 pelos arquitetos Walter Gropius e Konrad Wachsmann nos Estados Unidos, pela “*General Panel Corporation*”, sob o nome de “*Packaged House System*”. A idéia de base é a mesma das casas Hirsch-Kupfer, os elementos de paredes são menores, mais flexíveis e oferecem a possibilidade de maiores variações de combinações, contrariamente as da casa Hirsch, as ossaturas dos painéis são revestidas por pranchas tipo “escama de peixe” com montantes verticais.

A montagem, considerada um dos pontos principais na construção com painéis, foi realizada como no sistema anterior, através de conectores em aço, compostos cada um por quatro peças, esses elementos permitem a montagem nas direções horizontais e verticais. As partes que compõem os conectores são fixadas na ossatura dos painéis, com um conector podendo juntar até no máximo quatro painéis, em outro momento, os acoplamentos podem ser desmontados.



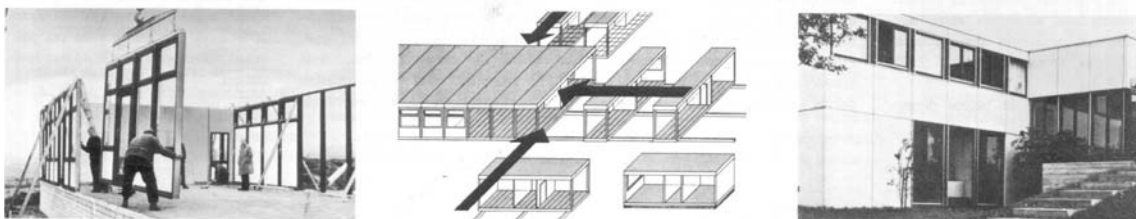
**Figura 13** - O “Packaged House System” montagem dos painéis modulares e os detalhes de união de 4 painéis por um conector metálico

**Fonte:** Gotz.et al. (1995)

Gotz et al. (1995) coloca o “Packaged House System” como um sistema que exerceu um papel primordial no desenvolvimento da construção com painéis, o qual o seu princípio básico dura até nossos dias. As mudanças ocorreram no domínio de novos materiais isolantes e da composição dos painéis de parede, devido a novos conhecimentos da estrutura da construção. As soluções provisórias são resultados de sistemas pré-fabricados concebidos para uma longa duração de utilização. Paralelamente são desenvolvidas casas pré-fabricadas destinadas a uma ou duas famílias, que também podem ser construídas com painéis sobre um ou dois andares, conforme as normas de construção em vigor.

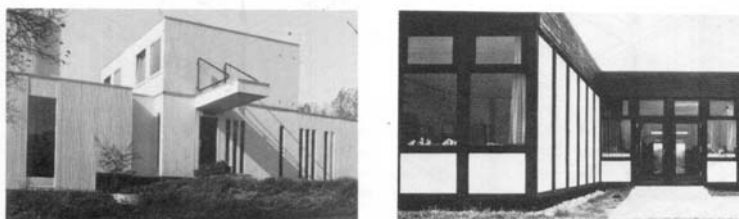
Em resumo, pode-se dizer que a construção com painéis é indicada para qualquer lugar, onde as construções devem ser econômicas, executadas em curto espaço de tempo, leve e sem grandes despesas de montagem e de transporte, sendo elas provisórias ou permanentes.

A Figura 14 apresenta a montagem de sistema de construção com painéis de grande porte sobre as fundações executadas no local seguida de acoplamentos possíveis de elementos espaciais e a construção acabada, onde a ligação dos elementos pré-fabricados fica em evidência nas fachadas.



**Figura 14** - sistema pré-fabricado de elementos de grande porte  
**Fonte:** Gotz et al. (1995).

Na Figura 15 são apresentadas uma casa residencial construídas com painéis e uma escola para jardim de infância.



**Figura 15-** Casa e escola jardim de infância construídos em sistema pré-fabricado de painéis  
**Fonte:** Gotz.et al. (1995).

De acordo com Gotz et al. (1995) a construção com painéis é limitada por causa da resistência do material que – sobre certas formas de emprego – é inferior, aquelas de outros métodos de construção e também por causa das normas de construção, principalmente no que concerne à proteção contra incêndios. Como na construção em aço ou em concreto armado, a busca da otimização máxima da pré-fabricação conduziu a construção de elementos espaciais que podem ser combinados diferentemente conforme o tipo de planta desejada.

De acordo com o mesmo autor nós devemos aceitar a construção com painéis como ela é: um método de construção racional, precisa, que economiza custos e tempo de construção, com um material (madeira) que vem sendo utilizado há séculos.

## 2.2. Elementos da construção com painéis

Segundo Ching (1998) os painéis pré-fabricados que compõem a construção se distinguem segundo suas funções resistentes (portante ou não portante), segundo suas dimensões, segundo sua composição (ventilado ou não ventilado) e segundo suas funções de construção. A utilização do conceito da Coordenação Modular, onde uma série de medidas múltiplas e proporcionais de uma determinada medida (módulo base), já pré-estabelecida, é fundamental para um projeto que busca a racionalização. A construção a base de painéis prescinde desta ferramenta, pois as chapas vêm da indústria com os padrões definidos em função dos equipamentos industriais.

Lê Corbusier desenvolveu seu sistema de proporcionalidade, o Modulor, para organizar **“as dimensões daquilo que contém e aquilo que é contido”**.

Ele via as ferramentas de medição dos gregos, egípcios e outras grandes civilizações como sendo “infinidamente ricas e sutis, pois formavam parte da matemática do corpo humano, gracioso, elegante e firme, a fonte daquela harmonia que nos move, a beleza”. Nas dimensões do Modulor estão consideradas tanto a matemática (as dimensões estéticas da Seção Áurea e a Série de Fibonacci) como nas proporções do corpo humano (dimensões funcionais). Para Lê Corbusier o Modulor não era apenas uma série de números com uma harmonia inerente, mas sim um sistema de medidas que poderiam governar comprimentos, superfícies e volumes e “manter a escala humana em qualquer lugar”. A malha básica consiste em três medidas, 113 cm, 70 cm e 43 cm, proporcionadas de acordo com a Seção Áurea. Segundo a descrição de Corbusier (CHING 1998) poderia: *“servir a uma infinidade de combinações; ela assegura a unidade com diversidade (...) o milagre dos números”*.

Dentro do sistema de construções com painéis, segundo os critérios de função resistente e pelo seu tamanho encontram-se cinco tipos:

- 1- Os painéis portantes de pequenas dimensões de 1,00 a 1,20 m, com ou sem camada de ar ventilado (colchão de ar), utilizados como elementos de paredes interiores ou exteriores;
- 2- Os painéis portantes de grandes dimensões, cujo comprimento vai até 10,00 m, ventilado ou não ventilado, utilizado como paredes internos ou externos, e como elementos de piso ou de forro;

- 3- Os painéis portantes de grandes dimensões unidos entre si, a fim de constituir os elementos espaciais. (dimensões entre 2,40 e 8,40m);
- 4- Os painéis de pequenas dimensões, não portantes, com uma composição de enchimento, utilizados como elementos de parede interna;
- 5- Os painéis de grandes dimensões, não portantes com uma composição de enchimento, utilizados como elementos de parede interna.

### 2.2.1. Painéis portantes de pequenas dimensões

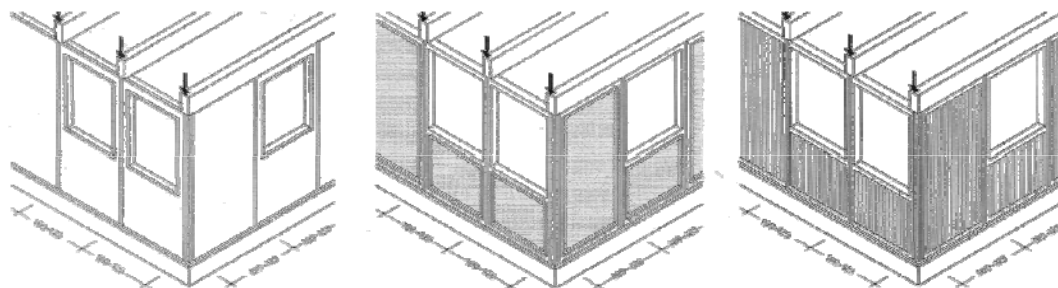
Segundo Gotz et al. (1995) os painéis portantes são fabricados segundo um **sistema modular** para as paredes interiores ou exteriores com a altura de um andar. A estrutura portante, montante em madeira maciça, viga de sustentação inferior, espaçador e viga de sustentação superior recebem o revestimento de proteção ou a cobertura dos dois lados e isolamento térmica no interior.

No local das aberturas, os montantes de encaixe das portas e das janelas são fixados na ossatura dos painéis. Cada elemento é fixado na base da viga de sustentação, depois os painéis são solidamente unidos, formando assim as paredes. As cargas verticais são conduzidas para os pilares que se apóiam sobre as fundações, os esforços horizontais são absorvidos pela cobertura, pelo enchimento, ou pela inserção de um painel contraventado em cada elemento. A largura dos painéis é determinada por diferentes fatores:

- 1- Os painéis maiores são mais fáceis de combinar para plantas de usos diferentes;
- 2- As cargas provenientes das vigas de telhados ou dos painéis de telhados determinam a posição dos montantes verticais em madeira maciça. As vigas primárias da estrutura do telhado se apóiam sobre os montantes;
- 3- As dimensões dos materiais de enchimento, da cobertura e do revestimento exterior de madeira que nós achamos no mercado (por exemplo, cimento amianto, fibrocimento, contraplacado) são determinadas pela largura dos painéis. Da mesma maneira essas dimensões influenciam na fabricação dos elementos secundários, tais como portas, janelas, radiadores e iluminação;
- 4- Das considerações de ordem econômica para transporte e a montagem dos painéis existe uma influência sobre seu peso e sua dimensão;



Assim, os painéis de pequeno porte são armazenados deitados e montados manualmente ou com máquinas leves.



**Figura 16** - Painéis de pequenas dimensões; com revestimento; com enchimento

**Fonte:** Gotz.et al. (1995).

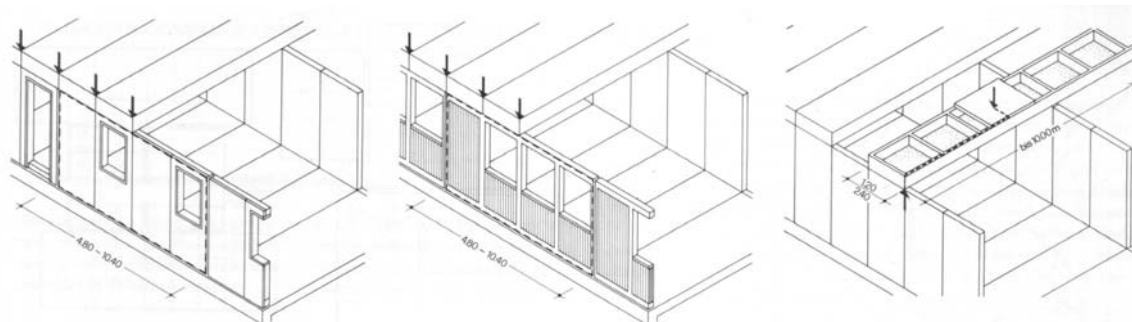
Ainda de acordo com Gotz et al. (1995) os painéis de ossatura de madeira são providos atualmente de revestimentos exteriores e interiores na maior parte dos casos, sobretudo no momento da produção industrial.

Esses materiais de revestimentos são fixados, colados, grampeados ou mais raramente aparafusados sobre a ossatura dos painéis. Os elementos portantes de ossatura e pontos de conexão são então recobertos e deste modo, protegidos contra os agentes exteriores. As ligações são pequenas e não aparecem entre os painéis e nas guarnições das portas e janelas. A aparência desses painéis corresponde àquela de seu revestimento.

Contrariamente aos painéis revestidos, as ossaturas são providas de um enchimento que ficam expostos aos agentes externos, a madeira e as conexões sofrem efeito da umidade e as diferenças de temperatura. As conexões do material de enchimento (por exemplo, lambris em escamas, as placas em cimento amianto ou os painéis de contraplacados), sobre a ossatura estão assim sujeitos as influências exteriores. As ligações são mais numerosas e mais solicitadas nesse modo de produção, as quais são aplicadas aos painéis de grande ou pequena dimensão, e determinam os problemas na realização do acabamento. A aparência dos painéis com enchimento é finalizada pelo caixilho (GOTZ et al., 1995).

## 2.2.2. Painéis portantes de grandes dimensões

Os painéis de ossatura de madeira de grandes dimensões têm a altura de um andar e são em princípio constituídos por pequenos painéis unidos. Eles resultam em partes de paredes pré-fabricadas. Segundo seu comprimento eles são compostos de vários montantes de madeira, unidos através das vigas de sustentações contínuas superior e inferior. O espaçador colocado entre os montantes serve para fixar os painéis de revestimento e formar os suportes, apoios do enchimento, das molduras e das janelas. Como os pequenos painéis, os painéis de grande dimensão são fixados aos alicerces (GOTZ. et al., 1995).



**Figura17** - Painéis de grandes dimensões; **a)** com revestimento; **b)** com enchimento; **c)** com Painéis de telhados

**Fonte:** Gotz et al. (1995).

No interior dos painéis a distância entre os montantes de madeira depende da modulação, da junção das paredes perpendiculares, das dimensões dos materiais de revestimento e do sistema escolhido para descarga dos esforços do telhado. A utilização dos painéis de grandes dimensões diminui o número de ligações verticais entre os painéis e desse modo, o número de ligações estanques, assim como a duração da montagem.

A imagem dos pequenos painéis, os painéis de grandes dimensões podem ser providos de enchimento ou de revestimento. O comprimento total dos elementos é escolhido em função da planta, das possibilidades de transportes e dos limites impostos pela capacidade das máquinas de içamento, os painéis de grandes dimensões são utilizados nos sistemas de construções que comportam muitas variações de planta.

A substituição de elementos e sua combinação para resultar em plantas próprias não são em geral possíveis porque os painéis de grandes dimensões não são somente utilizados pela estrutura que recebe cargas verticais, como as paredes portantes, interiores e exteriores, mas também por elementos de telhado que se apóiam sobre as paredes e que descarregam nos elementos portantes verticais dos painéis.

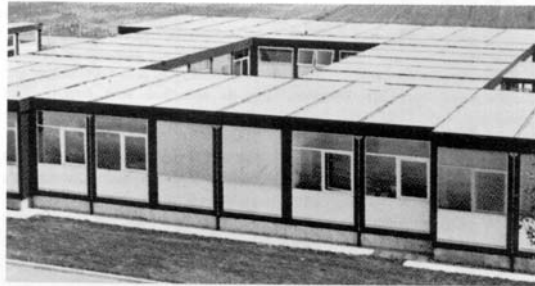
### 2.2.3. Elementos espaciais

Segundo Gotz et al. (1995) os elementos espaciais pré-fabricados aumentam ainda o grau de pré-fabricação através das fundações das construções e elementos secundários. A maior parte dos trabalhos é efetuada em fábricas e atinge um grau de pré-fabricação de até 90% nas construções em madeira como na construção em aço, em concreto armado ou em plástico. O desenvolvimento dos elementos espaciais começou com as casas móveis, os “*Mobil Homes*” americanos, os abrigos de assistência e de canteiro de obras, os quais foram aprimorados ao longo do tempo. Finalmente, com esse sistema, criaram-se unidades fechadas ou abertas, em vários lados, cuja estrutura portante e os elementos de separação com a superfície acabada (piso, teto e parede) são construídos e montados em oficinas. As instalações são integradas nos elementos espaciais e as unidades são transportadas para o canteiro de obras e fixadas sobre as fundações, preparadas antecipadamente.

A construção com os elementos espaciais com alto grau de pré-fabricação, o transporte relativamente simples, o curto tempo de montagem e a possibilidade de remover a construção posteriormente, são um método de trabalho que permite realizar diversas construções em um tempo menor e com menos despesas que os métodos de construção tradicionais e artesanais. A elaboração de uma construção é submissa evidentemente ‘as dimensões fixadas pela indústria, que é definida pelas possibilidades construtivas, os limitantes de transporte, as necessidades de área, e em comum ao levantamento econômico. Gotz et al. (1995) apresenta dois métodos para produção de elementos espaciais:

- No primeiro método os elementos planos são montados no chão e depois unidos para formar o elemento espacial. Os painéis de parede são montados em uma unidade separada com todos os seus constituintes, tais como janelas, portas, instalações sanitárias e elétricas. Na cadeia de produção dos elementos espaciais é montado o piso, depois as paredes e finalmente os painéis de telhados.

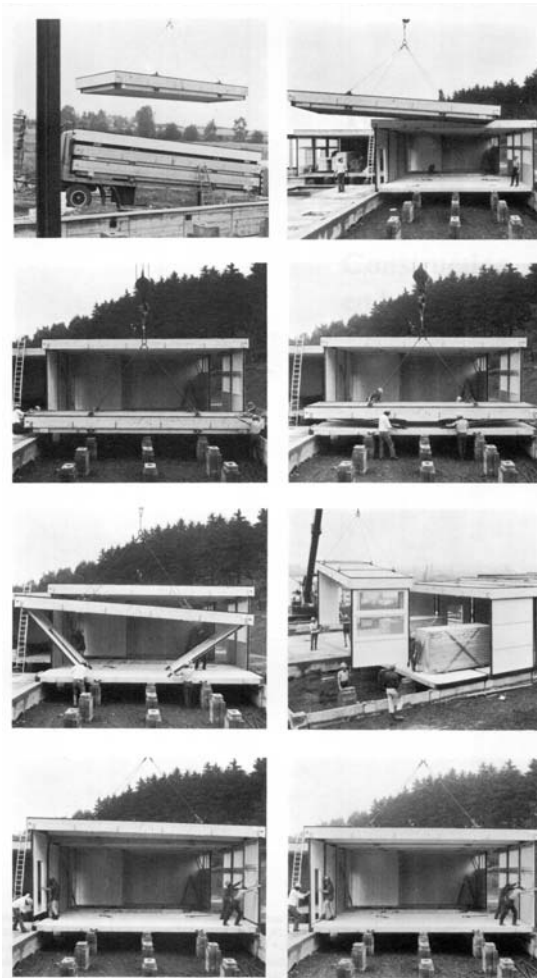
- No segundo método os pilares e as vigas são reunidos por meio de chapas perfuradas. Os volumes assim obtidos são em seguida revestidos dos dois lados.



**Figura 18-** Edificação construída com elementos espaciais

**Fonte:** Gotz et al. (1995).

Os elementos espaciais são constituídos desde o início como unidades e são completadas progressivamente numa mesma cadeia de montagem. Os elementos espaciais são transportados acabados sobre caminhões e são colocados com a ajuda de máquinas de içamento sobre as fundações isoladas ou contínuas já preparadas

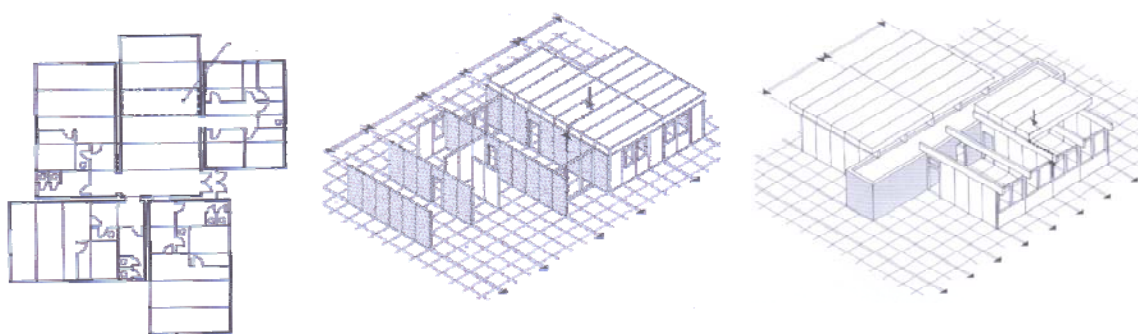


**Figura 19 -** Transporte e montagem de elementos espaciais

**Fonte:** Gotz et al. (1995).

No momento em que é feito o transporte dos elementos acabados, perde-se muito espaço no caminhão. Para remediar esse inconveniente foi desenvolvido um sistema que permite colocar numa parede horizontal as paredes fixadas aos elementos do telhado. Esse sistema permite o transporte de quatro elementos de uma vez com um caminhão normal (Figura 19) painéis de piso são colocados em primeiro lugar sobre as fundações, pontualmente no interior da planta e linearmente na periferia. Os painéis de telhado aos quais as paredes são fixadas por meio das articulações são erguidos. Os montantes e as paredes são em seguida trazidos a vertical e se engastam nos conectores em aço que são fixadas aos elementos da estrutura do piso.

Os esboços das plantas apresentados na figura 20 mostram como combinar os elementos de mesma dimensão sendo possível obter plantas que ofereçam espaços interiores e exteriores de boa qualidade. Os elementos espaciais se combinam horizontalmente e verticalmente. Ching (1998) define uma organização em malha consistindo em formas e espaços cujas posições no espaço e relações entre si são reguladas por um padrão ou campo em malha tridimensional. Uma malha é criada por dois conjuntos de retas paralelas, geralmente perpendiculares, que estabelecem um padrão regular de pontos em suas intersecções. Projetado na terceira dimensão, o padrão em malha é transformado em um conjunto de unidades de espaço repetitivas e modulares.



**Figura 20 - Elementos espaciais**

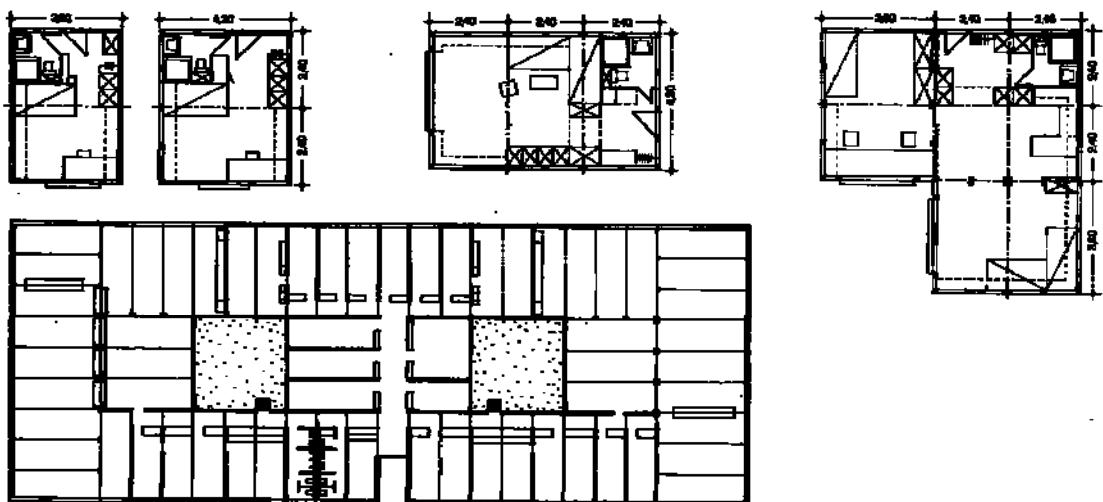
**Fonte:** Gotz et al. (1995).

O poder de organização de uma malha resulta da regularidade e continuidade de seu padrão, que permeia os elementos que organiza. Seu padrão estabelece no espaço um conjunto ou campo estável de pontos e retas de referência no espaço como quais os espaços de uma organização em malha, embora dessemelhantes em tamanho, forma ou função, podem compartilhar uma relação comum.

Independentemente de sua disposição dentro do campo, esses espaços, se vistos como formas positivas, criará um segundo conjunto de espaços negativos.

O mesmo autor coloca que como uma malha tridimensional consiste em unidades repetitivas, modulares, de espaço, pode ter uma parte subtraída, acrescentada ou disposta em camadas, e ainda manter sua identidade como uma malha com a capacidade de organizar espaços. Tais manipulações formais podem ser utilizadas para adaptar uma forma em malha em seu terreno, para definir uma entrada ou espaço externo ou para permitir seu crescimento e expansão. Para acomodar as exigências dimensionais específicas de seus espaços, ou para articular zona de espaço para circulação ou serviço é possível tornar uma malha irregular em uma ou mais direções. Essa transformação dimensional criará um conjunto de módulos hierárquicos diferenciados pelo tamanho, pela proporção e pela localização.

Uma malha também pode sofrer outras transformações. Porções de malha podem deslizar para alterar a continuidade visual e espacial através de seu campo. Um padrão em malha pode ser interrompido para definir um espaço principal ou acomodar uma característica natural de seu terreno. Uma porção da malha pode ser deslocada e descrever uma rotação ao redor de um ponto no padrão básico. Através de seu campo, uma malha pode transformar sua imagem de um padrão de pontos para retas, para planos e, finalmente, para volumes (CHING 1998).



**Figura 21-** Exemplo de planta de construções com elementos espaciais. Três larguras dos elementos correspondem ao comprimento de um elemento

**Fonte:** Gotz et al. (1995).

O autor ainda coloca que os planos verticais paralelos de um sistema estrutural de paredes de sustentação pode ser a força geratriz por trás da forma e organização de um edifício. Seu padrão repetitivo pode ser modificado ao se variar seu comprimento ou ao se introduzirem vazios dentro dos planos a fim de acomodar as exigências dimensionais de espaços maiores. Tais vazios podem também definir trajetos de circulação e estabelecer relações visuais perpendiculares aos planos de parede. As aberturas no espaço definidas pelos planos paralelos de parede podem também ser moduladas ao se alterar o espaçamento e a configuração dos planos.

Paredes de sustentação paralelas são freqüentemente utilizadas em conjuntos habitacionais multifamiliares, elas não só propiciam suporte estrutural para os pisos e coberturas de cada unidade habitacional como também servem para isolar as unidades umas das outras, frear a passagem de som e controlar a dispersão de fogo. O padrão de paredes de sustentação paralelas é particularmente apropriado para esquemas de habitação em série ou no centro de cidades, onde cada unidade tem duas orientações.

### 2.3. Desenvolvimento de sistema construtivo

Vários autores discutem o conceito e a definição de sistemas construtivos Lucini (1985); Sabattine (1989); Martucci (1990) aqui estão apresentados os conceitos que serão utilizados para o desenvolvimento das propostas do projeto de componentes construtivos utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro. Foram adotados os seguintes conceitos apresentados por Martucci (1990) para **Processos Construtivos e Sistemas Construtivos**:

*“... Os Processos construtivos viabilizam, através da tecnologia e da técnica, a materialização das unidades habitacionais, isto é, o que diferencia a elaboração dos projetos das unidades habitacionais, para Processos Produtivos diferentes e o processo através do qual a tecnologia de construção foi ou vai ser desenvolvida, do ponto de vista econômico, financeiro, técnico, etc., em um caso e no outro. A este Processo estamos chamando de **Processo Construtivo** que nada mais é do que o processo que define as formas e as capacidades técnicas e econômicas de se construir.”*

Portanto os Processos Construtivos tratam da maneira como será realizada a produção, levando-se em conta as capacidades locais de infra-estrutura e da disponibilidade materiais e humanas, resultando em uma definição nos projetos de **Sistemas Construtivos**, os quais na produção das unidades habitacionais se definem famílias Processos de Trabalho.

*“... Os **Sistemas Construtivos** representam, dentro do quadro da construção de edificações, um determinado estágio tecnológico, indutor da forma de se executar os edifícios, ou seja, sintetizam o conjunto de conhecimentos técnicos e organizacionais, possíveis de serem combinados, em função do grau de desenvolvimento tecnológico em que se encontram a indústria de materiais de construção e a indústria de máquinas, equipamentos e ferramentas para a construção civil. (...) Os sistemas construtivos podem ser subdivididos em vários **Sub-sistemas**, os quais são definidos segundo suas respectivas características e **Funções técnicas** em relação ao edifício e ao sistema construtivo como um todo. Assim sendo, um sistema construtivo para edificações habitacionais, tradicionalmente poderia estar subdividido em subsistema estrutural, subsistema de vedações externas e divisórias internas, subsistema elétrico, subsistema hidráulico, subsistemas complementares (tais como: circulações verticais, condicionadores de micro clima, etc.) entre outros.”*

A partir da descrição de sistema construtivo são apresentados, na seqüência, os princípios básicos para o do projeto do produto.

### **2.3.1. Projeto do Produto**

O Projeto do Produto, segundo Martucci (1990), na sua prática de elaboração deve ser pautado em alguns princípios básicos:

- **Atendimento aos requisitos, condições e parâmetros dados pelas características regionais e capacidade tecnológica instalada:**

Esse atendimento, diz respeito às características regionais de toda estrutura produtiva instalada. Ou seja, tendo em vista a existência, em nosso País, de diversidades climáticas, culturais e geopolíticas, não se poderia estabelecer requisitos, condições, critérios e parâmetros únicos para todas as regiões, sem que se incorresse em erros crassos de projeto.



Assim sendo, existe a necessidade de serem levantados e analisados, previamente, os elementos de projeto relativos ao clima, topografia, recursos naturais, potencial tecnológico e industrial, etc., de cada região. Esse procedimento abrirá a possibilidade de se montar bancos de dados informatizados, em rede nacional e a um custo perfeitamente amortizável pelos órgãos de fomento à pesquisa, através do financiamento de trabalhos de investigação multidisciplinares e interinstitucionais.

- **Atendimento aos requisitos funcionais e ambientais:**

Estes requisitos dizem respeito ao USO da edificação habitacional e abrangem tanto os requisitos Econômicos (Durabilidade, Manutenção, Flexibilidade, etc.), quanto aos requisitos de Habitabilidade (Conforto, Funcionalidade, Estético, Segurança, Higiene, Salubridade, etc.).

- **Atendimento aos princípios de racionalização do produto quanto à sua produção:**

A racionalização do Produto quanto à sua PRODUÇÃO está extremamente interligada às práticas de projeto que levem em conta, entre outros, os princípios da: Modulação, Padronização, Precisão, Normalização, Permutabilidade, Mecanização, Repetitividade, Divisibilidade e Transportabilidade.

Em relação a presente pesquisa, considera-se a elaboração do projeto de um produto: **componente (painel de fechamento estrutural)**. A INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTZATION - ISO (1984) define um **componente** como um produto manufaturado em unidade de pré-fabricação como uma unidade distinta para servir uma função específica (ou funções) e elemento como um agregado de componentes utilizados conjuntamente e montados, fixados e acabados no canteiro e sub-sistema como parte de um edifício composto por vários elementos construídos, preenchendo uma ou varias funções necessárias ao cumprimento das exigências do usuário.

De acordo com Martucci (1990) ao nível dos componentes são necessários:

- **Domínio técnico e metodológico do processo de desenvolvimento tecnológico de componentes básicos e complexos.** Este desenvolvimento tecnológico significa que um componente deve passar pelas etapas de desenho, de dimensionamento, de cálculo, de protótipo, de execução, de uso e de manutenção;
- **Domínio da lógica de funcionamento dos componentes** em relação à sua aplicação e uso nos subsistemas e sistemas construtivos.
- **Domínio da técnica de execução, de aplicação, de uso e de manutenção** dos componentes.

### 2.3.2. As funções de um produto

A ISO (1984) apresenta as quatorze exigências dos usuários na edificação em madeira, em seqüência de prioridades. Estas exigências podem ser traduzidas em funções que este produto deve desempenhar:

Exigência		Descrição
Segurança	Estrutural	Estabilidade e resistência mecânica
	Ao fogo	Limitações do risco de início e propagação de incêndio, retardar a queima
	Ao uso	Segurança dos usuários e contra intrusões
Conforto	Estanqueidade	Aos gases, líquidos e sólidos.
	Higrotérmico	Temperatura e umidade do ar, condensação.
	Visual	Aclaramento, aspecto dos espaços e das paredes, vista para o exterior
	Acústico	Isolação acústica e níveis de ruído
	Tátil	Eletricidade estática, rugosidade, umidade, temperatura de superfície.
	Antropodinâmico	Acelererações, vibrações e esforços de manobra.
Saúde	Atmosféricas	Pureza do ar e limitação de odores
	Higiene	Cuidados corporais, abastecimento de água, eliminação de matérias usadas
Adequabilidade dos espaços		Numero, dimensões, geometria e relações de espaços e de equipamentos
Durabilidade		Conservação do desempenho ao longo do tempo
Economia		Custo inicial e custos de manutenção e reposição durante o uso

**Quadro 1 - Exigências do usuário**

**Fonte :** Adaptado de ISO (1984)

Para o desenvolvimento de produto deve ser buscado o entendimento para que as funções de determinado produto, em questão, devam atender. Para o caso deste projeto, o produto que se refere é um componente construtivo, o painel, que pretende examinar a viabilidade de uso de madeira roliça de pequeno diâmetro, com finalidade de uso em habitação de interesse social. Para tanto as funções que este produto deve atender está baseado nos conceitos de desempenho técnicos de sistemas construtivos.

Bazin (1993) indica seis pontos básicos de desempenho de materiais, componentes e elementos, o que chama de “nova abordagem” em relação às exigências essenciais de precisão técnica:

1. Estabilidade e solidez da construção e dos elementos;
2. O comportamento em caso de incêndio;
3. Aspectos de higiene, saúde e meio ambiente;
4. Segurança ao uso;
5. Proteção aos ruídos;
6. Conservação de energia e conforto térmico

Ino et al (1998) coloca oito características depreciativas, das quatorze exigências do usuário (Quadro 01) considerando os preconceitos em relação aos usos da madeira, existentes no Brasil. São elas:

- Segurança estrutural: “a madeira é fraca”
- Conforto Térmico: “a casa de madeira é quente”
- Segurança ao fogo; “a madeira queima”
- Conforto Acústico: “na casa de madeira escutam-se conversas”
- Durabilidade: “a madeira não dura”
- Economia: “a casa de madeira é cara”
- Segurança contra intrusão: “a madeira é frágil”
- Conforto visual: “aquele barraco...” ou “aquele chalé”.

O Quadro 2 apresenta uma reflexão entre a classificação das funções proposta por Baxter (1998) e os parâmetros eleitos para as chapas verticais, segundo as quatorze exigências do usuário na edificação (Quadro 1).

Componente	Função	Principal	Básica	Secundária	Uso	Estima
Chapa	Vedar edificação	X			X	
	Delimitar espaços		X		X	
	Segurança Estrutural			X	X	
	Segurança Fogo			X	X	
	Durabilidade			X	X	
	Segurança Intrusão			X	X	
	Conforto Térmico			X	X	
	Conforto Acústico			X	X	
	Economia			X	X	
	Conforto Visual			X		X

**Quadro 2-** Classificação das funções da chapa para vedação vertical

*Fonte: CÉSAR (2002) adaptado de BAXTER (1998).*

A partir destes conceitos serão adotadas algumas funções como prioritárias para o desenvolvimento do produto “Painel”, as quais direcionarão a concepção e análise. Na seqüência será colocado o conceito de Projeto de Produção.

### 2.3.3. Projeto da produção

De acordo com Frampton (1997) a tentativa feita no pós-guerra pela fábrica de aviões Voisin, no sentido de participar do mercado francês de construção civil com uma linha de produção em série de casas de madeira foi saudada com entusiasmo por Le Corbusier no segundo número de *L'Ésprit Nouveau*. Ao mesmo tempo, porém, ele se deu conta de que tal produção só seria alcançada através do exercício de muita perícia e de uma produção industrial de alto nível, uma combinação de circunstâncias que era rara na indústria da construção. Reconheceu essas limitações em sua proposta da *Maison Dom-Ino*, que, à parte a construção das fôrmas e a instalação das armaduras de aço, se destinavam a serem construídas por uma mão-de-obra não-qualificada. Uma das primeiras realizações do escritório de Le Corbusier e Pierre Jeanneret (1922 até a eclosão da segunda guerra mundial) foi apresentar a **idéia “construcional”** pela primeira vez nos anos iniciais da Primeira Guerra Mundial, ou seja, a *Maison Dom-Ino* e as *Villes Pilotis*.

O protótipo *Dom-Ino* era nitidamente aberto a diferentes níveis de interpretação. Enquanto por um lado, era apenas um **recurso técnico para a produção** por outro era um jogo com a palavra *Dom-Ino* como nome industrial patentado, denotando uma casa tão estandardizada quanto um dominó.

O conceito de **construtibilidade** reflete a necessidade dos projetistas considerarem as implicações do projeto sobre a etapa de execução da edificação, reforçando a pertinência da adoção de soluções projetuais que simplifiquem e melhorem sua execução. Assim, a proposição deste conceito é a de **integrar o projeto e a construção** dentro de uma visão holística, adotar prioritariamente, em todas as etapas, os dados provenientes das operações construtivas e considerar que a solução ótima é a de maior construtibilidade (SABATTINI, 1989).

O Projeto da Produção exerce também, segundo Martucci (1990) a função de conectar o **Projeto do Produto à Produção** propriamente, de modo que anteriormente à obra, se possam detectar falhas nos projetos (do produto), principalmente no tocante à racionalização do produto quanto à produção – verificar e desenvolver a construtibilidade dos Projetos do Produto. Com isso, surge na construção de edificações a necessidade de uma série de projetos para execução, ou seja, projetos que busquem a economia de materiais e esforços para a produção de determinado componente ou subsistema da edificação. Como por exemplo, podemos citar os projetos de fôrmas de alvenaria, de kits hidráulicos, etc. que são utilizados mais como um elemento de racionalização da produção que de caracterização do produto propriamente.

De acordo com Fabrício (1996) o **Projeto da Produção** cumpre a etapa onde, através das políticas e estratégias produtivas do desenvolvimento do processo de trabalho e da organização e planejamento da produção, são definidas as atividades produtivas e sua seqüência tecnológica de produção – “fluxo tecnológico”, bem como sua base técnica. Portanto, é através da efetiva utilização e desenvolvimento do Projeto da Produção que se podem alcançar melhores indicadores de produtividade e qualidade do produto, bem como melhorias nos ambientes de trabalho da construção.

O fluxo tecnológico segundo Martucci (1990) mostra com qual seqüência técnica, uma edificação ou um conjunto delas, pode ser executada, em função das características tecnológicas do **Processo Construtivo** adotado, no Projeto do Produto. Assim sendo, os fluxos tecnológicos estão diretamente ligados aos processos de concepção e elaboração do produto. Pode-se através de fluxos tecnológicos detalhados, detectar os gargalos tecnológicos de um determinado Produto Edifício, sem mesmo precisar executá-lo, pois todas as inter-relações técnicas e construtivas que estão aparentemente embutidas no projeto do produto devem, necessariamente serem explicitadas no ato da elaboração do fluxo tecnológico. O autor enumera três princípios básicos que devem ser considerados no projeto da produção:

- recursos humanos;
- controle da qualidade;
- produtividade .

Estes princípios devem ser considerados sob a ótica de Processos Construtivos Flexíveis, que busquem, através do Projeto da Produção, atender às necessidades de adaptabilidade e flexibilidade diante das condições de instabilidade e segmentação de demanda e à necessidade de padronizar o processo de trabalho como forma de ampliar o controle da qualidade e a produtividade sobre o processo. A definição do grau de **Industrialização** de um Processo Construtivo depende da disponibilidade dos recursos financeiros e humanos, que por sua vez definem a quantidade e o tipo de materiais, equipamentos, tamanho e grau de envolvimento da assessoria técnica e a quantidade de mão-de-obra a ser contratada, de acordo com os dados apresentados em Arruda e Ino (2000).

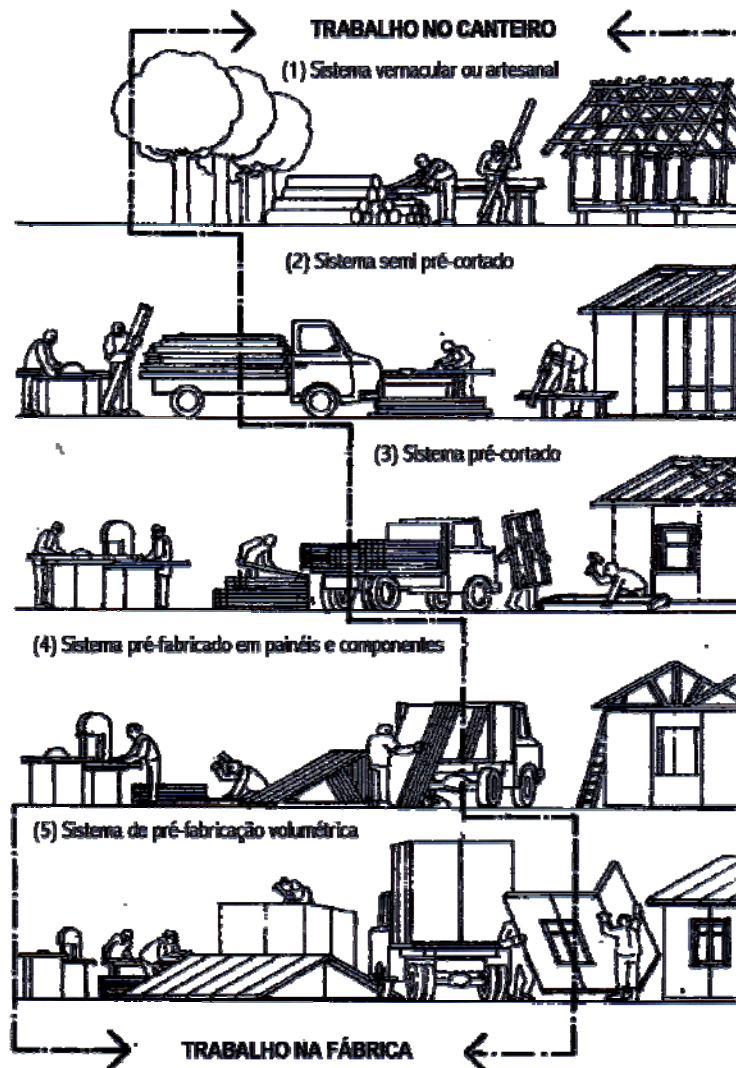
Martucci (1990) define a pré-fabricação numa produção seriada de componentes antes da montagem em canteiro de obras. O autor apresenta os diferentes graus de Industrialização que esse processo pode ter:

- Não-industrializados: artesanal e tradicional;
- Semi-industrializado: tradicional racionalizado e pré-fabricado parcialmente;
- Industrializado: pré-fabricado totalmente.

A JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA - JUNAC (1984b) classifica a experiência de construção em madeira nos Países Andinos, em:

1. Sistema vernacular seria aquele que utiliza métodos tradicionais e materiais locais. A matéria prima sofre pouca transformação, aplicando pouca tecnologia moderna. Utiliza a madeira bruta, em toras o processamento pode ser realizado totalmente na obra.
2. No sistema semi pré-cortado, as peças de madeira abastecem o canteiro cortado somente com as seções finais. O corte nos comprimentos, rebaixos nas peças e perfurações são realizadas na obra. Este sistema requer no canteiro, mão de obra semi-qualificada e ferramentas de carpintaria simples. Requer também documentação técnica.
3. O sistema pré-cortado é considerado como semi-industrial, pois permite a repetição de alguns elementos construtivos que são suficientes para serem produzidos em escala utilizando gabaritos para verificação das dimensões. As peças chegam ao canteiro nas dimensões de uso final, ou seja, tanto nas seções quanto nos comprimentos finais de projeto. Na fábrica também são realizados os rebaixos e recortes necessários nas peças. Devem receber identificação e serem agrupadas conforme o uso antes de serem transportadas para o canteiro. As desvantagens podem ser os extravios das peças e transtornos na obra devido a falta de controle dimensional, que necessita de projeto detalhado, com corte e seção de cada peça para não ser confundida na obra.
4. Os sistemas pré-fabricados parciais podem ser de dois tipos: sistema de pré-fabricação de painéis através de uma sistema modular necessita de pouco trabalho e equipamentos em canteiro. Neste caso são fabricados, painéis de forro, de piso, de parede e a estrutura da cobertura. No segundo caso a parede é pré-fabricada, e os acabamentos e instalações podem ser incluídos na fábrica.

5. Os sistemas de pré-fabricação total, seriam os sistemas tridimensionais, podem variar de 10 a 50m<sup>2</sup>. Na obra são realizadas poucas etapas, a principal seria a fundação. A desvantagem é o custo de transporte, pelo grande volume.



**Figura 22-** Grau de industrialização dos sistemas construtivos em madeira

*Fonte:* JUNAC (1984b).

De acordo com Arakaki (2000) o controle das etapas da **Cadeia Produtiva** é a melhor forma de garantir a qualidade do material. O processo de produção pode ser controlado em toda a cadeia produtiva, desde a derrubada da árvore na floresta até o edifício finalizado. Entretanto o fluxo do processo de produção depende do grau de industrialização pretendido. O projeto de sistema construtivo em madeira permite vários graus de industrialização. Estes graus se caracterizam pela quantidade de trabalho realizado na fábrica e na obra.



## 2.4. Sustentabilidade Ambiental

Baseado em pesquisas desenvolvidas pelo centro de pesquisa Bequest – *Building Enviromental Quality Evaluation for Sustainability through Time* (apud CURWELL<sup>4</sup>, 1996) da Universidade de Salford, os indicadores de sustentabilidade para o ambiente construído podem ser divididos em quatro grandes áreas de trabalho: 1) meio ambiente; 2) social/econômico; 3) construção civil e 4) segurança/saúde. O autor coloca que em um processo produtivo voltado para a indústria da construção essas áreas citadas acima podem ser subdivididas em indicadores de sustentabilidade mais específicos, como: consumo de energia; produção de resíduos e emissão de substâncias nocivas ao meio ambiente (atmosfera, água e solo), consumo de recursos renováveis, conforto ambiental, uso de combustíveis fósseis, uso de recursos escassos, grau de reutilização e de reciclagem dos materiais, durabilidade dos materiais ou da própria edificação, aproveitamento de recursos locais, custos e geração de emprego no setor; assim como aproveitamento da cultura construtiva local, entre outros.

Barbosa e Ino (2000) colocam que “Em cada uma das etapas envolvidas no processamento da madeira podem ser analisados diversos indicadores que sinalizem possíveis impactos ao meio ambiente, seja em nível global, local ou em relação aos próprios usuários. Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas que identificam e dimensionam questões ou problemas e auxiliam na criação de bancos de dados e no monitoramento de progressos alcançados. Quando possível essas medidas devem ser comparadas com padrões apropriados e já estabelecidos”.

