

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**CHAPAS DE MADEIRA PARA VEDAÇÃO VERTICAL DE EDIFICAÇÕES
PRODUZIDAS INDUSTRIALMENTE
- PROJETO CONCEITUAL -**

Doutorando: SANDRO FÁBIO CÉSAR

Orientador: EUGENIO A. DIAZ MERINO

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

**Florianópolis
2002**

**CHAPAS DE MADEIRA
PARA VEDAÇÃO VERTICAL
DE EDIFICAÇÕES PRODUZIDAS
INDUSTRIALMENTE
- PROJETO CONCEITUAL -**

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

**CHAPAS DE MADEIRA PARA VEDAÇÃO
VERTICAL DE EDIFICAÇÕES PRODUZIDAS
INDUSTRIALMENTE
- PROJETO CONCEITUAL -**

Sandro Fábio César

Tese apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
Como requisito para obtenção
do título de Doutor em
Engenharia de Produção

Florianópolis
2002

Sandro Fábio César

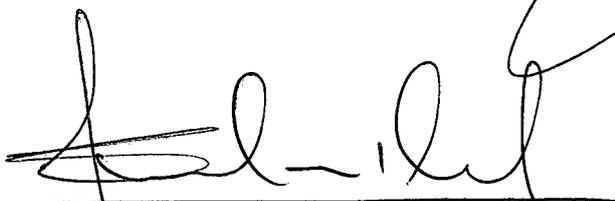
**CHAPAS DE MADEIRA
PARA VEDAÇÃO VERTICAL DE EDIFICAÇÕES
PRODUZIDAS INDUSTRIALMENTE
- PROJETO CONCEITUAL -**

Esta tese foi julgada e aprovada para a
obtenção do título de **Doutor em Engenharia de
Produção** no Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina

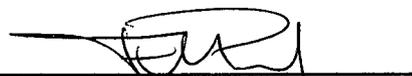
Florianópolis, 25 de março de 2002.

Prof. Ph.D Ricardo Miranda Barcia
Coordenador do Programa

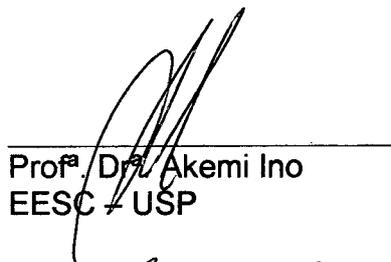
BANCA EXAMINADORA



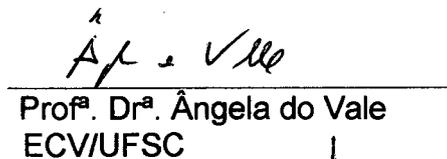
Prof. Dr. Eugenio Andrés Diaz Mermo
PPGEP/EGR - UFSC
Orientador



Prof. Dr. Éilson Manoel Pereira
PPGEP/EGR - UFSC
Moderador



Prof.ª Dr.ª Akemi Ino
EESC - USP



Prof.ª Dr.ª Ângela do Vale
ECV/UFSC



Prof. Dr. Carlito Calil Junior
EESC - USP



Prof. Dr. Fernando Barth
ARQ/UFSC

A Rita Dione, pelo apoio constante,
Carinho, amor e dedicação.

Agradecimentos:

À Universidade Federal de Santa Catarina.

À Universidade Federal da Bahia.

Ao Departamento de Construção e Estruturas EPUFBA.

A CAPES.

À Fundação Escola Politécnica da Bahia pelo auxílio pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eugenio A. Diaz Merino, por todo apoio e atenção.

Ao Eng. Leonel Freitas Menezes – por ter intercedido junto a FLOSUL para doação da madeira utilizada na construção dos protótipos.

A Profª Drª Carolina Palermo Szücs por todo apoio e atenção que nos prestou no início desta pesquisa.

A Profª. Drª. Maria Ângela P. C. S. Borttolucci por todo apoio na obtenção da documentação necessária das disciplinas cursadas na Escola de Engenharia de São Carlos durante nosso mestrado, para equivalência de créditos junto ao Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção da UFSC.

Ao Prof. Dr. Fernando Barth, pela atenção, disposição e contribuição que sempre nos prestou.

À Profª. Drª. Dora Maria Horth, pelo apoio nos momentos difíceis que Eu e Rita enfrentamos.

A Manoel Nicolau Rogério – Marceneiro – pelo apoio para construção dos protótipos desta pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	p.IV
Lista de Quadros.....	p.VII
Lista de Tabelas.....	p.IX
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	p.X
Resumo.....	p.XI
Abstract.....	p.XII
1. INTRODUÇÃO.....	p. 1
1.2. Proposta do Trabalho.....	p.3
1.2.1. Formulação do Problema.....	p.3
1.2.2. Objetivos.....	p.4
1.2.2.1. Geral.....	p.4
1.2.2.2. Específicos.....	p.5
1.2.3. Justificativa.....	p.6
1.2.4. Hipóteses.....	p.8
1.2.5. Metodologia da Pesquisa.....	p.9
1.2.5.1. Classificação do Estudo.....	p.9
1.2.5.2. Delimitação da Pesquisa.....	p.10
1.2.5.3. Identificação das Variáveis.....	p.11
1.2.5.4. Técnicas de Coletas de Dados.....	p.12
1.2.6. Estrutura da Pesquisa.....	p.13
1.2.7. Resultados Esperados.....	p.14
1.3. Perspectivas.....	p.15
1.3.1. Originalidade da Pesquisa.....	p.15
1.3.2. Contribuições da Pesquisa.....	p.16
2. CONSIDERAÇÕES DA TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES DE MADEIRA E CONCEITOS.....	p.17
2.1. A Matéria-Prima e a Tecnologia de Edificações de Madeira Industrializada no Brasil.....	p.17
2.1.1. O Panorama Brasileiro da Matéria – Prima Madeira.....	p.17
2.1.2. Características, Potencialidades e Limitações da Madeira.....	p.20
2.1.3. O Panorama Tecnológico de Edificações de Madeira Industrializada.....	p.24
2.1.3.1. O Projeto do Produto e o Consumidor de Casas de Madeira.....	p.27
2.2. Conceitos Relacionados com Casa de Madeira.....	p.32
2.2.1. Conceitos sobre Sistemas Construtivos Abertos & Fechados.....	p.32
2.2.2. Conceitos sobre Vedação Vertical.....	p.35
2.2.3. Conceitos de Construtividade.....	p.39
2.3. Considerações finais.....	p.41
3. TIPOS DE CHAPAS PRODUZIDAS INDUSTRIALMENTE.....	p.43
3.1. Definição de chapas, placas e painéis.....	p.43
3.2. Chapas de Madeira.....	p.46
3.2.1. Aglomerados.....	p.48

3.2.1.1 Chapas de Partículas Madeira Aglomerada " <i>Particle Board</i> " (PB).....	p.48
3.2.1.2 Chapas de Flocos de Madeira Orientados OSB " <i>Oriented Strand Board</i> ".....	p.51
3.2.2 Chapas à Base de Fibras.....	p.55
3.2.2.1 Chapas de Fibras.....	p.55
3.2.2.2 Chapas de fibras de Média Densidade MDF (<i>Medium Density Fiberboard</i>).....	p.58
3.2.3 Chapas de Madeira Laminada " <i>Plywood</i> ".....	p.60
3.2.3.1 Chapas de madeira Compensada.....	p.61
3.2.3.2 Chapas de Sarrafeado.....	p.64
3.2.4 Chapas feitas com outros Materiais.....	p.65
3.2.4.1 Chapas de Gesso.....	p.66
3.2.4.2 Chapas Cimentícias.....	p.70
3.3. Análise das chapas de madeira reconstituídas.....	p.71
3.3.1. Características Físicas.....	p.74
3.3.1.1. Homogeneidade.....	p.74
3.3.1.2. Anisotropia.....	p.74
3.3.1.3. Densidade.....	p.74
3.3.1.4. Resistência ao Inchamento.....	p.75
3.3.1.5. Estabilidade Dimensional.....	p.75
3.3.2. Características Mecânicas.....	p.75
3.3.3. Degradação das Chapas.....	p.76
3.3.3.1. Resistência ao Intemperismo.....	p.76
3.3.3.2. Biodeterioração.....	p.76
3.3.4. Características Geométricas - Grandes Dimensões.....	p.77
3.3.5. Adequação ao Uso.....	p.77
3.3.5.1. Controle de Defeitos.....	p.77
3.3.5.2. Adequação a Construção Civil.....	p.77
3.3.5.3. Descarte da Chapa.....	p.78
3.4. Considerações Finais.....	p.78
4. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA PARA EDIFICAÇÕES RESIDÊNCIAIS.....	p.80
4.1. Sistema Pilar-Viga com Vedação Vertical em Tábuas Pregadas Matajuntadas por Ripas.....	p.83
4.2. Sistema de Painel Portante Composto de Pranchas Horizontais.....	p.87
4.3. Sistema Plataforma.....	p.93
4.4. Análise dos Sistemas Construtivos Selecionados.....	p.101
4.4.1. Análise do Sistema Pilar-Viga e Vedação feita com Tábuas Verticais Matajuntadas por Ripas.....	p.103
4.4.1.1. Aspectos positivos.....	p.103
4.4.1.2. Aspectos limitantes.....	p.103
4.4.1.3. Comentários sobre Sistema Pilar-Viga e vedação vertical feita com tábuas matajuntadas.....	p.104
4.4.2. Análise do Sistema Painel Portante Composto de Pranchas Horizontais.....	p.107
4.4.2.1. Aspectos positivos.....	p.107
4.4.2.2. Aspectos limitantes.....	p.107

4.4.2.3. Comentários sobre sistema parede portante da empresa selecionada.....	p.109
4.4.3. Análise do Sistema Plataforma.....	p.112
4.4.3.1. Aspectos positivos.....	p.112
4.4.3.2. Aspectos limitantes.....	p.113
4.4.3.3. Comentários sobre o elemento de vedação externa do Sistema Plataforma.....	p.114
4.4. Considerações Finais.....	p.117
5. PROJETO DE NOVOS PRODUTOS.....	p.120
5.1. Princípios de Desenvolvimento de Novos Produtos.....	p.121
5.2. Princípios do Estilo.....	p.128
5.2.1. Sistemas construtivos adotados X estilos do produto.....	p.131
5.3. Delimitação do Problema.....	p.141
5.4. Projeto Conceitual.....	p.145
5.4.1. Análise da tarefa.....	p.145
5.4.2. Análise das funções do produto.....	p.155
5.4.3. Seleção do conceito.....	p.167
5.4.4. Especificação do projeto.....	p.172
5.5. Síntese do Projeto Conceitual.....	p.177
6. CONFIGURAÇÃO DO PROJETO.....	p.179
6.1. Arquitetura do Produto.....	p.179
6.2. Materiais Adotados.....	p.194
6.2.1. Adesivo.....	p.194
6.2.2. Espécies de madeiras recomendadas.....	p.197
6.3. Construção e teste do Protótipo.....	p.201
6.3.1. Construção dos protótipos das chapas de madeira.....	p.202
6.3.2. Teste do Protótipo.....	p.215
6.3.2.1. Fundamentação teórica para realização dos testes.....	p.215
6.3.2.2. Montagem do ensaio.....	p.218
6.4. Considerações Finais.....	p.222
7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	p.225
7.1. Discussões.....	p.225
7.2. Conclusões.....	p.234
7.3. Recomendações.....	p.235
8. BIBLIOGRAFIA.....	p.237
8.1. Referências Bibliográficas.....	p.237
8.2. Obras não Referenciadas.....	p.247
ANEXOS.....	p.250