### 2.4.1. Cadeia de produção de produtos de base florestal

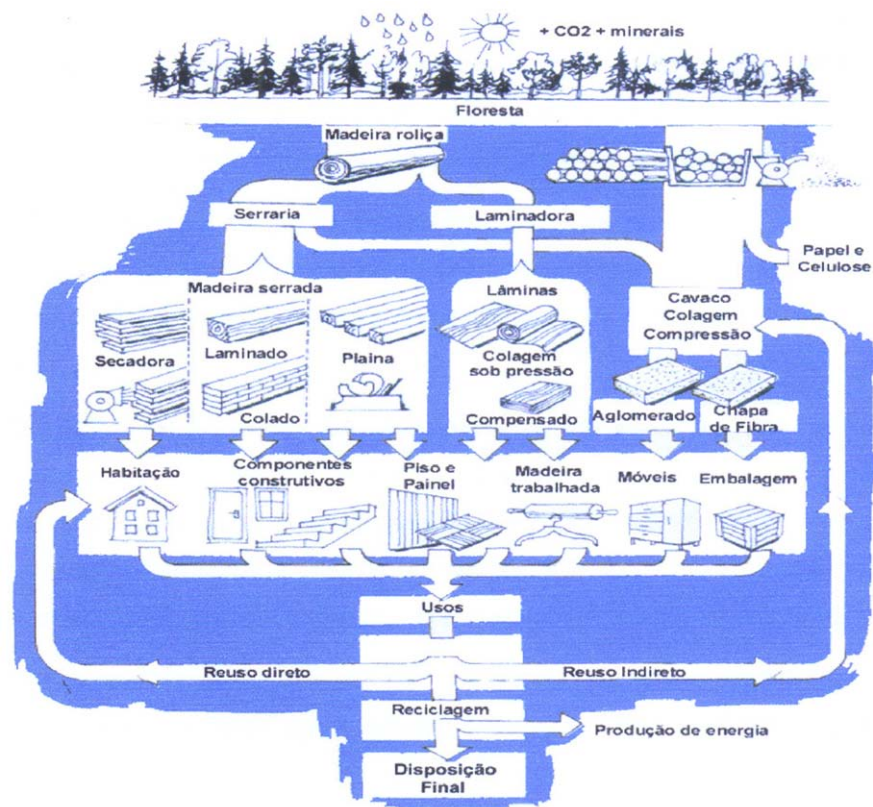
Batalha (1997) apresenta a exploração da madeira clasificada na divisão “não – alimentar” do sistema agroindustrial como “exploração florestal”, assim como móveis, papel e papelão, fumo, couro e têxteis. Nesse sentido, ainda de acordo com Yuba (2005) tanto esse autor como Voinson e Castagné (1988) apresentam definições similares para a cadeia produtiva.

---

<sup>4</sup> CURWELL, S. (1996) *Specifying for greener buildings*. *The architect's journal*. Janeiro.

A cadeia de produção agroindustrial (CPA) tem um conjunto de três definições:

1. “a cadeia de produção é uma sucessão de operações de transformações dissociáveis, capazes de serem separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico”;
2. “a cadeia de produção é também um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem, entre todos os estados de transformação, um fluxo de troca, situado de montante a jusante, entre fornecedores e clientes”;
3. “a cadeia de produção é um conjunto de ações econômicas que presidem a valoração dos meios de produção e asseguram a articulação das operações”.



**Figura 23-** Cadeia de produção da madeira - Fonte: TRÄTEK, 1977 .

A **cadeia produtiva** é esquematicamente dividida em três macrosssegmentos: produção de matérias primas, industrialização e comercialização; e é definida a partir da identificação de determinado produto final (cadeia produtiva da habitação em madeira, por exemplo).

Segundo Yuba (2005) “por não lidar com as etapas posteriores (uso; manutenção e desconstrução) como faz o ciclo de vida, constitui-se numa limitação para o trabalho com a sustentabilidade. Mas, apesar disso, é um avanço para uma abordagem mais integrada que a concepção de “**processo produtivo**”, que considera somente as sucessivas transformações da matéria prima para o produto final”.

De acordo com BARBOSA (2003) (..) “Analisando-se todas as etapas da cadeia produtiva de uma edificação é possível verificar a responsabilidade ambiental desde o início do processo de produção, ou seja, desde a extração do recurso até o uso, manutenção da edificação e disposição final dos materiais, do berço ao túmulo”. Na Figura 23 podemos observar o fluxo produtivo geral da madeira, suas etapas, produtos, componentes gerados e ciclagem da matéria-prima. Ainda segundo o mesmo autor, de acordo com o desenvolvimento sustentável e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), o processo produtivo deve considerar o destino final do objeto produzido, desenvolvendo estratégias para facilitar a reciclagem e reutilização dos materiais com maior clareza aos benefícios ambientais.

Segundo Sachs et al. (1977) os conceitos de técnicas apropriadas e de eco desenvolvimento surgem de um processo criativo de transformação do meio, unindo as técnicas ecologicamente prudentes às potencialidades do meio ambiente, evitando o desperdício e velando pelo emprego dos recursos naturais à satisfação dos membros da sociedade.

Esses conceitos são vistos como uma filosofia de ação social, um estilo de desenvolvimento, harmonizando os objetivos sócio-econômicos à gestão racional do meio ambiente. Portanto, essas técnicas devem reproduzir um contexto preciso das características regionais – histórico, social, econômico e ecológico relacionados aos objetivos fixados pela política de desenvolvimento. Ainda de acordo com os mesmos autores definindo a **palavra sustentável aplicada a um produto**, uma atividade ou mesmo um processo de produção, está implícita a idéia de continuidade, de permanência no tempo, algo que tenha durabilidade durante todo o processo produtivo.

### 2.4.2. Baixo consumo energético

De acordo com Barbosa (2003) “Inicialmente, de modo geral na quantificação do consumo de energia nas construções era considerado somente o processo básico da produção dos materiais e dos componentes construtivos. Porém, em recentes pesquisas tem-se dado maior ênfase em se quantificar a energia embutida do material desde a extração, a transformação da matéria-prima até o componente acabado, o uso do edifício (aquecimento, refrigeração e iluminação) e a demolição. Classifica-se desta maneira, os materiais de menor gasto energético dentro de um processo cíclico de produção”.

Lawson (1997) coloca que o cálculo da taxa embutida nos materiais, componentes e nas edificações em geral podem ser quantificados pela Energia Global Requerida (*GRE – Gross Energy Requirement*) – energia consumida em todas as etapas da cadeia produtiva ou pela Energia Requerida no Processamento (*PER – Process Energy Requirement*). Neste caso, a energia é mais rapidamente calculada, produzindo mais firmes bases para comparação entre os materiais. A manufatura do material ou componente representa 50-80% do GER (tabela 2)

MATERIAL	ENERGIA EMBUTIDA	MATERIAL	ENERGIA EMBUTIDA
MADEIRA MOLE SECA EM ESTUFA	3,4 MJ/Kg	CIMENTO	5,6 MJ/Kg
MADEIRA DURA SECA EM ESTUFA	2,0 MJ/Kg	BLOCO DE CONCRETO	1,4 MJ/Kg
MADEIRA DURA SECA AO AR LIVRE	0,5 MJ/Kg	VIDRO	12,7 MJ/Kg
COMPENSADO	10,4 MJ/Kg	AÇO GALVANIZADO	38,0 MJ/Kg
PVC	80,0 MJ/Kg	ALUMÍNIO	170,0 MJ/Kg

**Tabela 2:** Valores obtidos pelo PER para materiais de construção  
**Fonte:** LAWSON, 1997.

Ainda de acordo com Lawson (1997) a quantidade de energia embutida em uma casa de estrutura de madeira comparada a uma de aço é da ordem de 35 a 50 % menor na de madeira do que na de aço, que teria esta última, cerca de 120.000 MJ. Portanto, na construção de 100.000 casas na Austrália, se fossem utilizadas estruturas de aço, haveria uma adição no consumo de energia de  $12 \times 10^9$  MJ. Esta energia adicional seria suficiente para abastecer cerca de 6.500 casas por 50 anos, e a quantidade de gás carbônico adicional liberado seria da ordem de milhões de toneladas.

### **2.4.3. Baixa geração de resíduos**

Todo e qualquer processo de transformação surgem nas suas etapas de produção algum tipo de resíduo do processo, por mais eficiente, mais racionalizado que seja, os resíduos são gerados. A fim de obter melhor desempenho ambiental será necessário estar qualificando e quantificando os respectivos resíduos para melhorar os procedimentos de cada etapa, reduzindo a quantidade e na medida do possível eliminando. Esta caracterização e o entendimento do processo todo da cadeia de produção dos produtos a base florestal permitirá obter indicadores que dêem subsídios para o desenvolvimento do projeto do produto e da produção do componente construtivo. Capra (1996) coloca através de uma cadeia alimentar o conceito de ciclo fechado:

*“(...) Tendemos a acreditar que as plantas crescem do solo, mas, na verdade, a maior parte da sua substância provém do ar. A maior parte da celulose e dos outros compostos orgânicos produzidos por meio da fotossíntese consiste em pesados átomos de carbono e de oxigênio, que as plantas tiram diretamente do ar sob a forma de CO<sub>2</sub>. Assim, o peso de uma tora de madeira provém quase que totalmente do ar. Quando queimamos lenha numa lareira, o oxigênio e o carbono combinam-se novamente em CO<sub>2</sub>, e na luz e no calor do fogo recuperamos parte da energia solar que fora utilizada na formação da madeira.”*

Com base nos itens considerados pelos autores citados foram adotados no desenvolvimento do projeto do produto painel os critérios apresentados na seqüência.

### **2.5. Diretrizes para o desenvolvimento do produto e da produção**

A partir do levantamento bibliográfico realizado, sobre as múltiplas variáveis consideradas na concepção e proposição de um novo produto e critérios técnicos apresentados pelos autores e normalizações consultadas, para o desenvolvimento de um produto, são estabelecidos paradigmas ambientais e econômicos (indicadores adotados na pesquisa), determinantes para o desenvolvimento e análise da viabilidade e sustentabilidade das propostas para o painel.

Iniciou-se a concepção a partir das características pretendidas para o produto (paradigmas ambientais, técnicos e econômicos) e posteriormente partiu-se para seu modo de produção (paradigma técnico, econômico e ambiental).

Partiu-se do raciocínio das propostas para os painéis pensando-se em painéis de grandes dimensões, a partir das características descritas na revisão bibliográfica apresentada. Verificou-se com o decorrer da pesquisa relacionada ao material proposto para o painel (peças de madeira roliça de pequeno diâmetro) que o peso das peças inviabilizaria esse raciocínio, uma vez que se consideraram condições de fácil montagem, dispensando equipamentos pesados (içamento). Optou-se então para a concepção de painéis de pequenas dimensões sem a função estrutural, segundo a classificação apresentada como “painéis aplicados”, partindo-se posteriormente para a proposta de um sistema de painéis, ou seja, painéis estruturais estandardizados, possibilitando flexibilidade de desenho na edificação.

O desenvolvimento do produto (painel) no presente trabalho definido inicialmente como componente de fechamento, buscou optar por um conceito, a partir das características (paradigmas) apresentadas nesse capítulo. Esses conceitos foram divididos em três grupos de indicadores: 1. desempenho técnico (sistemas de painéis, desempenho estrutural), 2. redução de resíduos gerados no processo, encapsulamento de CO<sup>2</sup>, (Sustentabilidade ambiental) e 3. Coordenação modular, processo de produção racionalizado (sustentabilidade econômica). Os três grupos subdividem os critérios adotados para os projetos e avaliação dos resultados obtidos nas duas fases de desenvolvimento do projeto do produto e o processo de produção das propostas para o painel.

No Quadro 3 estão apresentados os critérios estabelecidos para a concepção e desenvolvimento do Projeto do Produto e da Produção:

	CRITÉRIOS	DESCRÇÃO
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS FUNCIONAIS	Desempenho Técnico/ Estrutural	Estabilidade sob a aplicação de forças que comprometam a estabilidade do fechamento.
	Estanqueidade visual (Frestas)	Desempenho como <b>painel de fechamento</b> , impedimento de <b>frestas visuais</b> . Analisada por inspeção visual, como principal indicador de falta de estanqueidade na vedação de paredes.
	Durabilidade	Para garantir a durabilidade busca-se tratamento alternativo menos tóxico ao existente e detalhes construtivos de projeto.
2. SUSTENTABILIDAD E AMBIENTAL	Utilização de materiais de fontes renováveis	Menor número de ligações metálicas Matéria prima renovável utilização de madeira de aproveitamento de florestas plantadas para reduzir o uso de madeira nativa.
	Baixo consumo energético	Poucas etapas e tempo de usinagem das peças
	Redução de resíduos gerados	Quantificação e avaliação da possibilidade de reutilização dos resíduos gerados no processo de produção dos painéis
3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	Facilidade de produção	Processo de produção racionalizado (facilidade de execução) máquinas e ferramentas encontradas em marcenarias de pequeno porte, menor número de trabalhadores não especializados e tempo empregado no processo de produção. Redução de custos de produção pelo processo de <b>autoconstrução</b>
	Facilidade de montagem	Vedação de edifícios a partir da possibilidade de montagem "in loco" (painéis) desde que as peças sofram previamente usinagem, possibilidade de transporte em feixes. Coordenação modular permite o aumento de flexibilidade dos espaços, diversidade de arranjos e redução de perdas de material. <b>Projeto de interfaces</b> considerando os fatores de produção na montagem dos painéis para fechamento de edifícios
	Produção em escala	<b>Racionalização da produção</b> da habitação, condições de produção em larga escala. <b>Painéis estruturais</b> prevêm rapidez de produção e montagem
	Baixos custos	Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0,08 e 1,0m de diâmetros de base e 2,50m de comprimento
		<b>PRODUTO</b>
		<b>PRODUÇÃO</b>

**Quadro 3** - Critérios para concepção e desenvolvimento das propostas segundo os indicadores de desempenho técnico e da sustentabilidade econômica e ambiental

Com base nesses critérios do Quadro 3, será apresentada no capítulo 03, a pesquisa referente à utilização de materiais de fontes renováveis, um dos critérios eleitos na análise da sustentabilidade ambiental da proposta.

Inicialmente a matéria prima proposta para o desenvolvimento do componente painel foram as escoras residuais da concretagem em construções de pequeno e médio porte. Nas construções de grande porte são utilizadas escoras metálicas, o que indicou a busca por uma fonte de material que não viesse a sofrer a possibilidade de futura substituição e conseqüente inviabilidade da proposta para o novo produto, baseado na reutilização desse rejeito. Buscou-se então, a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal, identificar outras oportunidades de aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro.



## Capítulo 03

### **Disponibilidade do Material - Identificação de oportunidades para aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro na habitação social a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal.**

São apresentadas oportunidades de aproveitamentos da madeira de eucalipto e pinus nas cadeias produtivas de produtos comercializados pela empresas: Sobloco Agropecuária Ltda. e Faber Castell Ltda. e a metodologia utilizada no levantamento de identificação dessas oportunidades a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal.

#### **3.1. Apresentação**

O aproveitamento de peças roliças de madeira de pequeno diâmetro dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* se apresenta com potencial para desenvolver nova alternativa construtiva, de baixo impacto ambiental para habitação de interesse social. A investigação da cadeia produtiva, nas áreas de reflorestamento, e atual estágio de produção florestal e manejo da madeira como material construtivo renovável, gera oportunidades de maior aproveitamento das peças de pequeno diâmetro oriundas de plantios florestais. O trabalho busca demonstrar a viabilidade do desenvolvimento de produtos produzidos a baixos custos para incremento dos usos múltiplos das florestas de plantios. Os objetivos do trabalho são demonstrar a viabilidade de aproveitamento das peças roliças de madeira de plantios florestais de pequeno diâmetro, verificando a disponibilidade do material.

Na análise das cadeias produtivas foram adotados os seguintes indicadores: potencial florestal e manejo florestal sustentável; aproveitamento dos resíduos no processo de transformação, viabilidade econômica e identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira junto ao processo de cultivo destas espécies, buscando como resultado um material acessível à habitação de interesse social.

O trabalho de levantamento de dados sobre o tema Cadeia produtiva das espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, junto às empresas selecionadas: Faber Castell Ltda., e Sobloco Agropecuária Ltda., visa o fornecimento de dados para quantificar algumas regiões e o volume plantado no país dessas espécies, identificação do atual estágio de produção florestal, localidade, assim como, detectar oportunidades de aproveitamento durante as etapas de manejo dessas florestas. Os dados colhidos visam obter informações sobre a cadeia produtiva, levando em consideração as formas atuais de utilização das peças de pequeno diâmetro, objetivo deste estudo. O levantamento visa localizar um “descarte” no ciclo produtivo de produtos diversos que possa ser utilizado em habitações de interesse social. Essa etapa da pesquisa buscou demonstrar oportunidades de aproveitamento de peças roliças de madeira de reflorestamento de pequeno diâmetro aplicáveis à construção de habitações de baixa renda a partir de usos múltiplos das Florestas e incrementar os usos múltiplos das florestas de plantio como forma de incentivo a reposição florestal manejada e sustentável. A etapa seguinte procurou desenvolver um produto a partir do aproveitamento encontrado, abrindo outras frentes de regional dos resíduos gerados (madeira) no processo de produção de algumas empresas.

### **3.2. Etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados**

O primeiro contato foi feito via telefone e e-mail seguido de viagem p/ entrevista e verificação “in loco” com registro fotográfico. Foram testadas várias planilhas para levantamento em campo da cadeia produtiva através de coleta de dados. Em anexo (anexo b) são apresentadas as planilhas testadas e as planilhas finais preenchidas que foram aplicadas no levantamento realizado em campo, entrevistas realizadas com os seguintes profissionais: Chefe do Departamento Florestal da Faber Castell Ltda. Engenheiro Cassiano R. Schneider; Engenheiro Agrônomo Lourenço Cherman Salles da Sobloco Agropecuária Ltda.

São descritas as etapas de desenvolvimento da pesquisa, as planilhas utilizadas para a coleta de dados (anexo b), e a sistematização dos dados coletados.

<b>1. Desenvolvimento de planilhas para coleta de dados</b>		
<b>Etapas</b>	<b>Materiais e métodos</b>	<b>Produtos</b>
<p><b>1.1.</b> Seleção das empresas/ produtos.</p>	<p>Investigação via internet das Empresas que produzem grande quantidade de madeira das duas espécies abordadas na pesquisa.</p>	<p>■ Faber Castell por ser uma empresa internacionalmente conhecida e ter grandes e várias plantações de Pinus</p> <p>■ Sobloco Agropecuária Ltda. por ser atualmente uma das maiores reflorestadoras de Eucalipto no Brasil.</p>
<p><b>1.2.</b> Seleção de variáveis relacionadas à produção das espécies Pinus e Eucaliptus.</p>	<p>“Sites” de empresas que plantam árvores dessas espécies e publicações em congressos.</p>	<p>■ Etapas gerais dos processos produtivos das espécies de pinus e eucalipto</p> <p>■ Formulação de Pré-questionário.</p>
<p><b>1.3.</b> Entrevistas para teste e aperfeiçoamento do pré-questionário.</p>	<p>Levantamento das etapas de manejo florestais relacionadas à cadeia produtiva de Pinus e Eucalipto através de entrevistas junto às empresas com Engenheiros Florestais, utilizando o pré-questionário proposto para teste.</p>	<p>■ Elaboração da Planilha contendo itens que analisam o ciclo da cadeia de produtos de base florestal</p>
<b>2. Aplicação das planilhas para coleta de dados</b>		
<p><b>2.1.</b> Envio das planilhas via internet para os responsáveis pelo setor florestal das empresas Faber Castell Ltda. e Agropecuária Sobloco S/A para testar as planilhas elaboradas para a coleta de dados.</p>	<p>Buscou-se verificar a eficácia do formato das planilhas, adequabilidade das opções de respostas, pertinência das perguntas elaboradas. A partir das respostas ou abstenção de repostas tentou-se construir um esboço do manejo florestal investigado</p>	<p>■ A partir das lacunas de informações detectadas na planilha teste, foi planejada uma nova planilha com formato diferente, mais adaptado ao formato das respostas possíveis e maior elaboração das perguntas referentes aos dados verificados inconsistentes.</p>

**Quadro 4** - etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados.

## Continuação (Quadro 4)

<p style="text-align: center;"><b>2.2.</b></p> <p>Primeira visita às empresas selecionadas</p>	<p>Levantamento de dados junto aos Engenheiros Florestais dessas empresas utilizando-se das planilhas anteriormente elaboradas através de contato pessoal e realização de registro fotográfico em diferentes etapas das florestas.</p>	<p>■ Informações mais específicas das empresas.</p>
<p style="text-align: center;"><b>2.3.</b></p> <p>Aperfeiçoamento de planilha, sendo uma planilha para cada espécie.</p>	<p>Elaboração de novas planilhas, uma para cada espécie, acrescentando perguntas. Com a necessidade de um maior direcionamento das respostas para um melhor entendimento das mesmas, estas novas planilhas foram modeladas de uma forma mais objetiva com base no sistema de múltipla escolha e não descritiva.</p>	<p>■ Novas planilhas, uma para Pinus e outra para Eucalipto resultando em informações mais específicas de cada espécie.</p>
<p style="text-align: center;"><b>2.4.</b></p> <p>Segunda visita a empresas selecionadas com as planilhas definitivas, já contendo as informações levantadas anteriormente, para complementação das informações.</p>	<p>Na falta de algumas informações para preencher as novas planilhas assim como melhorar o entendimento do processo produtivo e complementar o registro fotográfico das florestas em diferentes etapas de manejo.</p>	<p>■ Informações organizadas, entendidas e planilha preenchida.</p> <p>■ Elaboração do esboço dos quadros que relacionam as etapas de produção e manejo às imagens realizadas em campo.</p>
<p style="text-align: center;"><b>2.5.</b></p> <p>Confirmação de informações colhidas in loco.</p>	<p>Enviado produto final por e-mail para os Engenheiros Florestais e responsáveis pelas informações e autorização da publicação do material</p>	<p>Confirmação das informações tendo algumas alterações a fim de aperfeiçoar as respostas. E autorização cedida para publicação e citação do nome das empresas no Congresso.</p>
<p><b>3. Sistematização dos dados na elaboração das tabelas.</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>3.2.</b></p> <p>Correção dos quadros com informações obtidas através das planilhas.</p>	<p>Análise do processo produtivo das espécies e elaboração de textos explicativos do mesmo.</p>	<p>Tabela figurativa e explicativa para cada espécie utilizada na pesquisa.</p>

**Quadro 4 - etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados**

Continuação (Quadro 4)

<b>4. Sistematização dos dados na elaboração dos fluxogramas.</b>		
<b>4.2.</b> Elaboração de um primeiro fluxograma para cada espécie	Organização das imagens em uma seqüência mostrando o ciclo de produção com base nas informações contidas nas tabelas das duas espécies.	Melhor entendimento do ciclo de produção através dos fluxogramas para posterior enfoque sobre o objetivo desta pesquisa.
<b>4.3.</b> Aperfeiçoamento dos fluxogramas.	Reorganização de todo fluxograma fim de indicar: possibilidades de utilização dos resíduos, dados como custo e porcentagem de retirada com fatores mostrando a viabilidade do uso da madeira roliça de pequeno diâmetro à habitação de interesse social e mostrar a viabilidade e a sustentabilidade da madeira de Pinus e Eucalipto.	Novos fluxogramas detectando a oportunidade de aproveitamento da madeira roliça no ciclo de produção, a viabilidade desta segundo sua sustentabilidade.
<b>5. Conclusões</b>		

**Quadro 4-** etapas gerais, materiais e métodos e avaliação dos resultados

As informações obtidas foram tabuladas e descritas em etapas numeradas, para identificação no fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento de madeira, dentro das cadeias produtivas das florestas cultivadas pelas empresas selecionadas.




### 3.3. Identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de eucalipto na cadeia produtiva da empresa Sobloco Agropecuária Ltda. para habitação de interesse social

O Quadro 5 apresenta as informações levantadas para cada etapa da cadeia produtiva de eucalipto da Sobloco Agropecuária Ltda. no intuito de identificar as possibilidades de aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação de interesse social. As etapas estão numeradas na seqüência:

<p><b>1. MUDAS TUBETES SEMENTES OU CLONES</b></p>		<p>As mudas são cultivadas pela empresa ou adquiridas de terceiros em forma de parceria. A Sobloco Agropecuária Ltda. monitora as mudas que são condicionadas em tubetes. As mudas são provenientes de um pomar de sementes ou clones (PSC) esse cultivo está localizado na região de São Carlos (SP).</p>
<p><b>2. GERMINAÇÃO DE SEMENTES/ CLONES</b></p>		<p>As sementes são cultivadas em um viveiro com sombrites onde são adubadas, irrigadas e tratadas. Depois de 10 a 15 dias germinam e continuam sendo cuidadas por cerca de 3 meses.</p>
<p><b>3. VIVEIRO</b></p>		<p>Viveiro com mudas de árvores eucalipto. Aos quatro meses de idade, as mudas são levadas aos parques florestais, onde são plantadas com uma altura média de 20 cm.</p>
<p><b>4. PLANTIO DE EUCALIPTO COM 270 DIAS</b></p>		<p>Após o preparo do solo e adubação, é realizado o plantio. O espaçamento adotado entre as mudas é de 3,30m por 2,00m contendo 1200 hectares. Este planejamento facilita o crescimento e manejo das árvores. Sendo o espaçamento interno de 6m (de um talhão a outro) e o externo de 12m (divisões de propriedade-rua).</p>





**Quadro 5** – Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto na habitação social

Continuação (Quadro 5)

5. DESRAMA CITRIODORA 2 ANOS		Para facilitar seu crescimento e evitar a formação de "nós", que prejudicam a qualidade da madeira, os galhos mais baixos são podados e deixados no solo, o que ajuda na fertilização da terra que ocorre apenas com as espécies do eucalipto citriodora. Esse processo acontece aos dois anos aproximadamente.
6. TRATAMENTO		Adiciona-se calcário antes dos cortes, formicida, adubo, desrama e herbicida. R\$ 586,00 por ha. (R\$ 0,35 por árvore).
7. PRIMEIRO CORTE RASO (8ANOS)		Este processo ocorre em torno de 8 anos, quando 98% da floresta é retirada, as árvores estão com em média de 25cm x 18m, os 2% restante são selecionadas para crescimento das toras. Normalmente no primeiro ciclo é deixado somente um broto, no caso de alguma falha, deixa-se outro broto para ocupar lugar da muda que morreu. Mercado que se destina celulose, energia, construção civil.
8. BROTA E DESBROTA		Toda floresta será conduzida por meio de brota, custo até esta etapa é de R\$0,02 de desbrota e R\$586,00/ha.
9. DESRAMA CITRIODORA (2 ANOS)		Para facilitar seu crescimento e evitar a formação de "nós", que prejudicam a qualidade da madeira, os galhos mais baixos são podados e deixados no solo, o que ajuda na fertilização da terra que ocorre apenas com as espécies do eucalipto citriodora. Esse processo acontece aos dois anos aproximadamente.
10. TRATAMENTO		Adiciona-se calcário antes dos cortes, formicida, adubo, desbrota e herbicida. R\$ 586,00 por ha. (R\$ 0,35 por árvore).

Quadro 5 – Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto na habitação social

Continuação (Quadro 5)

<p><b>11. CORTE RASO</b> 8 ANOS</p>		<p>Este processo ocorre em torno de 8 anos (16 anos desde o plantio) 98% da floresta é retirada, as árvores estão com aproximadamente entre 12cm x 18m ou 15cm x 20m, os 2% permanecem para crescimento das toras (serraria). No primeiro, segundo e terceiro cortes são retiradas peças com pequenos diâmetros e cortadas em torno dos 3,00m /3,50m e 6,0m de comprimento (25%) de escoras e caibros são destinados à construção civil. As peças que possuem características visuais inferiores, encurvamentos etc., são cortadas em metros (metrinho) e destinadas a gerar energia. Apenas 2% da floresta com maior retinidade são selecionadas e mantidas para crescimento (madeira serrada), são desbastadas conforme a demanda, ou após os 24 anos da data do plantio (corte raso final).</p>
<p><b>12. REBROTA E DESBROTA</b></p>		<p>Toda floresta será conduzida por meio de brota, custo até esta etapa é de R\$0,02 de desbrota e R\$586,00/ha.</p>
<p><b>13. DESRAMA CITRIODORA (2 ANOS)</b></p>		<p>Para facilitar seu crescimento e evitar a formação de "nós", que prejudicam a qualidade da madeira, os galhos mais baixos são podados e deixados no solo, o que ajuda na fertilização da terra que ocorre apenas com as espécies do eucalipto citrodora. Esse processo acontece aos dois anos aproximadamente.</p>
<p><b>14. TRATAMENTO</b></p>		<p>Adiciona-se calcário antes dos cortes, formicida, adubo, desbrota e herbicida. R\$ 586,00 por ha. (R\$ 0,35 por árvore)</p>

Quadro 5 – Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto na habitação social



## Continuação (Quadro 5)

<p><b>15. CORTE RASO FINAL</b> (8 ANOS) 100%</p>		<p>Este corte ocorre aos 8 anos com árvores de rebrota com aproximadamente 12cm x 18m. (24 anos desde o plantio) 100% são retiradas com aproximadamente 25cm x 22m, para uso na indústria de celulose 48%, construções civis 10%, serraria 5%, rural 5%, energia 30%, os 2% restantes podem permanecer para crescimento das toras (serraria) até 32 anos. Os 2% restantes da floresta podem permanecer a espera de melhor mercado para crescimento das toras (serraria), para serem cortadas até os 32 anos. Após o corte raso rebaixa-se o toco e plantam-se novas mudas entre um e outro para início de novos ciclos de corte por isso os espaçamentos são de 3,30m x 1,80m.</p>
<p><b>16 a PAPEL</b> Etapas: 7c; 11c; 15c</p>		<p>Uso na indústria de celulose (UCP – Votorantim, RIPASA, INTERNATIONAL PAPER) R\$70,00 até R\$130,00/st (segundo informações fornecidas em entrevista realizada em 14 de julho de 2004).</p>
<p><b>16 b subproduto-METRINHO</b> Etapas: 7a; 11a; 15a</p>		<p>Após a derrubada, a peça é imediatamente picada em metros pelo funcionário responsável pelo corte, durante a operação de derrubada. Ele é quem separa visualmente toda a floresta, classificando as peças para os diferentes destinos, relativos aos produtos finais comercializados pela empresa. O Metrinho é utilizado como energia calorífica utilizada em fornos de padaria e autofornos de indústrias (30%). O nome “metrinho” é atribuído devido ao corte de metro em metro das peças de rebrota (brotos excluídos), ou descartes (tortas) durante todos os 3 ciclos da floresta. O valor comercial dessa madeira é de R\$ 50,00/ms<sup>t</sup> (1ms<sup>t</sup> contém 150 metros lineares de madeira ou 150 peças com 1m de comprimento).</p>

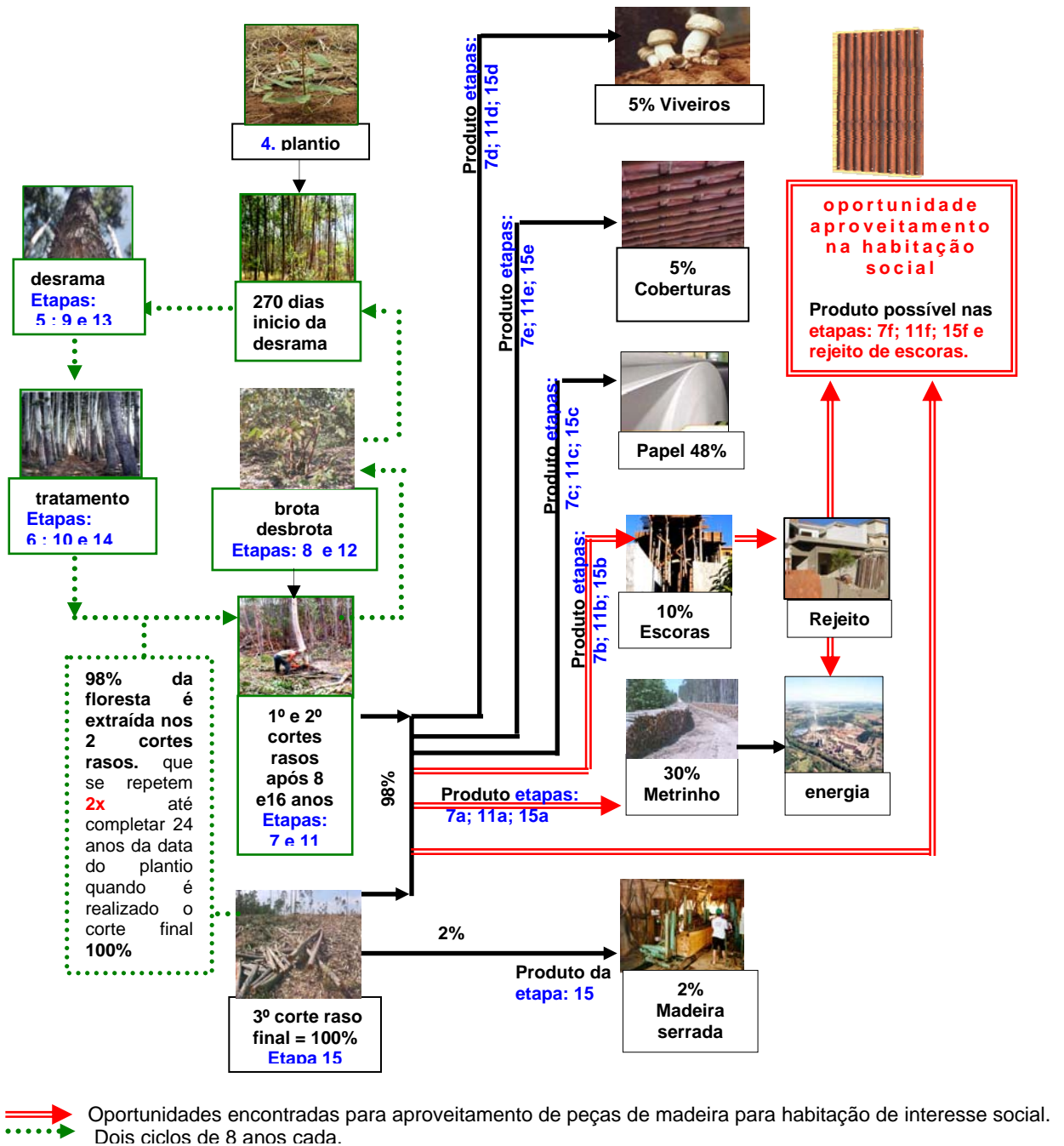
**Quadro 5** – Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto na habitação social

Continuação (Quadro 5):

<p><b>16 c ESCORAS</b> Etapas: 7b; 11b; 15b</p>		<p>No primeiro, segundo e terceiro ciclo de corte são retirados peças de pequeno diâmetro que não são recortadas de metro em metro por possuírem características visuais superiores ao metrinho e por isso são recortadas em torno dos 2,20/ 2,50/ 3,00m / 3,50m e 6,0m de comprimento destinado à construção civil como escoramento 15%. O valor comercial dessa madeira é de R\$ 0,90/ metro linear (R\$ 2,25/ peça ø10cm com 2,50m).</p>
<p><b>16 d REJEITO</b> Pós-utilização das Escoras</p>		<p>Após a utilização das escoras as peças são vendidas por um custo baixo ou simplesmente doadas em troca da retirada do material como energia calorífica em fornos de padarias.</p>
<p><b>16 e VIVEIROS AGRÍCOLAS</b> Etapas: 7 d; 11 d; 15 d.</p>		<p>Peças roliças de pequeno diâmetro são utilizadas como viveiros agrícolas (inoculação de cogumelos; cultivo de tomates; uva)</p>
<p><b>16 f MADEIRA TRATADA</b> Etapas: 7e; 11e; 15e.</p>		<p>Essa madeira será vendida após tratamento em autoclave para coberturas residenciais e construções rurais totalizando 25% da demanda da floresta.</p>
<p><b>16 g MADEIRA SERRADA</b> Etapa 15</p>		<p>As árvores pertencentes aos 2% da floresta selecionados para, para crescimento (desdobro), que não participaram dos 3 ciclos de corte são desbastadas conforme a demanda ou após os 24 a 32 anos do plantio.</p>
<p><b>16 h OPORTUNIDADE APROVEITAMENTO</b> Etapas 7f; 11f; 15g</p>		<p>Oportunidade de aproveitamento das peças roliças de madeira de plantios florestais de pequeno diâmetro possíveis de serem utilizados em habitações de interesse social. Possibilidade de aproveitamento na produção de painéis estruturais em madeira roliça e chapas.</p>

**Quadro 5** – Oportunidades de aproveitamento de madeira de eucalipto na habitação social

Após o levantamento das informações foi realizado um fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento de madeira dentro da cadeia produtiva das florestas de cultivo das espécies de *pinnus* e *eucalyptus*, como forma de análise sistematizada para identificação das oportunidades dentro do ciclo produtivo dessas empresas. É apresentado na seqüência (figura 24 abaixo e figura 25) o Fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de eucalipto na cadeia produtiva da empresa Sobloco Agropecuária Ltda. para habitação de interesse social:



**Figura 24 - Fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de eucalipto para habitação de interesse social na cadeia produtiva da empresa Sobloco Agropecuária Ltda.**

# EUCALIPTO

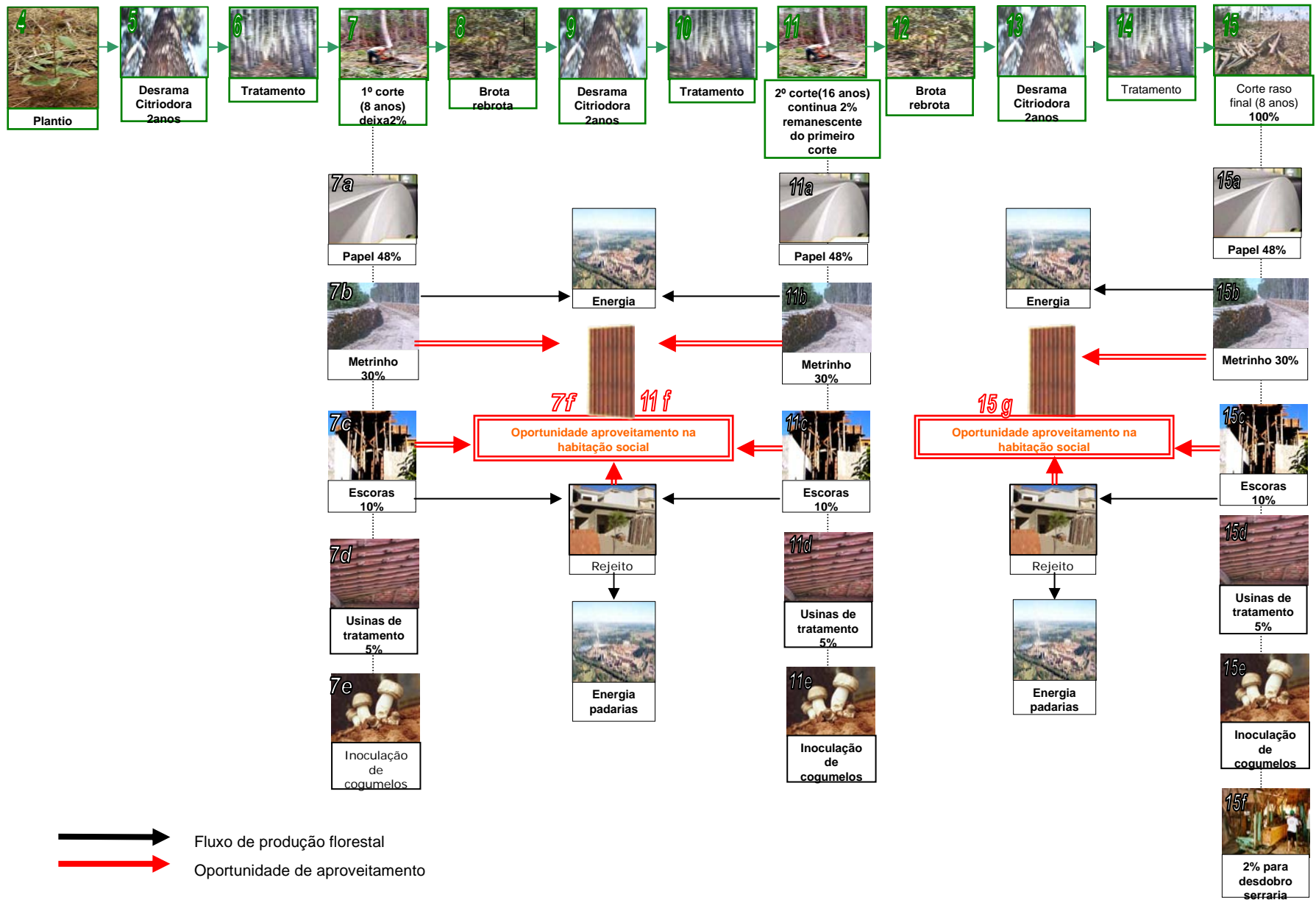






Figura 25 - Fluxograma da cadeia de eucalipto



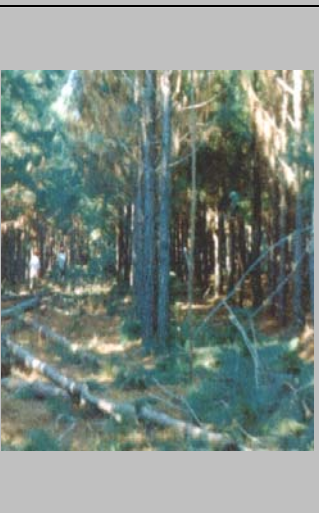
### 3.4. Identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de pinus na cadeia produtiva do lápis da empresa Faber Castell Ltda. para habitação de interesse social.

O Quadro 6 apresenta as informações levantadas para cada etapa da cadeia produtiva de pinus da empresa Faber Castell Ltda. no intuito de identificar as possibilidades de aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação de interesse social. As etapas estão numeradas na seqüência:

1. Sementes		A empresa cultiva o <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , pelos seguintes fatores: Taxa de crescimento elevada, baixa exigência nutricional (em termos de solo), tolerância a déficit hídrico e propriedades físicas e mecânicas. O fornecimento de madeira é atualmente feito pela empresa Satipel Minas Industrial Ltda., de Uberaba/MG.
2. Germinação de sementes		As sementes são plantadas em um viveiro onde são adubadas, regadas e tratadas. Depois de 10 a 15 dias, germinam e continuam sendo cuidadas por cerca de 4 meses. Na próxima rotação será utilizado como fonte das sementes, o pomar de sementes clonal próprio (PSC) que se localiza em Prata/MG.
3. Viveiro		Viveiro com mudas de pinus. Aos quatro meses de idade, as mudas são levadas aos parques florestais, onde são plantadas com uma altura média de 25 cm.
4. Plantio de Pinus 270 dias		Após o preparo do solo e adubação, é realizado o plantio. O espaçamento adotado entre as mudas é de 3m por 2m contendo 1667 mudas por hectare e 3m por 3m contendo 1111 mudas por hectare. Este planejamento facilita o crescimento e manejo das árvores. Sendo que o espaçamento interno é de 6m (de um talhão a outro) e o externo de 12m (divisão de propriedade, rua).

**Quadro 6:** Oportunidades de aproveitamento de madeira de pinus para habitação social

## Continuação (Quadro 6)

5. Desgalhamento		Para facilitar seu crescimento e evitar a formação de "nós", que prejudicam a qualidade da madeira, os galhos mais baixos são podados e deixados no solo, o que ajuda na fertilização da terra. Os desgalhamentos ocorrem nos 3º, 5º e 8º anos de vida.
6. Limpeza / tratamento		As limpezas são realizadas nos 6 primeiros anos de vida da floresta onde ocorre a retirada de matos para evitar a concorrência de nutrientes. São feitos controles periódicos de formiga e cupins, também por toda vida, mantendo a população necessária para um convívio razoável com os insetos. Os resíduos da desrama são deixados no solo para proteção, diminuindo a força de enxurradas e devolvendo nutrientes.
7. Primeiro desbaste (energia / indústria chapas)		Entre o 6º e 7º ano a floresta sofre o primeiro desbaste, com a intensidade de 20% de retirada do número de indivíduos (11 cm de diâmetro médio e 11m de altura), que não possuem boa forma e desenvolvimento adequado. A seleção permite o crescimento das melhores árvores sem concorrência por luz e nutrientes, homogeneizando o plantio para madeira na produção de lápis. Não existe rebrota, as raízes juntamente com o toco permanecem no solo. O custo desta operação é de R\$15,00 /m <sup>3</sup> , com valor de venda entre R\$16,00 e R\$19,00/ m <sup>3</sup> para cavacos.
8. Segundo desbaste		O segundo desbaste ocorre por volta dos 10 e 11 anos de idade e gera madeira com possibilidades de melhores usos da floresta. Nesta idade as árvores já estão muito grandes e o espaço disponível não é mais adequado ao crescimento. A árvore possui 19 cm de diâmetro médio e 18m de altura. O custo desta operação é de R\$ 15,00/ m <sup>3</sup> , com valor de venda de R\$ 30,00/m <sup>3</sup> . Esta madeira é vendida para cavacos (energia ou indústria de chapas), energia (metrinho) e indústria de grãos ou eventualmente para lápis dependendo da demanda da madeira.


**Quadro6:** Oportunidades de aproveitamento de madeira de pinus para habitação social

## Continuação (Quadro 6)

<b>9. Corte Raso</b>		A colheita final ocorre aos 15 anos, quando outras mudas são plantadas em seus lugares. As folhas, ramos e raízes são deixados no solo, tornando-o fértil para a próxima geração de árvores. As toras com mais de 10cm de diâmetro, que representam por volta de 80%, são levadas da plantação para a fábrica. As toras de menor diâmetro, os outros 20%, são utilizadas para produzir energia na fábrica, em forma de vapor e/ou vendidas.
<b>10. Sortimento</b>		Separação para diferentes destinos da madeira para usos múltiplos da floresta, com um padrão de 2,40 de comprimento e diâmetro menor que 10 cm.
<b>11. Produtos</b>		Dos 100% da madeira que chegada na fábrica, 20% se tornará lápis produzido e o restante é transformado em subprodutos com alto valor de mercado, comercializado com empresas da região, o que aquece a economia local. Nada da árvore é desperdiçado.
<b>11a. Subprodutos da produção do lápis-cavacos</b>		A serragem da produção do lápis, com outros subprodutos da madeira é utilizada na forração de granjas de frango (aviários). A casca sofre um processo de decomposição natural para a produção de húmus e até mesmo a cinza produzida na caldeira é utilizada por indústrias na composição do cimento ou por empresas de paisagismo para a fertilização do solo e briquetes.
<b>11b. Chapas</b>		Os cavacos (briquetes) são utilizados para a geração de energia, encaminhados para fabricação de chapas.
<b>11c. Metrinho</b>		O termo "metrinho" não corresponde às medidas das peças, que possuem 2,40m de comprimento (largura da carroceria do caminhão onde as peças são carregadas transversalmente) São obtidos na maioria no primeiro desbaste, considerada a madeira de "pior" qualidade. É feito o sortimento para usos múltiplos da madeira onde o metrinho gira em torno de 10% a 50%.

**Quadro 6:** Oportunidades de aproveitamento de madeira de pinus para habitação social

Continuação (Quadro 6)

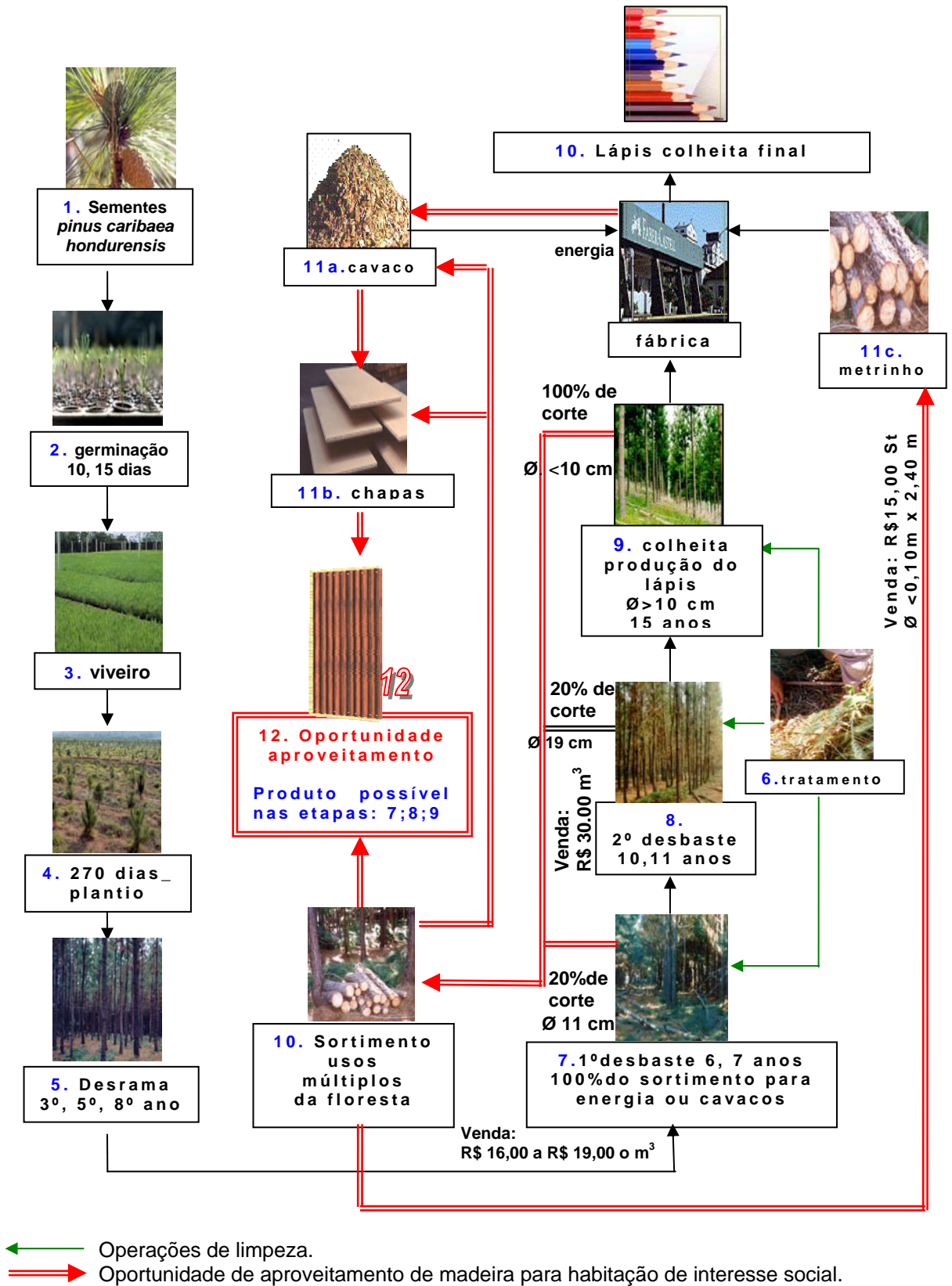
<p><b>12. Oportunidade de aproveitamento</b></p>		<p>Oportunidade de aproveitamento das peças roliças de madeira de plantios florestais de pequeno diâmetro possíveis de serem utilizados em habitações de interesse social. Proposta de aproveitamento da madeira de pinus e chapas na produção de painéis estruturais.</p>
--	---	--

**Quadro 6:** *Oportunidades de aproveitamento de madeira de pinus para habitação social*

Após o levantamento das informações foi elaborado um fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento de madeira dentro da cadeia produtiva das florestas de cultivo de pinus, como forma de análise sistematizada para identificação das oportunidades dentro do ciclo produtivo da empresa Faber Castell Ltda.

É apresentado o mesmo Fluxograma em dois formatos diferentes (figura 26 e figura 27) para identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de pinus, na cadeia produtiva do lápis, para habitação social:





**Figura 26 - Fluxograma de identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira de pinus para habitação social na cadeia produtiva do lápis da empresa Faber Castell Ltda**

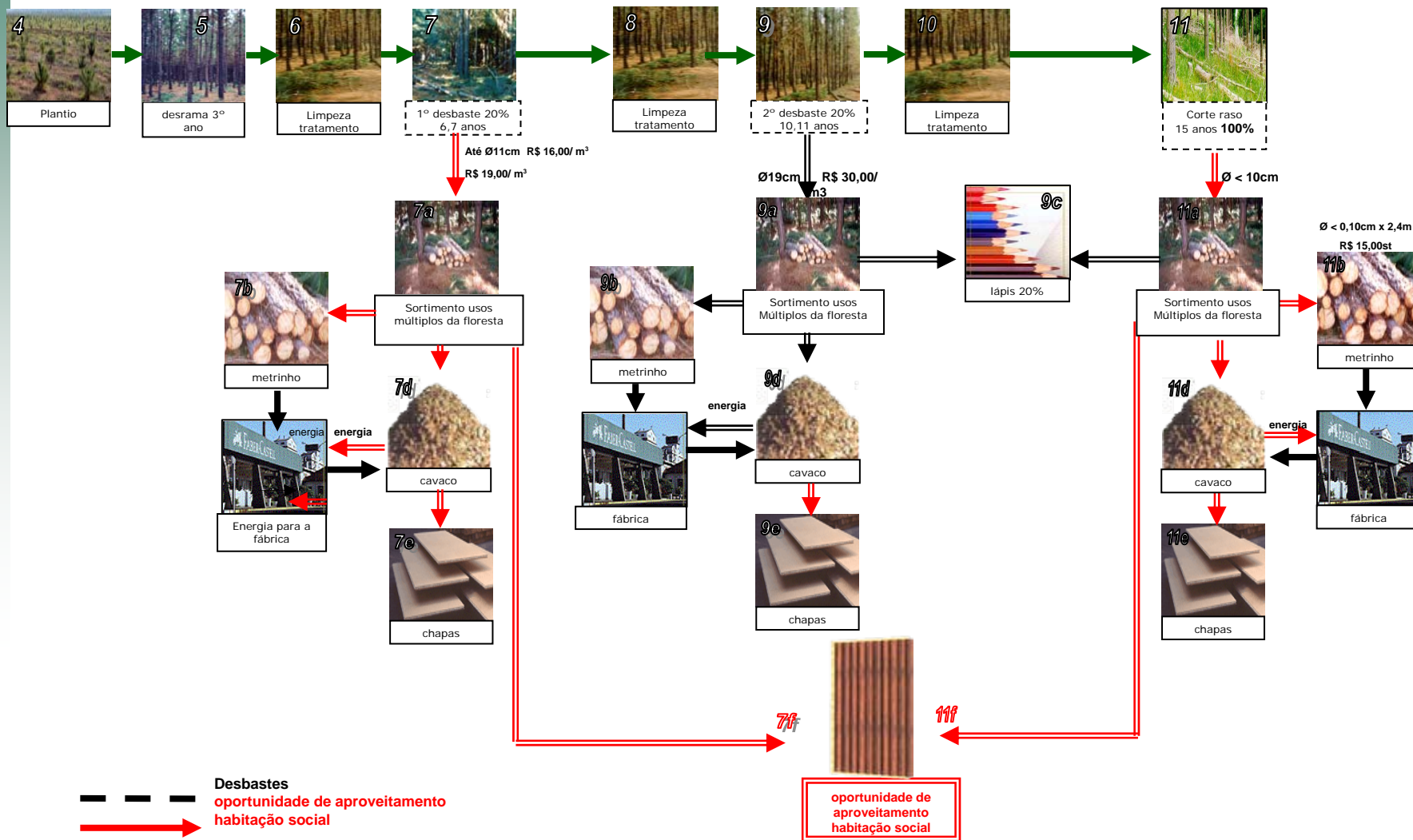


Figura 27 - Fluxograma da cadeia de pinus

Como pode ser observado no levantamento realizado na cadeia de pinus para a produção de madeira para o lápis (Faber Castell) na figura 27, foram identificados nas duas operações de “desbaste” (7d e 9d), durante o manejo florestal, e na etapa final de colheita (11d) a existência de madeira roliça de pequeno diâmetro de pinus destinada para produção dos cavacos, matéria prima das chapas OSB.

### 3.5. Chapas OSB - “*Oriented Strand Board*”

As chapas de flocos de madeira orientados têm como **conceito de produto a transformação de troncos de árvores de pequenos diâmetros**, com baixa e /ou média densidade, em flocos de madeira, também denominados de lascas. Estes flocos são misturados com cola e dispostos na esteira de prensagem de forma orientada para formar camadas com lascas na direção principal da esteira, alternadas com camadas perpendiculares à direção principal do equipamento e assim sucessivamente, até se obter o número de camadas desejadas para serem prensadas e cortadas, formando chapas com grande largura e comprimento e pequena espessura César (2002). As chapas OSB têm características positivas, se comparado a outros tipos de chapas de madeira reconstituída, podem ser citadas:

- O alinhamento das lascas no sentido paralelo às esteiras (camadas externas) e perpendicular às esteiras (camadas internas), melhorando as propriedades mecânicas e dimensionais das chapas;
- Estas chapas são concebidas para fins estruturais, o que não ocorre com as chapas de aglomerado tradicional e as de MDF (painéis de fibra de média densidade);
- A resistência mecânica do OSB não é tão alta quanto à da madeira maciça, porém é tão alta quanto à dos compensados estruturais;
- As chapas de OSB substituem plenamente as de compensados, porém com um custo mais baixo, por utilizar matéria – prima menos nobre para sua produção;
- No mercado, as chapas de OSB concorrem com as de compensado, substituindo-as com muita eficiência.

Einsfeld et al. (1998) descrevem o processo de produção deste tipo de chapa, iniciando com a retirada da casca das toras de madeira e desbaste do tronco. O resíduo gerado nesta etapa do processo é aproveitado para a produção. As chapas de madeira aglomerada com partículas orientadas OSB (*“Oriented Strand Board”*) – chapas de “lascas” orientadas estão no mercado, desde o início da década de 1980, e seus antecessores foram as chapas de *“waferboard”* (chapas de partículas não orientadas), conforme Albuquerque (2000). Os Estados Unidos e o Canadá são responsáveis por cerca de 95% da produção mundial deste tipo de chapas, segundo Tomaselli (1998), por ser o seu processo produtivo mais econômico do que o das chapas de compensado, uma vez que utilizam madeiras macias como o “aspen” e “spruce” de menor resistência de 0,1 cm de espessura por 2,5 cm de largura e comprimento variando de 8,0 a 15,0cm. No Brasil, tem-se a proposta de se trabalhar com o *Eucalyptus grandis* na produção deste tipo de chapa. Isto se deve, em parte, pela grande produção de madeira de eucalipto, sendo também esta espécie adequada para a produção deste tipo de chapa.

Estas chapas apresentam uma melhora em relação à resistência mecânica, quando comparadas com as chapas aglomeradas comuns. Este produto é usualmente comercializado nos países da América do Norte com as seguintes dimensões: 122 cm X 244 cm. A partir da década de 1990, este produto passou a competir em larga escala com as chapas de compensado, nestes países, conforme Einsfeld et al. (1998). Acredita-se que esse produto venha ultrapassar a produção de chapas de madeira compensada, em razão da dificuldade em se obter toras de madeiras com qualidade e dimensões para extrair as lâminas de madeira. Uma vez que, no processo de produção das chapas de compensado o tronco é utilizado em torno de 50% a 60% do diâmetro da tora, o que também contribui para a elevação do custo deste produto. A indústria de OSB em sua produção de chapas emprega madeira de baixa qualidade com um aproveitamento de 85% do tronco, conforme Tiburcio e Gonçalves (1998)

Enquanto as chapas de compensado requerem madeira de melhor qualidade, ou seja, diâmetros grandes e retilíneos, as chapas de OSB podem ser produzidas com madeira de qualidade inferior. Isto quer dizer que os troncos podem ser de pequenos diâmetros. No entanto, algumas características devem ser garantidas, como a forma do tronco, tipo dos anéis de crescimento e teor de umidade.

Os valores de densidade das espécies de madeira para produção de chapas de OSB giram em torno de 0,25 – 0,45 g/cm<sup>3</sup>. Espécies com densidades entre 0,45 – 0,55g/cm<sup>3</sup> podem ser utilizadas, no entanto não são preferidas, podendo estas ser empregadas em misturas com madeiras de densidades menores (ALBUQUERQUE, 2000).

O mesmo autor coloca a importância da obtenção dos flocos através dos cortes das toras, observando a direção das fibras, para conservar a resistência paralela da madeira na chapa. Coloca também que a formação do colchão pode ser feito com três ou cinco camadas de flocos impregnados com adesivos fenólicos resistentes à água e umidade. Ressalta ainda o caráter não poluente do adesivo empregado para formação da chapa, podendo esta, quando descartada, ser queimada ou enterrada sem agredir o meio ambiente.

### **3.6. Considerações sobre a identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação social a partir da cadeia de produção de produtos de base florestal**

Através da análise das cadeias produtivas de alguns produtos de base florestal, atualmente comercializados em larga escala no cenário nacional, podem ser identificadas algumas oportunidades para a obtenção de matéria prima, que viabilize o desenvolvimento de novas propostas como componente destinado à habitação social. Da análise de duas cadeias produtivas, a de eucalipto e a de pinus apontaram para os seguintes resultados:

Foram **identificadas oportunidades viáveis de aproveitamento da madeira de eucalipto na cadeia de produção da empresa SOBLOCO Agropecuária Ltda.** economicamente acessíveis e sustentáveis do ponto de vista da produção e disponibilidade desse material à habitação de interesse social nos três cortes de extração de madeira das florestas plantadas: primeiro corte; segundo corte e corte final, quando novas mudas são plantadas para início de um novo ciclo de produção de madeira.

Os plantios florestais desta empresa estão voltados para a produção de:

- 48% para celulose;
- 30% para energia;
- 10% para escoras;
- 10% como peças roliças sem tratamento ou tratadas
- 2% para desdobro na serraria, toras de 24 anos, preservados até o terceiro corte da floresta.

Foram encontradas oportunidades para obtenção de madeira a baixos custos no primeiro corte onde 50% dos 98% da floresta derrubada são destinados a produtos de baixo valor agregado (lenha, escoramento, viveiros). Desses 50%, 10% vão para escoras que são utilizadas em cimbramentos e depois são vendidas ou doadas em troca da remoção, ou ainda são simplesmente abandonadas em terrenos próximos à obra. Considera-se, portanto os 10% das peças destinadas para uso como escoras poderiam ser aproveitados como matéria prima na composição de um novo produto como painéis destinados à habitação de interesse social.

Os 5% das peças que vão para a construção de viveiros agrícolas podem ser somados aos 10% destinados às escoras por possuírem as mesmas características, sendo comercializados sem tratamento químico e pelo mesmo preço. Os outros 5% fornecidos para as usinas de tratamento são de peças com melhores características visuais e conseqüentemente com possibilidades de atingir um valor de venda maior, por isso são separadas para venda como madeira tratada. Mesmo com maior valor agregado, se houver uma baixa na demanda desse mercado, essas peças poderiam ser fornecidas nas mesmas condições dos outros lotes, com menor padrão comercial, mas esses 5% não foram consideradas como oportunidades de aproveitamento para a presente pesquisa.

Somente dentro desses 10% (produto escora) podemos considerar a possibilidade direta de compra desse produto devido a sua viabilidade econômica (R\$3,00/ peça de 3m de 8-10 cm de diâmetro). Como forma de aproveitamento, parte destas escoras utilizadas poderia também após cumprir a sua função nas pequenas obras, passar por uma seleção antes de serem simplesmente descartadas, ou reutilizadas para fins energéticos (doações).

Assim, aquelas peças que estiverem em boas condições, poderiam ser aproveitadas para compor novo produto, contribuindo na redução dos resíduos no processo de transformação e ainda agregando mais valor.

Podem ser também encontradas uma grande quantidade de peças para aproveitamento na produção dos painéis nos 30% de peças destinadas para energia. São aquelas peças rejeitadas na seleção na floresta, por não apresentarem boas características geométricas, detectadas visualmente (retilinidade e pequeno número de galhos) no ato do corte, essas peças podem ser aproveitadas no seu comprimento final (2,50m) através de um desbaste lateral para correção de encurvamentos ou galhos.

A maior oportunidade encontrada, proporcionalmente aos 15% de oportunidades nos produtos de menor valor agregado, como escoras e viveiros, foi o aproveitamento do “metrinho”, 100% destinado atualmente para queima na geração de energia (desde fornos de padarias até fornos industriais), rejeito comercializado como subproduto encontrado na cadeia de produção dos produtos comercializados por essa empresa. Essa descoberta pode induzir no ato do corte, em vez de picar em 1m, medida padrão comercial de lenha, cortar nas medidas mais adequadas à composição de um novo produto painel como componente construtivo, obtendo assim maior aproveitamento do rejeito, destinando estas peças para um uso mais nobre.

Estas oportunidades encontradas na cadeia de produção de eucalipto se repetem nos três cortes de extração de madeira das florestas, ou seja, durante todo o ciclo de produção florestal analisado, foi possível obter a madeira a baixos custos para aproveitamento na produção de componentes. A identificação dessas oportunidades de obtenção da matéria prima “madeira” pode vir a incrementar as alternativas construtivas ambientalmente e economicamente mais sustentáveis, voltadas a esse setor. Identificar essas oportunidades pode viabilizar o acesso a novos produtos à população economicamente carente, viabilizando melhores condições de moradia disponibilizando tecnologias (possibilidades construtivas), em detrimento às comumente encontradas. Atualmente estes resíduos, principalmente da construção civil, são as únicas alternativas construtivas para a população de baixa renda, onde são utilizados com baixa qualidade, sem nenhum aporte técnico, são cenários comuns facilmente observadas nas periferias de cidades.

As oportunidades viáveis de aproveitamento da madeira de pinus foram identificadas na cadeia de produção da empresa Faber Castell Ltda. São três oportunidades de aproveitamento da madeira de rejeito, subprodutos da floresta cultivada para a produção do lápis, que são destinadas para a produção de chapas, as quais podem ser utilizadas como fechamento e contraventamento do produto componente painel. A madeira de pinus apresenta maior trabalhabilidade e menor instabilidade dimensional que o eucalipto.

Essas três operações apresentam as seguintes oportunidades:

**1º. desbaste** - Entre o 6º e 7º ano intensidade de 20% de retirada (11 cm de diâmetro médio e 11m de altura), custo da operação é de R\$15,00 /m<sup>3</sup> e o valor de venda para produção de cavacos ficando entre R\$16,00 e R\$19,00/ m<sup>3</sup>.

**2º. desbaste** - Entre o 10º a 11º ano (19 cm de diâmetro médio e 18m de altura). O custo desta operação é de R\$15,00/ m<sup>3</sup>, valor de venda é de R\$ 30,00/m<sup>3</sup>. Esta madeira é vendida para cavacos (energia ou indústria de chapas), energia (metrinho) e indústria de grãos ou eventualmente para lápis dependendo da demanda da madeira.

**Colheita** - No 15 º ano. 80% das toras têm mais de 25 cm de diâmetro, são destinados para a fabricação do lápis, ficando 20% das toras de menor diâmetro para produção de energia na própria fábrica e/ou vendidas.

No primeiro desbaste disponibiliza 20% de peças com aproximadamente 11 cm de diâmetro que constitui o primeiro lote de sortimento (usos múltiplos da floresta) a um valor de venda compatível com o da colheita final que se colocam como as **duas melhores oportunidades de obtenção da madeira de rejeito da produção do lápis.**

As oportunidades existentes identificadas de madeira roliça de pequeno diâmetro, tanto de eucalipto como de pinus, nas respectivas cadeias de produção, indicam um potencial que merece o estudo para viabilizar o seu uso na construção de habitação de interesse social. Estes estudos de desenvolvimento de novos produtos, na forma de componentes construtivos podem contribuir para, além de reduzir os resíduos, colocar mais uma opção construtiva com base no uso de recursos renováveis para habitação social que sejam de qualidade e acessível à população de baixa renda.



## **Capítulo 04**

### **Desenvolvimento do Produto - Painel Estrutural de Fechamento**

O presente capítulo apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento do painel estrutural de fechamento utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro de eucalipto, oriundo de aproveitamento da cadeia de produção de produtos a base florestal (lápiz, postes, madeira serrada e escoras). O capítulo inicia com a apresentação do método, da pesquisa e na seqüência apresenta as etapas da experimentação e caracterização dos resíduos do processamento e os respectivos desenvolvimentos das 4 propostas estudadas.

#### **4.1. Método de desenvolvimento do produto**

O método adotado para o desenvolvimento da pesquisa está baseado na experimentação, análise e aperfeiçoamentos sucessivos a partir da avaliação dos dados coletados na fase experimental (processo de produção), onde as variáveis consideradas foram: facilidade de produção (homem/minutos, máquinas e ferramentas), volume de resíduos gerados no processamento, custos e facilidade de montagem do painel. Ao longo de todo o processo de desenvolvimento do produto foram desenvolvidas 4 propostas de painéis, algumas passando por revisões de projeto, na tentativa de reavaliação e aperfeiçoamento do produto, até a proposta final (4.1), que melhor respondeu aos critérios descritos no Quadro 3. O desenvolvimento do produto passou pelas quatro etapas:

- Etapa 1. Projeto do produto (elaboração das propostas)/Projeto do processo de produção;
- Etapa 2. Experimentação (produção em serrarias);
- Etapa 3. Análise dos dados;
- Etapa 4. Revisão e proposta de aperfeiçoamento.

**Etapa 1. Projeto do produto:** Desenvolvimento do projeto das propostas a partir das diretrizes definidas no capítulo 02 e os dados da pesquisa de campo (capítulo 03). Na concepção do projeto do produto consideram-se os fatores do **processo de produção**, tais como: equipamentos, mão de obra, disponibilidade da matéria prima e os resultados alcançados na avaliação da etapa da experimentação.

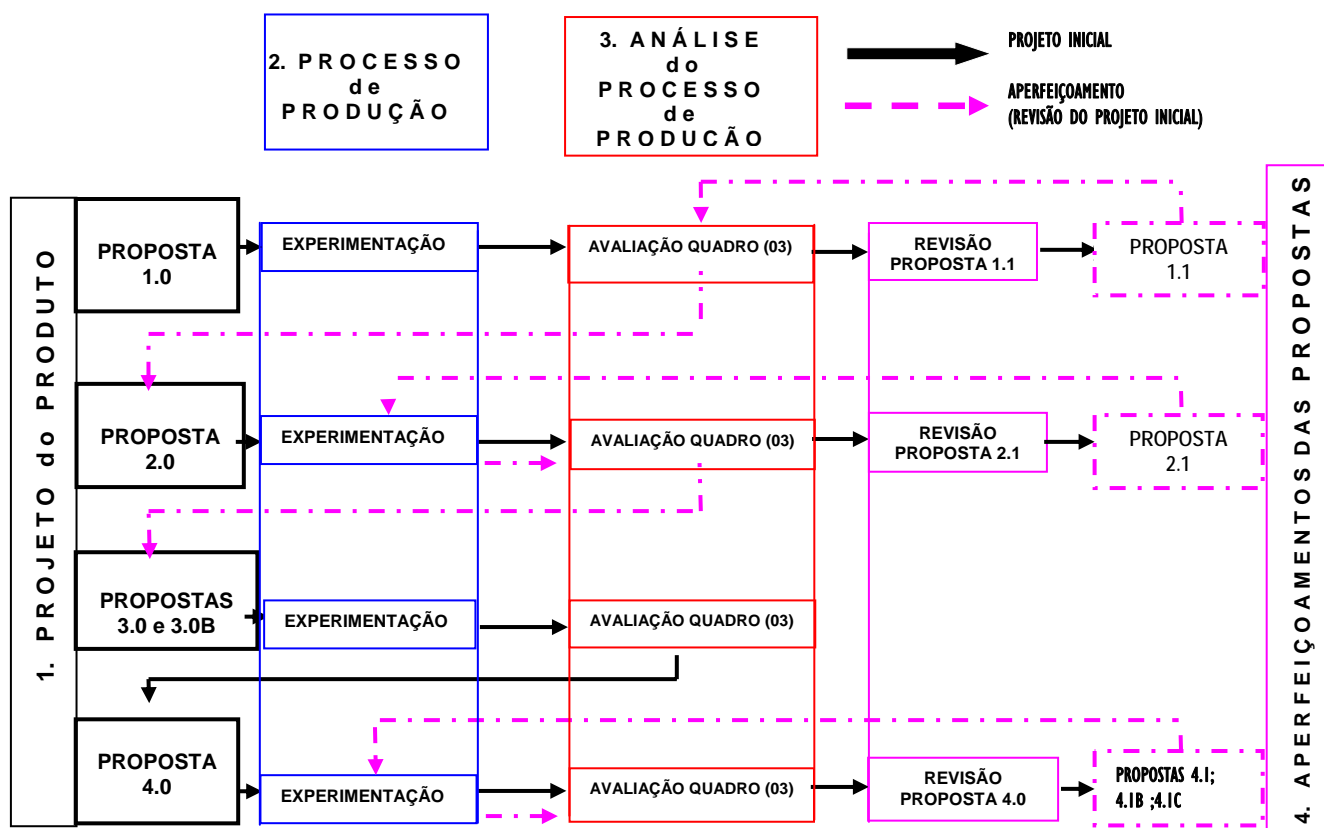
**Etapa 2. Experimentação:** Foram executados protótipos para a verificação da viabilidade de execução em pequenas serrarias utilizando a mão de obra local, onde as dificuldades encontradas seriam próximas às situações reais, e em laboratório de madeiras da Universidade de São Paulo, utilizando apenas maquinário e ferramentas de fáceis acessos encontrados em serrarias locais. As experimentações foram realizadas em:

- Local 1- Serraria em Poços de Caldas, MG.
- Local 2- Usina de tratamento de madeira em São Carlos, SP.
- Local 3- Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP): Av. Trabalhador São-carlense, 400. São Carlos, SP.

**Etapa 3. Análise dos dados:** Avaliação da proposta dos modelos a partir da análise e discussão dos dados obtidos segundo os critérios definidos no Quadro 3 do capítulo 02.

**Etapa 4. Revisão e aperfeiçoamento das propostas:** Reformulação do projeto mediante as conclusões da análise dos dados obtidos na Etapa resultando em um para aperfeiçoamento da proposta que pode (revisão de projeto dentro da mesma proposta de painel para inserir alterações na tentativa de viabilizar a proposta).

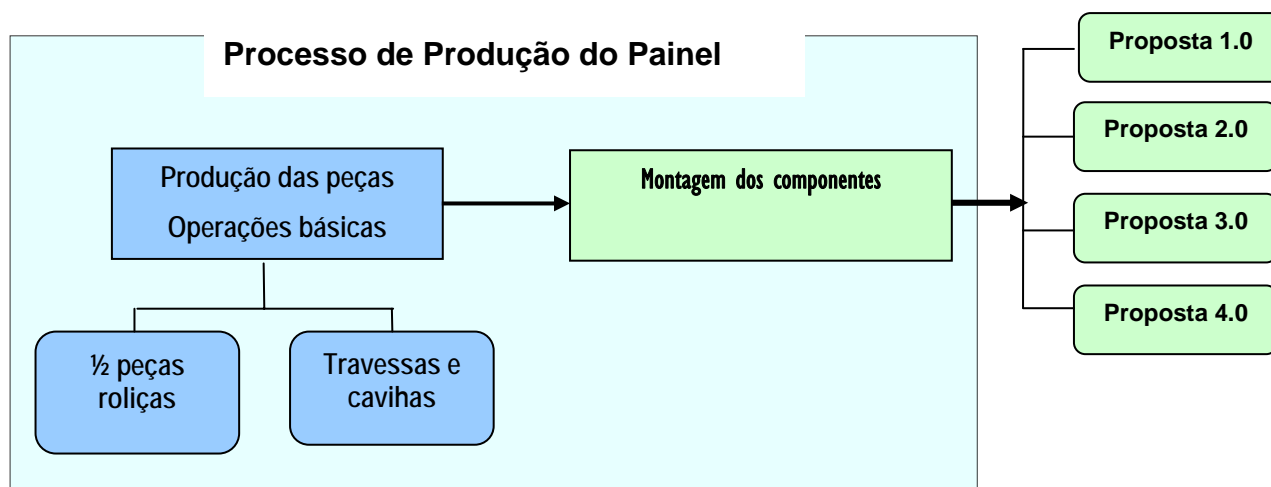
A Figura 28 apresenta o quadro síntese da seqüência de desenvolvimento que a pesquisa seguiu. Na primeira coluna estão as propostas, nas linhas horizontais tem a indicação de flechas em negrito que segue a seqüência da experimentação, análise, revisão e proposta aperfeiçoada. As linhas pontilhadas, na cor rosa, indicam as etapas que a proposta passou para realizar o aperfeiçoamento.



*Figura 28 - Síntese das etapas gerais de desenvolvimento do produto das quatro propostas*

#### 4.2. Caracterização do processo de produção dos painéis

O processo de produção experimental dos painéis pode ser dividido em duas fases: a primeira se refere à produção das **peças** e a segunda se refere à **montagem** dos painéis, ver Figura 28. As peças básicas que compõem o painel são três:  $\frac{1}{2}$  peças roliças, travessas e cavilhas sendo estes comuns a todas as quatro propostas, somente na primeira proposta (1.0) é que a peça de união utilizada “travessa” foi de  $\frac{1}{2}$  peça roliça.



**Figura 29** – Fluxograma Geral da Produção do componente painel.

O projeto de processo de produção foi definido a partir da experimentação em serrarias, onde foram coletados dados para análise e aperfeiçoamentos sucessivos. Para tanto, os procedimentos de coleta de dados na etapa experimental utilizaram-se de planilhas, previamente elaboradas, contendo os critérios de avaliação das variáveis e a descrição dos procedimentos realizados e equipamentos utilizados em cada operação na serraria.

#### 4.2.1. Critérios para Caracterização do processo de produção

Os critérios para a caracterização da produção das peças básicas foram definidos no Quadro 3 (cap.2 - item 2.6.1). Para obter dados de caracterização foram executadas as experimentações em três locais diferentes com intuito de identificar as dificuldades nos diferentes meios de produção. Os critérios se referem a:

- **Facilidade de execução:** Tempo despendido em cada operação; Máquinas e ferramentas utilizadas;
- **Desempenho econômico:** Custos dos materiais; Número de trabalhadores.
- **Desempenho ambiental:** Volume de resíduos gerados (cavaco e pó de serra) no processo; uso de recursos renováveis (plantios florestais).

**Critério: Facilidade de execução**

Para caracterizar facilidade de execução de cada operação levou-se em conta: o número de trabalhadores; tempo despendido; máquinas e ferramentas utilizadas. No quadro de sistematização foram utilizadas as simbologias (⚙️) para identificar a facilidade e a simbologia (⚠️) para indicar a dificuldade na execução dos procedimentos adotados na etapa Experimental. As planilhas também contêm os dados referentes ao número de trabalhadores / tempo, o maquinário e as ferramentas necessárias para execução de cada etapa de processamento. As etapas consideradas de fácil execução, que não demandaram revisão nos procedimentos adotados, foram tidas  significando procedimento viável de produção.

**Critério: Desempenho econômico**

Para caracterizar o desempenho econômico foram considerados os aspectos relacionados à facilidade de produção, facilidade de montagem e possibilidade de produção em escala, os quais têm influência direta na composição dos custos. Além destes aspectos os custos de material que compõem a proposta serão considerados para viabilizar o acesso às famílias com baixa capacidade de pagamento.

**Critério: Desempenho ambiental**

Dentro do desempenho ambiental os critérios considerados no Quadro 03 estão a redução de consumo de materiais de fontes esgotáveis, a redução de consumo energético e a redução de resíduos gerados no processo. Para obter os dados relativos ao resíduo produzido nas etapas de produção adotou-se o método de cálculo descrito em cada operação de processamento.

**4.2.2. Caracterização das etapas de Produção das peças**

Na Figura 30 é apresentado o fluxograma de produção das  $\frac{1}{2}$  peças roliças, denominado de Processo A, com as 6 operações básicas de processamento que resultam em peças prontas para a segunda fase de Montagem. Para cada operação têm-se o produto resultante que está apresentado no quadro pontilhado e no quadro branco o produto final. Na Figura 30 é apresentado o fluxograma de produção das travessas (Processo B) e das cavilhas (Processo C), dando continuidade no aproveitamento das costaneiras resultantes do desdobro dos toretes na obtenção das travessas.

• **Processo A:**

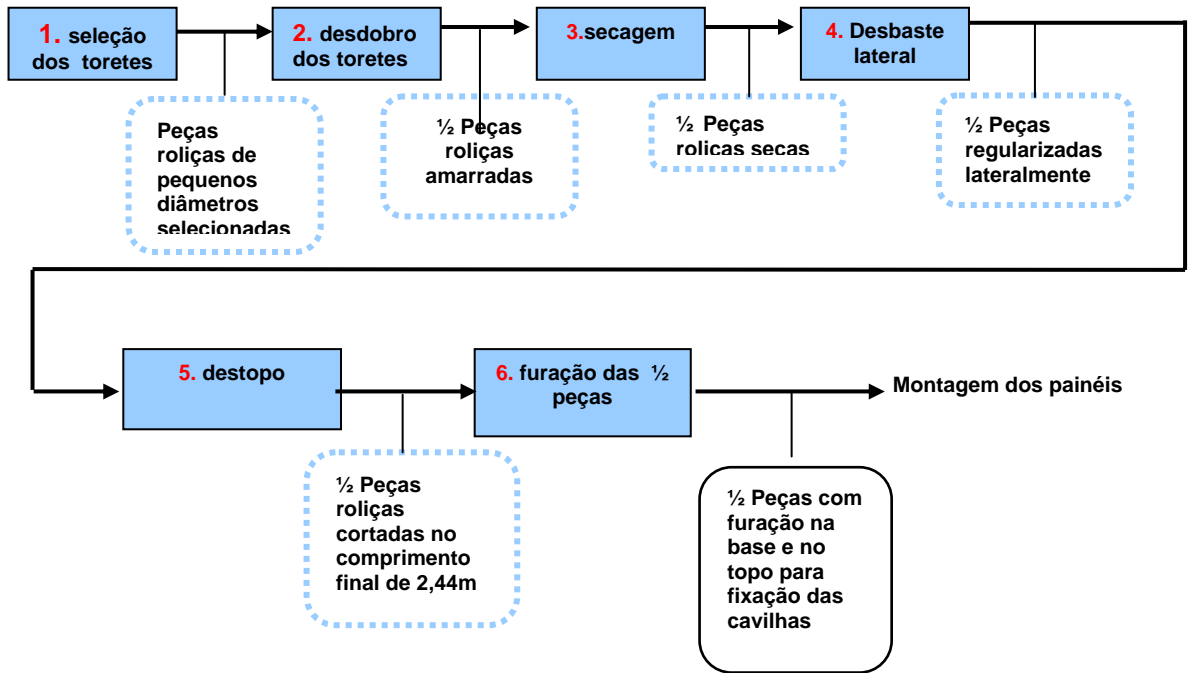
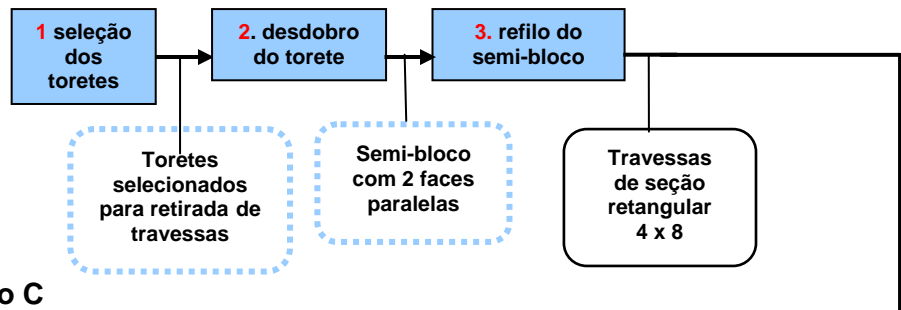


Figura 30 – Fluxograma de Produção de 1/2 peças roliças

• **Processo B**



• **Processo C**

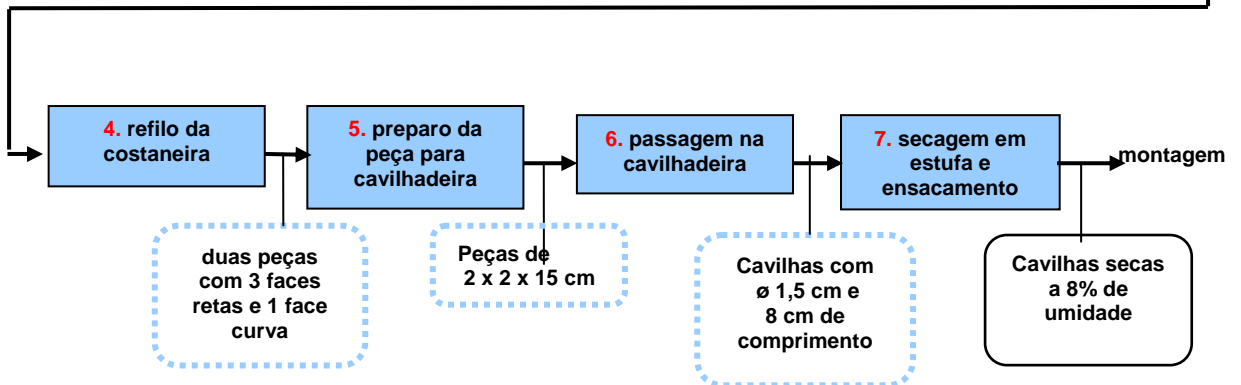


Figura 31 – Fluxograma de Produção de sarrafos e cavilhas a partir dos toretes.

Para caracterizar as etapas básicas que fazem parte da produção do componente painel estrutural, conforme os fluxos apresentados nas Figuras 30 e 31 são descritas as operações com os procedimentos e respectivos dados obtidos a partir do acompanhamento da execução, apresentando as médias obtidas nos três locais onde foram realizadas as experimentações.

As operações foram caracterizadas conforme os resultados dos dados coletados na etapa experimental, através de uma média obtida em três locais de experimentação. Foi realizada uma medição do tempo de execução de cada operação de usinagem e montagem das propostas e graus de facilidade e/ou dificuldade de cada etapa do processo de produção proposto. As máquinas e ferramentas utilizadas foram registradas para a verificação das possibilidades de substituição por equipamentos similares e para o cálculo dos resíduos gerados no processo de produção em cada etapa.

Os materiais utilizados nessa etapa foram: cronômetro, máquina fotográfica e planilha elaborada para inserção dos registros em campo (anexo b). A madeira utilizada na experimentação foi de peças de eucalipto roliças com pequenos diâmetros identificadas como aproveitamentos das etapas de manejo nas cadeias de produção dos produtos analisados no capítulo 03.

#### **4.2.2.1. Produção das ½ peças roliças**

O fluxograma de produção das meias peças roliças (figura 29 \_item 4.2.2. deste capítulo) apresenta seis operações básicas de produção das ½ peças roliças:

- Operação 1.** Classificação dendométrica e visual (retilinidade) das peças roliças
- Operação 2.** Desdobro e amarração das ½ peças roliças
- Operação 3.** Secagem das ½ peças roliças
- Operação 4.** Desbaste lateral (redução da conicidade) das ½ peças roliças
- Operação 5.** Destopo das ½ peças roliças
- Operação 6.** Furação das ½ peças roliça

São apresentados os dados obtidos em cada uma dessas seis operações:

### **Operação 1: CLASSIFICAÇÃO DENDOMÉTRICA E VISUAL “DEFEITOS” DAS PEÇAS ROLIÇAS**

Uma forma racional de se garantir maior facilidade na execução dos painéis utilizando madeira roliça está na etapa de separação das peças. Quanto maior for a homogeneidade entre as peças que compõem um painel, menor será a necessidade de usinagem, menor o consumo de energia e de resíduos gerados e conseqüentemente menor serão o tempo e os custos de execução. As peças com maior encurvamento são cortadas em metros, ainda na floresta, e classificadas para lenha (metrinho).

Assim, as peças destinadas para escoras cortadas na floresta com 2,50m, medida ideal para transporte transversal nos caminhões, já sofreram uma primeira classificação visual quanto à retilidade e encurvamento, facilitando a seleção de peças no lote. Por possuírem pequenos diâmetros, as peças são leves, o que também facilita o manuseio nessa operação. A separação das peças para execução dos protótipos dos painéis se deu através de uma segunda classificação visual e dendométrica, que levaram em conta os seguintes critérios:

#### **Classificação visual:**

- Maior retilidade;
- Menor encurvamento (medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta entre a base e o topo das peças);
- Menor presença de galhos;

#### **Classificação dendométrica:**

- Baixa conicidade (diferença entre as medidas dos diâmetros do topo e da base);
- Uniformidade de medidas (medição utilizando uma trena)
  - diâmetro próximo aos 10 cm,
  - comprimentos não inferiores a 2,50 m para permitir o destopo de 3 cm nas extremidades.



Esses fatores considerados nesta seleção como “defeitos” aumentariam o tempo de execução dos painéis. No Quadro 7 estão apresentadas as etapas de seleção no lote e análise dos dados obtidos.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As peças são estacadas em lotes com medidas similares.</li> <li>2. Retira-se do lote peças a partir de uma primeira classificação segundo: retilinidade; ausência de galhos das peças; e menor encurvamento.</li> <li>3. Seleção dendométrica 0,10m de <math>\varnothing</math> topo e 2,50m de comprimento total.</li> </ol>			
<b>1. Estocagem de peças de pequeno diâmetro, lote de <math>\varnothing</math> entre 8 e 10 cm.</b>		<b>2. Verificação visual: menor nº de “defeitos”</b>	<b>3. Verificação do <math>\varnothing</math> e comprimento</b>
			
<p><b>Dados obtidos: 1,5 minutos/ peça com 01trabalhador</b></p> <p><b>As máquinas e ferramentas utilizadas na seleção das peças roliças foram: trena</b></p> <p><b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/></b></p>			





**Quadro 7** - Síntese da operação 1 de seleção dendométrica e visual (retilidade) das peças roliças

### Operação 2: DESDOBRO E AMARRAÇÃO DAS ½ PEÇAS ROLIÇAS

A madeira roliça com pequenos diâmetros, por ser ainda jovem, possui grandes tensões de crescimento, o que causa os defeitos de (empenamentos, encurvamento e torções) no processo de desdobro. As ½ peças roliças obtidas no processo de desdobro são mantidas unidas, (recompostas) através de amarração feita com corda, enquanto a peça atravessa a serra, e na seqüência, com alicate e arame, para redução dos defeitos ocasionados pelas tensões de crescimento.

A amarração controlou o aparecimento de defeitos nas ½ peças durante a perda de água no processo de secagem, mais crítica na madeira jovem.




Essa atividade adicional aumentou consideravelmente o tempo de execução dessa operação, mas não onerou o custo final do painel, porque reduziu a perda de peças de madeira devido aos defeitos ocasionados durante a secagem e desdobro. O Quadro 8 apresenta a sistematização e análise dos dados coletados na operação de desdobro e amarração das ½ peças roliças.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As peças foram marcadas com giz e régua formando um eixo, linha guia para desdobro central das peças, em duas partes iguais. As peças foram desdobradas ao meio segundo a linha de marcação</li> <li>2. Quando uma das extremidades da peça atravessa a serra ela é imediatamente amarrada com uma corda, recompondo a peça roliça.</li> <li>3. A peça continua até que sai da serra a outra extremidade, para receber o segundo laço, que já é o de arame, o definitivo.</li> <li>4. A amarração com corda é utilizada para manter a peça unida durante o corte. O primeiro laço de corda é imediatamente substituído por um laço de arame, que permanece durante todo o tempo de secagem.</li> </ol>			
<b>1. Marcação da linha guia para desdobro central das peças, em duas partes iguais.</b>	<b>2. Corte dos toretes em ao meio em duas partes iguais e amarração na serra de fita.</b>	<b>3. Detalhe das extremidades das meias peças unidas com laço de arame</b>	<b>4. Peças desdobradas e unidas para secagem.</b>
			
<b>Dados obtidos:</b>			
<b>3 minutos/ peça com 02 trabalhadores</b>			
As máquinas e ferramentas utilizadas na operação de desdobro das ½ peças roliças foram:			
<b>Régua de madeira ou metal</b> medindo o comprimento total da peça para desdobro - <b>alicate</b> - <b>Serra circular vertical</b> marca: Mendes: Modelo: MP/ Potencia Nominal 20CV/ rotação do motor 1760 rpm /Relação de transmissão 17/43 Diâmetro do volante 80 cm/ Espessura de corte 2,5 mm/ Passo 35 mm			
<b>Volume de cavacos: <math>6,125 \times 245 = 1500 \text{ cm}^3 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3</math> (duas peças)</b>			
<b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/></b>			

**Quadro 8** – Síntese da operação 2 de desdobro e amarração das ½ peças roliças

### **Operação 3 : SECAGEM DAS ½ PEÇAS ROLIÇAS**

No processo de secagem a madeira perde inicialmente a água livre, que é a água que se encontra nos espaços intra e intercelulares, e depois a água higroscópica, que é a água presente nas paredes celulares e encontra-se na faixa de 0 a 20% de umidade. A fase mais crítica do processo ocorre no momento em que a madeira necessita de mais energia e maiores prazos de secagem. Devido às contrações volumétricas que ocorrem na madeira, conseqüentemente pela perda de umidade, é nessa fase que ocorrem os principais defeitos e a madeira apresenta-se mais favorável ao ataque de fungos.





1. Os laços de arame permaneceram durante todo o tempo de secagem. 2. Secagem ao ar livre		
<b>1. Peças desdobradas ao meio e unidas por meio de laços de arame.</b>		<b>2. Empilhamento das peças desdobradas para secagem ao ar livre</b>
		
<b>Dados obtidos:</b>		
<b>90 dias de secagem ao tempo</b> Após 90 dias de secagem ao tempo não foram constatadas perdas de peças por defeitos ocasionados durante o processo de secagem.		
<b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: 0☑</b>		

**Quadro 9 – Síntese da operação 3 de secagem das ½ peças roliças**

### **Operação 4: DESBASTE LATERAL DAS MEIAS PEÇAS**

Alinhamento e nivelamento das bordas das meias peças que compoñham as faces dos painéis, para correção da conicidade e eventuais defeitos que comprometam a junção lateral das ½ peças.

A dificuldade de junção das meias peças influi diretamente no tempo de produção de cada painel e afeta a produtividade.

<p>As meias peças sofrem a operação de desbaste nas bordas para melhorar as interfaces entre as peças e racionalizar o processo de montagem das ½ peças. A operação de desbaste das bordas segue a seguinte ordem:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desbaste de uma lateral da ½ peça roliça</li> <li>2. Posicionamento na guia para realização do desbaste da outra borda</li> <li>3. desbaste na outra borda ½ peça roliça</li> <li>4. Resultado de duas meias peças desbastadas nas bordas</li> </ol>			
<p><b>1. Desbaste de uma lateral da ½ peça roliça</b></p>	<p><b>Utilização de guia para alinhamento lateral</b></p>	<p><b>A peça é virada para que seja repetida a operação de desbaste na outra lateral da ½ peça roliça</b></p>	<p><b>Resultado de duas meias peças desbastadas lateralmente</b></p>
			
<p><b>Dados obtidos:</b></p> <p><b>3 minutos/ peça com 01trabalhador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento Utilizado: plaina desempenadeira</li> </ul> <p>Volume de cavaco = <math>0.000408 \times 2,44 = 0,0009973 \text{ m}^3</math></p> <p><b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: <input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/></b></p>			

**Quadro 10 - Síntese da operação 4 de nivelamento das bordas das ½ peças roliças**

### Operação 5 : DESTOPO DAS ½ PEÇAS ROLIÇAS

O corte das extremidades dos topos e das bases das ½ peças para uniformização do comprimento total para 2,44m obteve melhor desempenho como uma etapa posterior ao desbaste lateral das meias peças. Quando executado anteriormente ao desbaste lateral e conseqüente alinhamento das meias peças, elas tiveram que sofrer novamente essa operação.