Lista de Figuras

CAPÍTULO II

Figura 1:	Esquema das etapas de desenvolvimento do produto.....	p.28
Figura 2:	Conceito de vedação vertical feita com materiais não rígidos.....	p.35
Figura 3:	Conceitos de vedações verticais feitas com materiais não rígidos em terra e madeira.....	p.36
Figura 4:	Conceito de vedação vertical feito com elementos de pequenas dimensões, tijolos e blocos de cimento.....	p.37
Figura 5:	Conceito de vedação vertical feita com painéis de pequenas dimensões.....	p.37
Figura 6:	Conceito de vedação vertical feita com painéis de pequenas dimensões.....	p.38
Figura 7:	Conceito de vedação vertical industrializado, constituído por chapas leves e estrutura delgada.....	p.38

CAPÍTULO III

Figura 8:	Desenho esquemático de chapa mostrando o carregamento contido no mesmo plano.....	p.43
Figura 9:	Desenho esquemático de placa mostrando o carregamento perpendicular ao seu plano médio de carregamento.....	p.44
Figura 10:	Painel vertical de vedação.....	p.44
Figura 11:	Diagrama do processo de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.....	p.50
Figura 12:	Linha de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.....	p.50
Figura 13:	Orientação dos flocos de madeira para formar a chapa de OSB.....	p.51
Figura 14:	Manufatura de painéis de OSB.....	p.53
Figura 15:	Aplicação de chapas de OSB para fechamento de estrutura "frame".....	p.55
Figura 16:	Fluxograma das etapas do processo de produção das chapas de fibras: processo úmido, semi-seco e seco.....	p.57
Figura 17:	Etapas de produção das chapas de fibras de madeira.....	p.58
Figura 18:	Chapas de MDF.....	p.60
Figura 19:	Lâminas de madeira empregadas na composição de chapas de compensado.....	p.62
Figura 20:	Etapas de produção das chapas de lâminas de madeira.....	p.63
Figura 21:	Aplicação de chapas de compensado para compor piso de edificação... ..	p.64
Figura 22:	Aplicação de chapas de compensado para composição de vedação vertical.....	p.64
Figura 23:	Chapa de sarrafeado.....	p.65
Figura 24:	Processo de fabricação da chapa de gesso acartonado.....	p.67
Figura 25:	Extração da gipsita e processo de fabricação das chapas de gesso acartonado.....	p.68
Figura 26:	Desperdício de material em obra feita com a técnica de construção a seco, empregando chapas de gesso acartonado.....	p.69
Figura 27:	Chapa Cimentícia.....	p.70

CAPÍTULO IV

Figura 28:	Corte do detalhe da fundação feito com pilarete de alvenaria.....	p.83
Figura 29:	Barroteamento primário e secundário com as tábuas do assoalho e madeiramento que compõem a superestrutura.....	p.84
Figura 30:	Detalhe da vedação de madeira com tábuas verticais e mata-juntas na face externa e interna da parede.....	p.85
Figura 31:	Aspecto geral de uma edificação em madeira feita com tábuas matajuntadas com ripas.....	p.86
Figura 32:	Seqüência de execução de fundação tipo sapata corrida.....	p.88
Figura 33:	Exemplo de solução de construção de piso de tabuado.....	p.89
Figura 34:	Detalhe das tábuas que compõem as paredes e do frechali arrematando a parede sustentando caibro e ripas.....	p.90

Figura 35:	Detalhe das pranchas de madeira de maçaranduba ancoradas em um pilarete de canto.....	p.90
Figura 36:	Detalhe da instalação da tubulação de água para chuveiro do Sistema CASEMA.....	p.91
Figura 37:	Casa modelo Ubatuba com 320m ²	p.92
Figura 38:	Modelo de casa popular com 24m ²	p.92
Figura 39:	Edifício de três pavimentos em estrutura de madeira Sistema Plataforma.....	p.93
Figura 40:	Montagem do Sistema Plataforma.....	p.94
Figura 41:	Detalhe de fundação para casas construídas com sistema "frame".....	p.95
Figura 42:	Fundação de concreto tipo sapata corrida e vigas de madeira para sustentação do primeiro piso e estrutura para sustentação do segundo piso.....	p.95
Figura 43:	Aspecto geral das vigas de sustentação de piso do segundo pavimento apoiadas sobre a estrutura "frame" do painel da parede.....	p.96
Figura 44:	Seqüência de montagem de uma parede interna de gesso acartonado construída no Sistema Plataforma.....	p.97
Figura 45:	Detalhe de parede externa do sistema "Plataform Framing" com revestimento de argamassa.....	p.98
Figura 46:	Detalhe de execução da instalação elétrica passando pelos montantes do painel de madeira.....	p.99
Figura 47:	Detalhe de chapa de proteção em montantes com seção reduzida para passagem de instalação elétrica.....	p.99
Figura 48:	Conceito de tubulação para instalações hidráulicas de águas quente e fria com tubos flexíveis.....	p.100

CAPÍTULO V

Figura 49:	Funil de decisões.....	p.123
Figura 50:	Casa de tábuas matajuntadas com ripas.....	p.131
Figura 51:	Projeto conceitual de Casa de madeira - Modelo Cananéia.....	p.132
Figura 52:	Casa Sistema Plataforma.....	p.132
Figura 53:	Desenho com repetição e similaridade para composição de vedação vertical para casas de madeira de tábuas matajuntadas com ripa.....	p.134
Figura 54:	Desenho com repetição para composição de vedação vertical auto portante para casas de madeira.....	p.134
Figura 55:	Desenho com repetição p/ara composição do revestimento do sistema plataforma.....	p.135
Figura 56:	Detalhe do elemento de repetição para composição do revestimento do sistema plataforma.....	p.136
Figura 57:	Contribuição do aspecto natural do material para formação do estilo do produto.....	p.138
Figura 58:	Estilo do produto com linguagem de simplicidade, embasado no desenvolvimento tecnológico e facilidade de montagem.....	p.139
Figura 59:	Mapa de visualização do espaço do problema.....	p.142
Figura 60:	Aspectos gerais externos das edificações consideradas para a análise da tarefa.....	p.147
Figura 61:	Aspectos gerais (interno e externo) da edificação do Sistema Plataforma considerada para a análise da tarefa.....	p.147
Figura 62:	Gráfico da força X deformação em ligações de madeira.....	p.162
Figura 63:	Tábuas manchadas com lista preta, pela oxidação dos pregos cravados pelo lado externo da moradia.....	p.178
Figura 64:	Rachadura decorrente da utilização de tábua com alto teor de umidade..	p.178

CAPÍTULO VI

Figura 65:	Possibilidades de composição de peças de 20cm de largura, feitas com tábuas de 10cm de largura, para compor chapas de 40cm, 60cm e 80cm de largura com emendas internas as chapas denominadas de EI e emendas de extremidades EII.....	p.189
------------	--	-------

Figura 66:	Possibilidades de composição de peças de 30cm de largura, feitas com tábuas de 10cm de largura, par compor chapas de 60cm e 90cm de largura com emendas internas as chapas denominadas de EI e emendas de extremidades EII.....	p.189
Figura 67:	Defeitos de secagem verificados nas tábuas de madeira utilizadas para produção dos protótipos das chapas de vedação vertical.....	p.202
Figura 68:	Defeitos de formação da madeira verificados nas tábuas de madeira utilizadas para produção dos protótipos das chapas de vedação vertical.....	p.203
Figura 69:	Corte das tábuas abauladas em peças menores para diminuir o raio de curvatura da tábua, gerado durante o processo de secagem.....	p.203
Figura 70:	Processo de produção das peças aparelhadas e bitoladas conforme a seção desejada.....	p.204
Figura 71:	Peças cortadas e numeradas para formar tábuas de 260cm e aplicação de adesivo no topo das peças.....	p.205
Figura 72:	Arrumação das peças na prensa para reconstituírem as tábuas de 260cm.....	p.205
Figura 73:	Aparelhamento das faces de menor dimensão das tábuas reconstituídas, para se obter a seção desejada.....	p.206
Figura 74:	Tábuas reconstituídas, aparelhadas e bitoladas na seção desejada.....	p.207
Figura 75:	Etapas de produção das chapas de vedação vertical proposta.....	p.210
Figura 76:	Processo de prensagem das chapas.....	p.210
Figura 77:	Lixamento das chapas para acabamento superficial.....	p.211
Figura 78:	Características das peças de madeira – cor e textura.....	p.212
Figura 79:	Frisos de acabamento da chapa a cada 20cm manchado pela cola.....	p.215
Figura 80:	Representação esquemática do ensaio de corpo mole.....	p.217
Figura 81:	Montagem da armação de madeira para fixação das chapas a serem ensaiadas.....	p.219
Figura 82:	Ensaio de corpo mole das chapas de vedação vertical.....	p.220
Figura 83:	Ensaio de impacto de corpo mole com a chapa A2 Antes de depois do teste.....	p.223

Lista de Quadros

CAPÍTULO III

Quadro 1:	Características das chapas feitas com madeira reconstituída.....	p.72
-----------	--	------

CAPÍTULO IV

Quadro 2:	Sistemas construtivos em madeira classificados pela tipologia da estrutura resistente da construção.....	p.81
Quadro 3:	Características das vedações verticais de três sistemas construtivos em madeira.....	p.102
Quadro 4:	Apresentação das soluções construtivas do sistema viga-pilar com vedação vertical de tábuas matajuntadas.....	p.105
Quadro 5:	Apresentação das soluções construtivas do sistema CASEMA.....	p.109
Quadro 6:	Apresentação das soluções construtivas do sistema plataforma.....	p.114