O quadro 11 traz os registros dessa operação realizada em três diferentes locais e a análise da média obtida dos dados coletados.

<p>1. As ½ peças (2,50m) sofrem destopos nas extremidades de topo e base (máximo 3cm) uniformes nas medidas finais (2,44m) para a composição do painel. As ½ peças já destopadas são arranjadas sobre dois cavaletes para pré-montagem dos painéis.</p>		
<b>Destopo das meias peças realizado na MATRA</b>	<b>Destopo das meias peças realizado no LaMEM</b>	<b>Destopo das meias peças realizado na Serraria Irmãos Figueredo</b>
		
<p><b>Dados obtidos:</b></p> <p><b>1 minuto/ peça com 01 trabalhador</b></p> <p>As máquinas e ferramentas utilizadas na operação de destopo das ½ peças roliças foram:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Máquina destopadeira</b></li> </ul> <p>Total do resíduo nessa etapa de produção: <b>7,43x10<sup>-4</sup>m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> de painel</b></p> <p>Volume de pó de serra = <b>0,000015708 m<sup>3</sup>/1/2 peça</b></p> <p>Volume de Cavaco = <b>0,000219 m<sup>3</sup>/1/2 peça</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/></b></p>		

**Quadro 11 – Síntese da operação 5 de destopo das ½ peças roliças**

### **Operação 6: FURAÇÃO DAS MEIAS PEÇAS ROLIÇAS**

A furação ao longo do comprimento das meias peças roliças iniciou-se a partir dos dois primeiros furos, pontos distantes 10 cm a partir das extremidades de topo e base das meias peças. Esses pontos de furação para colocação das cavilhas, foram marcações presentes em quase todas as propostas, exceto a PROPOSTA 01, que previu a ligação paralela ao topo e à base das meias peças. Neste caso, para efeito de cálculo dos resíduos gerados, máquinas e ferramentas empregadas e facilidade de execução da furação, não houve nenhum impedimento em se considerar esses dois furos por peça, como sendo uma etapa básica na produção das meias peças.

O Quadro 12 apresenta os dados coletados durante as operações de furação, os procedimentos e a análise dessa operação.

<p>A furação das peças foi realizada simultaneamente com a fixação das cavilhas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Marcação da linha de furação</li> <li>2. Furação</li> <li>3. Colocação das cavilhas</li> </ol>		
<b>1. Marcação da linha de furação</b>	<b>2. Furação</b>	<b>3. Colocação das cavilhas</b>
		
<p><b>Dados obtidos:</b></p> <p><b>1 minuto/ peça com 01 trabalhador</b></p> <p>As máquinas e ferramentas utilizadas na operação de furação das ½ peças roliças foram:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maquina Furadeira manual:</b> Marca: Bosch/Modelo: Industrial/Potencia Nominal 550 w/Rotação do motor 2100 rpm / diâmetro da broca 15 mm/Tempo médio de furação 14 segundos</li> </ul> <p>Volume de pó de madeira por metro linear de cavilha embutida = <b>0,000015903m<sup>3</sup></b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/></b></p>		

**Quadro 12 – Síntese da operação 6 de furação das ½ peças roliças**

O Quadro 13 apresenta os resultados dos resíduos gerados nas 4 operações: desdobro; destopo; desbaste lateral e furação. O volume médio de resíduo produzido para a produção de um elemento ½ peça roliça.

Operação	Volume de Pó de madeira	Volume de Cavaco
2-Destopo	0,000015708 m <sup>3</sup> /1/2 peça	0,000219 m <sup>3</sup> /1/2 peça
4-Desdobro	0,000488000 m <sup>3</sup>	-
5-Desbaste Lateral	-	0,0009973 m <sup>3</sup>
6-Furação	0,000015903m <sup>3</sup>	
<b>Total</b>	<b>0,000818063 m<sup>3</sup></b>	<b>0,0014363 m<sup>3</sup></b>

**Quadro 13 – Síntese do volume médio de resíduo gerado na produção de ½ peça**

#### 4.2.2.2 . Produção das peças: travessas e cavilhas

Para a ligação das ½ peças roliças, foram utilizadas cavilhas de seções cilíndricas obtidas a partir de uma seção quadrada, com diâmetro final de aproximadamente 1,5 cm. No estudo de aproveitamento dos resíduos gerados no processo de produção dos painéis realizado durante a etapa experimental, verificou-se a possibilidade de obtenção das cavilhas a partir do desdobro de toretes para produção das travessas, utilizadas como peças intermediárias de união e contraventamento entre as ½ peças roliças.

A madeira de eucalipto foi seca em estufa a um teor de umidade próximo a 8 %. Esse processo de secagem das cavilhas, inferior à umidade de equilíbrio do ar, prevê maior rigidez na ligação das cavilhas com as peças de madeira, uma vez que, ao atingir a umidade de equilíbrio, as cavilhas recuperam as suas dimensões e exercem compressão nas paredes dos furos, garantindo maior rigidez às ligações. Conforme o fluxograma na Figura 32 são apresentadas as 7 operações de usinagem que compõem a produção das travessas e das cavilhas, sendo que até a terceira operação é chamado de Processo B e a partir da 4ª operação é chamado de Processo C.

**Operação 1.** Seleção dos toretes ( idem operação 1 do **Processo A**)

**Operação 2.** Desdobro do torete

**Operação 3.** Refilo do semi – bloco (**Processo B**)

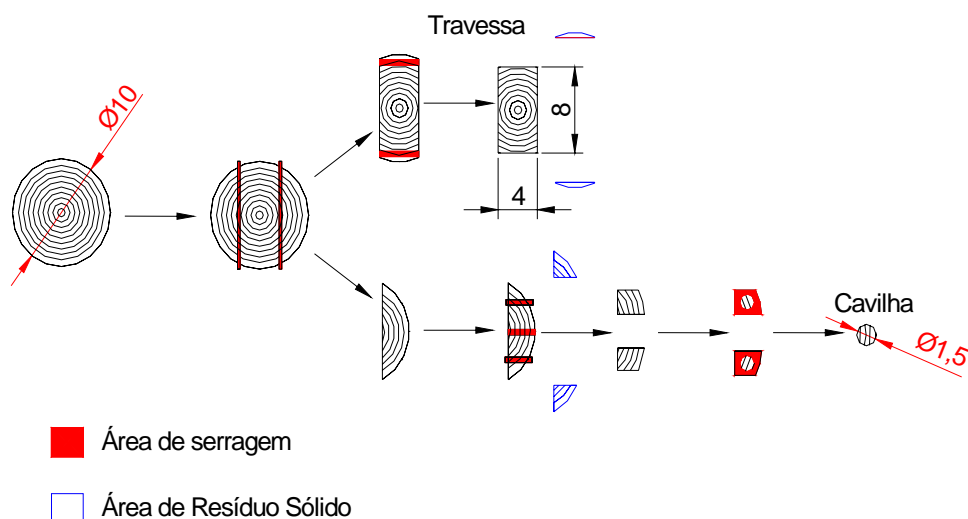
.....

**Operação 4.** Refilo da costaneira (**Processo C**)

**Operação 5.** Preparo da peça para cavilhadeira

**Operação 6.** Passagem na cavilhadeira

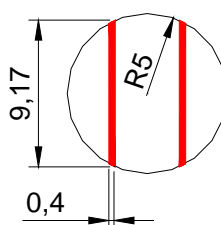
**Operação 7.** Secagem em estufa e embalagem das cavilhas



**Figura 32** – Esquema de produção das travessas e cavilhas

### **Operação 2: DESDOBRO DO TORETE**

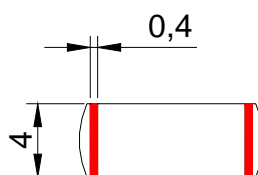
Após a operação 1 de seleção dos toretes, a operação de desdobro se constitui na retirada das costaneiras obtendo o semi-bloco com duas faces planas e paralelas e duas faces curvas.



**Figura 33** – Desdobro do torete para a produção das travessas

### **Operação 3: REFILO DO SEMI BLOCO**

O esquema de corte a ser utilizado na produção de travessas e cavilhas, seguiu o seguinte esquema:



**Figura 34** – Refilo do semi-bloco para a produção das travessas e cavilhas



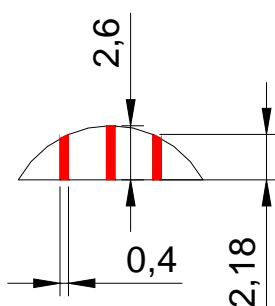
O volume médio de resíduo produzido por metro linear de travessa segundo o esquema de corte proposto é apresentado no Quadro 14.

Operação	Volume de Pó de madeira (m <sup>3</sup> /metro linear)	Volume de Cavaco (m <sup>3</sup> / metro linear)
2-Desdobro do torete	0,0007336	-
2-Refilo do semi-bloco	0,0003200	0,0004000
<b>Total</b>	<b>0,0010536</b>	<b>0,0004000</b>

**Quadro 14** – Síntese do volume médio de resíduo gerado na produção de travessas

#### **Operação 4 : REFILO DA COSTANEIRA**

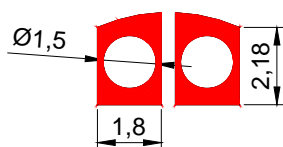
As duas costaneiras retiradas do torete são refiladas para obter dois tarugos como mostra o desenho. A partir dessa operação inicia-se o Processo C que se refere à produção de cavilha.



**Figura 35** – refilo da costaneira

#### **Operação 5 – PREPARAÇÃO DA PEÇA E PASSAGEM NA CAVILHADEIRA**

Eliminação de possíveis irregularidades nas faces laterais (superfícies) da peça (ao longo do perfil) para facilitar o processamento e evitar problemas de usinagem



**Figura 36** – Preparação para usinagem da cavilha





O volume médio de resíduo produzido por metro linear de cavilha segundo o esquema de corte proposto é apresentado no anexo –c.

O cálculo dos resíduos gerados nas etapas de produção apresentadas está apresentado no anexo c segundo os estudos empíricos de Gonçalves (2000)

Operação	Volume de Pó de madeira (m <sup>3</sup> )	Volume de Cavaco (m <sup>3</sup> )
1-Serramento	0,0001392	0,0002000
2-Produção de cavilhas	-	0,0001319
<b>Total</b>	<b>0,0001392</b>	<b>0,0003319</b>

**Quadro 15** – Síntese do volume médio de resíduo gerado na produção das cavilhas

O Quadro 16 apresenta as operações e análise dos dados de produção das travessas e cavilhas a partir dos toretes.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O torete é desdobrado para retirada das costaneiras</li> <li>2. A partir das costaneiras são serrados os cubos para usinagem na cavilhadeira</li> <li>3. Operação de usinagem na cavilhadeira</li> <li>4. As cavilhas vão para a estufa, já cortadas no seu tamanho de utilização final (1,5cm/ 7 cm) onde permanecem por aproximadamente 12hs e atingem umidade relativa inferior a umidade relativa do ar do local de montagem dos painéis. As cavilhas são embaladas em sacos plásticos e esses são vedados para impedir a absorção de umidade.</li> </ol>			
<b>1. Desdobro do torete</b>	<b>2. Usinagem na cavilha</b>	<b>3. Cavilhadeira</b>	<b>4. Secagem das cavilhas em estufa</b>
			
<b>Dados obtidos:</b>			
<p><b>1 minuto/ peça com 01 trabalhador para a produção das cavilhas (operação de usinagem da cavilha na cavilhadeira)</b></p> <p><b>12hs para secagem em estufa</b></p> <p>As máquinas e ferramentas utilizadas na operação de produção das cavilhas a partir dos sarrafos foram:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra circular /Cavilhadeira/ Estufa</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>FACILIDADE DE EXECUÇÃO: ⓘ ☑</b></p>			

**Quadro 16** – Síntese da operação de produção das cavilhas a partir do resíduo da produção de sarrafos

#### 4.2.2.3. Síntese da caracterização do processo de produção das peças

São apresentados os 3 quadros sínteses dos Processos A, B e C, respectivamente, produção das ½ peças roliças (Processo A), produção das travessas (Processo B) e produção das cavilhas (Processo C). Estas sínteses foram elaboradas para facilitar a adição desses dados na descrição e análise das propostas desenvolvidas, onde esses processos são utilizados.

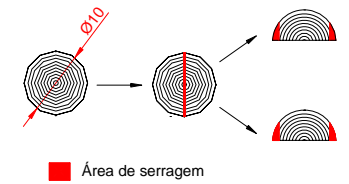
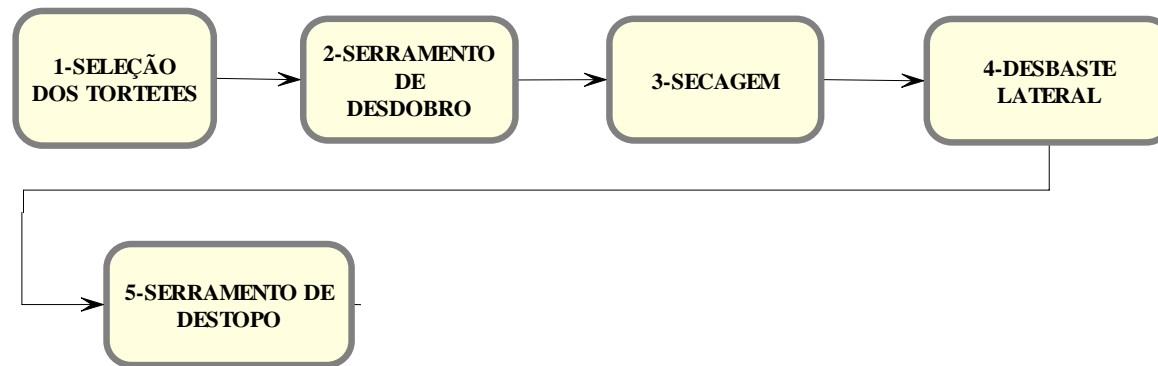
No quadro síntese do Processo A foi retirada a operação 6 (operação de furação das ½ peças roliças) essa operação será considerada durante a montagem nas etapas de cavilhamento. Entretanto o cálculo do resíduo gerado na operação 6 está mantido no capítulo, para ser utilizado na análise ambiental.

O Quadro Síntese contém o fluxograma de produção na parte superior e no lado direito o desenho esquemático correspondente. Para cada operação (identificada na primeira coluna) são apresentados os dados referentes à mão de obra (número de operadores, tempo gasto), máquinas e equipamentos (item e tempo gasto), materiais e procedimentos (descrição e tempo gasto). Na última coluna são apresentadas as possibilidades de aperfeiçoamento. No final do Quadro, na última linha é apresentado o volume total de resíduos (pó de serra e cavacos) gerado em cada processo.

Seguem os quadros síntese dos Processos A, B e C.

Concluído a caracterização de produção das peças (½ peças roliças, travessa e cavilha), a primeira fase do processo de produção do painel, a segunda fase correspondente à montagem será descrita e analisada, na seqüência, na apresentação de cada proposta.

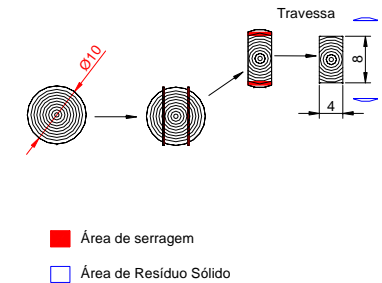
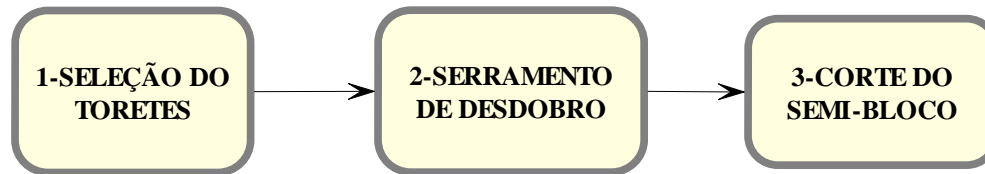
**Processo A – Preparação das ½ peças – 12 UNIDADES (toretas / 24 ½ peças roliças)**



Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS	Tempo (min)	Possibilidades de aperfeiçoamento
	Nº de operadores	Tempo total homens /minuto	Item	Tempo (min)				
1	2	30	Trena	0	Não Utilizado	Escolha visual das toretas e posterior medição do comprimento e diâmetro	15	Utilização de paquímetro de toras
2	2	92	Serra circular de mesa	36	Giz	Marcação da linha de eixo central da peça com giz	10	Utilização de serra de fita para minimização da produção de resíduos e eliminação da marcação com giz
						Seccionamento do torete	36	
3	2	30	Alicate	0	Arame recozido	Amarração da peças desdobradas em fardos para evitar empenamentos secagem natural (15 dias)	15	Evitar contanto das peças com o solo. Entabicar as peças
4	2	192	Serra circular de mesa	96		Desbaste lateral das peças	96	Usar plaina desempenadeira
5	2	72	Serra circular de mesa	36	Trena	corte da extremidade superior e inferior do torete	36	Utilizar serra circular esquadrejadeira para agilizar a etapa
T	2	417		169			209	

**Volume de resíduos: Volume de pó de serra= 0.0130834520 m<sup>3</sup> Volume de cavaco= 0.0195359000 m Volume Total=0.0326193520 m<sup>3</sup>**

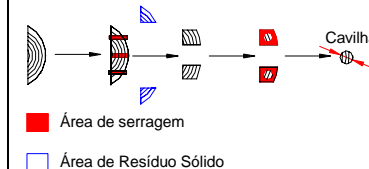
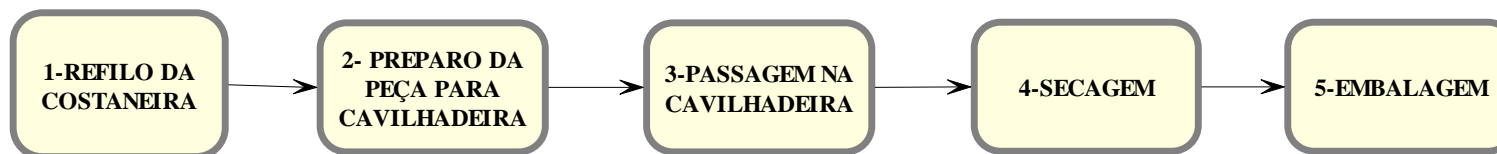
## Processo B – Produção de travessas 4x8x244cm



Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS	Tempo (min)	Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens minuto	Item	Tempo (min)				
1	2	5	Trena		Não Utilizado	Escolha visual das toretes retirados de uma pilha posterior medição do comprimento e diâmetro	2.5	Utilização de paquímetro de toras
2	2	16	Serra circular de mesa	6	Giz	Marcação das linhas de eixo da peça com giz	2	Utilização de serra de fita para minimização da produção de resíduo e eliminação da marcação com giz
						desdobro do torete	6	
3	2	12	Serra circular de mesa	6	Giz	Seccionamento do semi bloco	6	Utilização de serra de fita para minimização da produção de resíduos
T	2	33		12			16,5	

**Volume de resíduos: Volume de pó de serra =0,0010536 m<sup>3</sup> Volume de cavaco= 0.00040000 m<sup>3</sup> Volume Total=0.0014536 m<sup>3</sup>**

### Processo C – Preparação das Cavilhas – 24 UNIDADES $\phi 15\text{mm} \times 9\text{ cm}$



Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens /minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
1	2	24	Serra circular de mesa	12	Costaneira	refilo da costaneira	12	Utilização de serra circular esquadrejadeira
2	1	2	Plaina manual	2		Desbaste dos cantos da peça	2	
3	1	2	Cavilhadeira	2		Passagem da peça pela cavilhadeira	2	
4	1	0	Estufa	15 dias		Secagem das cavilhas em estufa	Em separado	
5	1	0		0	Embalagem	Embalagem impermeável das cavilhas	Em separado	
<b>T</b>	<b>2</b>	<b>28</b>		<b>16</b>			<b>16</b>	

Volume de resíduos: Volume de pó de madeira=0.000339648m<sup>3</sup> Volume de cavaco= 0.000809836 m<sup>3</sup> Volume Total=0.001149484 m<sup>3</sup>

### 4.3. Desenvolvimento das Propostas 1.0 e 1.1

A primeira proposta de desenho do painel partiu da análise de disponibilidade e identificação realizada na cadeia de produção dos produtos a base florestal (capítulo 03), e preliminar avaliação de custo, sustentabilidade ambiental e desempenho técnico apresentado no Quadro 04 - “Critérios para concepção e desenvolvimento das propostas segundo os indicadores de desempenho técnico e da sustentabilidade econômica e ambiental”, elaborado no capítulo 02.

A análise da proposta 1.0 passou na avaliação do **produto** e do processo de **produção**, nos três eixos de avaliação com os seus respectivos critérios:

1. Atendimento a requisitos técnicos – Desempenho Técnico/estrutural, Estanqueidade visual, Durabilidade.
2. Sustentabilidade ambiental – Utilização de materiais fontes renováveis, Redução de resíduos gerados (produção), Baixo consumo de energia (produção).
3. Sustentabilidade econômica - Facilidade de produção, Facilidade de montagem, Produção em escala, Baixos custos.

O projeto do Produto está apresentado em formato de FICHA Técnica (**4.3.1**) com os desenhos em perspectiva e as dimensões, quantidade e especificações dos materiais e equipamentos. Na FICHA Técnica está apresentada também a possibilidade de aplicação do componente painel ao sistema construtivo.

O componente painel de fechamento tem a dimensão padrão de 1,22 x 2,44m, estas dimensões foram adotadas a partir dos estudos de modulação realizados no capítulo 02.

O projeto de Produção está na FICHA (**4.3.2**) que contém o fluxograma de produção do componente painel, onde aparece a seqüência de execução composta por Processos A e C seguido da montagem. Na FICHA de produção estão presentes os dados coletados na produção experimental em serraria.

A FICHA (4.3.3) de análise da proposta está em forma de quadro com os 3 eixos de avaliação do Produto e da Produção, ao final desta ficha estão apresentadas as diretrizes para o aperfeiçoamento fornecendo dados para o desenho da proposta seguinte, a PROPOSTA 1.1 como aperfeiçoamento da Proposta 1.0..

O projeto do Produto da PROPOSTA 1.1, está apresentado na FICHA Técnica (4.3.4), seguido de aplicação do painel ao sistema construtivo e o projeto de produção na FICHA (4.3.5) com o fluxograma de produção que nesta proposta inclui o PROCESSO B a produção de sarrafos. A análise da PROPOSTA 1.1 é apresentada no item (4.3.6) indica as diretrizes para o desenho da PROPOSTA 2.0.

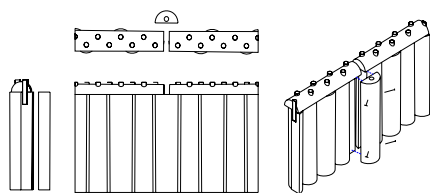


### 4.3.1 Projeto do Produto – PROPOSTA 1.0

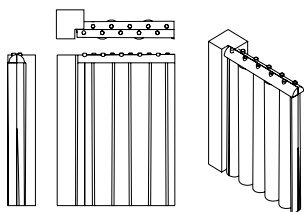
FICHA TÉCNICA		Proposta 1.0																						
Projeto do Produto – Painel Não Estrutural																								
Desenhos sem escala																								
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ½ peças roliças</li> <li>2. Cavilhas</li> <li>3. Travessa horizontal superior em ½ peça roliça</li> <li>4. Travessa horizontal Inferior</li> <li>5. Cavilhas</li> <li>6. ½ peças roliças</li> </ol>																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Subsistema: Vedação</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Componente: Painel</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Eucaliptus Citriodora</td> </tr> <tr> <td>Ligações</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 24 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Dimensões</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Torettes com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 1 Torette com diâmetro médio de 15 cm x 122 cm de comprimento</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Volume de Madeira</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.229 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.084 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul> </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Equipamentos</td> <td>Fabricação</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Moto-serra</li> <li>▪ Martelo</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Montagem</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Observações</td> <td></td> </tr> </table>			Subsistema: Vedação		Componente: Painel		Material	Eucaliptus Citriodora	Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 24 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>	Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>	Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Torettes com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 1 Torette com diâmetro médio de 15 cm x 122 cm de comprimento</li> </ul>	Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.229 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.084 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>	Equipamentos	Fabricação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Moto-serra</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>	Observações		
Subsistema: Vedação																								
Componente: Painel																								
Material	Eucaliptus Citriodora																							
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 24 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>																							
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>																							
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Torettes com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 1 Torette com diâmetro médio de 15 cm x 122 cm de comprimento</li> </ul>																							
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.229 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.084 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>																							
Equipamentos	Fabricação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Moto-serra</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>																						
	Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>																						
Observações																								

Aplicação do Painel 1.0 ao sistema construtivo

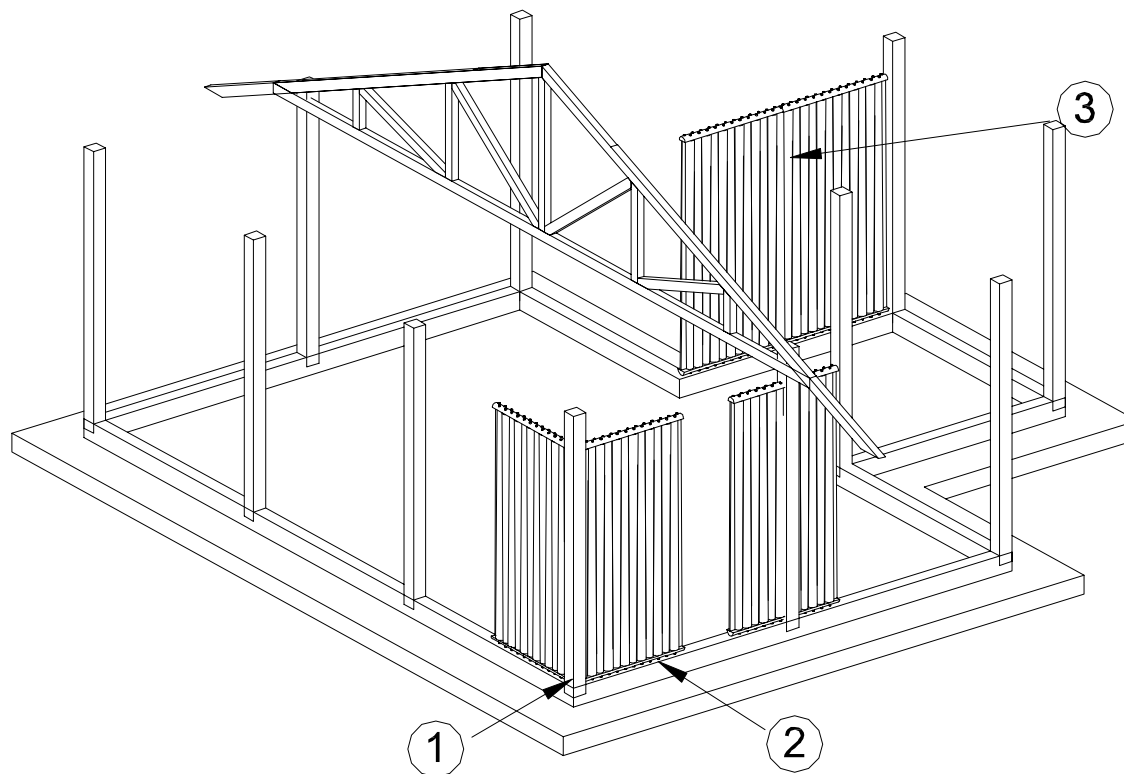
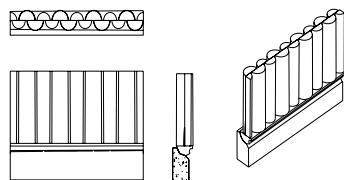
1. Interface Painel/Pilar



2. Interface Painel/Fundação

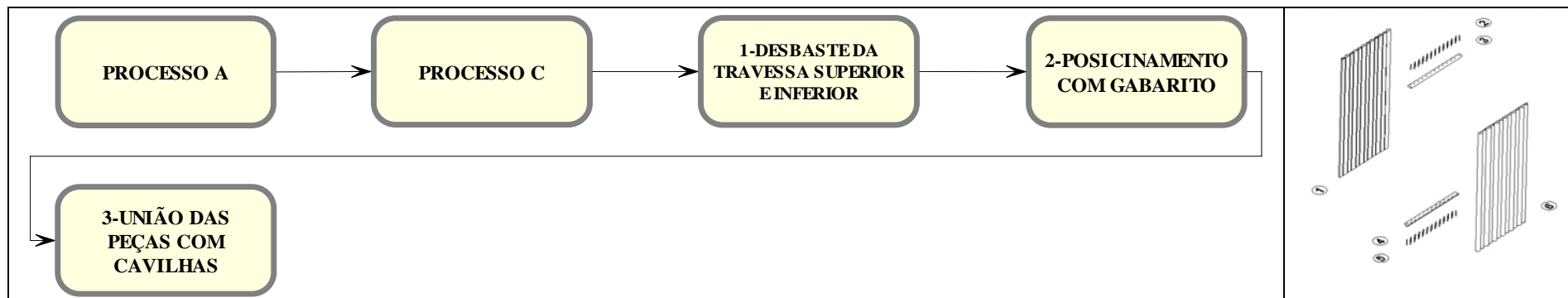


3. Interface Painel/Painel



#### 4.3.2. Processo de Produção e Análise dos dados da Etapa Experimental \_ PROPOSTA 1.0

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	Nº de operadores	Tempo total homens minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	417		169			209	
C	2	28		16			16	
1	1	2	Plaina desempenadeira	2		Desbastar travessa superior e inferior	2	Utilizar plaina desengrossadeira
2	2	30	Sargento Cavalete			Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
3	1	36	Furadeira Manual Martelo	18	Cavilhas	Executar furação das cavilhas que irão travar o painel	36	
<b>Total</b>		<b>513</b>		<b>205</b>			<b>278</b>	



Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.016895 m <sup>3</sup>	0.030276 m <sup>3</sup>	0.047171 m <sup>3</sup>	R\$ 30.98	R\$ 10.41

## Montagem



1. Desbaste da travessa superior e inferior



2. Posicionamento com o gabarito



3. União das peças com cavilha



#### 4.3.3. Análise \_ PROPOSTA 1.0

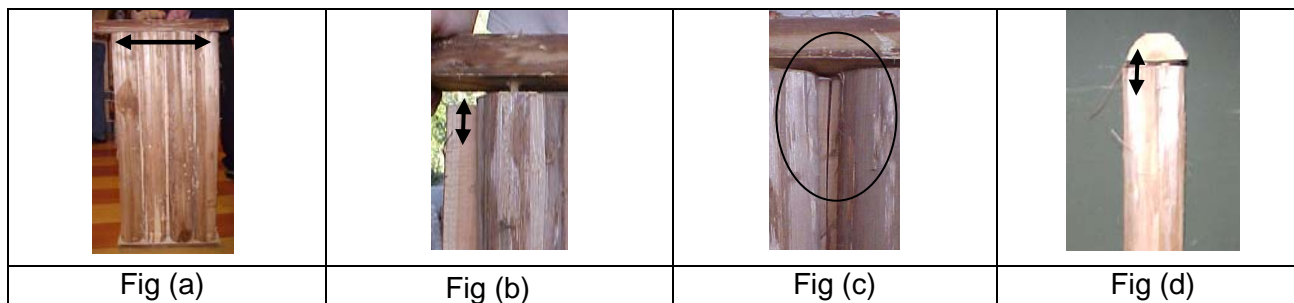
	CRITÉRIOS		ANALISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Houve falta de rigidez do conjunto a esforços, Necessidade de elementos de contravantamento do conjunto para impedimento dos movimentos horizontais.</li> <li>➤ As ligações paralelas às fibras da madeira de eucalipto induziram o fendilhamento das peças.</li> <li>➤ As ligações cavilhadas soltaram depois da secagem da cavilha e houve um afrouxamento das ligações das extremidades ocasionando empenamento das bases de travamento.</li> <li>➤ O fendilhamento das peças no embutimento final das cavilhas resultou em frestas de até 0.005. X 0.30m de comprimento em algumas peças.</li> <li>➤ Empenamento das peças de travamento superior e inferior devido ao desdobro da madeira jovem que contem grande concentração de tensões. (fig b).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alteração do sistema de ligações paralelas às fibras que ocasionaram o aparecimento de fissuras. Eliminação da ligação de topo, revisão do sistema de fixação entre as faces do painel, eliminando a colocação da cavilha paralelamente as fibras (eucalipto). Execução das ligações perpendicularmente às fibras da madeira.</li> <li>➤ Cavilhas embutidas secas com umidade abaixo da umidade relativa do ar da região de utilização do painel.</li> </ul>
	Estanqueidade visual (Frestas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Através da sobreposição intercalada de uma ½ peça roliça de uma face no encontro de duas ½ peças roliças da outra face, não houve frestas visuais.</li> </ul>	
2. SUSTENT AMBIENTAL	Utilização de materiais de fontes renováveis		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0.08 e.10m de diâmetros de base e 2,50m de comprimento</li> </ul>	

**Quadro 17- Análise da Proposta 1.0**

Continuação (Quadro 17)

<b>3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>Facilidade de produção</b>	➤	<b>Tempo total homem/hora = 9hs e 2 min</b>	➤		
	<b>Facilidade de montagem</b>		Houve dificuldade em centralizar os furos nos centros das meias peças sobre as bases de travamento e fendilhamento das peças no embutimento final das cavilhas			Alteração do sistema de fixação para uma linha de embutimento em cada face do painel
	<b>Produção em escala</b>		Peças de madeiras roliças cortadas ao meio, montadas alternadamente, possibilidade de montagem "in loco" desde que as peças sofram previamente a pré-fabricação (PROCESSO A) e (PROCESSO C), possibilidade de transporte em feixes.			

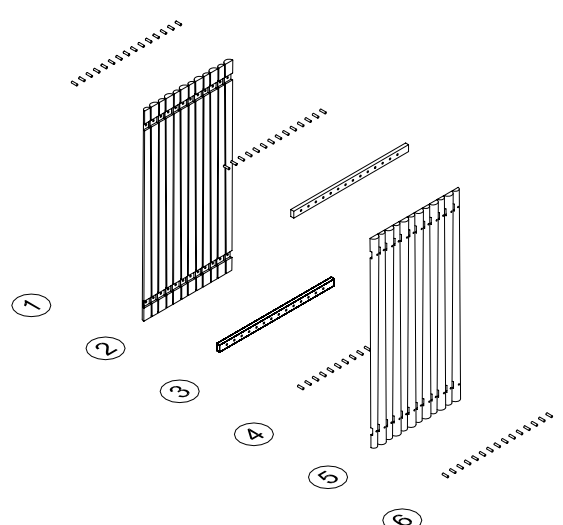
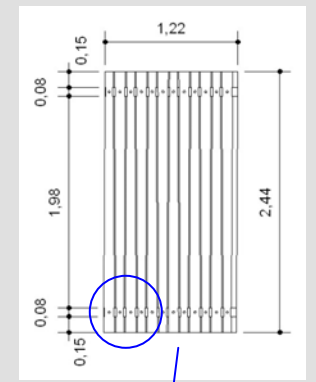
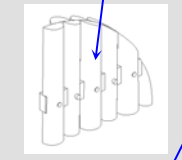
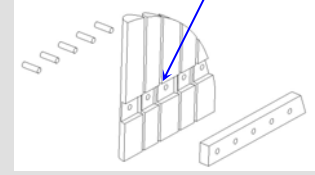
**Quadro 17- Análise da Proposta 1.0**



**Diretrizes para o aperfeiçoamento da proposta**

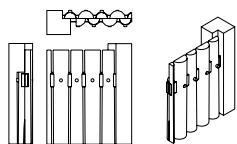
- Verificou-se que o projeto poderia ser melhorado tecnicamente, buscando solucionar o problema de fendilhamento causado pelas ligações de topo (fig (c)) alterando o sistema de ligações paralelas às fibras que ocasionaram o aparecimento de fissuras e buscando contraventar o conjunto (fig. (a)).

#### 4.3.4. Projeto do Produto \_ PROPOSTA 1.1 (aperfeiçoamento)

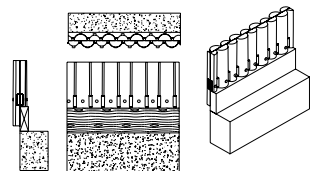
FICHA TÉCNICA		Proposta 1.1	
Projeto do produto – Painel Não Estrutural			
Desenhos sem escala			
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cavilhas externas</li> <li>2. ½ peças roliças</li> <li>3. Travessa horizontal/cavilhas internas</li> <li>4. Travessa horizontal/cavilhas internas</li> <li>5. ½ peças roliças</li> <li>6. Cavilhas externas</li> </ol>		   <p>Canal com profundidade de 2 cm</p>	
Material		Eucaliptus Citriodora	
Ligações		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 48 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>	
Dimensões		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>	
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretos com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 2 travessas horizontais (4x8x122)</li> </ul>	
Volume de Madeira		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.236 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.0792 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>	
Equipamentos		<p>Fabricação</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Moto-serra</li> <li>▪ Formão</li> <li>▪ Enchó</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<p>Montagem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>
Observações			

Aplicação do Painel 1.1 ao sistema construtivo (não estrutural)

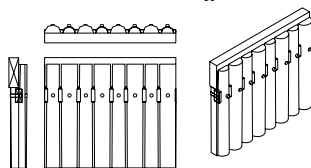
1. Interface Painel/Pilar



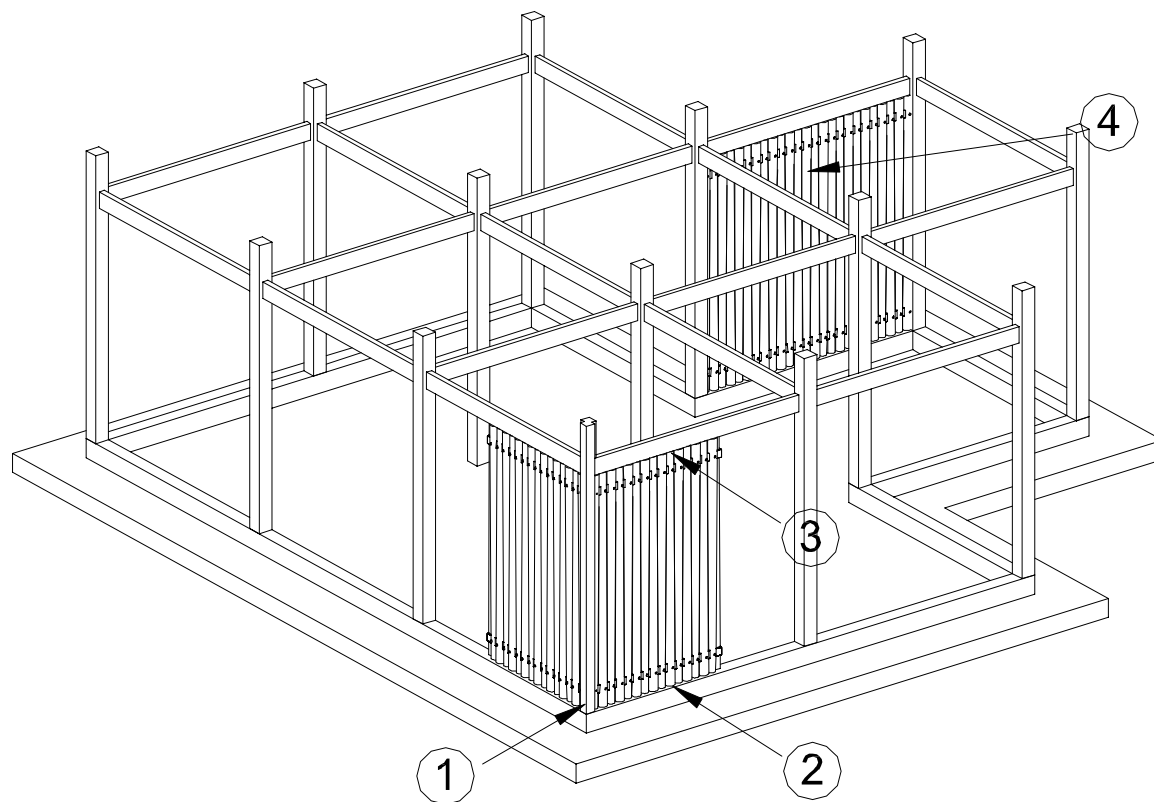
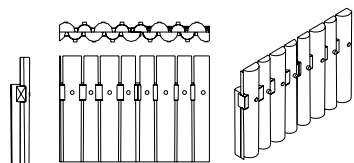
2. Interface Painel/Fundação



3. Interface Painel/viga



4. Interface Painel/Painel





#### 4.3.5. Processo de Produção e Dados da etapa experimental \_ PROPOSTA 1.1 (aperfeiçoamento)

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	Nº de operadores	Tempo total homens/ minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	417		169			209	
B	2	33		12			16,5	
C	2	56		32			32	
1	2	30	Sargento Cavalete			Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
2	2	140	Motoserra Enchó Formão/Martelo	20 30 20		Abertura de canais para o embutimento das travessas. Inicia-se o corte com a motosserra e efetua-se o desbaste com o enchó . Finaliza-se com o formão	70	Utilização de tupa manual
3	1	72	Furadeira Manual Martelo	36	Cavilhas	Executar furação das peças que irão travar o painel nas extremidade com cavilha	72	
<b>Total</b>		<b>748</b>		<b>261</b>			<b>414,5</b>	

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.013083 m <sup>3</sup>	0.019536 m <sup>3</sup>	0.032619 m <sup>3</sup>	R\$ 32.50	R\$ 10.92

### Etapas da Experimentação



1. Posicionamento com gabarito



2. Execução dos canais para as travessas



2. Execução dos canais para as travessas



3. União das peças com cavilhas



### 4.3.6. Análise \_ PROPOSTA 1.1

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ O painel 1.1, apresentou uma rigidez maior do que o Painel 1.0, entretanto não suficiente, necessitando de pilaretes intermediários.</li> <li>➤ A ortogonalidade das travessas e as ½ peças, mesmo cavilhadas externa e internamente não evita o deslizamento entre as peças, necessitando de um elemento que aumente a rigidez do fechamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Introduzir elemento diagonal para enrijecimento.</li> </ul>
	Estanqueidade visual (Frestas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Observou-se maior estanqueidade visual do que a proposta anterior (1.0) resultado este da união das ½ peças através de dois sarrafos embutidos nas duas faces planas das ½ peças, próximas às extremidades do painel. Esta solução de embutimento de sarrafos reforçou a junção entre as duas faces pela alteração das ½ peças.</li> </ul>	
2. Utilização de materiais de fontes renováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0.08 e 10m de diâmetro de base e 2,50m de comprimento</li> </ul>			
3. Facilidade de produção Facilidade de montagem Produção em escala			<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> <li>➤</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Demanda um volume grande de madeira, onerando o painel e consequentemente o custo final de produção da habitação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Redução da estrutura principal da habitação</li> </ul>

**Quadro 18 – Análise da Proposta 1.1**

### Diretrizes para aperfeiçoamento

Entendeu-se que potencialmente o painel poderia estar associado a painéis contraventados e ter função de fechamento e de contraventamento horizontal de edifícios. Partiu-se então para o projeto do painel estrutural.

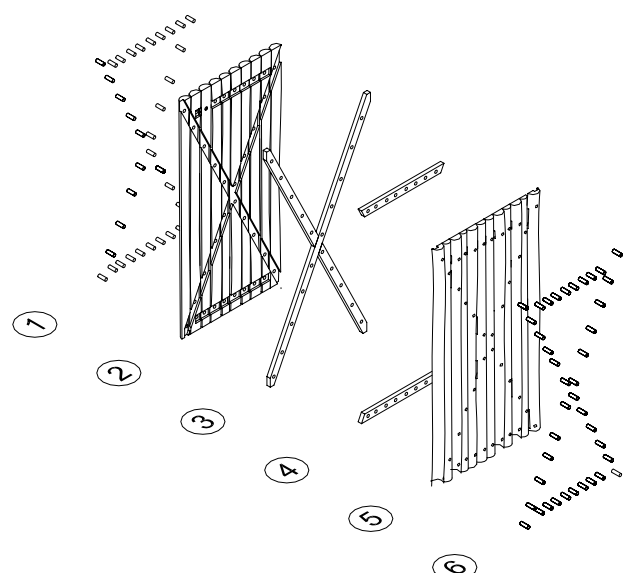
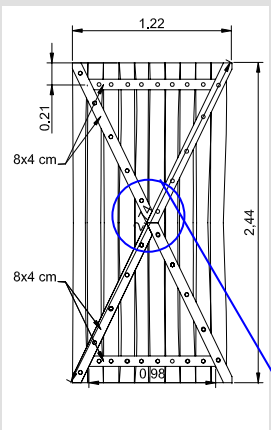
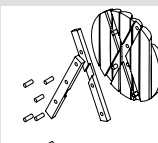
#### **4.4. Desenvolvimento das Propostas 2.0 e 2.1**

A partir da análise da Proposta 1.1, a concepção da PROPOSTA 2.0 sofreu alteração substancial, quando se verificou a possibilidade do painel ter a função de vedação mais a função estrutural. O painel com diagonais embutidos obteria uma rigidez que suportaria as solicitações de ações horizontais no plano do painel. Assim, eliminando a necessidade do sistema estrutural para a composição da edificação.

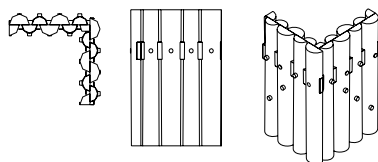
Na seqüência, estão apresentados o Projeto do Produto (4.4.1) e o Projeto da Produção (4.4.2) da PROPOSTA 2.0, acompanhada da análise (4.4.3) e as suas diretrizes para o aperfeiçoamento.

Os projetos do Produto e da Produção da PROPOSTA 2.1 estão apresentados nos itens (4.4.4) e (4.4.5), respectivamente, com a sua análise feita no item (4.4.6).

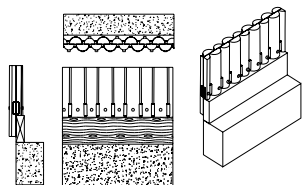
#### 4.4.1. Projeto do Produto – PROPOSTA 2.0

FICHA TÉCNICA		Proposta 2.0	
Projeto do Produto – Painel Estrutural			
Desenhos sem escala			
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cavilhas externas</li> <li>2. ½ peças roliças</li> <li>3. Travessas horizontais</li> <li>4. Diagonais com encaixe tipo “meia madeira”</li> <li>5. ½ peças roliças</li> <li>6. Cavilhas Internas</li> </ol>		  <p>Encaixe tipo “meia madeira”</p>	
Subsistema: Vedação		Componente: Painel	
Material	Eucaliptus Citriodora		
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 80 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>		
Dimensões do painel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>		
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretas com diâmetro médio de 10 x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 2 travessas horizontais (4x8x98 cm)</li> <li>▪ 2 diagonais (4x8x274 cm)</li> </ul>		
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.244 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.082 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>		
Equipamentos	Fabricação	Montagem	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Moto-serra</li> <li>▪ Formão</li> <li>▪ Enchó</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>	
Observações			

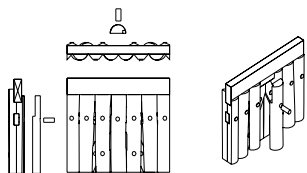
1. Interface Painel/Painel



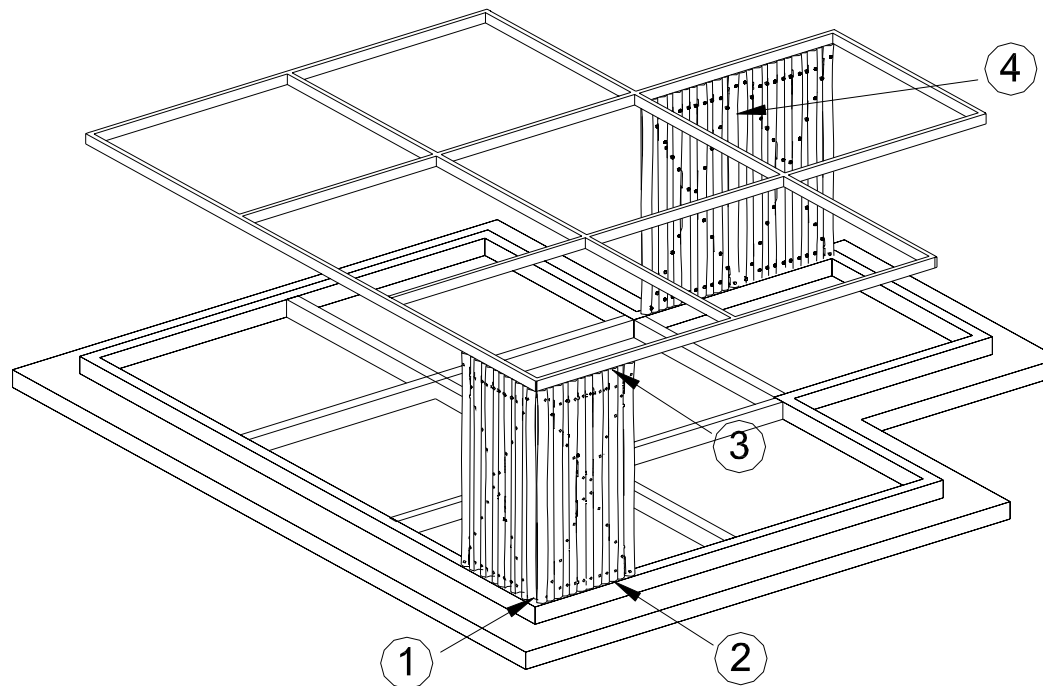
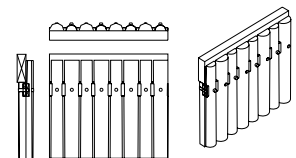
2. Interface Painel/Fundação



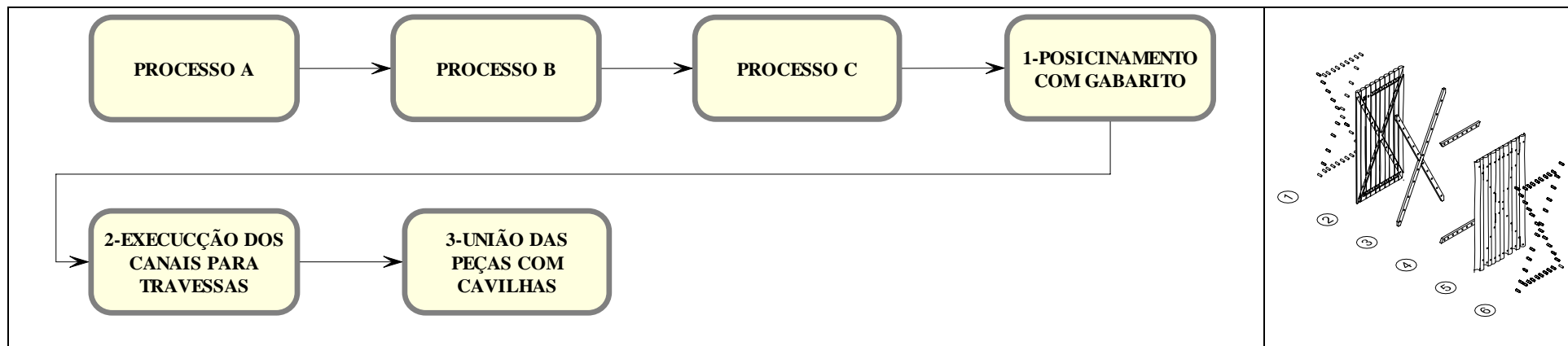
3. Interface Painel/Viga



4. Interface Painel/Painel



#### 4.4.2 Processo de Produção e Dados da etapa experimental\_ PROPOSTA 2.0



Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS	Tempo (min)	Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens minuto	Item	Tempo (min)				
A	2	417		169			209	
B	2	99		36			49,5	
C	2	93		53			53	
1	2	30	Sargento Cavalete	0		Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
2	2	424	Motoserra Enchó Formão/Martelo	61 90 61		Abertura de canais para o embutimento das travessas. Inicia-se o corte com a motosserra e efetua-se o desbaste com o enchó. Finaliza-se com o formão	212	Utilizar tupa manual
3	1	120	Furadeira Manual / martelo	60	cavilhas	Executar furação das cavilhas que irão travar o painel	120	
Total		1183		348,5			688,5	

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.024447 m <sup>3</sup>	0.054610 m <sup>3</sup>	0.079056 m <sup>3</sup>	R\$ 32.98	R\$ 11.08

### Montagem



1. Posicionamento com gabarito



2. Execução dos canais para as travessas



2. Execução dos canais para as travessas



3. União das peças com cavilhas

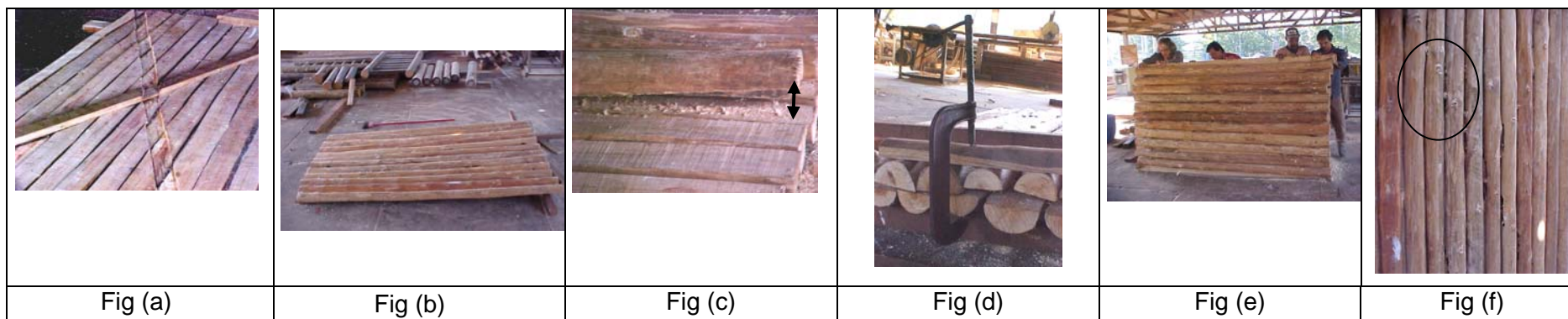




#### 4.4.3. Análise \_ PROPOSTA 2.0

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	➤ Na proposta 2.0 constatou-se deformação causada por tensões de torção tendência de empenamento nas extremidades das peças centrais (fig. c).	
	Estanqueidade visual (Frestas)		➤ Não houve frestas visuais (fig. f)	
2.	Utilização de materiais de fontes renováveis		➤ Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0.08 e 1.0m de diâmetro de base e 2,50m de comprimento	
3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	Facilidade de produção		➤ Grande número de cavilhas utilizadas na fixação dos sarrafos aumentou o tempo de execução e requisitou demora na execução do cavilhamento para não atravessarem as peças e comprometerem o resultado final (fig. f).	➤ Redução do sistema de contraventamento em X com 2 travessas embutidas nas duas faces planas do painel.
	Facilidade de montagem		➤ Dificuldade de junção das duas faces do painel e utilização de sargentos na operação de cavilhamento (fig. d). ➤ Dificuldade de encaixe das travessas diagonais de contraventamento entre as duas faces planas do painel (fig. a).	➤ Revisão do sistema de embutimento das travessas de contraventamento
	Produção em escala		➤ A proposta se mostrou inviável para a produção em escala por requerer um grande número de operações de montagem realizadas artesanalmente. ➤ Foi constatada a dificuldade de produção da proposta devido ao grande número de operações de embutimento de travessas.	➤ Redução do número de operações previstas para as etapas de montagem da proposta.

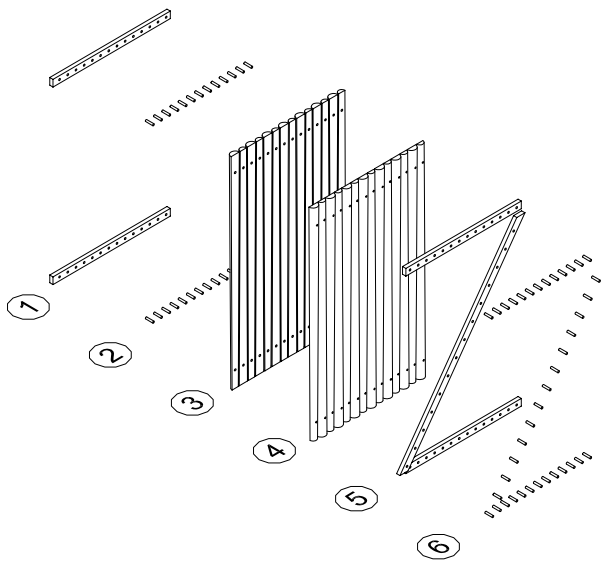
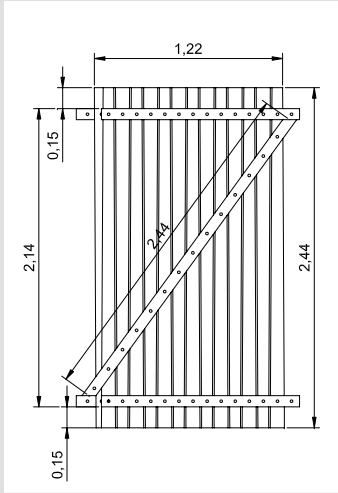
**Quadro 19 – Análise da Proposta 2.0**



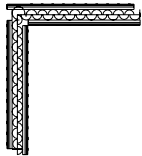
**Diretrizes para aperfeiçoamento:**

- Busca-se reduzir tempo de embutimento das travessas de contraventamento dos painéis estruturais, alterando o sistema de contraventamento de diagonais em X embutidas nas duas faces planas do painel, para apenas uma diagonal embutida em cada face plana do painel, invertida em relação à outra diagonal da outra face plana do painel.

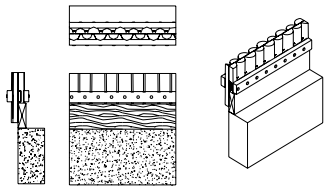
#### 4.4.4. Projeto do Produto \_ PROPOSTA 2.1 (aperfeiçoamento)

FICHA TÉCNICA		Proposta 2.1
Projeto do Produto – Painel Estrutural		
Desenhos sem escala		
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Travessa horizontal</li> <li>2. Cavilhas</li> <li>3. ½ peças roliças</li> <li>4. ½ peças roliças</li> <li>5. Travessa horizontal/Diagonal</li> <li>6. Cavilhas</li> </ol>		
Subsistema: Vedação		
Componente: Painel		
Material	Eucaliptus Citriodora	
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 60 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>	
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x 2 ,44 m</li> </ul>	
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretas com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 4 travessas horizontais (4x8x130)</li> <li>▪ 1 travessa diagonal (4x8x244)</li> </ul>	
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.252 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.084 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>	
Equipamentos	Fabricação	Montagem
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>
Observações		

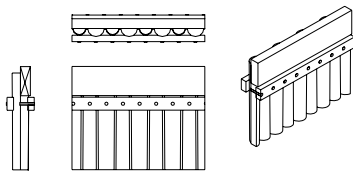
1. Interface Painel/Painel



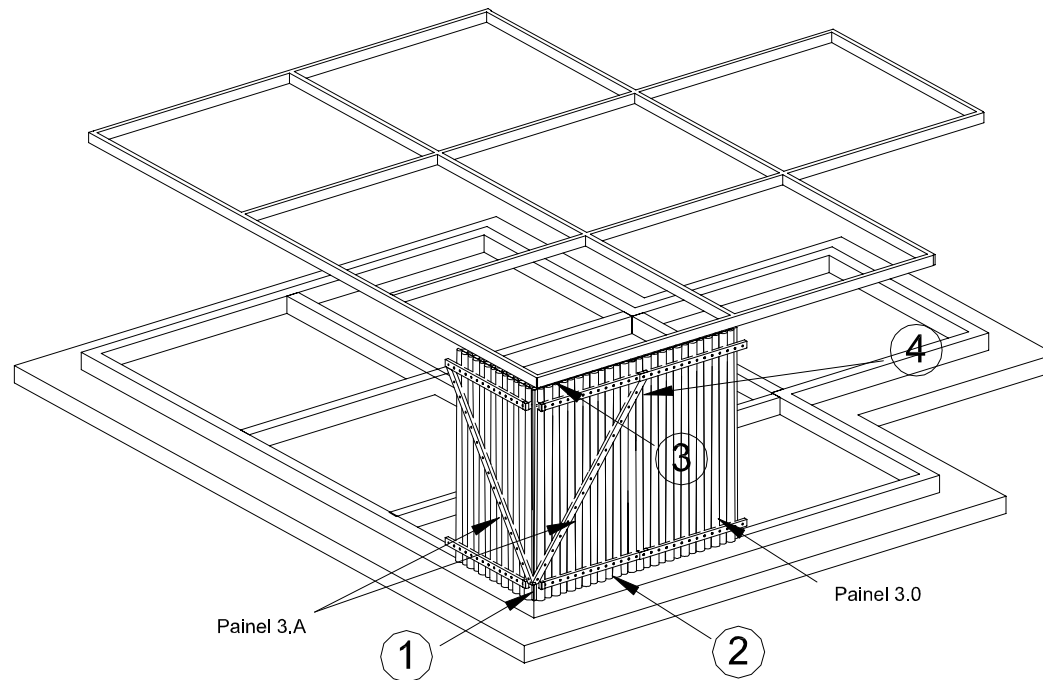
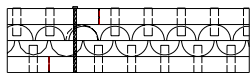
2. Interface Painel/Fundação



3. Interface Painel/Viga Frechal



4. Interface Painel/Painel



Observação: O painel 2.1 é utilizado nos cantos da edificação com função de contraventamento em conjunto com painéis de fechamento não estrutural.

#### 4.4.5. Processo de Produção e Dados da etapa experimental \_ PROPOSTA 2.1

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens /minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	417		169			209	
B	2	99		36			49,5	
C	2	70		40			40	
1	2	30	Sargento Cavalete	0		1. Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
2	1	90	Furadeira Manual / martelo	45	cavilhas	2. Executar furação das cavilhas que irão travar o painel 3.	45	
<b>Total</b>		<b>706</b>		<b>290</b>			<b>358,5</b>	

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.022394 m <sup>3</sup>	0.030369 m <sup>3</sup>	0.052763 m <sup>3</sup>	R\$ 33.06	R\$ 11.10

## Montagem



1. Posicionamento com gabarito



2. duas faces unidas para o contraventamento em "Z"



#### 4.4.6. Análise \_ PROPOSTA 2.1

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deformação por encanoamento das peças centrais que demonstraram a necessidade de alteração no projeto de contraventamento em “Z” .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisão da fixação de uma travessa diagonal para duas ½ travessas cruzando a metade da altura do painel nas duas faces em “K”.</li> </ul>
	Estanqueidade visual (Frestas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não houve problemas relacionados a estanqueidade visual já que o esquema de uma ½ peça sempre no encontro de duas ½ peças tem demonstrado resultado eficiente com relação a estanqueidade visual e vem sendo mantido desde a proposta (inicial) 1.0.</li> </ul>	
2.	Utilização de materiais de fontes renováveis		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0.08 e.10m de diâmetro de base e 2,50m de comprimento.</li> <li>➤ Nenhuma ligação metálica foi utilizada.</li> </ul>	
3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	Facilidade de produção	PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Foi constatada maior facilidade de produção em relação a proposta anterior devido a eliminação das etapas de encaixe das travessas diagonais.</li> </ul>	
	Facilidade de montagem		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A redução do tempo de produção e a maior facilidade de montagem em relação a proposta anterior ainda não foram suficientes para viabilizar a proposta.</li> </ul>	
	Produção em escala		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A proposta ainda não possibilita produção em escala, devido a dificuldade das operações (mesmo reduzidas) de fixação de travessas, que demandaram tempo para execução do painel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de painéis contraventados nos cantos dos muros para fechamentos estruturais.</li> <li>➤ Substituição do sistema de travessas longas</li> </ul>

Quadro 20 – Análise da Proposta 2.1

### **Diretrizes para o aperfeiçoamento da proposta**

- Para reduzir o tempo de execução do sarrafo de contraventamento dos painéis estruturais foi proposta a composição de um painel contraventado e um painel sem contraventamento. Através dessa composição obtém-se a diminuição do número de painéis contraventados no sistema construtivo, o que implica na redução do tempo de fechamento final da habitação. Os painéis contraventados com diagonais opostas são localizados nos cantos das edificações, formando composições rígidas em associação a painéis não contraventados, para estabilização do conjunto.
- Propõem - se a sobreposição intercalada de peças roliças desdobradas ao meio e cavilhadas uma a uma através de sarrafos e dois sarrafos externos que dividem diagonalmente a metade do comprimento do painel em direções opostas (formando um K). Espera-se obter maior rapidez na execução de edificações, menor consumo de material e conseqüentemente menor custo final na produção da habitação.

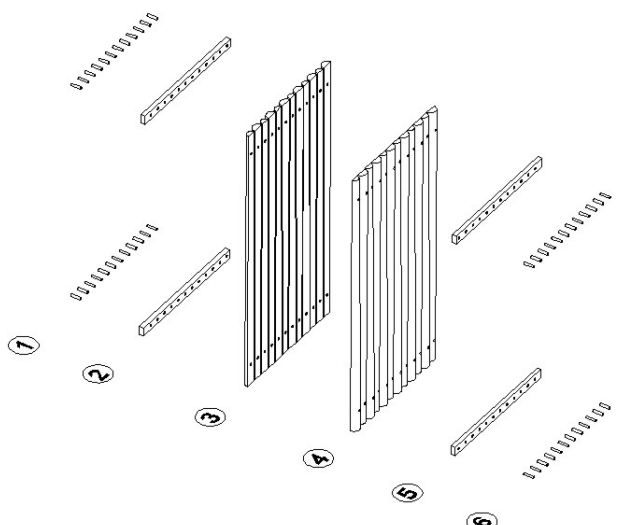
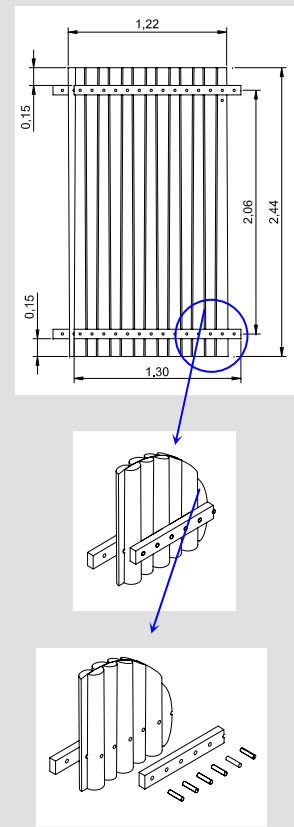


#### **4.5. Desenvolvimento das Propostas 3.0 e 3.0 B**

No desenvolvimento da PROPOSTA 3.0, ainda continuou a tentativa de reduzir o tempo de execução dos painéis, estudando o arranjo da composição de paredes por painéis contraventado e sem contraventamento. Outra possibilidade foi o de alterar o posicionamento e o desenho dos diagonais de “X” para “K”.

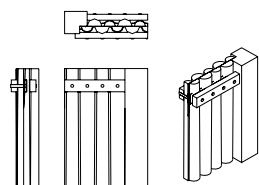
Os projetos do Produto e da Produção e sua análise das PROPOSTAS 3.0 e 3B estão respectivamente apresentados nos itens que se seguem.

### 4.5.1. Projeto do Produto – PROPOSTAS 3.0 (Painel não estrutural)

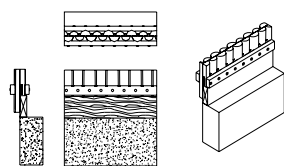
FICHA TÉCNICA		Proposta <b>3.0</b>	
Projeto do Produto – Painel Não Estrutural			
Desenhos sem escala			
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cavilhas</li> <li>2. Travessa horizontal</li> <li>3. ½ peças</li> <li>4. ½ peças</li> <li>5. Travessa horizontal</li> <li>6. Cavilhas</li> </ol>			
Material		Eucaliptus Citriodora	
Ligações		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 48 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>	
Dimensões		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>	
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretos com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 4 travessas horizontais (4x8x130)</li> </ul>	
Volume de Madeira		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.245 m3 / painel</li> <li>▪ 0.082 m3/m2</li> </ul>	
Equipamentos		Fabricação	Montagem
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>
Observações			

Aplicação do Painel 3.0 ao sistema construtivo

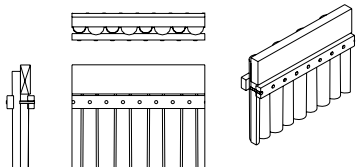
1. Interface Painel/Pilar



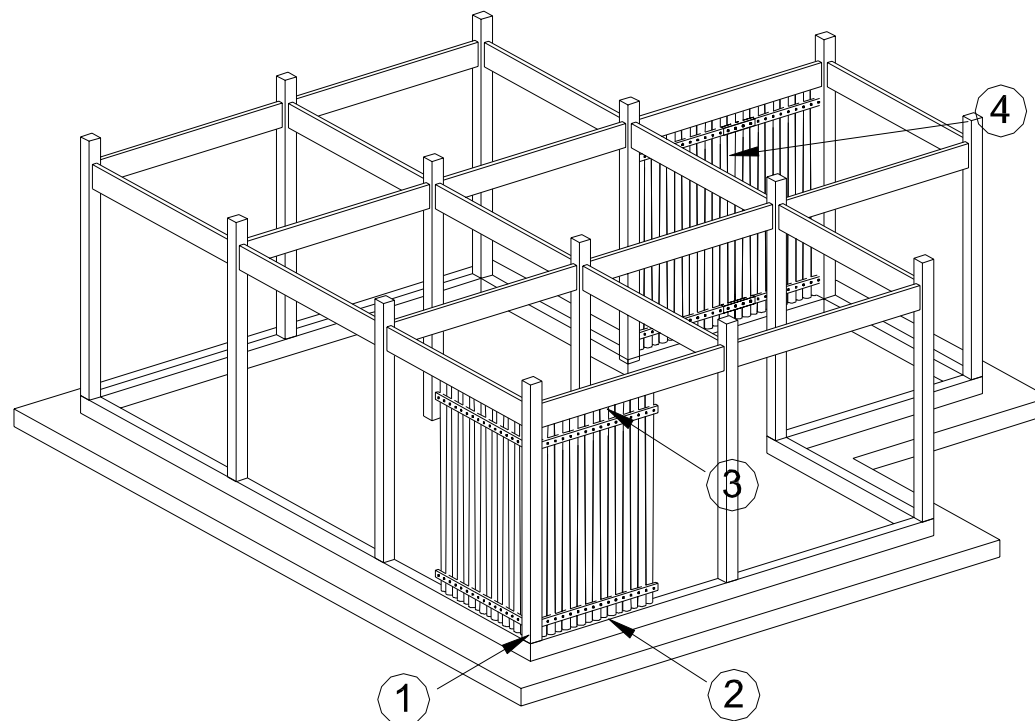
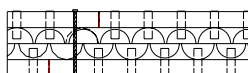
2. Interface Painel/Fundação



3. Interface Painel/Viga

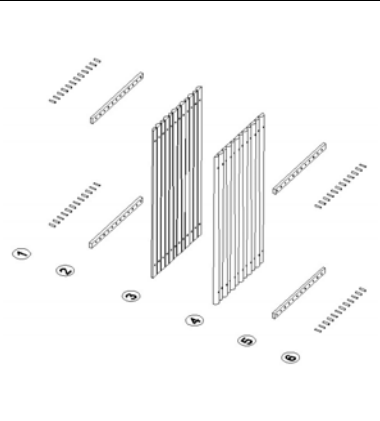
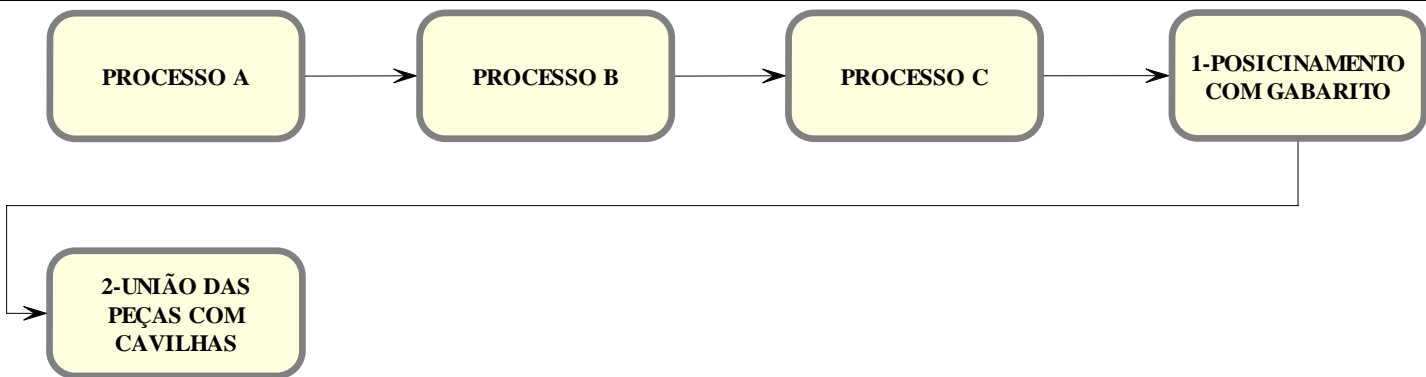


4. Interface Painel/Painel



#### 4.5.2. Processo de Produção e dados da experimentação \_ PROPOSTA 3.0

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	417		169			209	
B	2	66		24			33	
C	2	56		32			32	
1	2	30	Sargento Cavalete	0		Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
2	1	72	Furadeira Manual / martelo	36	cavilhas	Executar furação das cavilhas que irão travar o painel	72	
Total		641		261			361	



Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.019108 m <sup>3</sup>	0.026432 m <sup>3</sup>	0.045541 m <sup>3</sup>	R\$ 32.08	R\$ 10.78

### 4.5.3. Projeto do Produto \_ PROPOSTA 3.0 B (Painel Estrutural)

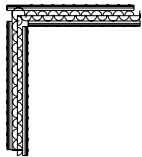
FICHA TÉCNICA		Proposta <b>3.B</b>
Projeto do Produto – Painel Estrutural		
Desenhos sem escala		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cavilhas</li> <li>2. Travessa horizontal</li> <li>3. ½ peças roliças</li> <li>4. ½ peças roliças</li> <li>5. Travessa horizontal/Diagonal</li> <li>6. Cavilhas</li> </ol>		
Subsistema: Vedação		
Componente: Painel		
Material	Eucaliptus Citriodora	
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 72 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>	
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x 2 ,44 m</li> </ul>	
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretas com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 4 travessas horizontais (4x8x130)</li> <li>▪ 2 travessas diagonais (4x8x167)</li> </ul>	
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.255 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.086 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>	
Equipamentos	Fabricação	Montagem
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>
Observações		

# FICHA TÉCNICA

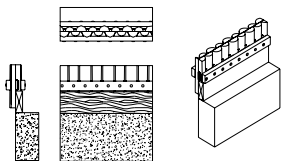
Proposta **3.0**  
+  
**3.0**  
**B**

Aplicação do Painel 3.0 e 3.0. B ao sistema construtivo.

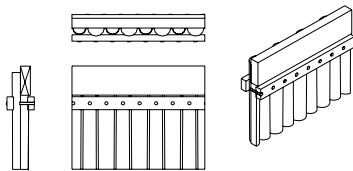
1. Interface Painel/Painel



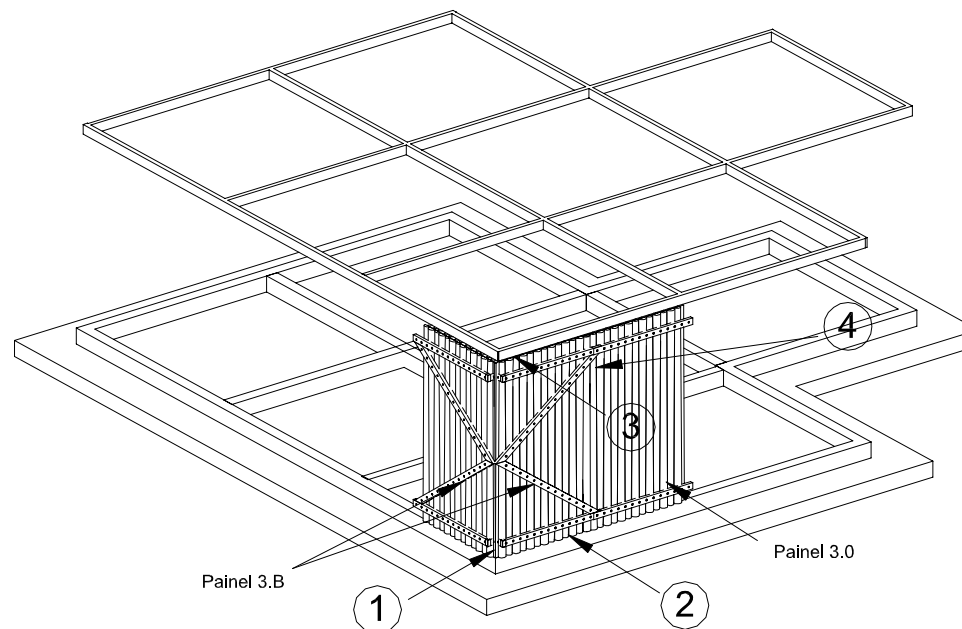
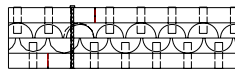
2. Interface Painel/Fundação



3. Interface Painel/Viga Frechal



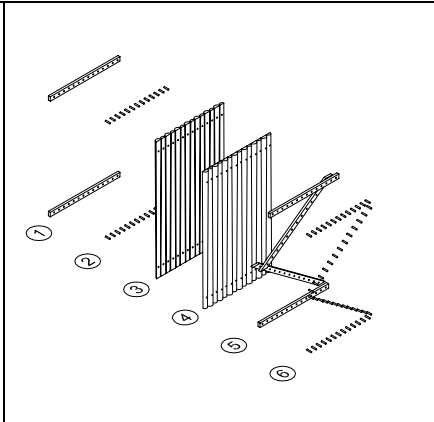
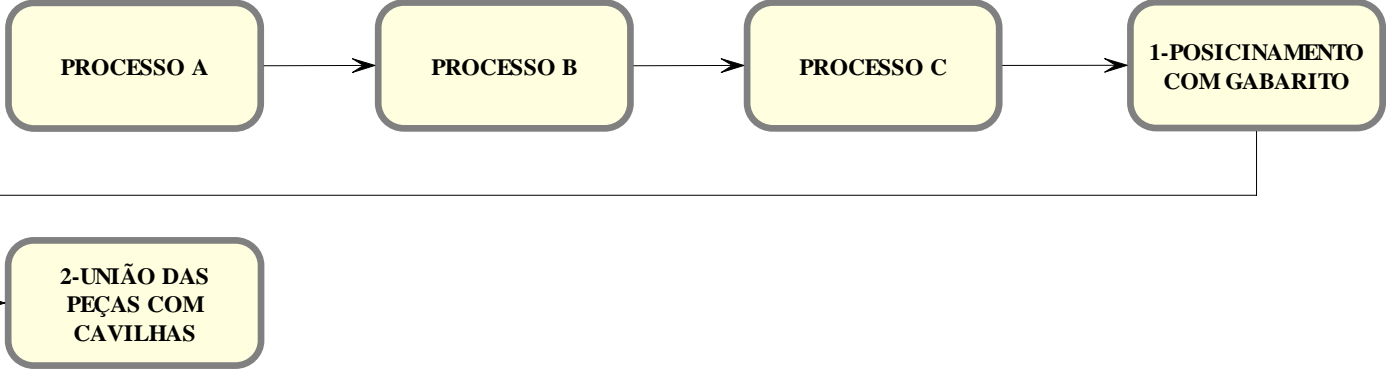
4. Interface Painel/Painel



Observação: O painel 3.B é utilizado nos cantos da edificação com função de contraventamento e o painel 3.0 em conjunto como fechamento

#### 4.5.4. Processo de Produção e dados da experimentação\_ PROPOSTA 3.0 B

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	Nº de operadores	Tempo total homens/ minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	417		169			209	
B	2	132		48			66	
C	2	84		48			48	
1	2	30	Sargento Cavalete	0		Posicionar as peças no gabarito para facilitar o processo de montagem	15	
2	1	108	Furadeira Manual / martelo	54	cavilhas	Executar furação das cavilhas que irão travar o painel	108	
<b>Total</b>		<b>771</b>		<b>319</b>			<b>446</b>	





Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.024444 m <sup>3</sup>	0.032094 m <sup>3</sup>	0.056537 m <sup>3</sup>	R\$ 33.42	R\$ 11.23

#### 4.5.5. Análise \_ PROPOSTA 3.0 + 3.0B

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES	
1.	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	➤		
	Estanqueidade visual (Frestas)		➤		
2.	Utilização de materiais de fontes renováveis		➤	Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto ø10m e 2,50m.	
3. SUSTENTABILIDADE E ECONÔMICA	Facilidade de produção		➤	A composição dos muros de fechamento estruturais utilizando painéis contraventados nos cantos, apresenta uma possibilidade de racionalização do processo de produção da habitação.	
	Facilidade de montagem		➤	A adição de travessas embutidas ou externas as faces dos painéis aumenta o tempo de montagem das propostas.	➤ Substituição do sistema de fixação e contraventamento
	Produção em escala		➤	A redução dos painéis contraventados na composição da habitação é um avanço na racionalização do fechamento estrutural das habitações.	

**Quadro 21** – Análise da Proposta 3.0 e3. 0B

### **Diretrizes para o aperfeiçoamento da proposta**

- A busca de redução do tempo de processamento e fixação das travessas de contraventamento na execução dos painéis estruturais levou à substituição das duas faces compostas por  $\frac{1}{2}$  peças roliças, por composições de uma face formada por  $\frac{1}{2}$  peças roliças e outra face formada por uma chapa de OSB. A chapa de OSB foi pensada como elemento de contraventamento do painel, em substituição à utilização de travessas embutidas ou externas às faces compostas por  $\frac{1}{2}$  peças roliças, que caracterizavam as propostas anteriores de enrijecimento dos painéis.

#### **4.6. Desenvolvimento das Propostas 4.0 e 4.1, 4.1B e 4.1C.**

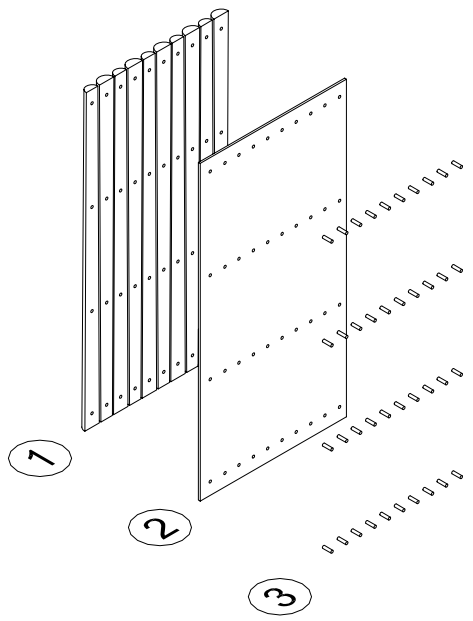
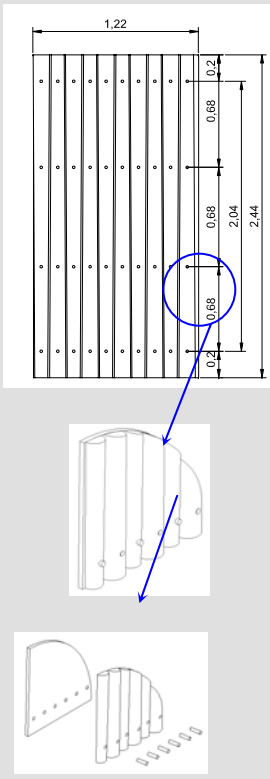
A proposta para viabilizar os painéis estruturais com  $\frac{1}{2}$  peça de roliços de pequeno diâmetro, teve nesta etapa a mudança substancial, na busca de redução do tempo de processamento e fixação das travessas de contraventamento, resultou na substituição de uma das faces compostas por  $\frac{1}{2}$  peças roliças por uma chapa de OSB.

Assim, o desenho da PROPOSTA 4.0 passou por aperfeiçoamento em 4.1 onde as ligações cavilhadas adotadas em todas as propostas anteriores são substituídas por ligações pregadas. Na proposta 4.1 foi modificado o comprimento das  $\frac{1}{2}$  peças para os roliços de pequeno diâmetro com comprimento curto de 1,22m, chamados de metrinhos, são as peças de custo bem reduzido. As linhas de pregação das  $\frac{1}{2}$  peças na chapa foram alteradas em função do comprimento final das  $\frac{1}{2}$  peças (1.22m).

A proposta 4.1 gerou fragmentos do seu módulo, resultando em PROPOSTA 4.1B onde a única alteração realizada foi na sua largura, passando de 1,22m para 0,61m e mantendo-se a altura em 2,44m. Na PROPOSTA 4.1C, o corte da chapa ocorre na altura, passando para 1,22m e mantendo-se na largura em 1,22m.

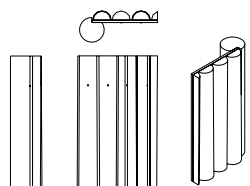
Os respectivos projetos do Produto e da Produção e sua análise das 4 PROPOSTAS estão apresentados seguindo a seqüência.

### 4.6.1. Projeto do Produto – PROPOSTA 4.0

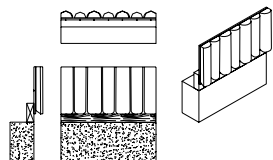
FICHA TÉCNICA		Proposta 4.0	
Projeto do Produto – Painel Estrutural			
Desenhos sem escala			
			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ½ peças roliças</li> <li>2. Chapa de OSB</li> <li>3. Cavilhas</li> </ol>			
Subsistema: Vedação		Componente: Painel	
Material	Eucaliptus Citriodora		
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 48 Cavilhas - ► 1,5 x 9 cm secas em estufa com umidade mínima</li> </ul>		
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x2, 44 m</li> </ul>		
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 Toretes com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 1 chapa de OSB com espessura de 15 mm</li> </ul>		
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.114 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.065 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>		
Equipamentos	Fabricação	Montagem	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>	
Observações			

Aplicação do Painel 4.0 ao sistema construtivo

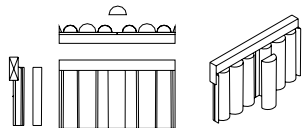
1. Interface Painel/Pilar



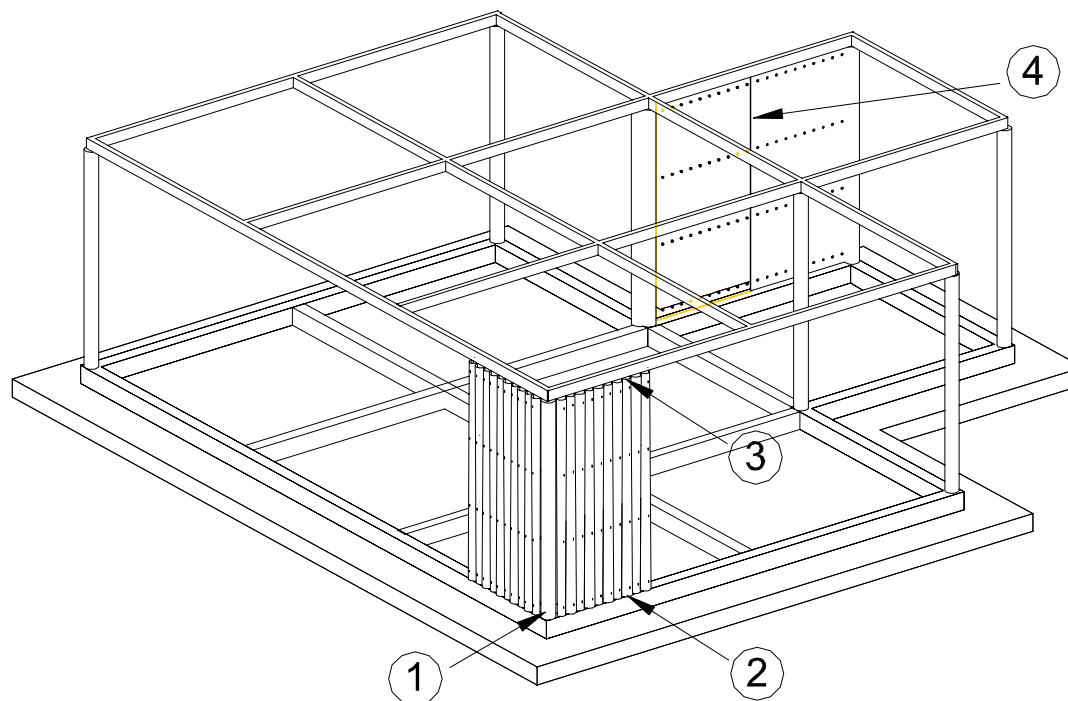
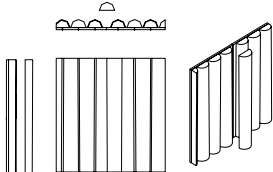
2. Interface Painel/Fundação



3. Interface Painel/ Viga

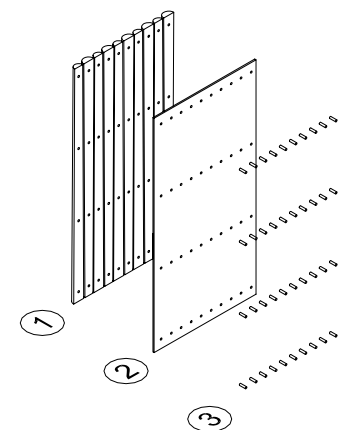
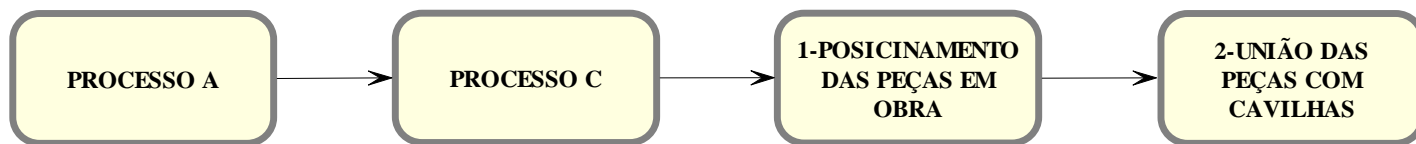


4. Interface Painel/Painel



#### 4.6.2. Processo de Produção e dados da experimentação \_ PROPOSTA 4.0

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	Nro de operadores	Tempo total homens/ minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	208.0		84.0			104	
C	2	32.0		32.0			32.0	
1	1	10		0		<ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionar os elementos no local definitivo em obra</li> </ul>	10	
2	1	72	Furadeira Manual / martelo	36	cavilhas	Executar furação das cavilhas que irão travar o painel	72	
Total		322		152			218	



Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.008797 m <sup>3</sup>	0.009914 m <sup>3</sup>	0.018711 m <sup>3</sup>	R\$ 63.00	R\$ 21.16

## Montagem



0. Fixação das chapas de OSB



1. Posicionamento das peças em obra



2. União das chapas com cavilhas

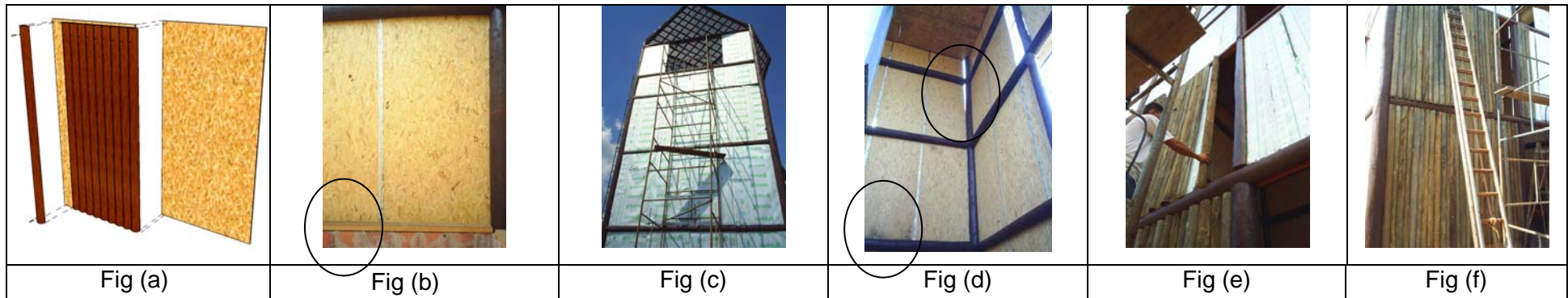


#### 4.6.3. Análise\_ PROPOSTA 4.0

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	➤ A adição das chapas de OSB ao painel substituiu as travessas para o contraventamento do painel, apresentando o mesmo desempenho na estabilização do conjunto	
	Estanqueidade visual (Frestas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A inclusão da chapa possibilitou maior estanqueidade visual na superfície do painel.</li> <li>➤ Dificuldade de junção das chapas em associação a sistemas independentes formados por roliças de madeira fig. (d).</li> </ul>	➤ Rasgo de embutimento nas peças roliças (proporcional ao comprimento da peça).
2.	Utilização de materiais de fontes renováveis		➤ Adoção de peças roliças de aproveitamento de florestas plantadas de eucalipto entre 0.08 e 1.0m de diâmetro de base e 2,50m de comprimento e chapas de OSB.	
3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	Facilidade de produção		➤ Foi constatado um grande avanço em relação a todas as propostas anteriores em consequência da eliminação das operações de produção dos sarrafos, embutimento e montagem.	
	Facilidade de montagem		➤ As peças roliças de plantios florestais com $\varnothing$ .10m e 2.50m, destopadas em no máximo 6 cm nas duas extremidades, tem o seu tamanho final de 2.44m, permitindo os mesmos 6 cm de sobra da altura da chapa (2,50m) para fixação no sistema construtivo.	
	Produção em escala		➤ A proposta se mostrou viável a produção em escala desde que as peças sejam pré-fabricadas. Podem-se produzir feixes de 1/2 peças roliças, com as seis operações, que somados as cavilhas embaladas e as chapas (obtidas comercialmente) viabilizam rapidez e fechamento de habitações em larga escala.	