CAPÍTULO V

Quadro 7:	Aplicação do funil de decisões para chapas de madeira.....	p.127
Quadro 8:	Vedações verticais - tábuas matajuntadas c/ ripas: interação construtor – produto.....	p.148
Quadro 9:	Vedações verticais – painel portante feito com pranchas horizontais: interação construtor – produto.....	p.150
Quadro 10:	Vedações verticais – sistema plataforma: interação construtor – produto.....	p.153
Quadro 11:	Classificação das funções da chapa para vedação vertical.....	p.157
Quadro 12:	Adaptação da árvore funcional para a chapa de vedação vertical.....	p.158
Quadro 13:	Conceitos de chapas para vedação vertical para edificação de madeira.....	p.160
Quadro 14:	Geração de conceitos para chapas de vedação vertical.....	p.161
Quadro 15:	Síntese dos conceitos vedação vertical abordados no capítulo IV e da nova proposta para a chapa de vedação vertical.....	p.164
Quadro 16:	Seleção do melhor conceito p/ chapas de vedação vertical de madeira. Conceito referencial - revestimento de “siding” de madeira do sistema plataforma.....	p.168
Quadro 17:	Especificação do produto.....	p.171
Quadro 18:	Requisitos do mercado e especificações do projeto.....	p.172
Quadro 19:	Requisitos do funcionamento e especificações do projeto.....	p.173
Quadro 20:	Requisitos de fabricação e especificação de projeto.....	p.173
Quadro 21:	Requisitos de normas e legislação para especificação do projeto.....	p.174
Quadro 22:	Requisitos sobre projeto do produto chapas de madeira.....	p.176

CAPÍTULO VI

Quadro 23:	Conceitos de emendas para formar tábuas de madeira reconstituída, a partir de peças de pequenos comprimentos.....	p.181
Quadro 24:	Possibilidades de emendas laterais para tábuas de madeira serrada.....	p.184
Quadro 25:	Possibilidades de acabamento nas juntas das chapas.....	p.190
Quadro 26:	Conceitos de ligação para extremidades das chapas adjacentes de madeira reconstituída.....	p.192
Quadro 27:	Conceito de ligação das chapas na estrutura de sustentação da edificação.....	p.193
Quadro 28:	Tipo de adesivos, uso e condições de uso.....	p.195
Quadro 29:	Características e recomendações de utilização para sete espécies de madeira de Eucalyptus.....	p.200
Quadro 30:	Conceitos de ligações entre tábuas de madeira empregados nas composições das chapas de madeira colada.....	p.208
Quadro 31:	Valores recomendados de impactos para vedações verticais externas sem função estrutural.....	p.218
Quadro 32:	Desempenho das chapas, conforme deslocamentos médios horizontais e falhas decorrentes de impactos de corpo mole.....	p.221

ANEXOS

Quadro 33: Empresas que constroem casas de madeira pré-fabricadas.....	p.250
Quadro 34: Empresas que constroem casas de madeira no sistema de parede portante.....	p.255
Quadro 35: Características de colas caseína, uréia-fenol e resorcina-formol.....	p.256

Lista de Tabelas

CAPÍTULO II

Tabela 1:	Total de áreas plantadas em Pinus e Eucalyptus.....	p.18
-----------	---	------

CAPÍTULO III

Tabela 2:	Defasagem da produção nacional em relação a produção mundial de Chapas e Elementos a base de madeira reconstituída.....	p.47
Tabela 3:	Características da chapas de gesso acartonado.....	p.66

CAPÍTULO VI

Tabela 4:	Possibilidades de composição com os multimódulos de 20 e 30cm...	p.188
Tabela 5:	Possibilidades de composição de chapas com os multimódulos de 20 e 30cm, com largura menor que 100cm.....	p.188
Tabela 6:	Valores médios usuais de resistência e rigidez do Eucalyptus grandis.....	p.201

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABIMCI.....	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ASTIC.....	Associação de Tecnologias Integradas na Construção
BB.....	"Blockboard" chapa de madeira sarrafeada
CCA.....	Arseniato de Cobre Cromatado
CMHC.....	"Canada Mortgage and Housing Corporation"
CVT.....	Contração Volumétrica Total
DA.....	Densidade Aparente
d _h	Deformação ou deslocamento horizontal
d _{hr}	Deformação ou deslocamento horizontal residual
E (J).....	Energia de impacto
EESC.....	Escola de Engenharia de São Carlos
FAT.....	Fator Anisotrópico Total
h.....	Altura de queda do saco de impacto de corpo mole
HB.....	"Hardboard" chapa de fibra dura
IB.....	"Insulating Board" chapas de fibras isolantes
IPRJ.....	Instituto Politécnico do Rio de Janeiro
IPT.....	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO.....	"International Organization for Standardization"
LaMEM.....	Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira
LVL.....	"Laminated Veneer Lumber"
M.....	Massa
MB-3256.....	Metodo Brasileiro – Divisórias Leves Internas Moduladas – Verificação da Resistência a Impactos
MB-3259.....	Metodo Brasileiro – Divisórias Leves Moduladas – Verificação do Comportamento sob ação de Cargas provenientes de peças Suspensas
MDF.....	"Medium Density Fiberboard" chapa de média densidade
MOE.....	Módulo de Elasticidade à Flexão
MOR.....	Módulo de Ruptura
MRC.....	Máxima Resistência ao Cisalhamento Paralelo às Fibras
MRCP.....	Máxima Resistência à Compressão Paralela às Fibras
NBR 10024..	Norma Brasileira "Chapa dura de fibras de madeira"
NBR 5714...	Norma Brasileira "Painel Modular Vertical"
NBR 7190....	Norma Brasileira "Projeto de Estruturas de Madeira"
NBR 9532....	Norma Brasileira "Chapas de Madeira Compensada"
NBR-8054...	Norma Brasileira – Porta de Madeira de Edificação – Verificação do Comportamento da Folha Submetida a Manobras Anormais
OSB.....	"Oriented Strand Board" - chapas de flocos orientados
PB.....	"Particle Board" - chapas de madeira aglomerada
PVC.....	Cloreto de polivinilo
PW.....	"Plywood" chapa de madeira compensada
S2S.....	Chapa dura com duas faces lisas
SIS.....	Chapa dura com uma face lisa
UERJ.....	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
USP.....	Universidade de São Paulo
WB.....	"Waferboard" chapas de flocos não orientados
WWPA.....	"Western Wood Products Association"

RESUMO

CÉSAR, Sandro Fábio. Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente – projeto conceitual.
Florianópolis, 2002, 256f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

O setor industrial de casas de madeira no Brasil apresenta um atraso tecnológico que se reflete no produto e na satisfação do consumidor. As inovações tecnológicas agregadas aos elementos construtivos da casa de madeira, também contribuem para ampliar sua competitividade no mercado da construção civil, fazendo a madeira se impor como material de boa qualidade e durabilidade, esta última muito contestada em relação a outros materiais como tijolos e concreto. Esta pesquisa aborda, em particular, aspectos técnicos sobre os elementos de vedação vertical de casas industrializadas de madeira, aplicando a metodologia de projeto de produtos proposta por BAXTER (1998), visando a inovação tecnológica desses elementos construtivos e resultando num projeto conceitual na produção de protótipos, na análise do processo de produção dos mesmos. Considerando que a indústria da madeira de florestas plantadas de rápido crescimento tem crescido bastante nos últimos anos, optou-se por utilizar uma espécie de Eucalyptus como uma alternativa para matéria-prima das chapas para compor as vedações verticais. Com os resultados obtidos nos ensaios dos protótipos foi possível verificar a validade do projeto conceitual, e levantar indicativos para dar continuidade e aprofundamento à proposta em futuros estudos.

PALAVRAS CHAVES: Madeira de Floresta Plantada, Chapas, Projeto Conceitual, Construção Civil.

ABSTRACT

CÉSAR, Sandro Fábio. Wooden vertical wall elements in industrialized wooden houses – conceptual design. Florianópolis, 2002, 256f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

Wooden house industry presents a technologic delay in Brazil. This reflects in the wooden products and consumers' satisfaction. Technologic innovations can contribute to increase the competitiveness of wooden construction elements. These innovations also emphasize wood's quality and its durability in comparison to other materials like concrete or brick. This work approaches techniques subjects about vertical wall elements in industrialized wooden houses and uses BAXTER's methodology for product design. The result is a conceptual design to innovate wooden wall elements. The research also aims to produce the prototypes of the walls in Eucalyptus wood and to analyze their production process. Eucalyptus wood has been opted because of its fast growth and because of the successful increase of forests plantations in the last years. This work shows the conceptual design validity and indicates ways to continue this study in the future.

Keys words: planted forest wood, wall, conceptual design, building construction.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira de um modo geral e voltada à habitação, ainda pode ser considerada como um dos setores mais atrasados de nossa economia, quando comparada com outras indústrias de bens de consumo. Inúmeros são os fatores que determinam este atraso tecnológico. Entre eles, o uso de mão de obra com baixa qualificação, materiais e recursos muitas vezes inadequados às necessidades da obra e à realidade de determinadas regiões do Brasil, como também a utilização de processos ultrapassados que ainda resistem ao tempo por razões culturais.

Este atraso pode ser verificado em tarefas de levantamento de paredes externas e internas de alvenarias e de instalação dos sistemas hidráulico e elétrico, que geram grande volume de repetição de trabalho e de entulho, em virtude dos cortes que se fazem nas paredes para a colocação dos dutos, refletindo também no acabamento. Devido à forma como são feitos, também os transportes verticais e horizontais dos materiais contribuem para quebra de materiais e desperdícios. Isto ocorre por causa das muitas atividades que são realizadas simultaneamente em um mesmo local com finalidades diferentes, ocorrendo interferências nos trabalhos de uma equipe em relação à outra, mesmo que involuntariamente, provocando atropelos, imprecisões e atraso, conforme depoimento da construtora Construção Racional Tati & Tael (2000) no VI Seminário de Soluções Tecnológicas Integradas – Paredes de Gesso acartonado e sistemas Complementares, realizado em abril de 2000 em São Paulo.

Segundo BITTENCOURT (1995-a), mesmo nos países mais desenvolvidos, a indústria da construção civil também é uma das mais atrasadas, quando comparada com outros setores industriais, caracterizando-se como uma das mais complexas, por ser o resultado da interligação de setores ou ramos produtivos das diferentes áreas. Enfocando o sub setor de edificações, a complexidade da indústria da construção civil se deve ao resultado de interações de diversos setores produtivos de áreas diferentes, caracterizando a construção civil brasileira como um misto de produtos industrializados com outros tantos artesanais ou semi-artesanais.

A heterogeneidade da construção civil no Brasil também tem relação com fatores culturais, sociais e econômicos de cada região em que o produto moradia é inserido. BITTENCOURT (op.cit.) coloca também que a baixa produtividade, as grandes perdas de materiais (durante a execução das obras) e a qualidade não satisfatória estão relacionadas aos processos de construção convencionais de custos econômicos e sociais elevados para o país, apesar de algumas regiões brasileiras tentarem introduzir processos racionalizados e/ou semi-industrializados.