QUADRO 22- Análise da Proposta 4.0





Obs. As chapas de OSB do edifício experimental foram revestidas com manta (*Viapol*). Os custos e tempo de revestimento não foram adicionados a proposta do painel 4.0.

A chapa de OSB (sem tratamento específico) apresenta focos de apodrecimento quando susceptível a umidade fig.(d) propõem-se pintura superficial da chapa e projeto de cobertura de beirais largos e viga baldrame elevada da linha do solo fig. (b)\_ (critério de atendimento aos requisitos técnicos)

## Diretrizes para o aperfeiçoamento da proposta

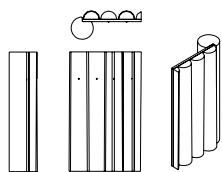
- A chapa de OSB onerou o custo final da proposta para (R\$ 21.16/m<sup>2</sup>). Substituição das peças roliças com pequenos diâmetros de escoras para a madeira de aproveitamento (metrinho).
- Optou-se pelo cavilhamento das ½ peças uma a uma na chapa de OSB, já fixada na posição final, devido ao peso próprio do painel. A operação de montagem no sistema construtivo, prevendo o içamento de cada painel, é um fator que aumenta a utilização de recursos e tempo na produção final da habitação e já havia sido constatado nas propostas anteriores. Somente na proposta 4.0 o projeto alcançou significativa redução no tempo de produção e peso próprio do painel, em relação às outras propostas (1.0; 1.1; 2.0; 2.1; 3.0 e 3.0B).
- Foi detectada a dificuldade de cavilhamento das ½ peças nas chapas de OSB já alocadas na posição final, em relação ao sistema construtivo da habitação. Pensou-se na substituição do cavilhamento das ½ peças pela fixação de cada ½ peça através de pregação pneumática.
- Na montagem das chapas foi notada a necessidade de fracionamento da medida da chapa adotada como módulo das propostas, também pensado em função da oportunidade de aproveitamento da madeira, identificado no capítulo 03 (peças roliças de plantios florestais com  $\varnothing$ .10m e 2.50m). A fração das chapas dentro da modulação adotada, compatibiliza o sistema de aberturas e aumenta a flexibilidade da proposta reduzindo perdas no corte das chapas.
- A intenção de aperfeiçoamento da proposta 4.0, além do aumento da produtividade e facilidade de execução, é a viabilização econômica do painel para a população de baixa renda. Propõem-se a substituição das peças roliças de madeira com 2,50m de comprimento, utilizadas em todas as propostas anteriores, por peças de rejeito comercial com a metade do comprimento (1,22m).

#### 4.6.4. Projeto do Produto \_ Proposta 4.1 (Aperfeiçoamento)

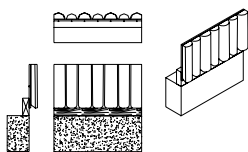
FICHA TÉCNICA		Proposta 4.1
Projeto do Produto 4.1 – Painel Estrutural		
Desenhos sem escala		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chapa de OSB</li> <li>2. ½ peças roliças</li> <li>3. Pregos</li> </ol>		
Subsistema: Vedação		
Elemento: Painel		
Material	Eucaliptus Citriodora	
Ligações	▪ Pregos Galvanizados	
Dimensões	▪ 1,22 x 2, 44 m	
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 Toretas com diâmetro médio de .10 m x 1.22 m de comprimento</li> <li>▪ 1 chapa de OSB com espessura de 15 mm</li> </ul>	
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.114 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.038 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>	
Equipamentos	Fabricação	Montagem
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>
Observações		

Aplicação do Painel 4.1 ao sistema construtivo

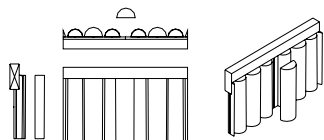
1. Interface Painel/Pilar



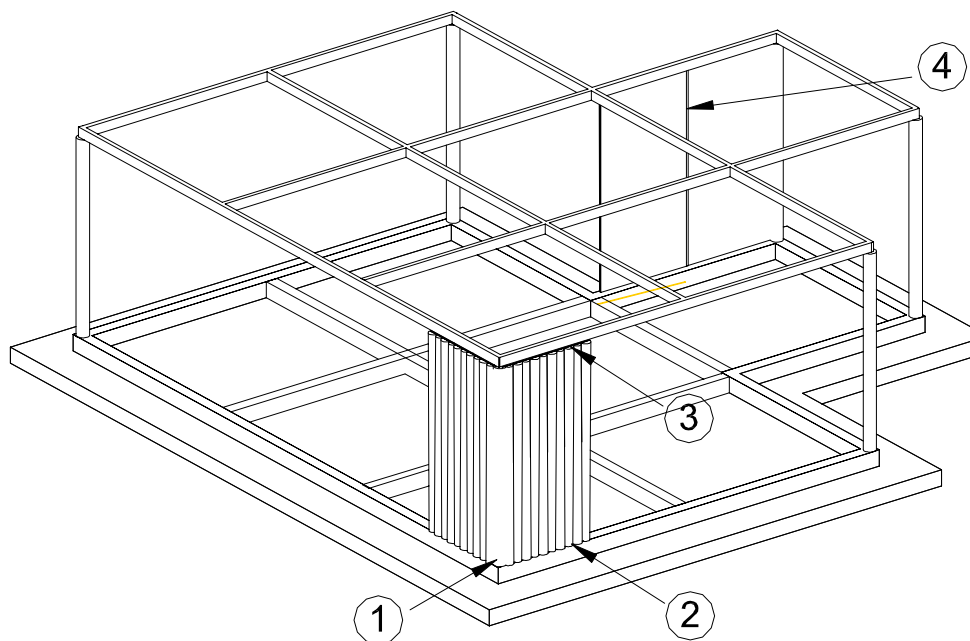
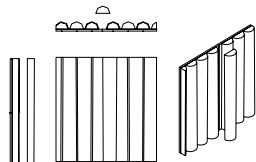
2. Interface Painel/Fundação



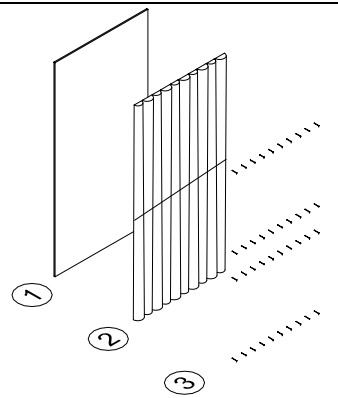
3. Interface Painel/Viga



4. Interface Painel/Painel



#### 4.6.5. Processo de Produção e dados da experimentação \_ PROPOSTA 4.1

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #ffffcc;">PROCESSO A</div> <span>→</span> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #ffffcc;">1-POSICINAMENTO EM OBRA</div> <span>→</span> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #ffffcc;">2-UNIÃO DAS PEÇAS COM PREGOS</div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>								
Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	208		84			104	
1	1	10		0		Posicionar os elementos no local definitivo em obra	10	
2	1	12	Martelo pneumático	12		Fixação dos elementos na construção	12	
Total		230		96			126	

Obs.: Na proposta 4.1 a operação 6 de furação das ½ peças roliças foi retirada do PROCESSO A , em função da substituição das ligações cavilhadas por ligações pregadas. Portanto os dados utilizados nas planilhas do processo de produção das propostas anteriores aparecem reduzidos nesta análise.

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.004813 m <sup>3</sup>	0.008618 m <sup>3</sup>	0.013430 m <sup>3</sup>	R\$ 63.00	R\$ 21.16

### Montagem



1. Posicionamento das chapas



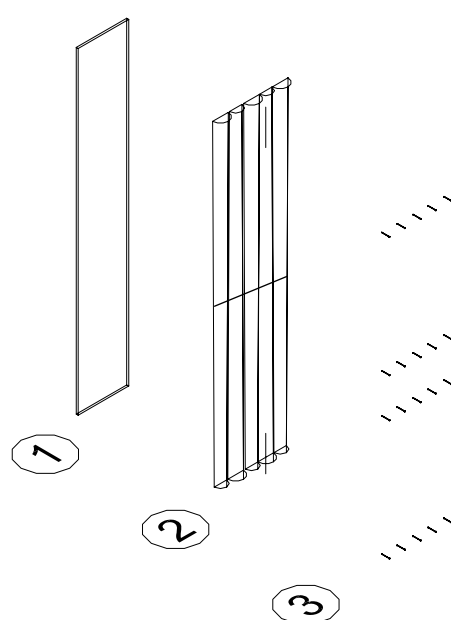
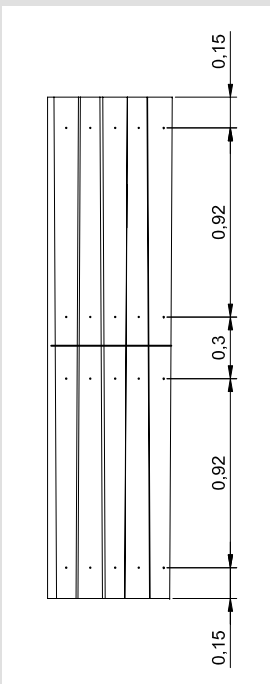
2. Posicionamento das peças em obra



3. União das peças com pregos

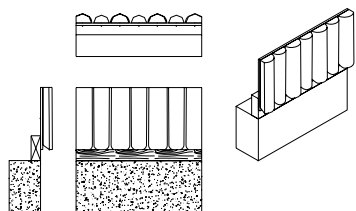


#### 4.6.6. Projeto do Produto \_ Proposta 4.1B (½ painel vertical)

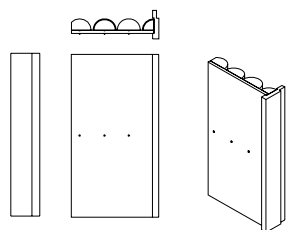
FICHA TÉCNICA		Proposta <b>4.1</b> <b>B</b>	
Projeto do produto 4.1B – Painel Estrutural			
Desenhos sem escala			
 <p>1. Pregos 2. ½ chapa de OSB 3. ½ peça roliças</p>			
Subsistema: Vedação		Componente: Painel	
Material	Eucaliptus Citriodora		
Ligações	▪ Pregos Galvanizados		
Dimensões	▪ 0,61 x2, 44 m		
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5 Toretes com diâmetro médio de.10m x 1.22 m de comprimento</li> <li>▪ ½ chapa de OSB com espessura de 15 mm</li> </ul>		
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.057 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.038 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>		
Equipamentos	Fabricação	Montagem	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>	
Observações			

Aplicação do Painel 4.1B ao sistema construtivo

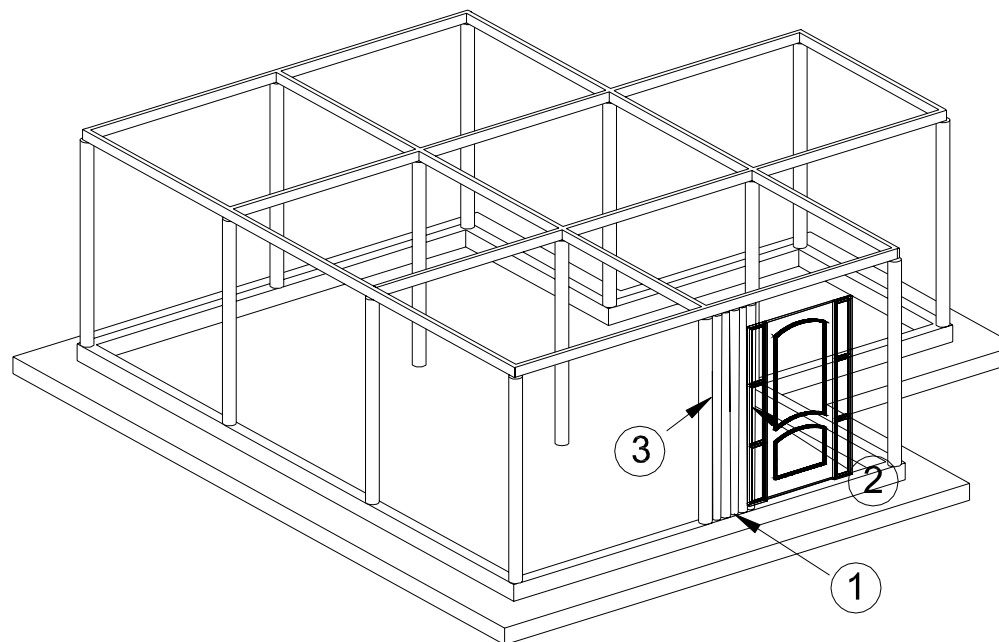
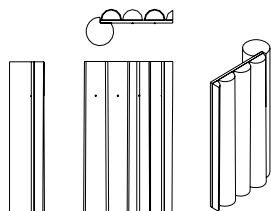
1. Interface Painel/Fundação



2. Interface Painel/ Esquadria



3. Interface Painel/Pilar





#### 4.6.7. Processo de Produção e dados da experimentação \_ PROPOSTA 4.1B

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento	
	No de operadores	Tempo total homens/ minuto	Item	Tempo (min)		Tempo (min)		
A	2	104		42		52		
1	2	10	Serra circular de mesa	2	Chapa de OSB	Corte da chapa ao meio, medir e marcar	5	Uso de serra circular esquadrejadeira
2	1	5	Martelo	0		Posicionar as chapas nas vigas baldrame e frechal (definitivo em obra)	5	
3	1	6	Martelo pneumático	6		Fixação dos elementos na construção	6	
<b>Total</b>		<b>125</b>		<b>50</b>			<b>68</b>	

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.002406 m <sup>3</sup>	0.004309 m <sup>3</sup>	0.006715 m <sup>3</sup>	R\$ 19.16	R\$ 12.86

### Montagem



1. Corte da chapa de OSB



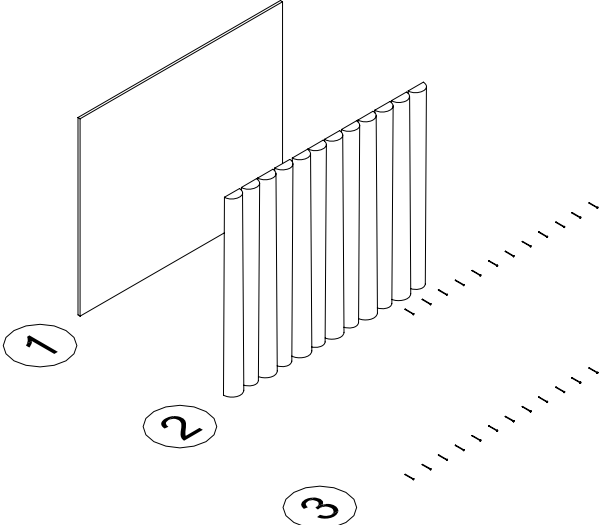
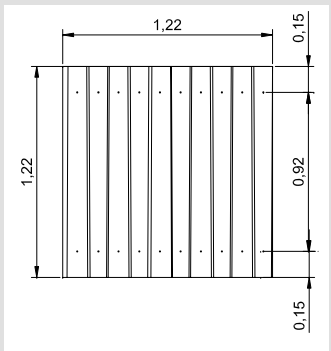
2. Posicionamento das peças em obra



3. União das peças com pregos



#### 4.6.8. Projeto do Produto \_ Proposta 4.1C (1/2 Painel horizontal)

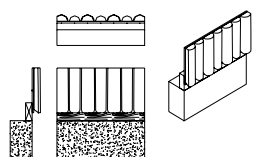
FICHA TÉCNICA		Proposta <b>4.1</b>	
Projeto do Produto 4.1C – Painel Estrutural		<b>C</b>	
Desenhos sem escala			
			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1/2 chapa de OSB</li> <li>2. 1/2 peças roliças</li> <li>3. Pregos</li> </ol>			
Subsistema: Vedação			
Componente: Painel			
Material	Eucaliptus Citriodora		
Ligações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pregos Galvanizados</li> </ul>		
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,22 x1, 44 m</li> </ul>		
Componentes (espessura x largura x comprimento em cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3 Toretes com diâmetro médio de 10 cm x 244 cm de comprimento</li> <li>▪ 1/2 chapa de OSB com espessura de 15 mm</li> </ul>		
Volume de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.057 m<sup>3</sup> / painel</li> <li>▪ 0.038 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></li> </ul>		
Equipamentos	Fabricação	Montagem	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serra Circular de mesa</li> <li>▪ Furadeira Manual</li> <li>▪ Martelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gabarito</li> <li>▪ Sargento</li> </ul>	
Observações			

# FICHA TÉCNICA

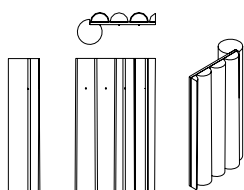
Proposta **4.1**  
**C**

Aplicação do Painel 4.1C ao sistema construtivo

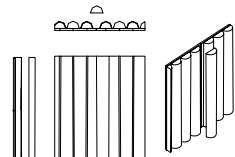
## 1. Interface Painel/Fundação



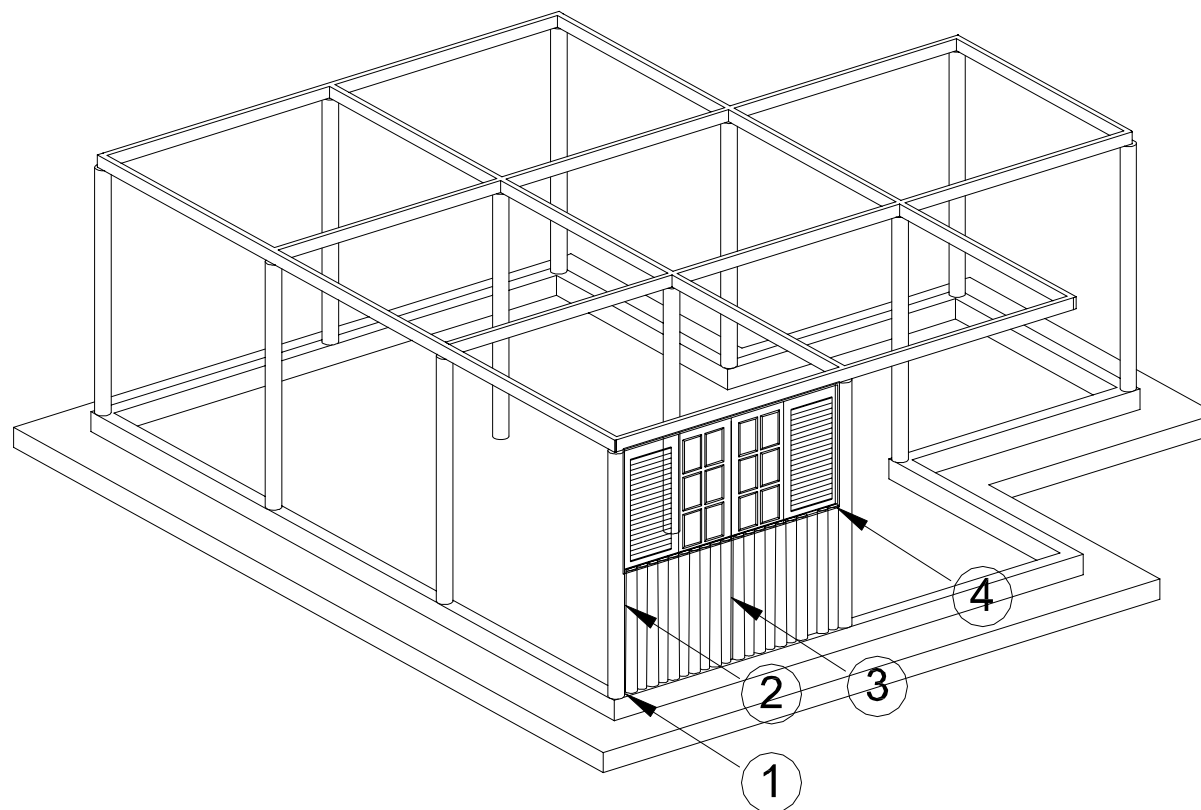
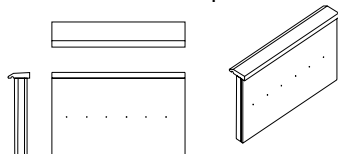
## 2. Interface Painel/Pilar



## 3. Interface Painel/Painel



## 4. Interface Painel/ Esquadria



#### 4.6.9. Processo de Produção e dados da experimentação\_ PROPOSTA 4.1C

Nº	MÃO DE OBRA		MAQUINAS E EQUIPAMENTOS		MATERIAIS	PROCEDIMENTOS		Possibilidades de aperfeiçoamento
	No de operadores	Tempo total homens/ minuto	Item	Tempo (min)			Tempo (min)	
A	2	104		42			52	
2	2	10	Serra circular de mesa	2	Chapa de OSB	Corte da chapa ao meio	5	Uso de serra circular esquadrejadeira
2	1	5	Martelo	0		Posicionar os elementos no local definitivo em obra	5	
3	1	6	Martelo pneumático	6		Fixação dos elementos na construção	6	
<b>Total</b>		<b>125</b>		<b>50</b>			<b>68</b>	

Resíduos			Custo	
Volume de pó de madeira	Volume de cavaco	Volume total	Custo de matéria-prima	Custo de matéria-prima por m <sup>2</sup>
0.002406 m <sup>3</sup>	0.004309 m <sup>3</sup>	0.006715 m <sup>3</sup>	R\$ 19.16	R\$ 12.86

### Montagem



1. Corte da chapa de OSB



2. Posicionamento das peças em obra



3. União das peças com pregos



#### 4.6.10. Análise \_ PROPOSTAS 4.1; 4.1(B) e 4.1(C)

	CRITÉRIOS		ANÁLISE	POSSIBILIDADE DE SOLUÇÕES
1. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS TÉCNICOS	Desempenho Técnico/ Estrutural	PRODUTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A ligação pregada das ½ peças roliças com a chapa de OSB apresentou excelente desempenho no painel.</li> </ul>	
	Estanqueidade visual (Frestas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A composição com o elemento em chapa garante a estanqueidade visual a frestas na superfície do painel.</li> <li>➤ Nas propostas 4.1; 4.1B e 4.1C a linha de ligação entre as chapas é o ponto mais crítico com relação à estanqueidade visual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A junção entre as chapas deve ser garantida na montagem, pelo posicionamento de uma ½ peça roliça sempre no encontro de duas chapas de OSB.</li> </ul>
	Durabilidade		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ As chapas de OSB (comuns) são susceptíveis a exposição à intempérie e vapor d'água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplicação superficial de pintura na face externa ou colocação de lona plástica entre a chapa e as ½ peças roliças. Pintura superficial da chapa interna à habitação.</li> </ul>
2. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	Utilização de materiais de fontes renováveis		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ As peças utilizadas nas propostas (4.1 e 4.1(B)) são de rejeito de florestas plantadas de eucalipto com as medias das peças destinadas para energia (metrinho) que devem ser compradas ainda em pé, na floresta, antes do corte em metros. Nas propostas 4.1; 4.1(B) e 4.1(C) o aproveitamento será de parte das peças tortuosas, através da seleção na floresta do rejeito que apresente a possibilidade de aproveitamento da metade da medida da madeira selecionada para corte em metros, destinada à geração de energia (ø.10m de topo X 1,22m).</li> </ul>	

**Quadro 23 – Análise das Propostas 4.1; 4.1B e 4.1C**

Continuação (Quadro 23)

<b>3. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>Facilidade de produção</b>	<b>PRODUÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>A pregação das ½ peças apresentou significativa redução no tempo de produção dos painéis.</b></li> <li>➤ Na proposta 4.1 (C) a utilização de ½ peças com 1.20m reduziu pela metade do peso das peças e maior agilidade na execução de todas as operações, incluindo a montagem.</li> </ul>	
	<b>Facilidade de montagem</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A montagem das frações das chapas: meias chapas horizontais (1,22 X1, 22m) e meias chapas verticais (0,61X 2,44m) trouxeram facilidade de manuseio e versatilidade de composição de aberturas.</li> </ul>	
	<b>Produção em escala</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ As chapas podem ser pré-cortadas, uma vez que se propuseram duas frações correspondentes à metade da largura e à altura da chapa.</li> </ul>	

**Quadro 23** – Análise das Propostas 4.1; 4.1B e 4.1C

Um grande avanço da proposta 4.1 (proposta final) em relação à proposta 4.0 é em relação ao aproveitamento da madeira de rejeito destinada a fins energéticos. Essa possibilidade de substituição de peças destinadas a escoras (2,50m) por peças de rejeito (metrinho) foi viável devido a alteração da linha de fixação das peças, em duas fileiras de ½ peças de 1.22m de comprimento, que montadas constituem painéis com 2,44m de comprimento total (4.1 e 4.1B) o que gerou significativa redução do custo das propostas. Na proposta (4.1C) as ½ peças de 1,22m constituem painéis com 1,22mx1, 22m.



#### 4.7. Síntese das propostas desenvolvidas

O desenvolvimento do produto painel estrutural é concluída com a última versão da 4ª. PROPOSTA, o projeto 4.1.C.. Foram, no total de 10 projetos, desenvolvidos e avaliados sucessivamente alimentando os aperfeiçoamentos. Esta evolução está sistematizada no Quadro 25 onde estão descritas, para cada proposta, as peças que compõem, as funções atribuídas, as operações (Processo A, B e C) mais as respectivas montagens realizadas para cada projeto. O quadro síntese foi montada para ter uma visão global da evolução das propostas do primeiro projeto (1.0) até a última versão projeto (4.1.C.).

PROPOSTAS	Peças	FUNÇÕES	OPERAÇÕES	ESCALA DO PROTÓTIPO
1.0	½ roliço +cavilha	de Fechamento	Processo A e C + montagem	1:2
---	---		Adição de sarrafos transversais para ligações entre as peças	
1.1	½ roliço+cavilha+ sarrafo transversal		Processo A,B e C + corte dos sarrafos+ embutimento dos sarrafos transversais+ montagem	1:2
---	---	de Fechamento  +	Adição de sarrafos diagonais de contraventamento	
2.0	½ roliço +cavilha +sarrafo transversal		Processo A,B e C + corte dos sarrafos+ embutimento dos sarrafos transversais+ embutimento dos sarrafos diagonais + montagem	1:1
2.1	+ sarrafo diagonal			1:2
3.0 e 3.0B			Não foi executado	
---	---		Substituição dos sarrafos diagonais e de uma das faces do painel por chapas de OSB	
4.0	½ roliço +cavilha +chapa OSB	de Estrutura	Processo A e C + montagem	1:1
---	---	de Estrutura	Substituição das cavilhas por pregação pneumática	
4.1; 4.1.B e 4.1.C	½ roliço +chapa OSB +pregos (0,61X 2,44m) (1.22X1.22m)		Processo A + corte das chapas +montagem	1:1

Adição ou substituição de operações de processamento

Propostas que sofreram revisões e tentativa de aperfeiçoamento

**Quadro 24** - Síntese das propostas desenvolvidas

## Capítulo 5

### Resultados e Discussões

Neste capítulo estão apresentadas as discussões sucessivas realizadas para o desenvolvimento das propostas com base nos dados obtidos das etapas da produção experimental de cada proposta. Estes dados estão no capítulo 4 apresentados em forma de FICHA do processo de produção e quadro de análise com diretrizes para aperfeiçoamento. As comparações de dados avaliados para cada uma das propostas permitiram uma discussão transversal que percorre as 10 propostas, verificando e confrontando as vantagens e desvantagens de cada proposta segundo os critérios adotados para análise do desempenho técnico, da sustentabilidade ambiental e da sustentabilidade econômica.

#### 5.1 Análise do desempenho técnico estrutural das propostas

Primeiramente nas **propostas (1.0) e (1.1)** pensou-se a utilização do painel apenas com a função de vedação de edifícios. No processo de desenvolvimento das propostas verificou-se a necessidade de obter maior rigidez na composição dos painéis de fechamento para resistir aos esforços horizontais, o que criou ao projeto dos painéis, a oportunidade de conciliar a função de vedação com a função estrutural. A partir desta possibilidade poderia se retirar a estrutura adicional portante ao sistema de fechamento, reduzindo assim a necessidade da existência de um sistema estrutural como inicialmente havia se pensado. O primeiro projeto (**proposta 1.0**) propunha as ligações entre as  $\frac{1}{2}$  peças roliças através de cavilhas de madeira presas na parte superior e inferior utilizando como trava  $\frac{1}{2}$  peças roliças.

No processo de execução do protótipo, foi constatado o fendilhamento no topo das  $\frac{1}{2}$  peças roliças causado pela ligação de topo dos tarugos no sentido paralelo às fibras da madeira. A proposta **(1.1)** previa duas travessas embutidas perpendicularmente às  $\frac{1}{2}$  peças roliças, onde foram propostas ligações peça a peça, por cavilhas de madeira ortogonais ao sentido das duas metades que compõem o painel.

A partir da **proposta (2.0)** a idéia inicial de painel de vedação de edifícios é abandonada. A concepção do painel passa a ser de um sistema de painéis portantes, a sua composição resultaria em sistema de parede estrutural. Foi analisada a possibilidade de propor painéis de grandes dimensões com três metros de largura, que permitiria a execução mais rápida de edifício. O painel de 3m seria montado sobre viga baldrame e travado pela viga frechal, a qual receberia o sistema de cobertura que distribui a carga uniformemente. Na análise preliminar não passou no quesito facilidade construtiva, além do seu peso, aumentaria a dificuldade no manuseio tanto na etapa de produção como também na etapa de transporte e montagem, o que levou a desconsiderar a possibilidade da concepção de painéis com grandes dimensões. Desta forma, manteve-se a proposta inicial de dimensões modulares de 1,22 x 2,44m como medida padrão para o produto painel estrutural.

Nesta passagem da concepção de um painel fechamento para um painel estrutural, com função portante, constatou-se a necessidade de contraventar a união das  $\frac{1}{2}$  peças do painel, a fim de evitar deslocamentos laterais e absorver os esforços horizontais. Assim, nas **propostas (2.0) e (2.1)**, foi proposto o cruzamento dos sarrafos embutidos formando duas diagonais em "X".

Na experimentação da produção do protótipo **(2.0)** foram verificadas dificuldades na operação de embutimento do sarrafo (diagonal) em "X", o que levou a uma revisão no projeto resultando na **proposta (2.1)**, onde o contraventamento seria uma composição de 2 travessas externa em cada face do painel e 1 diagonal, também externa, apenas em uma face, em "Z", assim eliminando a operação de execução de sulcos para embutimento. Ainda nesta proposta **(2.1)** foram estudadas as interfaces entre os painéis, no sentido de facilitar e acelerar a montagem da parede estrutural da habitação, resultando no posicionamento das travessas com extremidades fora do plano do painel, funcionando como guia, encaixando no sulco do outro painel e parafusada posteriormente.

O maior desafio nesta etapa foi a busca de alternativas de contraventamento para reduzir o tempo de execução com menor número de operações de rebaixas para embutimento dos sarrafos de contraventamento. O embutimento dos sarrafos mostrou-se, um fator retardador do tempo de produção, gerador de resíduos e consequentemente oneroso no custo final do protótipo, se considerada o tempo homem/minuto.

Na **proposta (3.0)**, o painel com as travessas de contraventamento posicionadas externamente, sem embutimento, e sem as diagonais, foi observada a necessidade de diminuir a distância entre as cavilhas que unem as duas faces planas das  $\frac{1}{2}$  peças das bordas de 2,06 m.. Assim foi estudada a **proposta (3.0B)**, onde a solução foi o desenho de contraventamento “K”, usando sarrafos com menor comprimento, facilitando a execução, e ainda obtendo a união intermediária necessária para as  $\frac{1}{2}$  peças de borda. Mas, com estas alterações, o tempo de processo em relação ao (2.1) aumentou, entretanto na análise de desempenho técnico resulta em uma melhora significativa.

A **proposta 4.0** agrega a chapa OSB (*Oriented Stranded Board*) como elemento de contraventamento e ligação entre as peças, abolindo a utilização de sarrafos para contraventamento e interface de ligação entre as  $\frac{1}{2}$  peças, utilizadas nas **propostas (1.0), (1.1), (2.0), (2.1) e (3.0)**. Ainda na **proposta (4.0)** é eliminada uma das faces compostas por  $\frac{1}{2}$  peças roliças, e alterada a seqüência de montagem do painel, onde as  $\frac{1}{2}$  peças são colocadas uma a uma sobre a chapa OSB, após a sua fixação nas vigas baldrame, iniciando pelos cantos. A alteração supre as desvantagens, já citadas, quanto à utilização dos sarrafos e ao peso excessivo do painel.



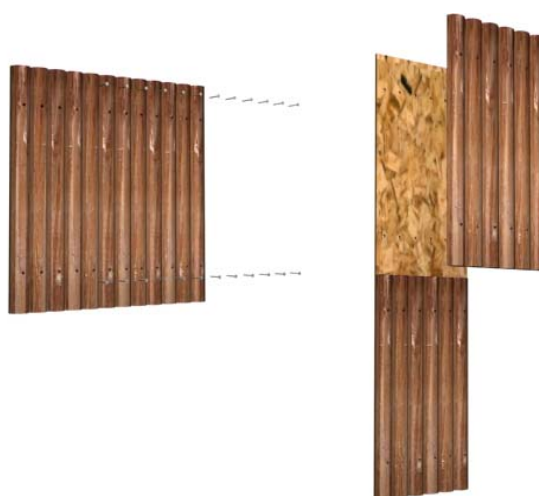
**Figura 37** — **Proposta 4.0** chapa OSB (1,22 X 1,22m) e  $\frac{1}{2}$  peças roliças (2,44m) cavilhadas

Na **proposta 4.1** as cavilhas foram substituídas por pregos, esta modificação foi experimentada no edifício experimental construído na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, ver Figura 40, onde foram testadas as propostas (proposta 4.0 com cavilha e aperfeiçoamento 4.1 com pregação pneumática e peças curtas).



**Figura 38** – Painel composto por chapas OSB e  $\frac{1}{2}$  peças roliças curtas de eucalipto através de pregação pneumática – **Proposta 4.1**

A proposta 4.1 previu a necessidade de fracionamento do tamanho da chapa adotado durante a execução do edifício experimental.



**Figura 39** – **Proposta 4.1B** fração horizontal da chapa OSB (1,22 X 1,22m) e **Proposta 4.1C** fração vertical da chapa OSB (1,22 X 0,61m)

Essa fração do módulo padrão adotado (medida da chapa 1,22mX1, 22m) se fez necessária para a locação das aberturas (portas e janelas) e colocação das esquadrias com menor perda de material e tempo de execução (Figura 39).



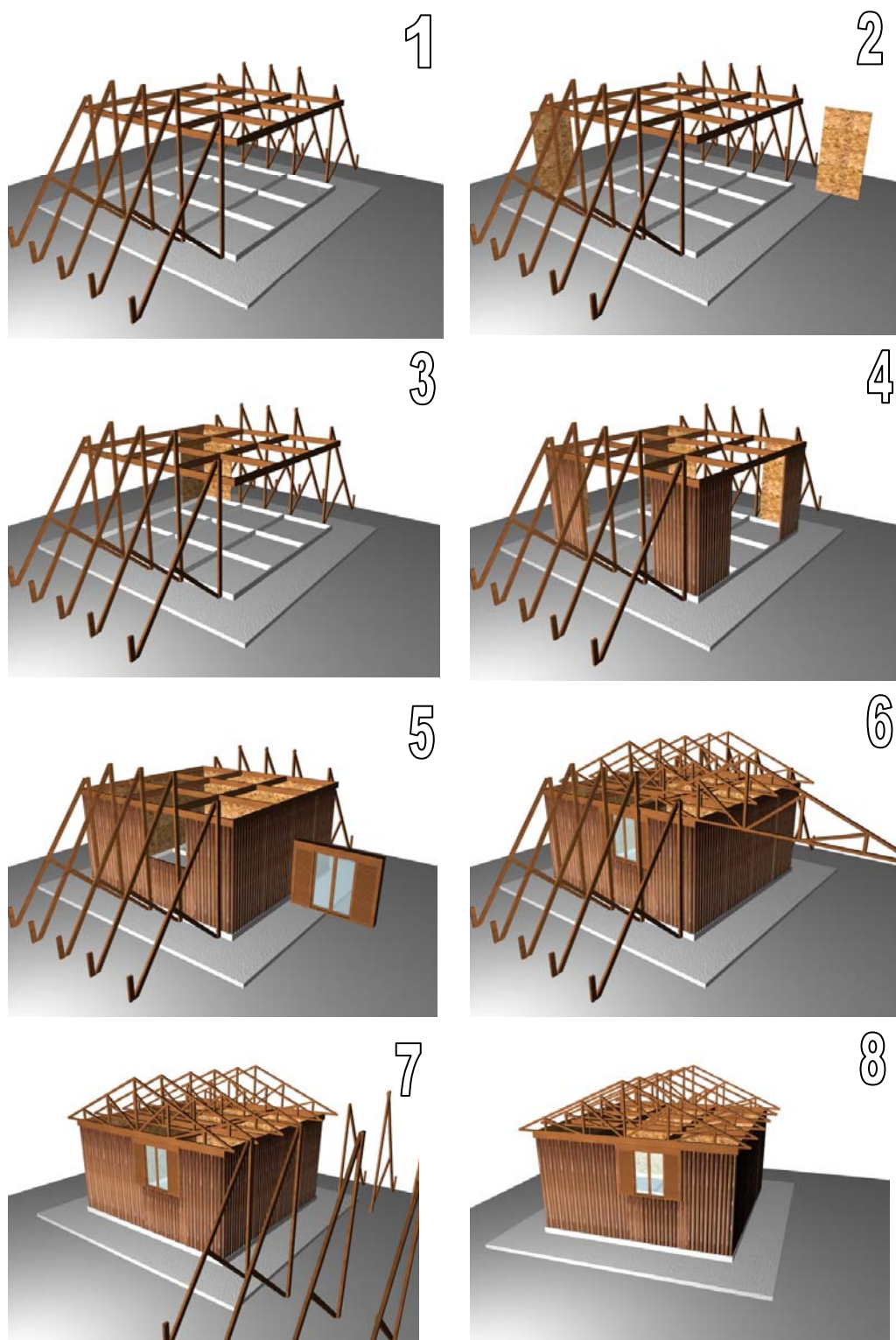
**Figura 40** – Edifício Experimental composto por painéis em chapas OSB e ½ peças roliças de eucalipto com pequeno diâmetro construído no LaMEM- EESC-USP

O edifício experimental contou com o sistema estrutural composto por pilar e viga onde foram utilizados os painéis estruturais (propostas 4.0 e 4.1, 4.1B e 4.1C). Tratando-se de um edifício de 10m de altura, sem os pisos intermediários entre as alturas dos painéis, houve a necessidade da estrutura de eucalipto roliço (pilares e vigas). Os painéis, neste caso, funcionaram como solução para o contraventamento nos planos verticais da edificação (anexo e).



**Figura 41** – Montagem do Edifício Experimental composto por sistema pilar viga em eucalipto roliço e painéis estruturais.

Para fins habitacionais de interesse social tem-se como proposta o esquema de montagem dos painéis estruturais utilizando um sistema de travamento provisório com as seguintes etapas de montagem:



**Figura 42** – Sistema de montagem para habitação

1. Os gabaritos de madeira (montantes) são encaixados na viga baldrame. A viga frechal é fixada e montada sobre os montantes temporários;
2. Após a montagem da viga frechal começa a fixação das chapas OSB;
3. As chapas OSB são alocadas nos cantos da edificação formando ângulos de 90 graus;
4. As ½ peças roliças curtas de eucalipto são fixadas através de pregação pneumática nas chapas de cantos;
5. As chapas de OSB intermediárias às chapas que constituem os cantos da habitação são fixadas nos encaixes usinados na viga baldrame e viga frechal. Na seqüência são feitas as pregações das ½ peças roliças curtas, a interface entre os painéis é prevista conforme o detalhe de ligação proposto na FICHA TÉCNICA da proposta 4.1. Após a colocação de todos os painéis, inclusive os fracionados horizontalmente ou verticalmente (propostas 4.1B e 4.1C) as esquadrias são fixadas;
6. As treliças pré-fabricadas em madeira serrada de pinus e chapas metálicas de dentes estampados, leves, são montadas sobre a viga frechal, distribuindo a carga de cobertura por toda a extensão do fechamento composto por painéis estruturais;
7. Os gabaritos de madeira (montantes) utilizados durante a montagem da habitação são retirados;
8. A habitação está pronta para receber as telhas onduladas leves, instalações elétricas e hidráulicas aparentes.

## **5.2. Análise comparativa da sustentabilidade econômica das propostas**

Na análise da sustentabilidade econômica foram considerados: facilidade de produção; facilidade de montagem; possibilidade de produção em escala; baixos custos. Os indicadores de facilidade de produção, facilidade de montagem e a possibilidade de produção em escala foram avaliados ao longo do desenvolvimento do produto painel estrutural, sendo incorporados nas diretrizes de aperfeiçoamento constante em cada ficha de análise.



Os dados aqui apresentados se referem aos custos de materiais empregados e ao tempo de processamento associado à equipe de execução composta por duas pessoas, assim considerando o tempo total de homens/minutos. A adoção de determinado material e o custo final que esta opção acarretou no m<sup>2</sup> de cada proposta, implicou na revisão e necessidade de alteração de outros materiais adotados.

A Tabela 3 apresenta um resumo do volume de madeira roliça e chapas OSB utilizados em cada proposta.

Propostas 1,22 x 2,44m	Volume de roliços M <sup>3</sup> /painel	Custo de matéria-prima	Custo de matéria- prima por m <sup>2</sup>
1.0	0,229	R\$ 30.98	R\$ 10.41
1.1	0,236	R\$ 32.50	R\$ 10.92
2.0	0,244	R\$ 32.98	R\$ 11.08
2.1	0,252	R\$ 32.08	R\$ 10.78
3.0	0,245	R\$ 33.06	R\$ 11.10
3.0B	0,255	R\$ 33.42	R\$ 11.23

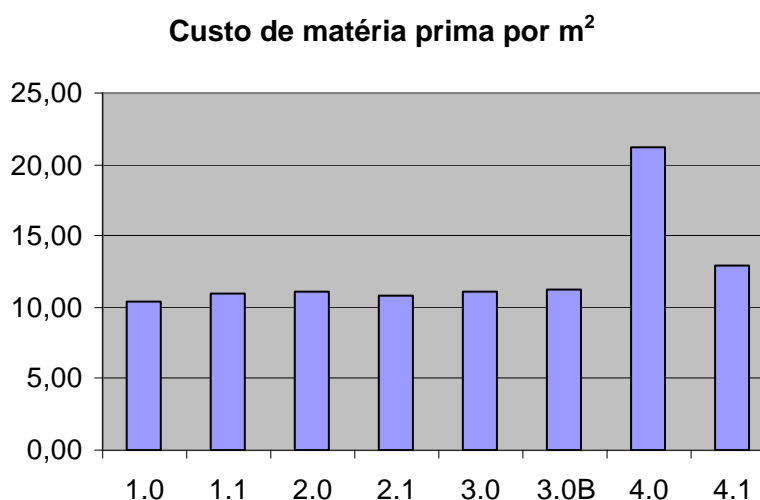
Propostas 1,22 x 2,44m	Volume de roliços M <sup>3</sup> /painel	Chapas OSB (M <sup>2</sup> )	Custo de matéria-prima	Custo de matéria- prima por m <sup>2</sup>
4.0	0,114 *	2,98	R\$ 63.00	R\$ 21.16
4.1	0,114 **	2,98	R\$ 38,33	R\$ 12,86
<b>Propostas 0,61 x 2,44m</b>				
4.1B	0,0057	1,49	R\$ 19,16	R\$ 12,86
<b>Propostas 1,22 x 1,22m</b>				
4.1C	0,0057	1,49	R\$ 19,16	R\$ 12,86

(\*) peças roliças obtidas do lote de escora

(\*\*) peças roliças proveniente de “metrinhos”

**Tabela 3** – Custo de materiais utilizados em cada proposta

Na Figura 43 estão apresentados os custos dos materiais básicos das propostas em forma de gráfico para melhor visualização.



**Figura 43** – Gráfico comparativo dos custos dos materiais utilizados em cada proposta

Os custos apresentados no gráfico da figura 43 demonstram que a proposta 4.0 apresenta uma grande elevação de custos em relação ao custo final das propostas anteriores, devido à incorporação de chapas de OSB, ao projeto do painel.

O aperfeiçoamento da proposta 4.0 gerou uma alteração no projeto da proposta 4.1 que considerou o corte seletivo da madeira de eucalipto “metrinho” em peças curtas com 1,22 m como uma alternativa economicamente viável para composição através de ligações pregadas com as chapas de painéis estruturais de fechamento. Essa proposta deu origem a painéis com medidas de chapa inteira com 1,22 x 2,44 m (**proposta 4.1**); fração vertical da chapa em 0,60 x 2,44 m (**proposta 4.1B**) e fração horizontal da chapa em 1,22 x 1,22m (**proposta 4.1C**).

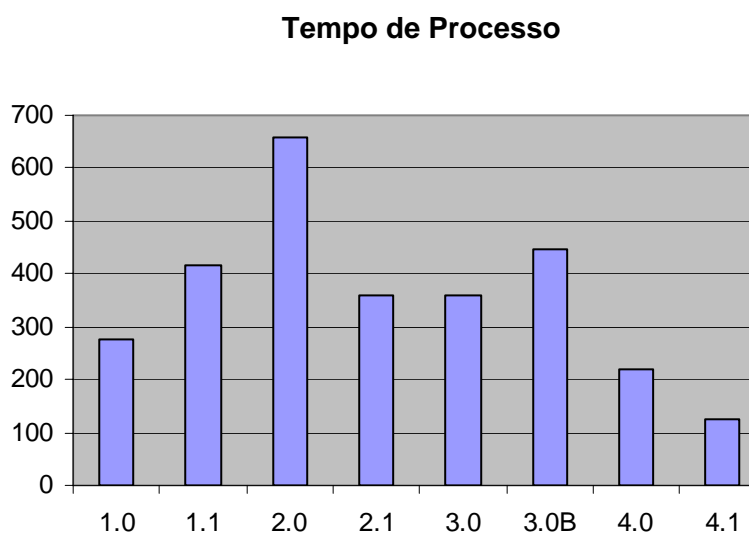
Para viabilizar o custo final à habitação de baixa renda, as peças roliças até então adotadas, classificadas como escoras, foram substituídas pela utilização de peças roliças curtas de pequeno diâmetro comercializadas para fins energéticos, chamadas de “metrinhos”.

Ainda no eixo de análise comparativo da sustentabilidade econômica das propostas são apresentados na tabela 4 os tempos homem/ minuto e de processamento gastos em cada proposta.