Dentro deste contexto, pode-se constatar pouco desenvolvimento da indústria da construção civil aplicada à habitação. O avanço que se teve está ligado aos produtos de acabamento como revestimentos cerâmicos, tintas, louças sanitárias,

esquadrias e forros de diferentes materiais. Na área das estruturas, destaca-se o desenvolvimento do concreto de alta resistência e protendido aplicado também em lajes planas e o desenvolvimento das estruturas metálicas, empregadas como ossatura das edificações de múltiplos andares. No campo das vedações verticais, pode-se citar as placas de concreto protendido, de argamassa armada e os blocos de cimento autoclavados. Todavia, a vedação vertical das edificações ainda está muito calcada nos processos artesanais, executados com tijolos cerâmicos ou blocos de cimento assentados um a um com argamassa.

Ainda assim, mesmo com os avanços conseguidos nas indústrias de materiais de acabamento para as vedações, a qualidade final das mesmas fica muito dependente da qualificação do trabalho do operário que as executa, uma vez que os produtos de acabamento são incorporados às construções, através do trabalho artesanal. Isto denota a falta de um número maior de produtos industrializados ou semi-industrializados que possibilitem maior grau de liberdade de montagem e acabamento, para atender de forma mais satisfatória às necessidades dos consumidores de habitação.

Para um produto industrializado alcançar sucesso de mercado, seja ele um eletrodoméstico, um automóvel ou uma casa, segundo BAXTER (1998), deverá atender a três tipos de desejos de seus consumidores que são: as necessidades básicas, os fatores de excitação e os fatores de performance. Estas necessidades são levantadas através de pesquisas de mercado sobre o produto que a empresa está disponibilizando e pela análise dos produtos concorrentes. Dentro deste contexto, os produtos industrializados sempre apresentam melhorias de seu desempenho funcional, como também agregam novidades a um custo proporcional a sua qualidade, como é o caso das indústrias de eletro-eletrônicos. Quando se analisam estas indústrias, verifica-se que elas estão apoiadas na melhoria da qualidade de seus produtos, na racionalização de processos e no desenvolvimento de novas tecnologias. Esta realidade ainda se apresenta distante para a construção civil, porém pesquisadores como BLACHÉRE citado por BITTENCOURT (1995) acreditam que esta lógica também é viável para a construção civil alcançar um produto que atenda satisfatoriamente seu usuário.

Dentro deste panorama, como fica a casa de madeira? Este tipo de edificação sempre esteve presente na arquitetura brasileira, ocorrendo com maior incidência em algumas regiões do que em outras, a depender do momento histórico. Este produto foi muito utilizado em regiões de colonização com abundância de matas nativas. Uma das técnicas que mais se utilizou foi a de edificar com estrutura viga-pilar e vedada com tábuas pregadas matajuntadas com ripas. No entanto, seu desempenho técnico deixou a desejar quando comparada com as casas de alvenarias de tijolos. O insatisfatório desempenho técnico, associado ao preconceito que se formou em relação às casas de madeiras e o status atribuído à casa de tijolos como “casa para toda vida”, levaram a casa de madeira a ocupar um espaço menor no universo da construção civil, sendo esta utilizada como casa de interesse social “casa de baixo custo”, “casa para pobre” ou como segunda moradia (como casas de praia ou de campo) para uma clientela de maior poder financeiro.

A melhoria de um produto implica em perseguir um ideal de produto em relação a situação real que deverá ser transformada. Melhorar o produto "casa de madeira" do ponto de vista técnico é avançar mais um passo na meta de aumentar o número de consumidores deste produto. Este passo pode se iniciar com o estudo de um elemento que compõe a edificação. BAXTER (1998 p.175), coloca que o objetivo do Projeto Conceitual é de "produzir princípios de projeto para um novo produto. Ele deve ser suficiente para satisfazer as exigências do consumidor e diferenciar o novo produto de outros produtos existentes no mercado. Especificamente deve mostrar como o novo produto será feito para atingir os benefícios básicos".

Dentro desta definição é necessário estar claro o benefício básico do produto. Como "Benefício Básico" entende-se a idéia central do produto expressa de forma clara e concisa. É a vantagem que o consumidor perceberá no produto, estimulando-o a comprá-lo em relação aos similares concorrentes. Quando se define qual a clientela que o produto deverá atingir, isto facilita uma boa compreensão das necessidades do consumidor. A análise dos produtos concorrentes também auxilia no levantamento das necessidades e desejos dos consumidores. Com o levantamento destas informações, o projeto conceitual poderá fixar uma série de princípios em relação ao funcionamento do produto e os princípios de estilo. Estes princípios constituirão restrições para produzi-lo, como também nortearão o desenvolvimento desta pesquisa.

Com este panorama, pretende-se neste trabalho estudar a construção em madeira, enfocando a vedação vertical, através do desenvolvimento de seu projeto conceitual, utilizando a madeira de floresta plantada de Eucalyptus, para ser produzida industrialmente. Também são considerados neste trabalho os produtos concorrentes disponibilizados no mercado na forma de chapas e de sistemas construtivos, a linguagem do material empregado, os recursos disponíveis como equipamentos para produção, a disponibilidade de matéria prima.

1.2. PROPOSTA DO TRABALHO

Este sub-item é composto pela formulação do problema, objetivos (geral e específicos), justificativas, hipótese, metodologia empregada, estrutura da pesquisa, resultados esperados, limitações e pontos de contorno da pesquisa.

1.2.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Esta pesquisa tem como base o estudo da casa de madeira. Optou-se por abordar os aspectos técnicos deste tipo de edificação com ênfase nos elementos

de vedação vertical, uma vez que estes são os que mais apresentam problemas no seu desempenho funcional. Esses problemas começaram a ser observados a partir de visitas de campo feitas pelo autor, no período de 1981 a 2001, a casas de madeira na Região de Londrina construídas na época da colonização do norte do Paraná, da Alta Sorocabana no Estado de São Paulo, nas Regiões de Ourinhos, Sorocaba e São Roque e de Florianópolis em Santa Catarina. Neste ponto (vedações verticais), as habitações de madeira ainda falham no atendimento de sua função básica, provocando insatisfação do usuário e contribuindo com o desestímulo na adoção da casa de madeira como opção de moradia. Desta forma, se enfatiza a necessidade de inovar tecnologicamente os elementos de vedação em madeira como forma de solucionar alguns problemas detectados. Esses problemas, tais como frestas nas paredes, empenamentos das tábuas e deformações nas paredes, entre outros, são considerados nesta pesquisa como aspectos relevantes na elaboração da proposta conceitual da inovação tecnológica da vedação vertical das casas de madeira.

Para FERREIRA (1986, p. 444) a palavra conceitual é definida como: “realismo, conceptual – referente a, ou em que há concepção”. Com relação à palavra conceito, o mesmo autor (op.cit, p. 444) coloca que “conceito é a representação de um objeto pelo pensamento, por meio de suas características gerais. Abstração, idéia. Ação de formular uma idéia por meio de palavras; definição, caracterização”. Esses termos estão aqui definidos uma vez que serão largamente utilizados no decorrer de todo trabalho. O projeto conceitual, segundo BAXTER (1998), é aquele cujo processo gera o maior número possível de conceitos, dos quais se seleciona o melhor.

Para definição da problemática deste trabalho segue-se a metodologia de pesquisa apresentada por Martins citada por Da Silva e Menezes (2000), onde se apresenta o assunto, seguido do tema e o problema é levantado através de uma questão relacionada ao tema:

- **Assunto** – *Habitação Industrializada de madeira;*
- **Tema:** *Inovação tecnológica em vedações de casas industrializadas de madeira;*
- **Problema:** *Que aspectos de inovação tecnológica, a imprimir no elemento de vedação vertical de casa de madeira industrializada, podem melhorar o desempenho global do produto, em vista ao incremento de sua penetração no mercado?*

1.2.2. OBJETIVOS:

1.2.2.1. Geral

Desenvolver um projeto conceitual de chapas de madeira para vedação vertical externa para edificações residenciais produzidas industrialmente.

1.2.2.2. Específicos

Para se alcançar o objetivo geral desta pesquisa, delinearam-se outros objetivos de caráter específico, que buscam:

- a) Levantar o "Estado da Arte" sobre chapas de vedação vertical feita em madeira, sem função estrutural, através de pesquisa bibliográfica.
- b) Analisar as características técnicas dos elementos levantados, sendo estas referenciais para o desenvolvimento de novo produto.
- c) Eleger sistemas construtivos em nível nacional e internacional que possibilitem uma análise em relação à vedação vertical, considerando sua composição para construção de edificações, como subsídios para o desenvolvimento do projeto conceitual das chapas de madeira para vedação externa de edificações industrializadas.
- d) A partir da análise dos tipos de chapas e sistemas existentes, relacionar: durabilidade ao intemperismo; resistência à degradação biológica; facilidade de montagem; facilidade de fixação na estrutura; remoção simplificada; transporte manual por no máximo dois operários e segurança a intrusão. Estes requisitos que deverão estar presentes no projeto do produto proposto.
- e) Apresentar opções de projetos utilizando a linguagem gráfica e descritiva para as diversas possibilidades do produto, discutindo as vantagens e limitações de cada proposta referente as etapas relacionadas ao processo de produção.
- f) Projetar as chapas para vedação vertical, a partir de peças de pequena seção coladas lateralmente sem função estrutural.
- g) Considerar no projeto do componente a ser desenvolvido um sistema de fixação na estrutura, que simplifique a montagem, manutenção e remoção, bem como adaptações e ampliações dos espaços por seus ocupantes, em função da evolução das necessidades e condições financeiras dos mesmos.
- h) Considerar no projeto conceitual do produto, madeira de rápido crescimento oriunda de floresta plantada, com características adequadas com a finalidade proposta.
- i) Construir, protótipos do produto proposto e analisar seu processo de produção, como também seu desempenho em relação a aplicação de impactos de corpo mole em componentes de vedação sem função estrutural.