<b>Propostas</b>	<b>Tempo homem (min)</b>	<b>Tempo de processo (min)</b>
<b>1.0</b>	513	278
<b>1.1</b>	748	415
<b>2.0</b>	1.183	659
<b>2.1</b>	706	359
<b>3.0</b>	641	361
<b>3.0B</b>	771	446
<b>4.0</b>	346	218
<b>4.1</b>	230	126
<b>4.1B</b>	125	68

**Tabela 4** - Tempo total em homem minuto e tempo total de processo para cada proposta

Analisando-se a tabela 4 observa-se que a partir da proposta 4.0 há realmente uma diminuição significativa no tempo de processo despendido nas propostas anteriores. A proposta 4.1 reduz ainda mais, apresentando 1h e 50 min de diferença no tempo de processo em relação à proposta 4.0, devido à substituição das ligações em cavilhas de madeira por ligações pregadas (pregação pneumática). Na Figura 44 estão apresentados os tempos de processo das propostas em forma de gráfico para melhor visualização.

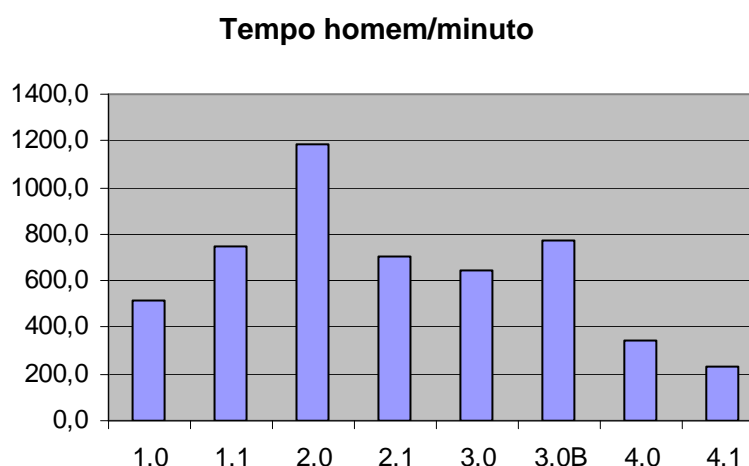


**Figura 44** – Gráfico comparativo do tempo de processo gasto em cada proposta

O maior pico no tempo de processamento e tempo homem/minuto ocorreu na proposta 2.0 onde as travessas de união entre as ½ peças das duas faces previstas nesta proposta e as diagonais de contraventamento foram colocadas em sulcos usinados nas faces planas das ½ peças.

Ficou evidente a partir da experimentação da proposta 2.0 a inviabilidade de tantas operações de usinagem de rebaixos que estavam sendo previstas. Tanto o tempo de processamento, homem/minuto e máquina se mostraram excessivamente altos tanto pelo número de usinagens como também a dificuldade de encaixe entre as duas faces planas do painel.

Na Figura 45 estão apresentados os tempos homem/minuto das propostas em forma de gráfico para melhor visualização.



**Figura 45** – Gráfico comparativo do tempo total homem/minuto gasto em cada proposta

O gráfico apresentado acima demonstra através de um dos indicadores da facilidade de execução a viabilidade da proposta 4.1 com relação às propostas anteriores. A adoção das chapas como elemento de ligação e de contraventamento do painel a partir da proposta 4.0 denunciou uma significativa redução no tempo homem/minuto (figura 45).

O tempo de processamento e o tempo homem minuto foi ainda reduzido na proposta 4.1 porque há uma simplificação considerável na substituição do cavilamento pela pregação pneumática.

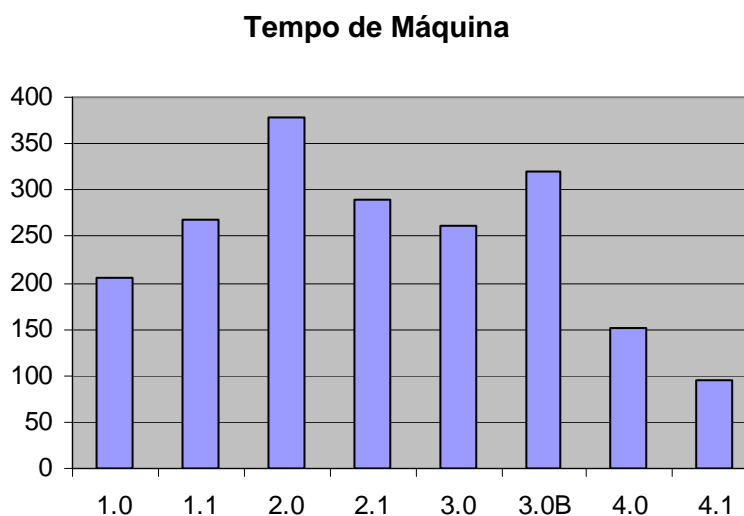
### 5.3. Análise comparativa da sustentabilidade ambiental das propostas

Na análise da sustentabilidade ambiental para o desenvolvimento de painéis os dados considerados foram: o volume de **resíduos** gerados no processo e o consumo de **energia** no processo de pré-fabricação que corresponde à etapa de produção do painel. O tempo total de utilização de máquinas em cada proposta foi adotado nessa análise como indicador do consumo de energia.

Propostas	Tempo máquina (min)
1.0	205
1.1	269
2.0	379
2.1	290
3.0	261
3.0B	319
4.0	152
4.1	96
4.1B	50

**Tabela 5** - Total do tempo de utilização de máquinas em cada proposta.

Os tempos da máquina de cada proposta mostrados na Tabela 5 indicam que a Proposta 2.0, com 379 minutos de máquina, é o que apresentou maior tempo de máquina, quase 1 dia de trabalho de máquina, contando desde o desdobro das  $\frac{1}{2}$  peças até o painel pronto, confirmando a dificuldade de embutir os contraventamento em "X". O menor tempo de máquina sem dúvida é a proposta 4.1, com 96 minutos. Na Figura 46 estão apresentados os tempos de utilização de máquina das propostas em forma de gráfico para melhor visualização.



**Figura 46** – Gráfico comparativo do tempo de máquina gasto em cada proposta

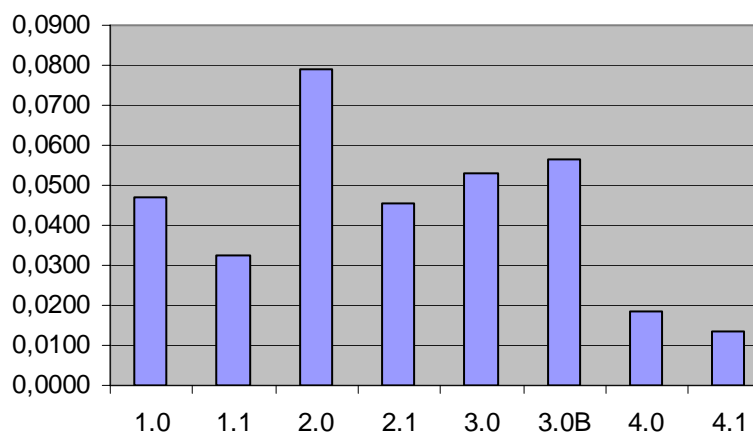
A Figura 47 e Tabela 6 apresentam os dados de resíduos gerados para cada proposta. Nesta análise também a proposta 2.0 é o que apresenta maior volume de resíduo, causado pelo maior número de operações de embutimento, que resultou em um volume de 0,0546 m<sup>3</sup> de cavacos provenientes dos rasgos executados nas ½ peças. O menor volume de resíduo é da proposta 4.1.

Propostas	Volume de pó de madeira (m <sup>3</sup> )	Volume de cavaco (m <sup>3</sup> )	Volume total (m <sup>3</sup> )
1.0	0,0169	0.0303	<b>0,0472</b>
1.1	0,0131	0.0195	<b>0,0326</b>
<b>2.0</b>	<b>0,0245</b>	<b>0.0546</b>	<b>0,0791</b>
2.1	0,0191	0.0264	<b>0,0455</b>
3.0	0,0224	0.0304	<b>0,0528</b>
3.0B	0,0244	0.0321	<b>0,0565</b>
4.0	0,0088	0.0099	<b>0,0187</b>
<b>4.1</b>	<b>0,0048</b>	<b>0.0086</b>	<b>0,0134</b>
4.1B	0,0024	0.0043	<b>0,0067</b>

**Tabela 6** - Resíduos gerados no processo de produção de cada proposta

Do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, analisando os resíduos e consumo de energia, a proposta que obteve melhores os indicadores é a proposta 4.1.

#### Volume Total de Resíduos



**Figura 47** – Gráfico comparativo do volume total de resíduos gerados em cada proposta

Também de acordo com os eixos de análise propostos econômico e técnico, a proposta 4.1 (aperfeiçoamento) foi a que apresentou vantagens em relação às propostas analisadas anteriormente.

## Conclusões

As Conclusões consistem na última etapa da pesquisa, onde serão articulados os resultados alcançados no desenvolvimento dos capítulos e analisados traçando o percurso da pesquisa realizada. As quatro propostas desenvolvidas como produto “painel estrutural” passaram pela avaliação nos três eixos de análise: desempenho técnico, sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental. Ainda neste capítulo são feitas as recomendações relativas à continuidade de desenvolvimento de pesquisas voltadas ao aproveitamento de peças roliças com pequenos diâmetros em painéis estruturais para habitação social.

De acordo com o levantamento referente ao estágio de industrialização do material, realizado junto às usinas de tratamento de madeira no capítulo 01, pode-se observar o maior fornecimento de peças de madeira roliça de pequeno diâmetro em áreas rurais. Não existe a preocupação em se desenvolver projetos para esse setor, no sentido de ampliar a oferta de produtos de base florestal. Conforme a classificação dendométrica adotada para a comercialização desse material no mercado nacional, a atual demanda, em ordem decrescente é de moirões, brinquedos infantis e construção civil, onde a maior demanda é de peças utilizadas como escoras, coberturas e esteios para fins de infra-estrutura rural.

Neste levantamento pôde-se observar que em algumas usinas de tratamento já produzem os brinquedos, quiosques e coberturas de edifícios para o litoral, indicando o início de um processo de ampliação de mercado para a madeira de eucalipto tratado, em função do decréscimo da venda de postes de madeira para fins de eletrificação rural, ocasionado pela demanda por postes de concreto.

No mercado de infra-estrutura rural, também os produtos pré-fabricados em concreto vem substituindo os muros de fechamento em madeira, e vem crescendo e dominando o mercado. Estas tendências acabam por gerarem mais impactos ambientais negativos no processo de obtenção da matéria prima, produção e descarte. Neste contexto a adoção das peças roliças de madeira de pequeno diâmetro pode representar uma oportunidade mais sustentável para o desenvolvimento de novos produtos competitivos ambientalmente, economicamente e tecnicamente.

No capítulo 02 foram definidos os critérios a serem adotados para avaliação das propostas para o desenvolvimento e aperfeiçoamento como componente painel utilizando as madeira de pequeno diâmetro. Partindo da adoção de conceitos divididos em três grupos: desempenho técnico; sustentabilidade ambiental e sustentabilidade econômica, definiram-se os respectivos critérios para avaliar tanto o Projeto do Produto como o Projeto de Produção. Estes critérios nortearam também a busca de oportunidades, na identificação das peças roliças de pequeno diâmetro nas cadeias de produção de produtos à base florestal.

### **Oportunidades de aproveitamento na CADEIA DE PINUS**

No eixo de análise econômico e ambiental identificaram-se, a partir do levantamento realizado na cadeia de produção de produtos de base florestal de pinus, apresentada no capítulo 03, duas oportunidades viáveis para o aproveitamento da madeira de rejeito de pinus. As duas oportunidades identificadas na cadeia de produção de madeira para o lápis da empresa Faber Castell Ltda foram: a primeira na etapa de primeiro desbaste seletivo de manejo florestal, quando disponibiliza 20% para o sortimento (diâmetro de 11 cm a R\$16,00 e R\$19,00/ m<sup>3</sup>); e a segunda na etapa da colheita final, onde as partes com diâmetro <10 cm também são disponibilizadas como sortimento, chegando a em torno de 20% com os mesmos preços.

Estes roliços de pequeno diâmetro atualmente são destinados para a produção dos cavacos, como matéria prima para chapas OSB, sendo estas, neste estudo, utilizadas como fechamento e contraventamento do produto componente painel.



Além deste destino, poderia ainda, estes roliços, pelas suas qualidades, serem utilizados na composição dos painéis estruturais, em ½ peças, com uma vantagem em relação ao eucalipto, não apresentam os efeitos resultantes da tensão de crescimento (fendilhamento e encurvamento), e com mais uma vantagem: a facilidade de manuseio por ser madeira de menor densidade.

### **Oportunidades de aproveitamento na CADEIA DE EUCALIPTO**

Na cadeia de eucalipto, as oportunidades identificadas foram a partir da análise realizada na cadeia de madeira de eucalipto da empresa Sobloco Agropecuária Ltda. São oportunidades economicamente acessíveis e sustentáveis, do ponto de vista da disponibilidade desse material para uso habitacional de interesse social, encontram-se nos três cortes de extração de madeira das florestas plantadas, indicando a oportunidade de ter as peças roliças de pequeno diâmetro durante todo o ciclo de extração de madeira de floresta de eucalipto.

Nos cortes rasos (8<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup> anos) 50% dos 98% da floresta derrubada são destinados a produtos de baixo valor agregado (lenha, escoramento, viveiros). Desses 50%, 10% são vendidos como escoras, in natura, diretamente na empresa a R\$3,00 / peça com  $\varnothing$  de 8-10 cm e 3m de comprimento. Do ponto de vista de aproveitamento, essas escoras podem ser reaproveitadas, em torno de 90%, para composição dos painéis estruturais, no seu pós-uso, contribuindo para a redução dos resíduos no canteiro de obras e agregando maior valor ao material destinando-se ao uso permanente.

Nesta etapa de primeiro corte os 5% das peças que vão para a construção de viveiros agrícolas podem ser somados aos 10% destinados às escoras, por possuírem as mesmas características, sendo comercializados sem tratamento químico e pelo mesmo preço, o que configura do ponto de vista ambiental uma vantagem.

Apenas 5% das peças com melhores características visuais não foram consideradas como oportunidades para uso habitacional de interesse social, em função do seu alto valor, são peças consideradas como especiais, destinadas ao uso em estruturas aparentes em coberturas recebendo tratamento preservativo, agregando mais valor e com demanda no mercado.

A maior oportunidade para uso habitacional de interesse social foi encontrada nos 30% de peças destinadas para energia, rejeitadas já na seleção na floresta, no ato do corte, são peças chamadas de “metrinho”. Atualmente 100% destas peças são destinadas para energia e é comercializada como subproduto por essa empresa, essa constatação indicou a viabilidade para o estudo na perspectiva de ter um uso mais nobre para estas peças.

As oportunidades identificadas para obtenção da madeira roliça de pequeno diâmetro, tanto de eucalipto como de pinus, nas respectivas cadeias de produção, indicaram a viabilidade, do ponto de vista econômica, para o estudo de propostas de componentes destinados ao uso habitacional de interesse social.

A identificação das oportunidades de aproveitamento da madeira roliça com pequeno diâmetro, de rejeito das cadeias produtivas de produtos a base florestal viabiliza o acesso à população economicamente carente, disponibilizando tecnologias (possibilidades construtivas), em detrimento às comumente encontradas. Assim a partir da identificação da disponibilidade do material optou-se pelo desenvolvimento e avaliação de propostas de componente painel com a madeira de eucalipto de pequeno diâmetro.

### **Desenvolvimento das propostas de Componente Painel**

Foram desenvolvidos e avaliados no capítulo 04 dez projetos considerando o aproveitamento da madeira roliça de pequeno diâmetro identificados nas etapas de manejo das florestas de eucalipto da empresa Sobloco Agropecuária Ltda. A avaliação dos projetos segundo os critérios considerados no quadro 03 do capítulo 02 permitiram uma análise mais sistemática. A apresentação do projeto do produto em FICHAS e a avaliação do Processo de Produção também em FICHAS permitiram uma rápida visualização, facilitando a sistematização dos dados para análise comparativa e a seqüência de aperfeiçoamento dada às propostas.

Desta forma, as propostas 1.0 até a proposta 3.0 os painéis foram compostos pela sobreposição intercalada de  $\frac{1}{2}$  peças roliças. Entendeu-se a partir do aperfeiçoamento 1.1, que o painel de fechamento deveria estar associado a painéis contraventados.

A partir da PROPOSTA 2.0 se verificou a possibilidade do painel ter a função de vedação estrutural. O painel com diagonais embutidas obteve maior rigidez para as solicitações de ações horizontais no plano do painel, eliminando a necessidade do sistema estrutural independente para a composição da edificação (PROPOSTA 2.0).

Na PROPOSTA 3.0 A e 3.0 B abandonou-se as travessas e diagonais internas às faces planas dos painéis e adotou-se a fixação externa das travessas e diagonais de contraventamento. Esta alteração ocasionou maior rapidez no processo de produção e montagem do painel, menor consumo de material e menor quantidade de resíduos gerados, ganhando na avaliação da sustentabilidade ambiental e econômica.

Para maior redução do tempo de processamento e montagem do painel, foram substituídas as duas faces compostas por  $\frac{1}{2}$  peças roliças que caracterizavam as propostas anteriores, por composições de uma face formada por  $\frac{1}{2}$  peças roliças e outra face formada por uma chapa OSB (*oriented strand board*) (PROPOSTA 4.0). A chapa OSB como elemento de contraventamento do painel gerou uma mudança substancial de redução do tempo de processamento e fixação das travessas de contraventamento. As chapas OSB foram escolhidas como material complementar para a composição dos painéis por apresentarem características ambientalmente mais favoráveis (uso de adesivo com baixo índice de emissões na formação das chapas) e também utilizar como matéria-prima as peças de madeiras roliças com pequenos diâmetros, rejeito da cadeia de madeira serrada.

A adoção de fechamentos utilizando painéis estruturais compostos por  $\frac{1}{2}$  peças com 5 cm de espessura, somados a chapa OSB, para a composição do painel, proporciona melhores condições de isolamento térmico, acústico e previne o aparecimento de frestas visuais na área do painel. Com relação à durabilidade dos painéis, as chapas OSB (comuns) são susceptíveis na exposição às intempéries e vapor d'água. Propõem-se a aplicação superficial de pintura na face externa e a pintura na face interna pode ser adotada para melhorar o desempenho quanto à impermeabilidade.

Na operação de montagem no canteiro, o posicionamento de cada painel, nas propostas com duas faces em  $\frac{1}{2}$  peças roliças resultaria em um peso razoável que implicaria no uso de equipamentos, fator que encarece o custo da habitação apesar de aumentar a velocidade de construção.

Optou-se pelo cavilhamento das  $\frac{1}{2}$  peças uma a uma na chapa de OSB, já fixada na posição final, devido ao peso próprio do painel. Somente na proposta 4.0 o projeto alcançou significativa redução no tempo de produção e peso próprio do painel, em relação às outras propostas (1.0; 1.1; 2.0; 2.1; 3.0 e 3.0B).

Além disso, na montagem das chapas foi notada a necessidade de fracionamento da medida da chapa adotada como módulo das propostas, também em função da oportunidade de aproveitamento da madeira, identificado no capítulo 03 (peças roliças de plantios florestais com  $\varnothing$ .10 cm e 2.50m). A fração das chapas dentro da modulação adotada, contribuiu com a compatibilidade do sistema de aberturas e aumento da flexibilidade da proposta, reduzindo perdas no corte das chapas.

Ainda no processo de montagem foi detectada a dificuldade de cavilhamento das  $\frac{1}{2}$  peças nas chapas OSB já alocadas na posição final, em relação ao sistema construtivo da habitação. O que levou a substituir o cavilhamento das  $\frac{1}{2}$  peças pela fixação de cada  $\frac{1}{2}$  peça através de pregação pneumática que representou uma grande redução no tempo de montagem.

A chapa OSB onerou o custo final da proposta para (R\$ 21.16/m<sup>2</sup>). Houve então a substituição das peças roliças com pequenos diâmetros de escoras para o “metrinho” que foi identificado como sendo a maior oportunidade encontrada na cadeia de produção da empresa Sobloco, correspondendo aos 30% de cada extração em comparação com os 15% destinados para uso em escoras e viveiros.

Esta possibilidade de uso do “metrinho” para compor painéis estruturais associados à chapa OSB, indica a necessidade de melhorar os procedimentos de corte na floresta, em vez de picar em 1m, medida padrão comercial de lenha, cortar nas medidas mais adequadas à composição do produto painel, (PROPOSTA 4.1). Permite-se assim, maior aproveitamento do rejeito, ao se destinar estas peças para um uso mais nobre. Sendo possível este procedimento com a aquisição da floresta em pé, assim otimizando os usos múltiplos da floresta e conseqüentemente com ganhos ambientais e econômicos.

O aperfeiçoamento da proposta 4.0, além do aumento da produtividade e facilidade de execução, viabilizou economicamente o painel para a população de baixa renda.

Foram substituídas as peças roliças de madeira com 2,50m de comprimento, utilizadas em todas as propostas anteriores, por peças de rejeito comercial com a metade do comprimento (1,22m), oriundos do “metrinhos”, são peças de custo bem reduzido. Assim, o desenho da PROPOSTA 4.0 passou por aperfeiçoamento em 4.1 onde as ligações cavilhadas adotadas em todas as propostas anteriores foram substituídas por ligações pregadas. As linhas de pregação das  $\frac{1}{2}$  peças na chapa foram alteradas em função do comprimento final das  $\frac{1}{2}$  peças (1.22m).

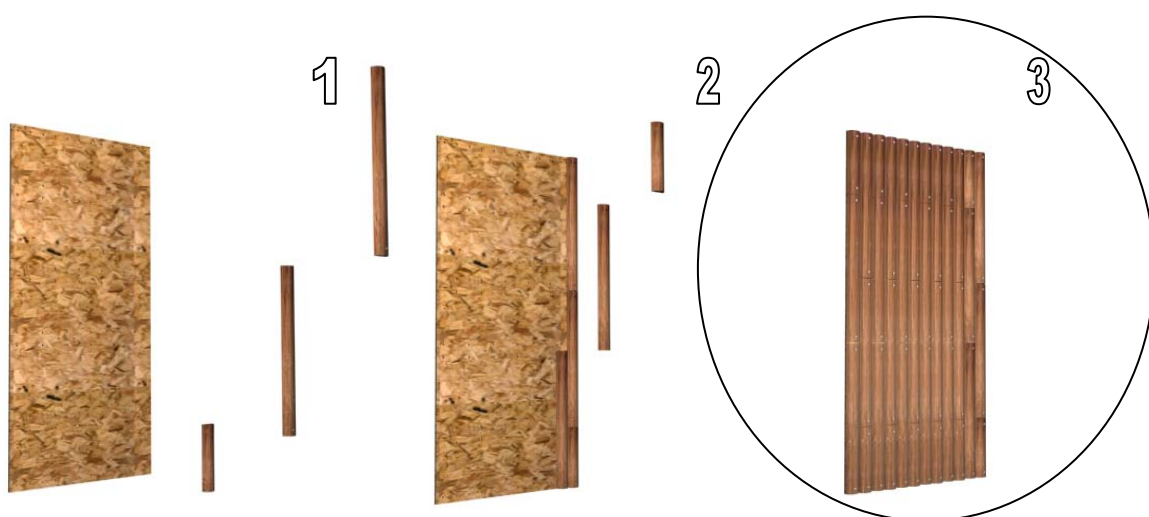
O painel (**proposta 4.1**) possibilitou dimensões fracionadas na altura e na largura da chapa (1,22 x 2,44m), nas seguintes medidas: 0,61 x 2,44; 0,61 x 1,22; 1,22 x 1,22m; 1,22x 2,44m. Esta composição do painel viabiliza o uso de peças chamadas de “metrinho”, as quais 100% são destinadas atualmente para queima na geração de energia (desde fornos de padarias até fornos industriais). A proposta (**4.1**) demonstrou ser viável e pode-se também constatar a facilidade de execução da mesma, mesmo em situações precárias de maquinários.

Conclui-se com a proposição do produto painel estrutural composto por  $\frac{1}{2}$  peças roliças de eucalipto com pequeno diâmetro, curtas, justapostas e pregadas à chapa OSB (**proposta 4.1**). Esse produto apresenta possibilidades de apropriação para usos diversos, além da habitação emergencial e de interesse social. Outra aplicação possível a esse produto são os muros para fechamentos temporários de canteiros de obras no setor da construção civil. A adoção dos painéis estruturais pode propiciar maior segurança à intrusão e maior durabilidade e qualidade nessa função, que a composição de muros para fechamentos temporários somente a partir da utilização das chapas OSB, como praticado atualmente. Existe também a possibilidade de aplicação dos painéis estruturais em construções de infra-estrutura rural.

Na **continuidade de pesquisas** referentes ao tema propõem-se a investigação da composição de painéis com chapas de OSB e  $\frac{1}{2}$  peças roliças curtas de eucalipto. Estas peças podem ser compradas diretamente, na floresta, onde há possibilidade de ampliação do aproveitamento para diferentes usos, a partir da seleção visual cortando as peças com comprimentos variados ou simplesmente a compra das peças já cortadas em metros “metrinho”.

A proposta para o painel estrutural composto por chapa OSB e  $\frac{1}{2}$  peças de eucalipto comprados em metros “metrinho” segue as seguintes etapas de montagem:

1. As chapas OSB são fixadas e inicia-se a colocação das  $\frac{1}{2}$  peças roliças de eucalipto. As  $\frac{1}{2}$  peças em metros são colocadas uma a uma sobres as outras no sentido longitudinal (do comprimento da chapa 2,44).
2. São duas peças de um metro e uma peça de. 44 a 50 cm que vão compor o comprimento da chapa. A pregação das  $\frac{1}{2}$  peças se inverte na segunda seqüência longitudinal e começa pela peça seccionada em. 44 cm, seguida pelas duas peças em metros. Na terceira seqüência de pregação longitudinal das  $\frac{1}{2}$  peças, deve-se alterar novamente a ordem, iniciando pela peça em metros seguida pela peça seccionada em. 44 a.50 cm e a peça em metro. A partir de então se inicia novamente a partir da primeira seqüência;
3. O painel pronto deverá apresentar maior rigidez através da pregação alternada e considerando-se as operações de destopos das  $\frac{1}{2}$  peças, desconsidera-se a perda de madeira no seccionamento das peças em. 50m.



**Figura 48** Montagem do painel estrutural composto por chapa OSB e “metrinho” pregados alternadamente



**Figura 49** – Painel estrutural composto por chapa OSB e “metrinho” pregado

As  $\frac{1}{2}$  peças de  $\varnothing$  10 cm com comprimentos variados, ou em metros, pregadas alternadamente e desencontradas com relação às suas extremidades nas chapas, resultam em maior rigidez e racionalizam o processo de obtenção do material (peças roliças curtas). Nas suas medidas atuais de comercialização, contribuem para a redução dos resíduos e utilização de recursos renováveis para habitação social de qualidade e acessível economicamente à população de baixa renda. Devem também ser desenvolvidas pesquisas para propostas de painéis a partir das oportunidades de aproveitamento das peças roliças de pequeno diâmetro da madeira de rejeito de pinus detectadas nas etapas de manejo florestal da cadeia de produção do lápis, pela empresa Faber Castell Ltda.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. (1990). Um plano diferencial para o Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.4, n.9, p.19-62, maio/ago.
- ALBUQUERQUE, C.E.C. (2000). OSB alternativa para uso estrutural. **Revista da madeira**, Curitiba, ano 9, n.50, p.60–66.
- ALBUQUERQUE, C.E.C.; MENDES, L.M. (2000). Painéis II – fabricação de produtos florestais ainda é lenta no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 9, n.52, p.27-28, out.
- ARAKAKI, E.M. (2000). **Avaliação de durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial**: estudo de caso: conjunto habitacional Pedra 90. 251p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- ARRUDA, M.P.; INO, A. (2000). Avaliação do grau de sustentabilidade ambiental das edificações: método utilizado na Holanda e Bélgica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC. 1 CD-ROM.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996). **NBR – 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA (2003). Disponível em: <<http://www.abpm.cm.br>>. Acesso em: 02/ 03/2003.
- ATHENA, um modele informatique permet de comparer lês effets dès matériaux de construction sur l'environnement. **Wood lê Bois**, Ottawa, n.19.
- BARBOSA, J.C.; INO, A. (2000). Cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento – análise do ciclo de vida (LCA) e indicadores de sustentabilidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP. 1 CD-ROM.
- BARBOSA, J.C. (2003). **Caracterização e avaliação do fluxo produtivo de habitação em madeira de plantios florestais segundo indicadores de sustentabilidade** – consumo de energia e resíduos gerados. 117p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- BATALHA, M.O. (1997). Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas. In: \_\_\_\_\_. **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas. v.1, p.23-48.
- BAXTER, M. (2000). **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. Tradução de Itiro Lida. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher.
- BAZIN, M. (1993) Analyses stratégique em science et technologie. Cahiers du CSTB, Paris, v.383 n.2643,avril.
- CABRITA, A.M.R. (2002). O que fazer com a minha cidade estratégias de sustentabilidade com o edificado. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo:FAU/USP. 1 CD-ROM.



CAPRA, F. (1996) **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução de Newton R. Eichenberg. São Paulo: Cultrix.

CASABELLA (2003). **A casa de madeira “ecologicamente correta”**: madeira roliça tratada. Disponível em:<[www.casabella.etc.br](http://www.casabella.etc.br)>. Acesso em: 3 mar. 2003.

CÉSAR, S. (2002). **Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente** – projeto conceitual. 256p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CHING, F.D.K. (1998). **Arquitetura**: forma, espaço e ordem. São Paulo: Martins Fontes.

CONSTRUCTION & ENVIROMENT (2000). **Sustainable development**: oportunities for change sustainable construction. Disponível em:<[www.enviroment.detr.gov.uk/sustainable/construction/consult/index.html](http://www.enviroment.detr.gov.uk/sustainable/construction/consult/index.html)>. Acesso em: 10 Sept. 2000.

CURWELL, S. (1996) **Specifying for greener buildings**. The architect's journal. Janeiro.

CRUZEIRO, E.; INO, A. (2000). Situação florestal no estado de São Paulo e potencial de infra-estrutura de produção de casas de madeira no instituto florestal. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP. 1 CD-ROM.

DELLA NOCE, L.G. (1996). **Parâmetros para projeto e controle da fabricação e montagem em canteiro de painéis de madeira**. 162p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

EL-ASHRY, M.T. (1995). Protected areas as investments. In: McNEELY, J.A. (Org.). **Expanding partnerships in conservation**. Covelo: Island Press; IUCN – The World Conservation Union. p.142-150.

EINSFELD, R.A. et al. (1998). Manufatura e características das chapas OSB (oriented strand board). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM/UFSC. 1 CD-ROM.

FABRICIO, M.M. (1996). **Processos construtivos flexíveis**: projeto da produção. 176p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

FRAMPTON, K. (1997). **História crítica da arquitetura moderna**. São Paulo: Martins Fontes.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2000). Disponível em:<[http://www.fao.org/forestry/fo/sofo/sofo99/pdf/sofo\\_e/IV-1-en.pdf](http://www.fao.org/forestry/fo/sofo/sofo99/pdf/sofo_e/IV-1-en.pdf)>. Acesso em: 12 Mar. 2002.

FOREST PRODUCT LABORATORY (2003). Disponível em:<[www.fpl.fs.fed.us/documents/frlgir./fplgtr110.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documents/frlgir./fplgtr110.pdf)>. Acesso em: dia 7 Apr. 2003.

FUNDAÇÃO JÓAO PINHEIRO (2002). Déficit habitacional no Brasil 2000. **Informativo CEI**, Belo Horizonte, jun. Disponível em: <[http://www.fpj.gov.br/exibe\\_subproduto.php?produto=9&unidade=CEI](http://www.fpj.gov.br/exibe_subproduto.php?produto=9&unidade=CEI)>. Acesso em: 20 mar. 2005.

FUSCO, P.B.; CALIL JUNIOR, C.; ALMEIDA, P.A.O. (1996). Norma de projeto de estruturas de madeira. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Estruturas e fundações**, São Paulo, BT/PEF/9602.

GALINARI, A.F. (2003). **A escolha do sistema construtivo**: caracterização e análise de propostas para habitação de interesse social em madeira de plantios florestais. 181p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

GALINARI, A.F.; INO, A. (2004). Indicação de variáveis de racionalização que influenciam a escolha de sistemas construtivos nos projetos de habitação social em madeira de plantios florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC. 1 CD-ROM.

GAVA, M. (2005). **Viabilidade técnica e econômica da produção de componentes construtivos para habitação social utilizando madeira serrada de pinus de terceira classe de qualidade**. 243p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GONÇALVES, Marcos Tadeu Tibúrcio (2000) Bauru SP ed. Document Center – USC – Bauru-SP

GOTZ, K.H.; HOOR, D.; MÖHLER, K.; NATTERER, J. (1995). **Construire en bois**: choisir, concevoir, réaliser. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

GUT, S. (1998). O mercado e o seqüestro de carbono. **Silvicultura**, ano 19, n.75, p.42-48, maio/ago.

HOFER, P.; RICHER, K. (1995). **Le bois, matériau écologique**. Swizerland: Lignatec - Lês informations techniques bois de lignum.

HUYBERS, P. (1991) **Building Structures of Timber** Poles, Connected With Steel Wire Lacing. V2 In: International Timber Engineering Conference. London 2-5 set. ed. Trada. p 2.511- 2.526.

INO, A. ; SHIMBO, I; DELLA NOCE, L. G. (1998) **Produção de casas de madeira**: controle de qualidade na cadeia produtiva. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. Apostila.

INO, A.; SHIMBO (1999). **Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para usos múltiplos da floresta**. São Carlos: [s.n.]. (Projeto em políticas públicas – FAPESP).

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION (1984). **ISO 6241**: Performance standard in building - principles for their preparation and factors to be considered. Geneva.

JOHN, V.M. (2000). **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 102p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. (2000). Meio ambiente-presente e futuro da construção civil. **Qualidade na Construção**, São Paulo, ano 3, n.23., p.34-44.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984a). **Manual de disenõ para maderas del grupo andino**. Lima: PADT/REFORT/JUNAC.

\_\_\_\_\_. (1984b). **Manual de classificação visual para madeira estrutural**. Lima: PADT/REFORT/JUNAC.

LAWSON, B. (1997). **Building materials energy and environment – towards ecologically development**. Austrália: University of New South Wales.

LEITE, M. (1998). O carbono como moeda mundial – diplomatas e cientistas debatem mecanismos de mercado que possam reduzir as emissões. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 1 nov. Mais!, p.5.

LIMA, W.P. (1993). **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: EDUSP.

LOG HOME DESIGN IDEAS (2002). Disponível em:<<http://.dfw.net/~loghome/>>. Acesso em: 2 Mar. 2002.

MARTUCCI,R. (1990). **Projeto tecnológico para edificações**: utopia ou desafio São Paulo. 438p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MIGAYROU F.; BRAYER, M. (2003). **Archilab – radical experiments in global architecture**. Inglaterra: Thames & Hudson.

MOREIRA FILHO, C.A. (1992). Biotecnologia e ambiente. In: MASSAMBANI, O.; CAMPIGLIA, S.S. **Meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Coordenadoria de Comunicação Social/ USP. p.73-78.

MORSE-FORTIER, L.J. (1995). Structural Implications of increased panel used in wood – frame buildings. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.121, n.6, p.995-1003, June.

PARTEL, P.M.P. (1999). **Sistemas estruturais e construtivos utilizando madeira roliça de reflorestamento**. 140p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 1999.

PARTEL, P.M.P.; CALIL JUNIOR; C. (2004). Propriedades de resistência e rigidez de peças estruturais roliças de pequeno diâmetro. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2004, Cuiabá, MT. **Anais...** São Carlos: EESC/USP. 1 CD-ROM.

PARTEL, P.M.P.; INO, A. (2004). Identificação das Oportunidades para Aproveitamento da Madeira Roliça com Pequenos Diâmetros para produção de painéis estruturais de vedação destinados a habitação social. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2004, Cuiabá, MT **Anais...** São Carlos: EESC/USP. 1 CD-ROM.

RODÉS, L.; BARRICHELO, L.G.E.; FERREIRA, M. (1990). A biodiversidade e o projeto FLORAM: produtividade X condições ambientais. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.4, n.9, p,175-200, maio/ago.

SABATTINI (1989). **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SACHS, I. et al. (1997). **Techniques douces, habitat et société, liés cahiers de l'écologie**. Paris: Entente.

SCHILLER, S. (2002). Sustentabilidade en vivienda social desarrollo y aplicación de un método de evaluación. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo:FAU/USP. 1 CD-ROM.

TIBURCIO, U.F.O.; GONÇALVES, M.T.T. (1998). Descrição dos processos produtivos de chapas de madeira composta e suas tendências tecnológicas. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM/UFSC. 1 CD-ROM.

TOMASELLI, I.A. (1998). A indústria de painéis no Brasil e no mundo: Tendências de mudanças do perfil de produção e usos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS E DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA/ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa: UFV; Folha de Viçosa. p.54-64.

TRÅTEK (1997). **Talking to tråtek** – an introduction to the source of knowledge used by the swedish wood-working industry. [S.l.:s.n.]

UNRUH, J.D.; HOUGHTON, R.A.; LEFEBVRE, P.A. (1993). Carbon storage in agro forestry: an estimate for sub-Saharan Africa. **Climate Research**, Germany, v.3, n.1/2, p.39-52.

VOINSON, P.; CASTAGNÉ, M. (1988). **La filiere bois batiment du Bresil**. Nancy: Presses Universitaires de Nancy. (Collection liés entretiens de brabois).

WEGENER, G.; ZIMMER, B. (1998). The ecological benefits of increased timber utilization. In: WORLD CONFERENCE OF TIMBER ENGINEERING, 5., 1998, Montreaux. **Proceedings...** Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. v.1, p.646-663.

WINTER, W. (1998). Economical and ecological aspects of multistory timber building in Europe. In: WORLD CONFERENCE OF TIMBER ENGINEERING, 5., 1998, Montreaux. **Proceedings...** Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. v.1, p.664-668.

YUBA, A. N. (2005) **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. 211p. Tese (DOUTORADO) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

# Anexo **a**

## **Quadro da ABPM**

## Quadro das Indústrias filiadas a ABPM

AES FLORESTAL LTDA	(51) 654.7021	Triunfo, RS	<a href="mailto:rpedesta@zaz.com.br">rpedesta@zaz.com.br</a>
ANGICO'S COMÉRCIO E TRATAMENTO DE MADEIRAS LTDA	(14) 267.1114	Borebi, SP	<a href="mailto:angicos.madeira@zipmail.com.br">angicos.madeira@zipmail.com.br</a>
AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA DO BRASIL S/A	(41) 321.7555	Curitiba, PR	<a href="mailto:preserve@all-logistica.com">preserve@all-logistica.com</a>
<a href="#">BATTISTELA IND. E COM. LTDA</a>	(41) 346.5052	Curitiba, PR	<a href="mailto:stella@battistella.com.br">stella@battistella.com.br</a>
<a href="#">CAF SANTA BÁRBARA LTDA</a>	(31) 219.1527	Belo Horizonte, MG	<a href="mailto:cafdirde@belgo.com.br">cafdirde@belgo.com.br</a>
CARLOS A FREIRAS VIEIRA ME	(14) 589.1324	Reginópolis, SP	
CEIMA – IND. DE MADEIRAS LTDA	(27) 3328.1966	Serra, ES	<a href="mailto:ceima@ziz.com.br">ceima@ziz.com.br</a>
CEIMA – IND. DE MADEIRAS LTDA	(98) 535.5145	Açailândia, MA	<a href="mailto:ceima@cksnet.com.br">ceima@cksnet.com.br</a>
CIA MELHOR. NORTE PARANÁ	(44) 728.1230	Jussara, PR	<a href="mailto:melhoramentos@cianet.com.br">melhoramentos@cianet.com.br</a>
COIMOR USINAS DE PRESERVAÇÃO	(11) 3904.3788	São Paulo, SP	<a href="mailto:mohr@mohr-madeiras.com.br">mohr@mohr-madeiras.com.br</a>
FLOSUL IND. E COM. LTDA	(51) 681.1404	Capivari do Sul, RS	<a href="mailto:flosul@portoweb.com.br">flosul@portoweb.com.br</a>
<a href="#">ICOTEMA –TRATAMENTO MADEIRAS</a>	(11) 4024.2611	Itu, SP	<a href="mailto:icotema@zaz.com.br">icotema@zaz.com.br</a>
IMA IND. MADEIRA IMUNIZADA	(31) 333.9466	Contagem, MG	<a href="mailto:imadm@zaz.com.br">imadm@zaz.com.br</a>
<a href="#">MADEM S/A</a>	(54) 462.5600	Garibaldi, RS	<a href="mailto:madem@madem.com.br">madem@madem.com.br</a>
MAICIL –TRATAMENTO MADEIRAS	(16) 242.4477	Ibitinga, SP	<a href="mailto:maicil@ibinet.com.br">maicil@ibinet.com.br</a>
MATRA MADEIRAS TRATADAS LTDA	(16) 3368.7103	São Carlos, SP	<a href="mailto:matra.sc@zaz.com.br">matra.sc@zaz.com.br</a>
PAU D'ALHO TRAT.MADEIRAS	(19) 438.1120	Piracicaba, SP	<a href="mailto:paudalho@ig.com.br">paudalho@ig.com.br</a>
<a href="#">POSTES IRPA LTDA</a>	(16) 271.8222	São Carlos, SP	<a href="mailto:irpa@irpa.com.br">irpa@irpa.com.br</a>
<a href="#">POSTES MARIANI INDÚSTRIA LTDA</a>	(51) 480.1561	uaíba, RS	<a href="mailto:postesmariani@zaz.com.br">postesmariani@zaz.com.br</a>
<a href="#">PREMA TECNOLOGIA E COMÉRCIO S/A</a>	(19) 534.7211	Rio Claro, SP	<a href="mailto:prema@linkway.com.br">prema@linkway.com.br</a>
<a href="#">PRESERVAM PRESERV. DE MADEIRAS</a>	(15) 542.1003	Capão Bonito, SP	<a href="mailto:preserva@construnet.com.br">preserva@construnet.com.br</a>
<a href="#">PRESERVAR MADEIRA REFLORESTADA</a>	(31) 825.6122	Ipatinga, MG	<a href="mailto:preserva@preservar.com.br">preserva@preservar.com.br</a>
REFLORALGE REFL. E AGROP.	(31) 3221.3630	Montes Claros, MG	<a href="mailto:refloral@net.em.com.br">refloral@net.em.com.br</a>
SAN MARINO COMERCIAL DE COMPENSADOS LTDA	(42) 227.3386	Ponta Grossa, PR	<a href="mailto:compsanmarino@convoy.com.br">compsanmarino@convoy.com.br</a>
SERRARIA UNIÃO BARIRI	(14) 662.2753	Bariri, SP	<a href="mailto:seruniao@acib.com.br">seruniao@acib.com.br</a>
<a href="#">TORA S/A</a>	(27) 3328.4333	Serra, ES	<a href="mailto:tora.com@escelsa.com.br">tora.com@escelsa.com.br</a>
TRAMASUL TRATAMENTO MADEIRA	(67) 791.1013	Campo Grande, MS	<a href="mailto:tramasul@msinternet.com">tramasul@msinternet.com</a>
TREMA INDÚSTRIA E COMÉRCIO TRÊS LAGOAS DE MADEIRAS LTDA	(67) 521.2210	Três Lagoas, MS	<a href="mailto:trema@netx.com.br">trema@netx.com.br</a>
AES FLORESTAL LTDA	(51) 654.7021	Triunfo, RS	<a href="mailto:rpedesta@zaz.com.br">rpedesta@zaz.com.br</a>

Anexo

**b**

# **Questionário e planilhas utilizadas para coleta de dados nas cadeias produtivas**

**QUESTIONÁRIO 01:** Levantamento em campo da cadeia produtiva bem como o processo de plantio do eucalipto por espécies mais encontradas no Estado e suas utilizações:

Como se dá o plantio das espécies de *Pinnus* e *Euchalyptus*:

- 1) Qual a espécie mais plantada?
- 2) Quais e em que regiões do País são plantadas estas espécies?
- 3) As mudas são clonadas?
- 4) Com quantos centímetros são plantadas essas mudas?
- 5) O plantio segue alguma regra quanto a estações do ano, lua ou outro?
- 6) Como é feito o processo do plantio?
- 7) Quantas mudas são plantadas por hectare?
- 8) A floresta recebe algum tratamento ou limpeza?
- 9) Com quantos anos a floresta recebe o primeiro desbaste (corte)?
- 10) Qual a porcentagem de madeira retirada no primeiro corte?
- 11) Como é feita a seleção para o corte?
- 12) Qual a utilização da madeira no primeiro corte?
- 13) Nos anos seguintes quando são feitos os cortes das florestas, qual a utilização da madeira em cada corte?
- 14) Como é feita a seleção para os cortes seguintes?
- 15) Como se dá o processo de rebrota ou reflorestamento das florestas?
- 16) Qual a maior dificuldade encontrada para o reflorestamento no País?
- 17) Qual o fator positivo ou negativo para o crescimento da floresta?
- 18) No final de dez anos qual a porcentagem de madeira em relação ao plantio?
- 20) Da madeira retirada qual o seu destino e qual a porcentagem utilizada para cada área e o tempo desta floresta?
- 21) Qual o custo do m<sup>3</sup> desta madeira em relação a sua utilização?
- 22) Caso o mercado de construção civil venha a aquecer com demanda de madeira com grandes diâmetros (20 a 30 anos), qual o interesse desta empresa em obter uma fatia deste mercado?



**PLANILHA FINAL - EUCALIPTO: UTILIZADA PARA COLETA DE DADOS DA CADEIA PRODUTIVA DA EMPRESA AGROPECUÁRIA SOBLOCO Ltda.:**

Empresa: Sobloco Agropecuaria Ltda

Fins do Plantio/ Produto final (celulose, energia, construção civil, tratamento):

Responsável: Lourenço Cherman Salles Eng. Agrônomo Univ. Federal de Lavras

Endereço: Rua 1º Maio, 61 - São Carlos / SP

Tel/Fax: (16)3368-2408 fax (16)3368-8848

1) Quais as espécies mais plantadas pela empresa? Existe algum fator para a escolha destas espécies, quais?

Espécie(s): Eucalipto Alba45% Citrodora 10% Garndis 40% Urofila5%

Fatores:

Elevadas taxas de crescimento, baixa exigência nutricional (em termos de solo), tolerância a déficit hídrico e suas propriedades físicas e mecânicas. Retorno Econômico

2) Em que regiões do país foram plantadas pela empresa essas espécies? E qual sua área?

Resposta:

São Carlos / Itirapina / Brotas aproximadamente 1000 halqueire ou 2420 hae

3) Qual o melhoramento genético utilizado?

Clonagem

Germinação  
Sementes

Outro  
s: APS e  
PSC

Melhoramento genético:

Na próxima rotação...

PSC (Pomar de Sementes Clonal próprio).

4) Com quanto tempo e centímetros são plantadas essas mudas?

Tempo: 120 dias de viveiro

Medida: 25 cm

5) Qual processo de plantio empregado?

Condução de  
Rebrota

Reforma do Talhão

6) Qual as medidas ambientais implementadas nesta empresa para redução dos impactos ambientais ocasionados pelo plantio extensivo da(s) espécie(s) mencionadas anteriormente?