1.2.3. JUSTIFICATIVA

Uma vez estruturados os objetivos a serem alcançados, ressaltam-se os motivos que levaram a selecionar este tema e a sua problemática, chamando a atenção para os seguintes pontos:

- a) O grande déficit de moradia no mercado brasileiro estimula o desenvolvimento desta pesquisa, que procura com o projeto conceituar a vedação vertical das casas de madeira através da inovação tecnológica, melhorar o desempenho técnico deste produto, dando condições para que o mesmo possa ser mais competitivo no mercado da construção civil brasileira.
- b) A cultura popular brasileira de que a casa de alvenaria é melhor do que a casa de madeira está ligada em parte à questão de que a segunda “não é perene”, quando comparada com a primeira. Por esse motivo o produto (casa de madeira) ainda é destinado às classes sociais de menor poder aquisitivo ou como segunda moradia para a população de nível econômico mais elevado. Com esta pesquisa se investigará novos conceitos voltados a vedação vertical deste tipo de edificação, de modo que isto possa contribuir para a mudança desta realidade.
- c) Outro elemento incentivador desta pesquisa é a rapidez de montagem da casa de madeira, ainda que seja dentro de um processo racionalizado, porém artesanal. Esta característica começa a apresentar indícios de alteração da realidade citada no parágrafo acima, conquistando novos clientes das classes média e média alta, como primeira casa e não mais casa de campo ou de praia. Isto se deve, em parte, à economia que este produto possibilita em relação à mão-de-obra, por ser feita em menor tempo. Gerar conceitos de componentes para vedação vertical, para diminuir ainda mais o tempo de execução deste sub-sistema é mais um fator motivador desta pesquisa.
- d) Com a introdução de novos sistemas e componentes, hoje, existentes no mercado nacional, algumas empresas procuram construir a obra em regime de linha de produção, através de equipes de profissionais especializados e treinados, de modo a executar com rapidez as tarefas específicas dentro da obra, obedecendo a um cronograma especificado, como acontece no sistema de construção integrada. Este quadro começa a estruturar uma realidade que almeja um maior desenvolvimento de pesquisas que enfoquem a inovação tecnológica; padronização da construção, visando a redução de custos; treinamento de equipes de montagem das construções, inspirando-se nas linhas de montagem de produção das indústrias mais avançadas.
- e) Outro fator que impulsiona pesquisas voltadas à inovação tecnológica de produtos a base de madeira são os novos investimentos em unidade de

produção de painéis que estão sendo destinados para países emergentes, como também o crescimento do mercado interno acima de 6% e o externo com taxa média superior a 3% ao ano para consumo de produtos a base de madeira, segundo TOMASELLI (1998).

- f) A construção civil tem a partir do desenvolvimento da pesquisa de chapas feitas com a madeira maciça colada lateralmente uma alternativa construtiva a mais para sistemas integrados que possibilita diminuir o tempo de execução de uma construção.
- g) As linhas de pesquisas dos centros de estudos brasileiros que trabalham com a madeira enfatizam bastante as propriedades físicas e mecânicas e sua aplicação em estruturas e habitação de interesse social, porém a pesquisa é escassa no que tange a utilização da madeira em produção de elementos ou de componentes construtivos industrializados, principalmente referentes a elementos de vedação vertical industrializados.
- h) A pesquisa de chapas de vedação vertical feita de madeira maciça para utilização externa é uma lacuna dentro dos estudos desenvolvidos que visam a madeira e suas aplicações na construção civil.
- i) A extração da matéria-prima - madeira de florestas plantadas, por ser obtida de forma sustentada, agride menos ao meio ambiente, quando comparada com extração do minério de ferro, da argila, para produção de produtos como aço e cerâmica. Isto é um forte incentivo para o estudo e desenvolvimento de novos produtos a base de madeira de florestas plantadas.
- j) A utilização de madeira de florestas plantadas para desenvolvimento de pesquisas de produtos industrializados voltados para construção civil pode ser considerada como ecológica, pois reduz a pressão sobre as florestas nativas. Isto porque as madeiras de florestas plantadas são de rápido crescimento, o que possibilita ciclos de cortes em intervalo de tempo menor, como também contribui para obtenção de uma matéria-prima mais homogênea, ocasionando um maior rendimento durante o processamento.
- k) A industrialização da construção brasileira, no estágio em que se encontra, necessita aumentar ainda mais as pesquisas que busquem a melhor utilização das técnicas existentes, através da racionalização, como também do desenvolvimento de novos produtos que estimule o emprego de uma construção leve, seca e rápida. A pesquisa de componentes e de inovações tecnológicas com componentes de madeira é um passo a mais nesta direção.
- l) Desenvolver novas pesquisas que busquem melhor aproveitamento do material madeira, para se obter produtos para construção civil, é conveniente, uma vez que, o processo de industrialização dos componentes e das casas de madeira ainda está calcado na madeira

serrada, na grande maioria das empresas deste ramo. Este processo de produção deixa a desejar do ponto de vista de processamento racional da matéria-prima, da fabricação dos produtos e, em paralelo, a mão de obra desconhece o comportamento do material. Este quadro é um dos fatores que contribuem para o baixo desempenho das construções de madeira e conseqüentemente insatisfação dos usuários.

- m) Pesquisas de componentes de madeira para construção de edificações produzidas industrialmente tendem, em princípio, a contribuir para a melhoria da qualidade das casas de madeira, desde que os projetos dos novos produtos sejam desenvolvidos de acordo com o projeto de produção e a montagem no canteiro de obra, seja executada de acordo com as recomendações do fabricante.
- n) O desenvolvimento de pesquisas voltadas à produção de chapas de madeira maciça feita a partir de peças de pequena seção transversal coladas lateralmente, possibilita melhor aproveitamento da matéria-prima e viabiliza a produção de um componente que venha diminuir o tempo de construção de uma edificação.

1.2.4. HIPÓTESES

Esta pesquisa tem como diretrizes para alcançar os objetivos a hipótese geral e secundárias:

a) Geral:

- Através do projeto conceitual do elemento de vedação da casa de madeira industrializada é possível identificar os aspectos de inovação tecnológica a serem inseridos em seu processo de produção.

b) Secundárias:

- Peças de madeira de pequena espessura podem ser coladas lateralmente para formar componentes largos e esbeltos para serem empregados como chapas para compor o sistema de vedação vertical de edificações.
- Se considerarmos as limitações da espécie de madeira adotada e características do adesivo utilizado para colar peças de madeira longitudinalmente e transversalmente, a colagem lateral de tábuas reconstituídas de pequena espessura, pouca largura e grande comprimento, é uma alternativa viável para produção de componentes industrializado esbeltos e largos para compor o sistema de vedação vertical de edificações.

1.2.5. METODOLOGIA DA PESQUISA

1.2.5.1. Classificação do Estudo

A palavra pesquisa é freqüentemente empregada em um trabalho de iniciação científica ou de pós-graduação, seja ele de especialização, mestrado, doutorado ou de outra natureza. No entanto, seu significado nem sempre é percebido em sua totalidade. SILVA & MENEZES (2000 p. 20) coloca que “pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada, quando se tem um problema e não se têm informações para solucioná-lo”.

Sendo assim, conforme SILVA & MENEZES (2000), uma pesquisa poderá ser classificada, a depender de sua natureza, como pesquisa Básica ou Aplicada. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema ela poderá ser: Quantitativa ou Qualitativa. Em relação aos seus objetivos poderá se caracterizar como Exploratória; Descritiva ou Explicativa. Considerando os procedimentos técnicos, ela poderá se classificar como pesquisa Bibliográfica; Documental; Experimental; de Levantamento; de Estudo de Caso; pesquisa Ex-Post-Facto (quando se realiza o experimento depois dos fatos); pesquisa de Ação; ou ainda Participativa.

Dentro destas categorias de classificação esta pesquisa se caracteriza como Aplicada, pois ela se propõe a gerar conhecimentos para aplicação na resolução de uma determinada problemática relacionada com a construção de madeira. Do ponto de vista da abordagem do problema, se caracteriza como pesquisa Qualitativa, pois ela não requer necessariamente o emprego de métodos e técnicas estatísticas. É também descritiva, uma vez que o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente. Tem como foco principal de abordagem o processo e seu significado.

A metodologia geral desta pesquisa englobou preliminarmente um levantamento dos recursos disponíveis sobre a madeira de reflorestamento no Brasil para contextualizar a oferta de matéria-prima para habitações de madeira e de seus elementos construtivos. Em seguida, fez-se o levantamento dos tipos de chapas feitas de madeira reconstituída usualmente encontradas no mercado nacional e internacional. Depois se fez a seleção de três tipos de sistemas construtivos em madeira para edificação, sendo duas nacionais (uma técnica vernacular e a outra industrializada), e uma terceira empregada em países do primeiro mundo e que, atualmente, começa a ser empregada no Brasil. A partir destes levantamentos, realizou-se uma análise para verificar suas potencialidades e limitações, considerando a construção de moradias. Estas considerações constituíram parâmetros de projeto para o novo produto, juntamente como outros requisitos de projetos apresentados por instrumentos normativos. Com este material pôde-se, então, elaborar as diretrizes do projeto conceitual e o seu desenvolvimento em nível de propostas gráficas de vários detalhes (de junção lateral entre as chapas, emendas longitudinais, de acabamentos e de fixação na estrutura da edificação).

1.2.5.2. Delimitação da Pesquisa

Muitos enfoques podem ser adotados ao se pesquisar o tema casa de madeira. Estes poderão abordar questões de caráter social, político, aspectos voltados à plástica ou à técnica. Todas as abordagens são importantes e de grande relevância. Todavia, uma única pesquisa não poderá contemplar tudo ao mesmo tempo, em função da complexidade que seria inerente ao seu desenvolvimento. Sendo assim, optou-se por pesquisar o aspecto tecnológico dentro da temática casa de madeira.

Dentro do contexto que enfoca a técnica, também é grande o universo de questões a ser pesquisado cientificamente. Poder-se-á indagar sobre a segurança, considerando a estabilidade estrutural, incêndio, ou ainda em relação ao roubo. Do ponto de vista do conforto poderia ser estudado o conforto térmico, lumínico ou acústico. Na parte de acabamentos, poderiam ser verificados os materiais internos e externos. Em relação à estética, poderia ser pesquisado de que forma a técnica possibilitaria uma outra imagem para a construção de madeira, de modo a quebrar a imagem de material para construções de interesse social, moradias de praia e de campo. Optou-se por pesquisar tecnicamente apenas a vedação vertical da habitação de madeira, considerando alguns aspectos como: segurança, durabilidade, estética e o processo construtivo, considerando a rapidez de execução das fachadas das edificações.

Outro aspecto a ser ressaltado é a diversidade de papéis que a vedação vertical de madeira desempenha em diferentes sistemas construtivos, sendo eles de vedação simplesmente, vedação estrutural, ou ainda parte de um sistema mais complexo de vedação, como é o caso das paredes compostas por vários materiais verificado no sistema plataforma. Também foi considerado na escolha do tema o fator interação entre vedação vertical e usuário, ou seja, de que forma ela contribui para facilitar a manutenção (flexibilidade de uso) e ampliação do imóvel (flexibilidade de composição).

No processo construtivo de uma habitação o elemento de vedação vertical de alvenaria ainda é um dos que tem maior grau de trabalho artesanal, devido a sua execução ser realizada através do assentamento dos blocos cerâmicos ou de cimento, como também a colocação de suas instalações e seu acabamento, o que leva uma obra necessitar de um grande tempo para sua execução. Outras técnicas de construção de vedação vertical como aquelas feitas com madeira serrada, apesar de proporcionar um tempo menor de execução, quando comparado com as de alvenaria, ainda assim necessitam de grande tempo para serem edificadas, por ser a montagem feita tábuas por tábuas, e também decorrentes do mau uso do material.

Diminuir o tempo de execução de uma vedação vertical é um dos pontos a ser desenvolvido e aprimorado nos processos de industrialização da construção civil. A solução desta questão pode se dar de duas formas: a primeira pela inovação de fato, ou seja, a criação de um produto inédito no mercado; a segunda relacionada

com a inovação tecnológica, que passa por projetos menos inovadores, incluindo o re-desenho de produtos já existentes, possibilitando um novo produto, conforme BAXTER (1998). Este trabalho requer o conhecimento sobre o material empregado, em relação ao projeto do produto, processo de produção, de armazenamento, de transporte e a colocação no canteiro. Trata-se, então, de um trabalho multidisciplinar, pois são muitas as variáveis envolvidas neste processo de criação e produção de um novo produto.

Em relação à vedação vertical feita com produtos industrializados como as tábuas de madeira serradas e pregadas horizontalmente (conhecidas na literatura estrangeira como "*sidings*") e os revestimentos de PVC e alumínio que imitam o desenho dos "*sidings*", todos são aplicados na obra de forma artesanal. Além destes dois últimos terem um consumo de energia muito maior para a sua produção, se comparados com as tábuas de madeira, o seu processo de aplicação na obra se iguala ao das tábuas de madeira.

Merecem, pois, as vedações verticais em madeira serem estudadas e analisadas tecnicamente sob quais pontos podem ser inovados para melhoria do produto, uma vez que, sob o aspecto ambiental, a madeira oferece vantagens em relação a outros produtos industrializados. A madeira é ecologicamente mais correta, por danificar menos o meio ambiente, durante seu processo de extração e na etapa de descarte do material, depois de concluído o tempo de vida útil da moradia.

Em relação ao material empregado, optou-se por utilizar a madeira de *Eucalyptus grandis*. Esta escolha se justifica, uma vez que esta madeira já foi estudada do ponto de vista de suas características físicas e mecânicas e é considerada adequada para ser empregada na construção civil, pelo Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), cujos resultados estão publicados na Norma Brasileira "Projeto de Estruturas de Madeira" NBR 7190 (1997). Outro fator que estimulou a escolha desta madeira é o fato dela ser obtida em floresta plantada, por ter rápido crescimento e por ser cultivada em vários Estados do Brasil como Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia.

1.2.5.3. Identificação das Variáveis

Esta pesquisa tem como variáveis para elaboração do projeto conceitual do produto chapas de vedação vertical o que segue:

- Tipo de madeira a ser adotado para produção das chapas;
- Teor de umidade da madeira utilizada;
- Tipo de cola empregado nas ligações entre as tábuas;
- Dimensões da chapa;

- Peso final do componente a ser empregado;
- Possibilidade de composição de desenho decorrente das junções das tábuas.
- Fixação das chapas na estrutura de sustentação;

1.2.5.4. Técnicas de Coleta de Dados

A coleta de dados desta pesquisa refere-se a dois tipos de dados: dados existentes relacionados aos sistemas construtivos e chapas de madeira usadas em casas industrializadas e dados relativos à observação sistemática do processo de produção dos protótipos propostos e ensaios mecânicos preliminares.

Os dados iniciais são levantados a partir de pesquisa documental e de campo dos diversos elementos, como também de sistemas construtivos já referidos, através da seleção de três sistemas construídos no Brasil: o sistema viga-pilar com vedação de tábuas matajuntadas, o sistema de painéis portantes compostos de pranchas horizontais e o sistema internacional plataforma. A pesquisa bibliográfica e por multimeios ajudou tanto na revisão literária do assunto, como na identificação e elaboração de um quadro de problemas relativos às chapas estudadas. A partir desses dados, tem-se a base para a elaboração dos estudos gráficos para a proposta das chapas da inovação tecnológica.

Depois de feitas as propostas preliminares dos elementos de vedação para solucionar os problemas levantados, a partir das vedações existentes no mercado, foram produzidos protótipos em escala real para:

- Verificar a complexidade de execução das propostas gráficas na seqüência de montagem do produto na linha de produção. Isto foi feito através de observações sistemáticas do trabalho em carpintaria, durante a execução dos protótipos.
- Realizar ensaios de Corpo Mole como primeiros testes de resistência mecânica, especificados pela NBR 11675 (MB 3256 – Divisórias leves internas moduladas – Verificação da resistência a impactos). Foram feitos apenas estes testes, uma vez que as chapas não têm função estrutural, mas apenas de vedação. Desta forma, esses elementos deverão ser resistentes ao peso próprio, a incidências de cargas horizontais como a ação do vento e ao impacto de uma pessoa se chocando contra os mesmos. Os protótipos foram analisados e aqueles eleitos como satisfatórios nos testes, foram justificados como resultado final do projeto do produto. Esses ensaios ainda não têm uma finalidade para análise estatística e sim verificar a viabilidade de estudos mais aprofundados feitos em laboratório em uma outra fase, após a conclusão desta pesquisa, uma vez que esta propõe um produto no nível de projeto conceitual.

1.2.6. ESTRUTURA DA PESQUISA

A estrutura desta pesquisa está dividida em sete capítulos. Na introdução tem-se a problemática, as hipóteses, objetivos geral e específicos, justificativas, metodologia geral, delimitação e estrutura da mesma.

O capítulo dois apresenta a matéria-prima e a tecnologia da habitação de madeira, enfocando o panorama brasileiro da matéria-prima, características, potencialidades e limitações da madeira e o panorama tecnológico da habitação de madeira industrializada no Brasil. Aborda também a terminologia de componentes e elementos utilizados na casa de madeira, de sistemas construtivos abertos & fechados e as partes de uma edificação.

O capítulo três refere-se as chapas de madeira reconstituídas industrialmente, apresentando as definições de chapas, placas e painéis. Os tipos de chapas de madeira disponíveis no mercado atualmente, também são apresentadas com suas descrições, suas aplicações, processos de produção e análise de suas qualidades positivas e limitações para serem empregadas na construção civil. Considerou-se as chapas de madeira aglomerada, chapas de madeira OSB "*oriented strand board*", chapas de fibras, chapas de MDF "*medium density fiberboard*", chapas de madeira laminada "*plywood*", considerando as de compensado e de sarrafeado e as chapas feitas com outros materiais, como as de gesso e as chapas a base de cimento. Também apresenta uma análise das chapas de madeira reconstituída, enfocando a homogeneidade, anisotropia, densidade, absorção de umidade (inchamento), estabilidade dimensional, características mecânicas, degradação das chapas, características geométricas e a adequação ao uso.

O quarto capítulo enfoca os sistemas construtivos em madeira para edificações residenciais, apresentando três sistemas construtivos em madeira, sendo eles: sistema pilar-viga com tábuas verticais pregadas matajuntadas; sistema de painel portante composto de pranchas horizontais; sistema plataforma. Após a descrição de cada sistema construtivo são considerados suas potencialidades e aspectos limitantes.

O quinto capítulo aborda os princípios de desenvolvimento de novos produtos, os princípios do estilo, a definição do problema, o projeto conceitual, os parâmetros de projetos, o planejamento do produto, a configuração do projeto do sistema de vedação proposto para a inovação tecnológica das chapas de madeira para vedação vertical. A teoria deste capítulo está baseada no trabalho de BAXTER (1998) e também utiliza os levantamentos e análises feitas nos capítulos três e quatro para subsidiar as diretrizes de projeto do novo produto.

O sexto capítulo apresenta a produção dos protótipos do produto em escala real, onde foram observados: o modo de produção, transporte e fixação das chapas na estrutura de sustentação da edificação. Os protótipos foram testados

mecanicamente, através dos ensaios de Corpo Mole. Neste capítulo utilizou-se da linguagem gráfica e descritiva para apresentar os seguintes aspectos:

- Levantamento das possibilidades de emendas longitudinais, entre os seguimentos de tábuas para compor tábuas no comprimento desejado e sem defeitos de formação da madeira;
- Levantamento das possibilidades de emendas laterais entre as tábuas reconstituídas;
- Definição da modulação de composição para compor esteticamente as chapas.
- Acabamento estético entre as junções das chapas adjacentes, para diminuir a linha vertical formada no encontro de dois componentes;
- Apresentação de possibilidades de fixação das chapas na estrutura de sustentação;
- Levantamento das espécies de madeiras de Eucalyptus para então escolher uma indicação e produção dos protótipos;
- Seleção do adesivo disponível no mercado mais indicado para produção do componente;
- Apresentação das possibilidades de composição das chapas para formar as paredes das edificações;
- Construção dos protótipos;
- Definição do tipo de ensaio a ser realizado;
- Realização dos testes;
- Discussão dos dados coletados nos ensaios;

O sétimo capítulo refere-se às conclusões da pesquisa e recomendações de outras novas a serem desenvolvidas como continuidade desta.

1.2.7. RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado final desta pesquisa, obteve-se:

- Integração entre as áreas de arquitetura e design do produto, através da metodologia de projeto do produto apresentada por BAXTER (1998), aplicada para o desenvolvimento de um projeto conceitual de chapas de vedação vertical para edificações de madeira produzidas industrialmente;
- Incentivo para o desenvolvimento de novas pesquisas de caráter técnico embasadas em normas existentes;
- Proposta conceitual de chapas de madeira para vedação vertical, que possa ser facilmente estocada, carregada por um ou dois operários, que apresente montagem simplificada na construção de uma edificação, facilite a manutenção e os reparos necessários durante sua utilização e o fácil desmonte da vedação vertical durante a demolição da construção.

1.3. PERSPECTIVAS

1.3.1. ORIGINALIDADE DA PESQUISA

Esta pesquisa traz como ineditismo o estudo da inovação tecnológica em vedação vertical feita com chapas de madeira reconstituída, a partir da união de peças longilíneas de pequena seção transversal, coladas lateralmente com aditivos resistentes ao intemperismo, empregando-se madeira produzida em floresta plantada de eucalipto da espécie *grandis*. Não foi encontrado na literatura específica sobre casas de madeira e de vedação vertical feita com este material, outro trabalho que aborde as vedações verticais compostas por chapas de madeira reconstituídas feitas dentro deste princípio e com o emprego da madeira de *Eucalipto grandis*.

Outro aspecto que atribui características de ineditismo a esta pesquisa é a utilização da metodologia empregada em projeto do produto apresentada por BAXTER (1998) para um produto de construção civil destinado a edificações de madeira.

1.3.2. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa pretende contribuir para o desenvolvimento da construção civil, mais especificamente para o setor de edificações em madeira, através da proposta do projeto conceitual de chapas para vedação vertical das edificações feitas em madeira.