7) Qual o espaçamento entre as mudas e entre as ruas? E qual o critério? E para os desbastes? Quantas mudas são plantadas por hectare e quantas mudas restam após os desbastes para colheita, produto final?

Mudas: 3m x 2m Ruas: \_\_\_\_\_  
 Mudas por hectare: 1.666 mudas para 3m por 2m de espaçamento  
 Quantidade de mudas: 4.017.220 mudas

8) Com quantos anos a floresta recebe o primeiro desbaste (limpeza ou corte de algumas árvores), e o porque? Qual o diâmetro médio? Qual a porcentagem extraída? Qual o custo até esta etapa por m<sup>3</sup>?

1ª CICLO MANEJO

CORTE RASO  não Quando:  2 anos

Finalidade:

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa):

Porcentagem extraída: 20%

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:  Energia:  Rural:

Outros: Celulose construção folhas

Irrigação:  Só no plantio Formicida:  anual

Custo/ m3: 6,40 m<sup>3</sup> Custo operacional por m3: R\$ 5,45 m<sup>3</sup>

COLHEITA SELETIVA  n Quando:  8 anos

Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

Corte raso com 8 anos

Finalidade: Uso comercial corte de todas as espécies.

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 15cm x 23mts

Porcentagem extraída: 98 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:  Energia:  Rural:

Outros: Celulose, construção e tratamento.

Irrigação:  Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ 6,40m<sup>3</sup> Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ 5,45 m<sup>3</sup>

DESGALHAMENTO  n

Quando:

Finalidade: Evitar nós

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: \_\_\_\_\_

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

2ª CICLO MANEJO

CORTE RASO  X

Quando: 16 anos

Finalidade: idem

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 12cm x 18m ou 15cm x 20m

Porcentagem extraída: 99 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:  X

Rural:  X

Outros: Celulose, construção tratamento

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ 6,40 Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ 5,45

COLHEITA SELETIVA  n

Quando:

Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Porcentagem extraída: \_\_\_\_\_ %

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: \_\_\_\_\_

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

DESGALHAMENTO

Quando:

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:  Energia:  Rural:

Outros: \_\_\_\_\_

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_ Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

3ª CICLO MANEJO

CORTE RASO  Quando:

Finalidade: Extração

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa):

Porcentagem extraída: 100 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:  Energia:  Rural:

Outros: Serraria (taipa caibro ripa balancinha celulose)

Irrigação:  Formicida:  3 vezes/ano

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ 6,40 Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ 5,45

COLHEITA SELETIVA  Quando:

Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

Nesta etapa são cortadas todas as árvores onde temos mais um ciclo de 8 anos perfazendo um total de 32 anos com a mesma árvore, sendo corte/rebrota, após esse tempo são plantadas novas mudas.

Finalidade: Serraria

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 25 cm x 22m

Porcentagem extraída: 100 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:  Energia:  Rural:

Outros: Serraria

Irrigação:  Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_ Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

DESGALHAMENTO  Quando:

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros:

\_\_\_\_\_

Custo/ m<sup>3</sup>: R\$

\_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$

\_\_\_\_\_

Porcentagem: 40 %

9) Como se dá o processo de rebrota ou reflorestamento das espécies?

10) Qual a maior dificuldade encontrada para o reflorestamento?

11) Quais os fatores positivos ou negativos para o crescimento ou não da floresta?

Levantamento em campo da cadeia produtiva bem como o processo de plantio do pinus, por espécies mais encontradas no Estado e suas utilizações:

Empresa: A.W. Faber-Castell Ltda

Fins do Plantio/ Produto final (celulose, lápis, postes..?): Lápis

Responsável: Cassiano R. Schneider

Endereço: Rua 1º Maio, 61 - São Carlos / SP

Tel/Fax: +5516-273-1168 / +5516-273-1162

1) Quais as espécies mais utilizadas para esse fim? Existe algum fator para a escolha destas espécies, quais?

Espécie(s): Pinus Caribaea var. hondurensis

Fatores:

Elevadas taxas de crescimento, baixa exigência nutricional (em termos de solo), tolerância a déficit hídrico e suas propriedades físicas e mecânicas.

2) Em que regiões do país foram plantadas pela empresa essas espécies? E qual sua área?

Resposta:

Maior projeto está no Triângulo Mineiro na cidade de Prata com uma área de 9000 ha e em São Carlos com 400ha.

3) Qual o melhoramento genético utilizado?

Clonagem

Germinação Sementes

Outros: APS e PSC

Melhoramento genético:

APS (Área de Produção de Sementes): Atualmente utilizada.

Na próxima rotação...

PSC (Pomar de Sementes Clonal próprio).

4) Com quanto tempo e centímetros são plantadas essas mudas?

Tempo: 120 dias de viveiro

Medida: 25 cm

5) Qual processo de plantio empregado?

Manejo

Reforma de corte raso

6) Qual as medidas ambientais implementadas nesta empresa para redução dos impactos ambientais ocasionados pelo plantio extensivo da(s) espécie(s) mencionadas anteriormente?

Solos: Plantio acompanhando a curva de nível, construção de curva de nível, sistema de cultivo mínimo (mínimo de movimentação do solo), prevenção e controle de processo erosivos, monitoramento e correção nutricional (análise dos solos e adubações)

Água: Conservação das matas ciliar, análises físico-químicas dos corpos d'água (coleta de amostras 4 vezes por ano tendo 54 parâmetros), padrões rígidos para cruzamento de cursos d'água.

Flora: Demarcação e proteção das áreas de preservação permanente, recuperação da biodiversidade e preservação permanente, convênio com IEF para troca de mudas (6 de pinus por uma nativa), pesquisa de metodologia para restauração de áreas de reserva legal ocupadas atualmente por pinus, pesquisa para uso de uma espécie nativa para plantio e produção de madeira para lúpis.

Fauna: Monitoramento populacional da fauna de aves e mamíferos presentes nos parques florestais à 12 anos.

Fogo: Proteção contra incêndio: Prevenção através de aceiros, conscientização de vizinhos, campanhas. Detecção através de torres e vigilância motorizada. Combate pela brigada de incêndio. Registro das estatísticas onde se tem uma maior susceptibilidade de acontecer um incêndio, dispersão da floresta onde em Prata/MG tem-se 9000ha e em São Carlos 400ha, entre outras.

7) Qual o espaçamento entre as mudas e entre as ruas? E qual o critério? E para os desbastes? Quantas mudas são plantadas por hectare e quantas mudas restam após os desbastes para colheita, produto final?

Mudas: 3m x 2m e/ou 3m x 3m Ruas: 12m Talhão para outro: 6m e divisão de propriedade:  
 Mudas por hectare: 1.667 mudas para 3m por 2m de espaçamento e 1.111 mudas para 3m por 3m.  
 Quantidade de mudas: 1.111.200 mudas

8) Com quantos anos a floresta recebe o primeiro desbaste (limpeza ou corte de algumas árvores), e o porque? Qual o diâmetro médio? Qual a porcentagem extraída? Qual o custo até esta etapa por m<sup>3</sup>?

### 1ª ETAPA MANEJO

CORTE RASO

Quando:

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Porcentagem extraída: \_\_\_\_\_ %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: \_\_\_\_\_

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

COLHEITA SELETIVA

Quando:

6 e 7 anos

Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

São selecionadas as árvores que não possuem boa forma e cujo desenvolvimento não é adequado.

Finalidade: Diminuição da concorrência por luz e nutrientes.

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 11m x 11cm

Porcentagem extraída: 20 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Cavacos (Energia ou Indústria de chapas)

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ 16,00 a 19,00

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$

15,00

DESGALHAMENTO

Quando: 3 anos

Finalidade: Evitar nós

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 4m

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Deixados no solo que ajudam na fertilização da terra.

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

2ª ETAPA MANEJO

CORTE RASO

Quando:

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Porcentagem extraída: \_\_\_\_\_ %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: \_\_\_\_\_

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

COLHEITA SELETIVA

Quando: 10 e 11 anos



Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

São selecionadas as árvores que não possuem boa forma e cujo desenvolvimento não é adequado.

Finalidade: Diminuição da concorrência por luz e nutrientes.

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): 18m x 19cm

Porcentagem extraída: 20 %

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Eventualmente utilizado para consumo próprio (Lápis), dependendo da demanda de madeira.

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ 30,00 Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ 15,00

DESGALHAMENTO

Quando: 5 anos

Finalidade: Evitar nós

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Deixados no solo que ajudam na fertilização da terra.

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_ Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

3ª ETAPA MANEJO

CORTE RASO

Quando: 15 anos

Finalidade: Extração

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): Acima de 10cm p/ consumo próprio abaixo p/ venda

Porcentagem extraída: 100 %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Indústria de chapas, Cavacos e Consumo proprio

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ 30,00 aproximadamente Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

COLHEITA SELETIVA

Quando: \_\_\_\_\_

Como é feita a seleção dos indivíduos que serão cortados:

--

Finalidade: \_\_\_\_\_

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Porcentagem extraída: \_\_\_\_\_ %

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Ouros: \_\_\_\_\_

Irrigação:

Formicida:

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

DESGALHAMENTO

Quando:

Finalidade: Evitar nós

Medidas (altura x diâmetro dos indivíduos nessa etapa): \_\_\_\_\_

Para qual seguimento ou mercado esta madeira se destina:

Habitação:

Energia:

Rural:

Outros: Deixados no solo que ajudam na fertilização da terra.

Custo/ m<sup>3</sup>:

R\$ \_\_\_\_\_

Custo operacional por m<sup>3</sup>: R\$ \_\_\_\_\_

No final de dez anos, qual a porcentagem de madeira em relação ao plantio?

Porcentagem

: 40 %

9) Como se dá o processo de rebrota ou reflorestamento das espécies?

Não existe rebrota no Pinus, somente o a reforma de corte raso. Após o corte raso, os tocos e as raízes permanecem no solo.

10) Qual a maior dificuldade encontrada para o reflorestamento?

Baixa fertilidade do solo e alta suscetibilidade à erosão.

11) Quais os fatores positivos ou negativos para o crescimento ou não da floresta?

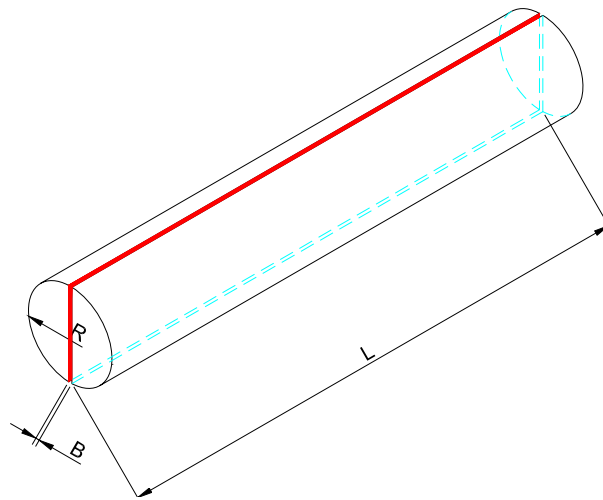
Negativo: Baixa fertilidade do solo, alta susceptibilidade à erosão, déficit hídrico.

Positivo: Espécie rústica, ou seja, tolerante a restrições de crescimento e técnicas de condução adequadas.

# Anexo **C**

## **Cálculo dos resíduos**

- **Cálculo do resíduo gerado na etapa de Desdobro – Operação 2**



**Figura** – Esquema de desdobro dos toretos

Volume de Pó de serra =  $L \cdot D \cdot B$

Onde: L = Comprimento de Corte

D = Diâmetro do Tореte

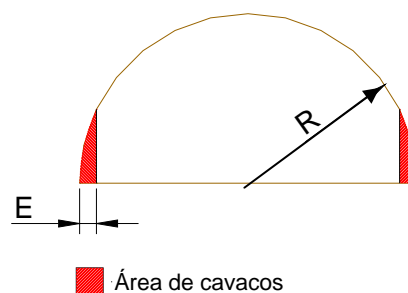
B = Espessura de Corte

Com L = 2,50 m, D = 0,10 m e B = 0,004 m têm-se:

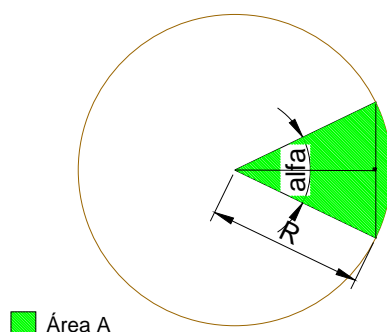
Volume de pó de madeira =  $2,50 \cdot 0,05 \cdot 0,004 = 0,000488 \text{ m}^3$

- **Cálculo do resíduo gerado na etapa de Desbaste Lateral - Operação 4**

Remoção da espessura E, da lateral dos toretos seccionados para permitir melhor ajuste entre as peças eliminando irregularidades e melhorando o acabamento do Painel.



Para determinar a área de cavacos inicialmente fazemos a determinação da área A apresentada na figura abaixo



A área A corresponde a uma fração da área da circunferência correspondendo á razão entre o ângulo varrido alfa, pelo ângulo da circunferência.

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R-E}{R}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \arccos\left[\frac{R-E}{R}\right]$$

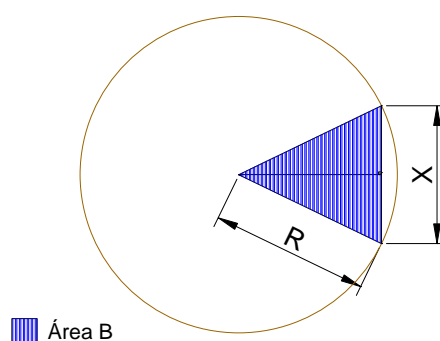
$$\alpha = 2 \cdot \arccos\left[\frac{R-E}{R}\right]$$

$$\text{área do círculo} = \pi R^2$$

$$\text{área A} = \frac{\alpha}{360} \cdot \pi R^2$$

$$\text{área A} = 2 \cdot \frac{\arccos\left[\frac{R-E}{R}\right]}{360} \cdot \pi R^2$$

Da área A subtraímos a área B indicada na próxima figura



Para determinar a área do triângulo B precisamos encontrar a base X que por Pitágoras corresponde a seguinte fórmula

$$R^2 = (x/2)^2 + (R - E)^2$$

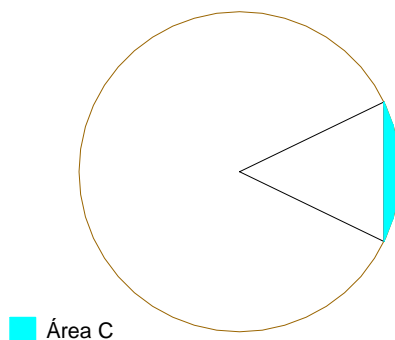
$$(x/2)^2 = R^2 - (R - E)^2$$

$$x = \sqrt{R^2 - (R - E)^2} \cdot 2$$

Portanto a área do triângulo B fica

$$\text{Área B} = \text{Base} \cdot \text{Altura} / 2 = [\sqrt{R^2 - (R - E)^2} \cdot 2] \cdot (R - E) / 2$$

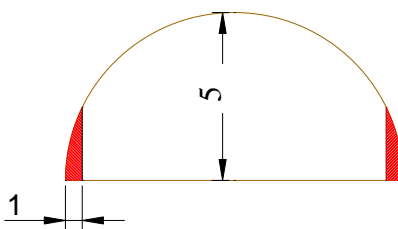
Subtraindo B de A obtemos a área C que corresponde por simetria a área procurada



Concluindo:

$$\text{Volume de cavaco} = 2 \cdot \frac{[\arccos(R - E)/R]}{360} \cdot \pi R^2 - [\sqrt{R^2 - (R - E)^2} \cdot 2] \cdot (R - E) / 2$$

Sendo o Raio médio igual a 5 cm e a espessura removida igual a 1 cm temos



$$\text{Volume de cavaco} = \frac{[\arccos(0,05 - 0,01)/0,05]}{360} \cdot \pi 0,05^2 -$$

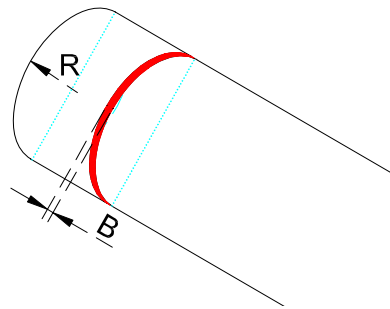
$$[\sqrt{0,05^2 - (0,05 - 0,01)^2} \cdot 2] \cdot (0,05 - 0,01) / 2$$

$$\text{Área de cavaco} = 0,001608 - 0,0012 = 0,000408 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume de cavaco} = \text{área de cavaco} \cdot \text{comprimento}$$

$$\text{Volume de cavaco} = 0,000408 \cdot 2,50 = \mathbf{0,0009973 \text{ m}^3}$$

- **Cálculo do resíduo gerado na etapa de destopo \_ Operação 5**



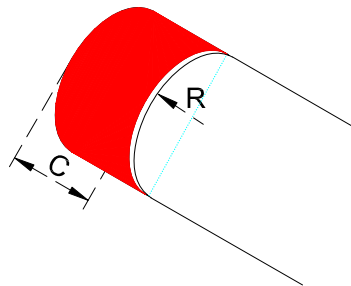
Volume de pó de madeira =  $(\pi R^2 * B) / 2$  onde B=espessura de corte e R= raio do torete

B= 4 mm = 0,004m

R=5 cm=0,05m

Volume de pó de madeira =  $(3,1416 * 0,05^2 * 0,004) / 2$

**Volume de pó de madeira = 0,000015708 m<sup>3</sup>/1/2 peça roliça**



Volume de destopo=  $(\pi R^2 * C) / 2$

Onde C é medida equivalente entre a diferença do comprimento da peça bruta e o comprimento da peça a ser utilizada no painel menos a espessura de corte.

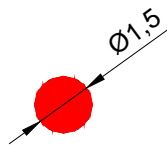
C=2,50-2,44-0,004=0,056m

R=0,05m

Volume de destopo =  $(3,1416 * 0,05^2 * 0,056) / 2$

**Volume de destopo = 0,000219 m<sup>3</sup>/1/2 peça roliça.**

- **Cálculo do resíduo gerado na etapa de furação para embutimento das cavilhas \_ Operação 6**



Área de pó de madeira =  $\pi R^2$

Área de pó de madeira =  $3,1416 \cdot 0,0075^2$

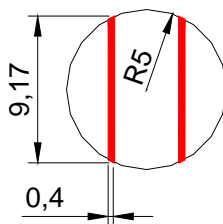
Área de pó de madeira = **0,0001767 m<sup>2</sup>**

Volume de pó de madeira por cavilha colocada =  $0,0001767 \cdot 0,09 =$  **0,000015903m<sup>3</sup>**

### **Produção de Travessas**

#### **Operação 2: DESDOBRO DO TORETE**

Após a operação 1 de seleção dos toretes, a operação de desdobro se constitui na retirada das costaneiras obtendo o semi-bloco com duas faces planas e paralelas e duas faces curvas.



- **Resíduo gerado na etapa de desdobro**

Área de pó de madeira na 1ª operação de desdobro =  $2 \cdot (0,004 \cdot 0,0917) =$  **0,0007336 m<sup>2</sup>**

A quantificação do resíduo gerado na produção dos sarrafos e cavilhas foi a partir do desdobro de duas peças de contraventamento medindo 4,0 x 8,0 x 274,0cm.

Área de pó de madeira na 2ª operação de refilo =  $0,004 \cdot 0,04 \cdot 2 =$  **0,00032 m<sup>2</sup>**

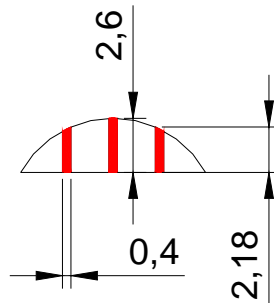


Área de Cavaco =  $2 \cdot 0,0002 =$  **0,0004 m<sup>2</sup>**



## Produção das Cavilhas

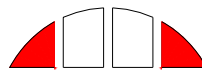
- Cálculo do resíduo gerado na etapa de refilo da costaneira



Área de pó de madeira na operação de refilo em serra circular de mesa

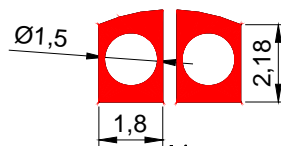
$$\text{Área de pó} = 2 \cdot (0,004 \cdot 0,0218) + 0,004 \cdot 0,026$$

$$\text{Área de pó} = 0,0002784 \text{ m}$$



$$\text{Área de Cavaco} = 2 \cdot 0,0002 = 0,0004 \text{ m}^2$$

- Cálculo do resíduo gerado na etapa de preparação da peça e passagem na cavilhadeira \_ Operação 5



$$\text{Área de cavaco} = \mathbf{0,00026397 \text{ m}^2}$$

Para obter-se o volume efetivamente ocupado pela serragem em função do volume de madeira sólida, utiliza-se um coeficiente de 2,8 resultados de estudos empíricos (GONÇALVES, 2000).

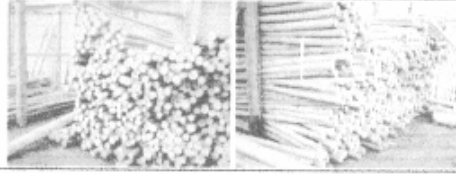
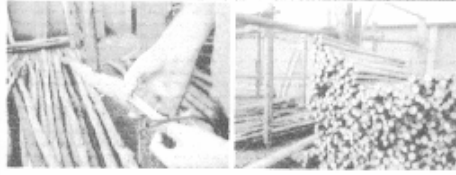
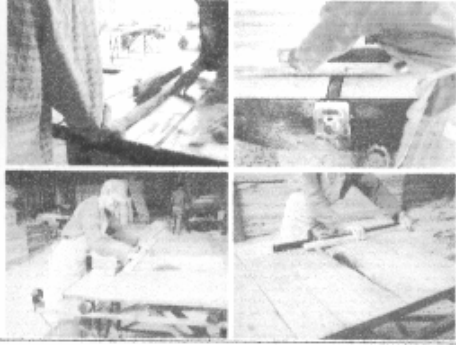

Anexo


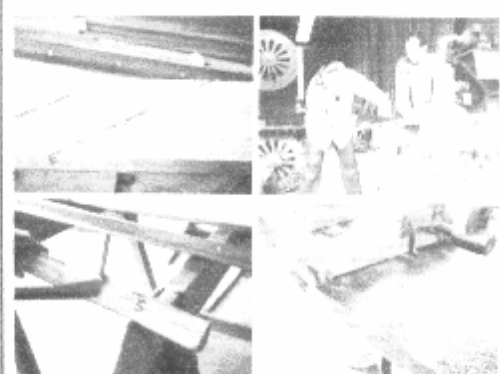
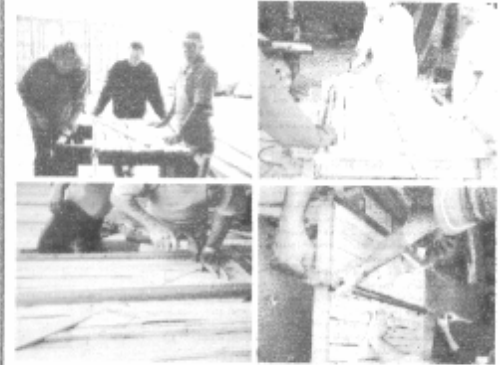
**d**



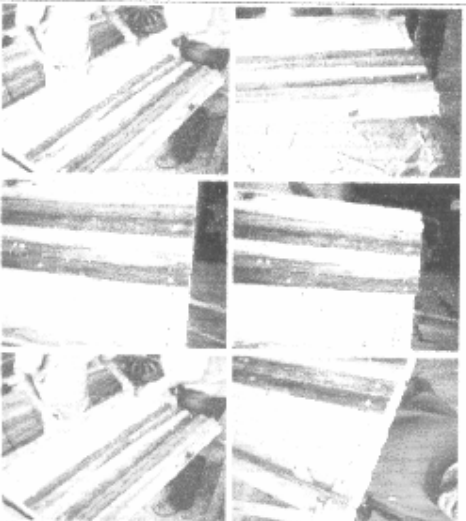
# **Planilhas utilizadas para coleta de dados na experimentação das propostas e método de sistematização dos registros**

### Planilhas utilizadas para coleta de dados na experimentação

Primeiramente as lacunas referentes aos registros fotográficos foram preenchidas com croquis e textos indicativos dos procedimentos adotados. As imagens registradas com máquina digital, os dados coletados e a descrição das operações realizadas eram imediatamente transferidos para a planilha digital. Uma outra planilha foi desenvolvida especificamente para a quantificação dos resíduos gerados em cada operação realizada (anexo c).

1	PAINEL EXPERIMENTAL ETAPAS DE MONTAGEM		
	MONTAGEM		Nº trabalhadores: 02
	Etapas Executadas	Materiais	Métodos e Análise
	Seleção dos pequenos diâmetros na serraria 	Nº trabalhadores: 02 Tempo de Execução:	Peças de eucalipto com pequeno diâmetro.
	Separação das peças 	Nº trabalhadores: 02 Tempo de Execução:  Ferramentario: trena	Escolhe-se as peças com diâmetro entre 5 e 7 cm, e de preferência as mais lineares.
	Desdobra e corte 	Nº trabalhadores: 02 Tempo de Execução:  Maquinário: Serra de mesa	Desdobramento da peça e corte nas pontas para ajuste do tamanho do painel.
	Esquadreamento com o sarjento 	Nº trabalhadores: Tempo de Execução:  Ferramentario: cavaletes e sarjento	Alinhamento e numeração das peças para esquadreamento, utilizando um sarjento.

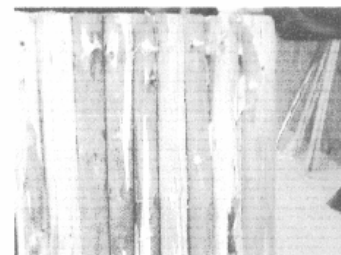
2	PAINEL EXPERIMENTAL ETAPAS DE MONTAGEM		
Nº trabalhadores:			
Etapas Executadas	Materiais	Métodos e Análise	
<p data-bbox="341 463 995 501">Marcação para abertura do rasgo diagonal</p> 	<p data-bbox="995 463 1214 501">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="995 517 1214 562">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="995 584 1214 689">Ferramentario: Régua e lápis, cavaletes</p>	<p data-bbox="1214 463 1530 600">Marca-se a diagonal com a largura da peça de contraventamento, utilizando uma régua.</p>	
<p data-bbox="341 725 995 763">Abertura do rasgo diagonal para contraventamento</p> 	<p data-bbox="995 725 1214 763">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="995 786 1214 831">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="995 853 1214 920">Maquinário: Serra de fita</p> <p data-bbox="995 943 1214 1048">Ferramentario: Moide, formão, serrote</p>	<p data-bbox="1214 725 1530 913">Corte na serra de fita na diagonal já marcada, e desbaste com serrote e formão.</p>	
<p data-bbox="341 1182 995 1220">Esquadreamento e furação para colocação das cavilhas</p> 	<p data-bbox="995 1182 1214 1220">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="995 1234 1214 1279">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="995 1301 1214 1368">Maquinário: Furadeira</p> <p data-bbox="995 1391 1214 1473">Ferramentario: sarjento, cavaletes</p>	<p data-bbox="1214 1182 1530 1480">Montagem no sarjento com a colocação do contraventamento diagonal, e furação em cada peça para colocação das cavilhas de madeira.</p>	

3	PAINEL EXPERIMENTAL ETAPAS DE MONTAGEM		
Nº trabalhadores:			
Etapas Executadas	Materiais	Métodos e Análise	
<p data-bbox="384 421 979 454">Abertura do rasgo para contraventamento horizontal</p> 	<p data-bbox="1002 421 1192 454">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="1002 483 1203 517">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="1002 546 1126 602">Maquinário: Serra de fita</p> <p data-bbox="1002 631 1150 687">Ferramentario: formão</p>	<p data-bbox="1214 421 1469 562">Marcação e corte dos rasgos horizontais superior e inferior.</p>	
<p data-bbox="384 734 852 790">Esquadreamento e furação para colocação do contraventamento horizontal</p> 	<p data-bbox="1002 734 1192 768">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="1002 797 1203 831">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="1002 860 1126 916">Maquinário: furadeira</p> <p data-bbox="1002 945 1179 1025">Ferramentario: Sarjento, martelo, cavaletes</p>	<p data-bbox="1214 734 1458 976">Encaixe da peça de contraventamento horizontal; furação de cada peça e colocação das cavilhas com ajuda de martelo.</p>	
<p data-bbox="384 1070 951 1104">União das duas partes com a colocação das cavilhas</p> 	<p data-bbox="1002 1070 1192 1104">Nº trabalhadores:</p> <p data-bbox="1002 1133 1203 1167">Tempo de Execução:</p> <p data-bbox="1002 1196 1182 1252">Ferramentario: martelo, cavaletes</p>	<p data-bbox="1214 1070 1474 1312">Com a parte já contraventada apoiada em cavaletes, encaixa-se as peças furadas nas cavilhas transpassadas.</p>	

## Método de sistematização dos registros

A planilha digital era posteriormente sistematizada em relatórios dos protótipos.

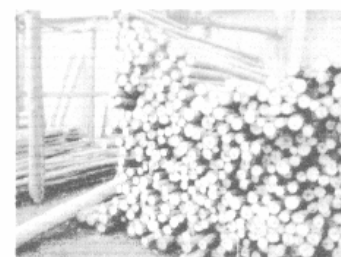
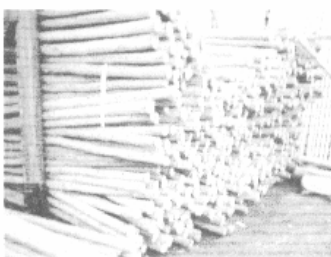
Painel em escala 1:2, realizado na serraria Irmãos Figueiredo, composto por peças de eucalipto roliço de pequeno diâmetro (5 a 7 cm), cavilhas de madeira com diâmetro de 1 cm para fixação, e ripas de 6x1 cm de madeira para contraventamento.



Painel pronto

## ETAPAS DE EXECUÇÃO

Seleção dos pequenos diâmetros na serraria  
Separação das peças

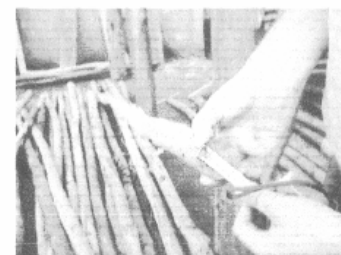
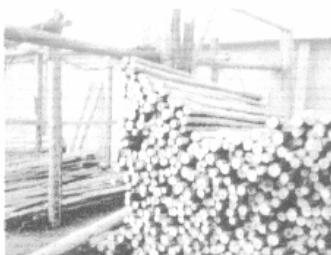


Peças de eucalipto com pequeno diâmetro

Nº trabalhadores: 01

Ferramentario: Trena

Escolhe-se as peças com diâmetro entre 5 e 7 cm, e de preferência as mais lineares.

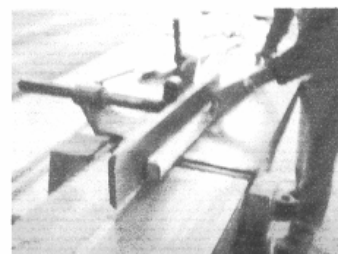
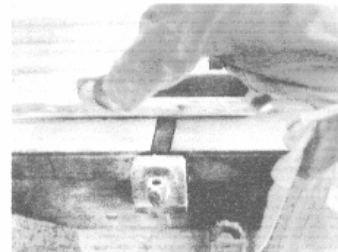
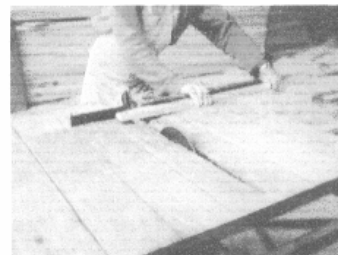


Desdobra e desbaste  
das laterais

Nº trabalhadores: 02

Maquinário: Serra de mesa

Desdobramento da peça e  
corte nas pontas e  
desbaste das laterais para  
ajuste do tamanho do  
painel.

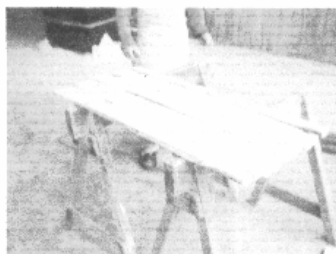


Esquadreamento com o  
sarjento

Nº trabalhadores: 03

Ferramentário:  
cavaletes e sarjento

Alinhamento e numeração  
das peças para  
esquadreamento,  
utilizando um sarjento.



Marcação para abertura  
do rasgo diagonal

Nº trabalhadores: 02

Ferramentário:  
Régua e lápis, cavaletes

Marca-se a diagonal com a  
largura da peça de  
contraventamento,  
utilizando uma régua.



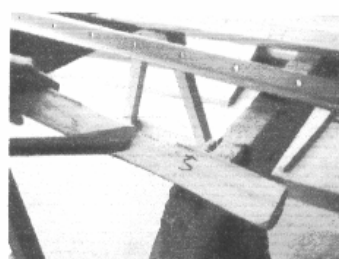
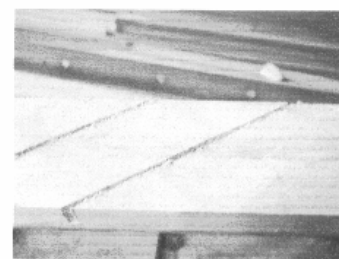
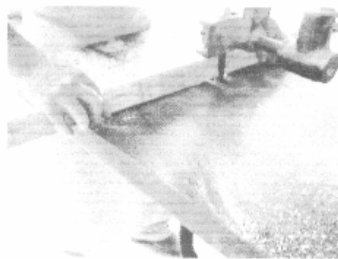
Abertura do rasgo diagonal  
para contraventamento

Nº trabalhadores: 03

Maquinário:  
Serra de fita

Ferramentario: Molde,  
formão, serrote

Corte na serra de fita na  
diagonal já marcada, e  
desbaste com serrote e  
formão.



Esquadreamento e furação  
para colocação das cavilhas

Nº trabalhadores: 03

Maquinário:  
Furadeira

Ferramentario:  
sarjento, cavaletes

Montagem no sarjento  
com a colocação do  
contraventamento  
diagonal, e furação em  
cada peça para colocação  
das cavilhas de madeira.





Abertura do rasgo para  
 contraventamento  
 horizontal  
 N° trabalhadores: 03  
 Maquinário: Serra de fita  
 Ferramentario: formão

Marcação e corte dos  
 rasgos horizontais superior  
 e inferior:



Esquadrejamento e  
 furação  
 N° trabalhadores: 03  
 Maquinário: furadeira  
 Ferramentario:  
 Sarjento, martelo, cavaletes  
 Encaixe do contraventa-  
 mento horizontal; furação  
 de cada peça e colocação  
 das cavilhas com ajuda de  
 martelo.

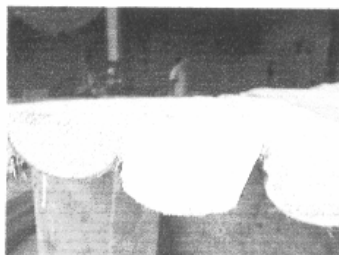


União das duas partes com  
 a colocação das cavilhas

N° trabalhadores: 03

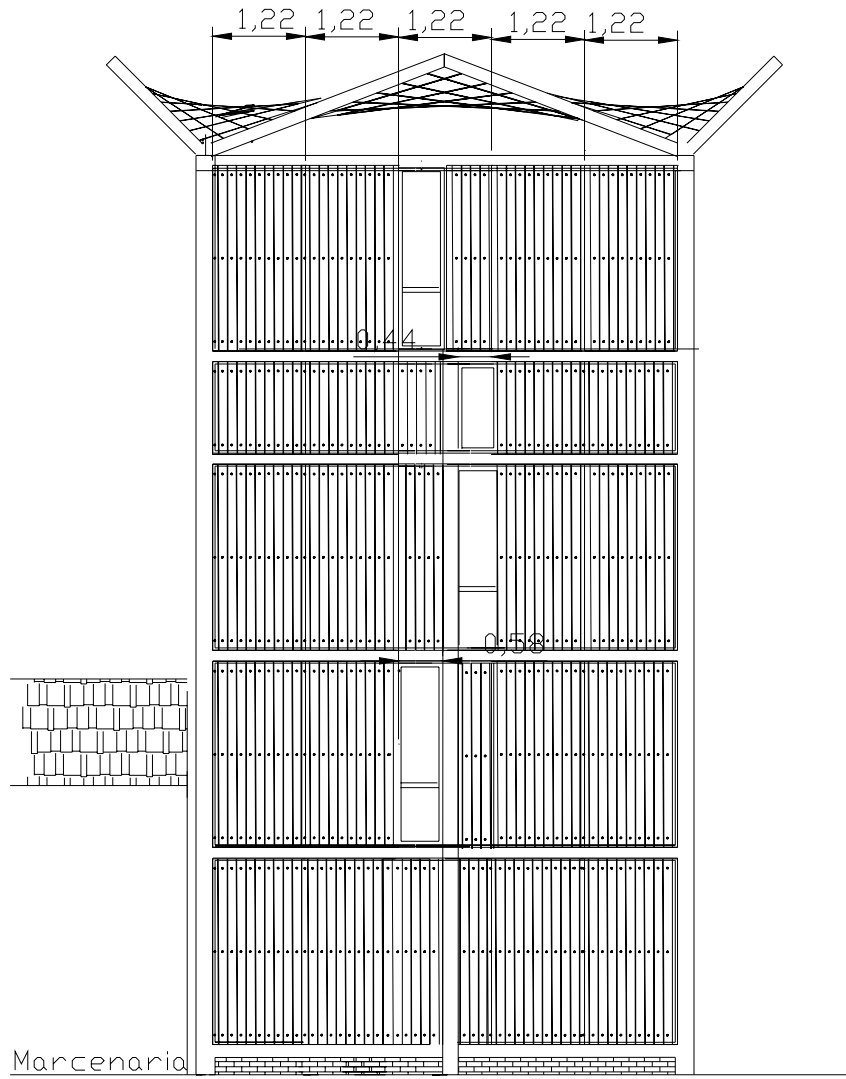
Ferramentario:  
 martelo, cavaletes

Com a parte já  
 contraventada apoiada em  
 cavaletes, encaixa-se as  
 peças furadas nas cavilhas  
 transpassadas.




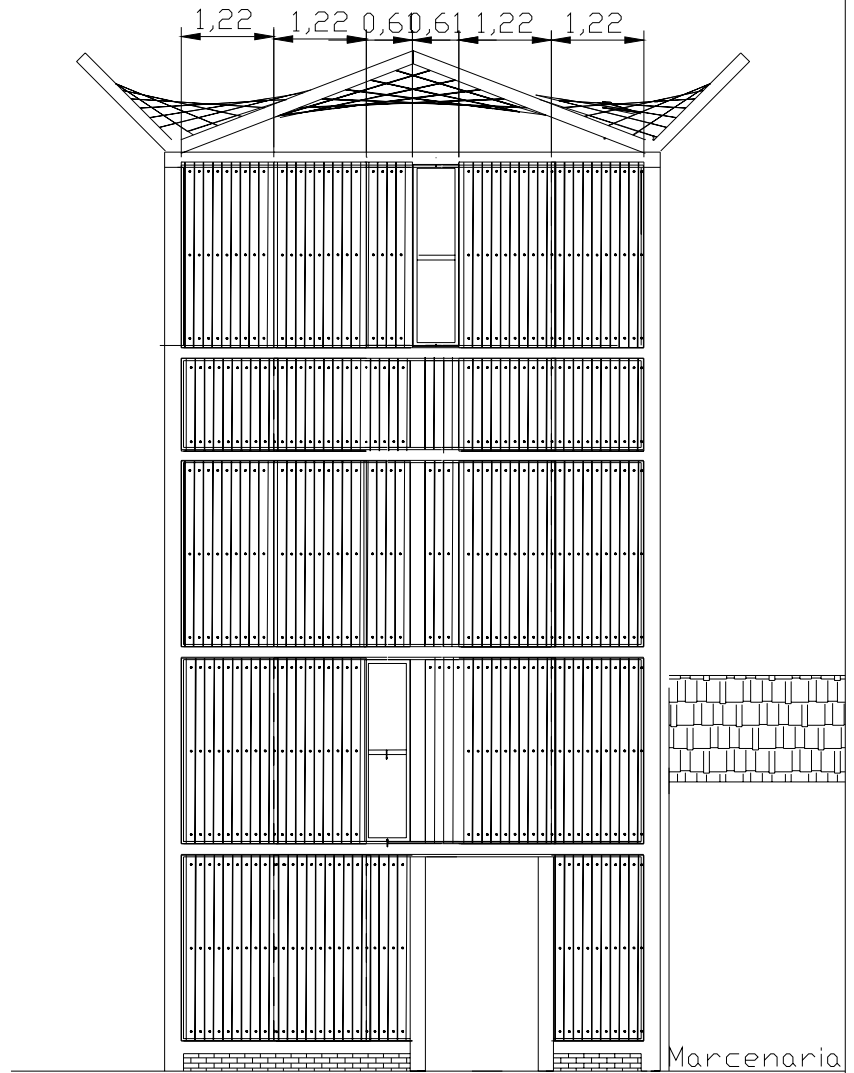
# Anexo **e**

## **Projeto do edifício experimental**




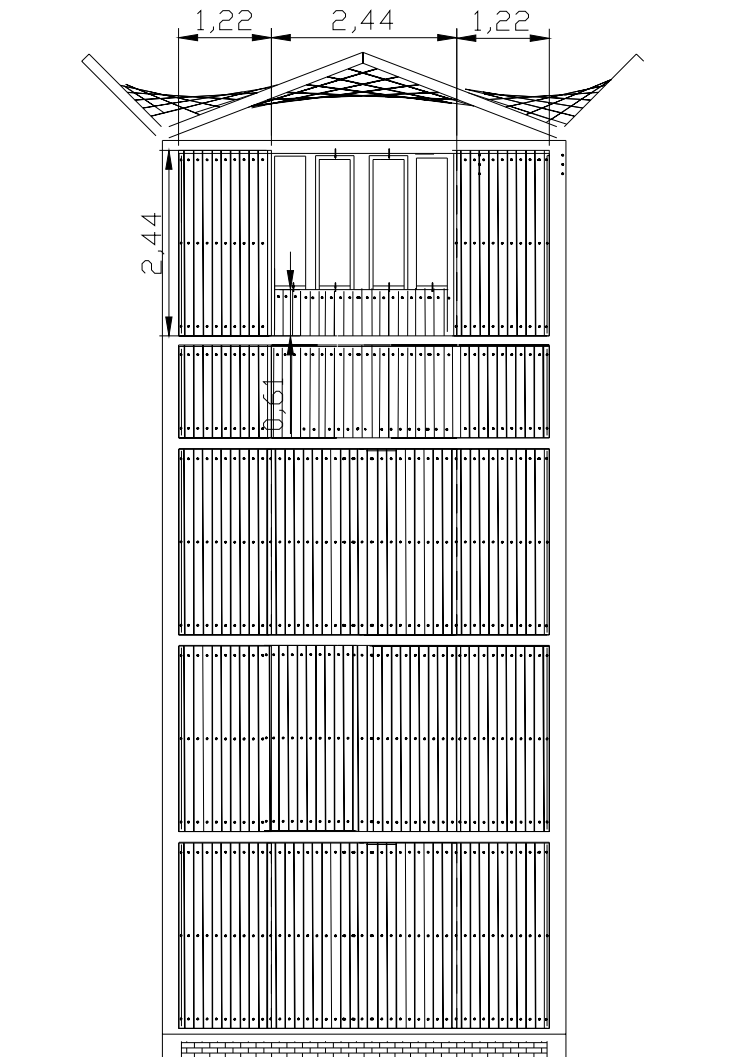
Elevação Norte

 <p><b>LaMEM</b> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira</p>	<small>DIREITOS AUTORAIS DE PROJETO RESERVADOS AO LAMEM</small>	
	<small>TÍTULO:</small> Edifício Experimental	<small>FOLHA Nº:</small> 08
	<small>CLIENTE:</small> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP	<small>DATA:</small> Março/2004
	<small>LOCAL:</small> EESC/USP CAMPUS 2 MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS - ESTADO DE SÃO PAULO	<small>ESCALA:</small> 1/100
	<small>DESCRIÇÃO:</small> Elevação da Estrutura	




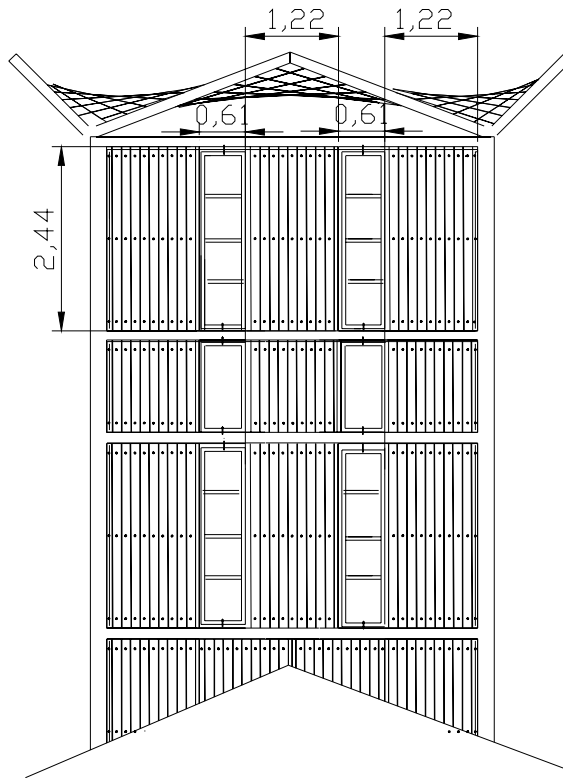
Elevação Sul

 <b>LaMEM</b> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira	<small>DIREITOS AUTORIZADOS DE          PROJETO RESERVADOS AO          LaMEM</small>	
	<small>TÍTULO</small> Edifício Experimental	<small>FIGURA Nº</small> 08
<small>CLIENTE</small> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP	<small>DATA</small> Março/2004	
<small>LOCAL</small> EESC/USP CÂMPUS 2 MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – ESTADO DE SÃO PAULO	<small>ESCALAS</small> 1/100	
<small>DESCRIÇÃO</small> Elevação da Estrutura		




Elevação Oeste

 <b>LaMEM</b> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira	DIREITOS AUTORAIS DE PROJETO RESERVADOS AO LAMEM	
	OBRA: Edifício Experimental	FOLHA Nº: 08
CLIENTE: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP	DATA: Março/2004	
LOCAL: ESCOLA/USP CAMPUS 2 MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS - ESTADO DE SÃO PAULO	ESCALA: 1/100	
TÍTULO: Elevação da Estrutura		



Marcenaria

Elevação Leste

 <b>LaMEM</b> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira	DIREITOS AUTORAIS DE PROLATO RESERVADOS AO LAMEM	
	DATA: Edifício Experimental	FOLHA Nº: 08
CLIENTE: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP	DATA: Março/2004	
LOCAL: EESC/USP CAMPUS 2 MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS - ESTADO DE SÃO PAULO	ESCALA: 1/100	
DESENHO: Elevação da Estrutura		

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)