Sua contribuição também passa pelo incremento tecnológico da industrialização dos componentes pré-fabricados em madeira para serem montados na obra e, com isto, diminuir o número de trabalho no canteiro de obras. Atualmente, na construção convencional de madeira, as tábuas ou pranchões são montados um a um, seja por encaixe ou por pregação direta na estrutura de sustentação da construção.

A proposta da pesquisa vem de encontro com a melhoria do produto casa de madeira, através do sistema de fixação das chapas na estrutura de sustentação, uma vez que, propõe a ligação por meio de encaixes, que visam simplificar a montagem, a manutenção e os reparos, quando se fizerem necessários na obra, como também sua desmontagem, quando a edificação já tiver concluído seu tempo de vida útil.

A pesquisa também considera o meio ambiente, uma vez que, para a produção das chapas propostas, será empregada madeira de florestas plantadas de rápido crescimento, contribuindo para a proteção de matas e florestas nativas que são necessárias para a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais.

Contribui para o meio científico, por apresentar uma sistematização de etapas de desenvolvimento de novos componentes voltados à construção civil, até então aplicada a produtos de outros setores industriais. O levantamento e análise comparativa de chapas existentes no mercado e de sistemas construtivos de madeira para edificação, através da apresentação de suas vantagens e desvantagens pode servir como método para fornecer subsídios para geração de novos conceitos relacionados com o produto proposto nesta pesquisa.

O estudo da madeira e de componentes construtivos de madeira é mais voltado à análise e avaliação de seu comportamento mecânico ou das características como materiais de construção. Sob esse aspecto, essa pesquisa pode contribuir na compreensão do processo de produção dos componentes de madeira para habitação como um estudo importante e auxiliar no seu avanço tecnológico.

2. CONSIDERAÇÕES DA TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES DE MADEIRA E CONCEITOS

Este capítulo apresenta o panorama da madeira no Brasil, suas características, potencialidades e limitações e o panorama tecnológico da habitação de madeira industrializada. Aborda-se também a terminologia de componentes e elementos utilizados na casa de madeira, assim como os conceitos sobre sistemas construtivos abertos e fechados e as partes de uma edificação, conceitos sobre Vedação Vertical e de Construtividade.

2.1. A Matéria-Prima e a Tecnologia de Edificações de Madeira Industrializada no Brasil

Dentro de uma realidade onde retirar madeira de florestas nativas se tornou uma atividade proibitiva, resta ao setor de extração florestal obter esta matéria prima através de florestas plantadas. A contextualização do potencial madeireiro brasileiro em relação a florestas plantadas de rápido crescimento é um aspecto importante para esta pesquisa, pois é a partir deste tipo de madeira que será feita a proposta de projeto do produto. Serão abordados neste item alguns aspectos históricos da indústria do serrado (entenda-se indústria de produtos da madeira serrada) no Brasil e do potencial de reservas de florestas plantadas disponível, atualmente e sua previsão de esgotamento.

Como a proposta da pesquisa refere-se a um elemento da casa de madeira, esta também deve ser revisada sob o ponto de vista do panorama tecnológico no Brasil. A partir desse contexto, ainda se faz necessário relacionar o produto casa de madeira, o projeto do produto, a produção industrial e o consumidor da habitação de madeira, fazendo-se um paralelo desses assuntos e sua ligação com a presente pesquisa.

2.1.1. O Panorama Brasileiro da Matéria-Prima Madeira

Desde os primeiros tempos de colonização, o Brasil teve uma de suas atividades econômicas voltada para a extração e exportação da madeira de florestas nativas. Atualmente, pouco restou da Floresta da Mata Atlântica e a Floresta Amazônica está em perigo, devido ao desmatamento que vem sofrendo. Por outro lado, para se produzir um objeto industrializado, que tem como matéria prima a madeira, é necessário conhecer suas potencialidades e limitações, pois estes fatores irão

interferir no processo de produção, no produto final, na sua forma de utilização e na sua durabilidade. Assim, também se torna importante fazer a revisão do assunto atentando para as características da madeira.

As grandes áreas de florestas nativas que existiam na Região Sul do Brasil contribuíram para o desenvolvimento da indústria de madeira, através da madeira serrada ainda no século XIX. Com o advento da Segunda Guerra Mundial, que muito contribuiu para a escassez da madeira na Europa, a Região Sul, através da exportação de madeira para Europa, desenvolveu-se ainda mais em relação à indústria da madeira, com o surgimento das primeiras unidades voltadas à produção de chapas de compensado.

Devido à falta de planejamento quanto à extração e reposição das espécies comerciais existentes nos Estados de Santa Catarina e Paraná, destacando-se a Araucária, ocorre na década de 60 do século XX uma redução da oferta de matéria-prima na Região Sul. Este fato associado ao processo de ocupação da Região da Amazônia resultou em uma transferência gradativa do parque industrial madeireiro do Sul para Região Norte do país. Com o esgotamento das reservas naturais do sul, o Governo Federal, em 1966, cria incentivo fiscal para implantação de áreas de reflorestamento no Brasil. Surgem os grandes maciços florestais em Pinus e Eucalyptus, criando bases importantes para o desenvolvimento da indústria florestal brasileira, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (1999).

Atualmente, o Brasil possui uma área reflorestada com mais de 6,29 milhões de hectares, com Pinus, Eucalyptus e outras espécies, conforme mostra a tabela 1, segundo CALIL (2000). Este mesmo autor apresenta dados sobre áreas de florestas plantadas de Pinus na região Sul e Sudeste do Brasil, para os Estados de Minas Gerais com uma área plantada de 576.753 ha, São Paulo com 225.190 ha, Paraná 605.132 ha, Santa Catarina 318.125 ha, Rio Grande do sul com 136.800 ha, totalizando 1.862.000 ha. Embora os números apresentados por CALIL não sejam exatamente os mesmos apresentados por GARLIPP (2000) eles são próximos, conforme são apresentados na tabela 1.

Conforme GARLIPP (op.cit.), em 1998, o Brasil apresentava um total de área plantada em Eucalipto de 2.965.880 ha e de 1.840.050 ha em pinus, totalizando 4.805.930 ha. Este total de floresta plantada apresenta uma produtividade média de 25m³/ha/ano de Pinus e 30m³/ha/ano de Eucalyptus. Esta produção está destinada a atender três mercados basicamente: o de celulose e papel, o de carvão-lenha e o de madeira sólida. No entanto, acredita-se que o estoque de madeira plantada existente poderá acabar entre 2004 e 2006.

Tabela 1: Total de áreas plantadas em Pinus e Eucalyptus.

	Total de área plantada / milhões hectares	Pinus	Eucalyptus	Outras espécies
CALIL	6.290.000	1.862.000	3.231.000	1,200
GARLIPP	4.805.930	1.840.050	2.965.880	

Fonte: Adaptado de CALIL (2000) e GARLIPP (2000).

Para contornar esta possível situação, GARLIPP (2000) aponta a necessidade de plantio anual com uma média de 558,43 mil/ha, em um intervalo de tempo constituído de 1997 até 2006 para atender a demanda dos segmentos de celulose e papel, carvão-lenha e madeira sólida. Isto não ocorrendo, o país provavelmente terá que importar madeira de florestas plantadas.

Em relação à madeira serrada, a ABIMCI (1999) informa que o consumo Brasileiro de madeira serrada de coníferas e de folhosas está basicamente vinculado a três seguimentos: o da indústria moveleira, da indústria de embalagens e da indústria da construção civil. A construção civil representa (numa estimativa) 21% do consumo nacional.

A ABIMCI (op.cit.) coloca que alguns desafios e perspectivas em relação aos produtos de madeira sólida, em nível mundial, deverão crescer com taxas em torno de 2% ao ano. O Brasil apresenta perspectivas de vir a aumentar sua participação na produção mundial, principalmente em relação a produtos de madeira sólida. Também se acredita que nos próximos anos, o crescimento da produção nacional deverá ser impulsionado principalmente pelo mercado interno, com uma taxa de crescimento superior a 4% ao ano. Dentro deste contexto, a produção de serrados de madeira de pinus tende a um crescimento acelerado. Contudo, deve ser considerada a limitação existente para o suprimento a médio prazo.

Em função das crescentes pressões por parte dos ambientalistas em relação à extração de madeiras oriundas de reservas naturais e do elevado custo do transporte dos centros produtores para os centros consumidores, a produção do Eucalipto vem sendo favorecida como madeira substituta para as folhosas nativas. Outro aspecto que reforça o potencial dessa espécie é o seu rápido crescimento comparado com as espécies brasileiras. Também é esperado que o Eucalipto venha cobrir a possível limitação em relação ao suprimento do Pinus.

Todo este contexto é favorável a esta pesquisa que vê na escolha do Eucalipto a matéria-prima das chapas de vedação a serem propostas. Além disso, existem muitos estudos sobre a madeira de Eucalipto tanto no ponto de vista biológico, como vêm sendo constatado nos congressos da IUFRO – “*Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts*” (1997), e do “*Forest – 2000 Sixth International Congress and Exhibition on Forestry*” (2000), quanto em termos de tecnologia do material relativo às suas características físicas e mecânicas apresentados nos congressos internacionais do PETC – “*Pacific Timber Engineering Conference*” (1994) ou nacional como os do IBRAMEM – Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira que vêm ocorrendo no Brasil desde 1983 a cada 3 anos, sendo que em 1998 passou a ser bianual.

A questão do meio ambiente é muito importante e deve ser considerada, pois a ele está relacionado a fonte de matéria prima, que tipo de material será dele extraído, como se dará o processo de industrialização deste material, o que acontecerá com os resíduos gerados no processo de produção e como se dará o descarte deste produto, quando o mesmo completar seu ciclo de vida útil. Hoje,

com a conscientização crescente sobre a fragilidade dos ecossistemas naturais, em pouco tempo os produtos que danificam o meio ambiente de forma mais agressiva deixarão de ter preferência dos consumidores, quando houver outros produtos equivalentes que provoquem menor grau de alteração ao meio ambiente. Lembra-se que a consciência ambiental tem aumentado perante a sociedade em geral e a escolha por produtos ecologicamente corretos tende a aumentar em todos os âmbitos de consumo. O mesmo acontecerá com relação aos produtos de madeira, incluindo casas, quando mesmo as pessoas mais leigas em relação à tecnologia da madeira, tenderem a ficar mais satisfeitas com um produto que ajude a proteger o meio ambiente.

Com a implantação de novos empreendimentos de maior porte e mais eficientes, graças à tecnologia disponibilizada, hoje, para a reprodução, o plantio, a colheita e o processamento de madeira de florestas plantadas de Eucalipto e Pinus, a madeira tropical deverá ter uma redução no seu consumo. Dentre os materiais disponíveis na natureza para serem utilizados na construção civil, a madeira é sem dúvida um dos mais adequados do ponto de vista de sustentabilidade, quando produzida de forma racional em florestas plantadas com espécies de rápido crescimento para extração e produção de produtos industriais.

2.1.2. Características, Potencialidades e Limitações da Madeira.

A madeira como material de construção oferece vantagens que superam outros materiais tradicionais como o aço, concreto e alvenaria, entre outros. Dentre as potencialidades da madeira destacam-se como as essenciais: sua resistência mecânica, baixo peso em relação a uma alta resistência e pouco consumo energético. Também apresenta outros aspectos positivos como: capacidade para suportar sobrecargas de curta duração (como rajadas de vento); boa resistência ao fogo para uso estrutural, quando comparada com as estruturas de aço e de mais estruturas metálicas; vantagens econômicas, quando seu custo inicial é analisado, levando-se em conta um longo prazo de utilização do material.

A madeira pode ter, até certo ponto, seu desenvolvimento controlado pelo homem. Algumas espécies são cultivadas, buscando-se um crescimento mais direcionado às produções industriais, como as espécies de rápido crescimento. Pesquisas têm sido feitas para melhorar a qualidade das espécies de reflorestamento como a do Eucalipto e do Pinus. O que se tem conseguido é uma melhora da árvore para se obter um tronco mais retilíneo com menor número de nós, o que não altera as suas características de material heterogêneo. Sua heterogeneidade pode ser observada tanto em análise macroscópica como também microscópica. Em seu aspecto macro ela é composta pela casca, albúrnio, cerne e medula.

Vista no microscópio, a madeira tem células com diferentes funções, diâmetros, comprimento e espessura das paredes. Isto ocorre por elas estarem ligadas a

diferentes funções dentro da árvore. Estas células são denominadas de vasos, raios medulares, células de parênquimas, nas árvores dicotiledôneas, sendo que nas coníferas ocorrem os traqueídes e raios medulares. Em relação à composição química da madeira, sejam de árvores frondosas ou de coníferas, sua estrutura apresenta basicamente lignina, celulose e hemicelulose. Esta variedade de elementos anatômicos e diversidade de componentes químicos atribuem à madeira a característica de material heterogêneo e irão interferir de alguma forma na produção de chapas e outros produtos derivados de madeiras.

Outros aspectos que estão relacionados com este material são os de características mecânicas e físicas. Das características mecânicas, destacam-se:

- Resistência à compressão paralela e normal às fibras;
- Flexão estática e dinâmica;
- Resistência ao cisalhamento;
- Resistência à tração normal e paralela às fibras;
- Resistência ao choque;
- Dureza;
- Rigidez;
- Elasticidade;
- Relação resistência – peso;
- Módulo de elasticidade.

Em relação às características físicas deste material, segundo SILVA (2000a), podem ser citadas:

- Estabilidade;
- Resistência a rachaduras;
- Empenamento;
- Contração radial, longitudinal e volumétrica;
- Resistência ao fogo, a álcalis, ácidos;
- Permeabilidade à água e a vapores;
- Durabilidade relativa à degradação biológica por ataques de fungos, insetos xilófagos e perfuradores marinhos;
- Capacidade de segurar parafusos e pregos;
- Absorção de água;
- Corrosão de metais;
- Densidade;
- Disposição das fibras ao longo do tronco.

Algumas destas características físicas tem mais influência do que outras nas características do produto final, como também na qualidade das chapas de madeira reconstituída. Dentre elas, se destacam a umidade, a densidade e a direção das fibras.

À **umidade** da madeira, esta característica física é uma das mais importantes e que mais vai interagir com o material no processo de fabricação de chapas e no seu desempenho durante a vida útil do produto. Segundo BITTENCOURT (1995), para usinar a madeira, o princípio básico é o seu grau de umidade. Ela deverá ter sido submetida a uma secagem natural ou artificial, controlada de acordo com as características de cada espécie. Para madeiras maciças, recomenda-se um teor de umidade entre 8 a 15% e, para a produção de chapas de fibras e de madeira aglomerada, a madeira deverá estar com teor de umidade em torno de 3%, depois de processada.

O **controle de umidade** da madeira a ser trabalhada é importante, uma vez que este material varia suas dimensões em função da quantidade de água de saturação presente nas fibras da madeira. Estas variações dimensionais são bastante significativas, sendo traduzidas por índices diferenciados nas três direções do tronco, ou seja, a direção axial, radial e tangencial.

A depender do produto a ser produzido e do tipo de madeira empregado, a **densidade** é outro fator que interfere de forma significativa no seu processo de produção, como também no produto final. As madeiras brasileiras de interesse comercial apresentam uma densidade que varia de 0,2 a 1,2 g/cm³. Como exemplo de madeira de alta densidades cita-se: a *Aroeira-do-Sertão* com 1,19 g/cm³, o *Pau-Roxo* (1,13 g/cm³), o *Cumbaru* (1,10 g/cm³), a *Maçaranduba* (1,00 g/cm³). Como exemplo de madeira de baixa densidade cita-se: o *Pinho-do-Paraná* (0,55 g/cm³), a *Paineira* (0,43 g/cm³), a *Caixeta* (0,39 g/cm³), a *Faveira* (0,34 g/cm³), o *Guapuruvu* (0,32g/cm³), conforme as Fichas de Características das Madeiras Brasileiras do Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT1989).

A **direção da fibra** da madeira é outro aspecto a ser ressaltado, pois a disposição das mesmas no tronco irá influenciar no acabamento superficial do produto fabricado. Caso existam fibras reversas na madeira, estas podem dificultar um polimento uniforme na superfície do produto final, quando se deseja tirar partido da potencialidade estética do material. A textura, a porosidade e a coloração natural das madeiras também estão relacionados com o acabamento do produto.

A **ligação** entre lâminas, partículas, lascas ou fibras de madeira em produtos fabricados é também outro aspecto a ser considerado. A ligação pode apresentar problemas, quando esta não recebe o devido cuidado em produtos que serão expostos às intempéries ou colocados em contato com a água.

Outras características da madeira, consideradas como defeitos são decorrentes do desenvolvimento da árvore e também merecem ser mencionadas, conforme SILVA (2000b), destacando-se, dentre elas:

- **Bolsas de resina:** São formações anormais que ocorrem na madeira oriundas de formações anelares com comprimento e forma variados. A presença destes elementos no tronco das árvores provoca a **descontinuidade** da madeira. A presença de bolsas de resinas inviabiliza o uso da madeira para fins estruturais, produção de móveis e chapas

decorativas. Estas características raramente são encontradas na madeira do *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, não ocorrendo no *E. cloesiana*.

- **Nós:** O nó é o ponto pelo qual um galho se fixa no tronco de uma árvore. Existem dois tipos de nós: os nós vivos e os nós mortos. Os vivos apresentam continuidade dos tecidos lenhosos. É a base dos galhos que estavam vivos, quando a árvore foi cortada. Os nós vivos não prejudicam a utilização da madeira para fins de construção de móveis, lambris, forros, paredes, etc. Os nós mortos ou soltos não apresentam continuidade estrutural com os tecidos. Não têm aderência ao troco, pois os galhos já estavam mortos, quando a árvore foi cortada. Este tipo de nó é prejudicial à madeira com finalidade estrutural ou que possa ser empregada como acabamento. Este tipo de nó também prejudica a serragem da madeira, a sua secagem, a usinagem e a aderência de colas.
- **Variabilidade:** A uniformidade entre as peças de madeira é um fator muito importante, a depender da finalidade que se quer dar para a madeira, como ocorrem em usos de pisos, lambris, etc. A cor é uma das principais características a ser considerada, quando se pretende a produção de peças de fino acabamento. Em um tronco de árvore, a depender do ponto em que se retira a peça, esta apresenta variabilidade em suas características físicas e mecânicas, como também em suas propriedades sensoriais como cor, brilho e aparência.
- **Cerne quebradiço:** algumas espécies de eucalipto apresentam na região próxima da medula uma madeira mais clara e quebradiça denominada de cerne frágil ou quebradiço. Apresenta densidade mais baixa do que a do cerne. Este tipo de madeira é resultado das forças de compressão provocadas pelas tensões de crescimento. No cerne frágil ocorre uma elevada percentagem de células de parênquimas (células de paredes finas), vasos e fibras jovens. Este tipo de problema ocorre nas madeiras de *eucalyptus robusta*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*.
- **Grã espiralada:** A grã da madeira está relacionada com a orientação das fibras segundo o eixo longitudinal da árvore. A grã é uma característica bastante comum nas madeiras de folhosas como também nas coníferas. Dentre as espécies de eucalipto comercializado atualmente, o *Eucalyptus grandis* é a que apresenta melhor comportamento em relação a esta característica. A presença da grã espiralada pode comprometer a estabilidade da madeira serrada e sua resistência mecânica. Podem também contribuir para o surgimento de deformação da madeira as ondulações, as rachaduras e os empenamentos, dificultando a trabalhabilidade e o acabamento da superfície das peças de madeira.
- **Madeira juvenil:** é a madeira formada nos primeiros anos de vida de uma árvore. Os problemas decorrentes da madeira juvenil são: excessiva contração longitudinal, empenamentos e diminuição de resistência

mecânica. Este tipo de madeira ocorre tanto nas espécies folhosas como nas coníferas. A madeira juvenil é quebradiça e frágil, não sendo recomendada em situações que possam oferecer riscos.

- **Tensões de crescimento:** A tensão de crescimento é um dos principais problemas relacionados com a madeira serrada de Eucalipto. Como consequência negativa deste fator, estão as rachaduras e empenamentos que se manifestam após a derrubada das árvores. Este problema é mais presente em árvores de idade mais jovem, tendendo a diminuir com o amadurecimento da mesma. Estas tensões são desenvolvidas em árvores de fustes longos e retilíneos para impedir que a árvore se quebre com a ação do vento. Esta característica diminui o rendimento das madeiras serrada e laminada, limitando o comprimento e a largura das tábuas e lâminas.

O conhecimento sobre as características físicas, a composição química e os defeitos de formação da madeira possibilita aos pesquisadores deste material uma maior compreensão do comportamento mecânico relacionado com seus aspectos positivos e/ou limitantes. Este conhecimento contribui para o desenvolvimento de novos produtos à base de madeira, como também o emprego deste material na forma natural. Esta compreensão é fundamental, passando, desde a seleção das sementes e estacas de reprodução para o plantio da mudas nas áreas de florestas plantadas, por todo processo de produção de madeira serrada, chegando até a colocação do produto final no mercado consumidor.

2.1.3. O Panorama Tecnológico de Edificações de Madeira Industrializada.

A questão da tecnologia da construção em madeira está ligada a construção civil como um todo. Segundo CHEMILLIER, citado por BITTENCOURT (1995), existem três fatores básicos que dificultam o desenvolvimento da construção nos países desenvolvidos, sendo estes também válidos para a realidade da construção civil brasileira:

- O **primeiro** deles trata da estabilização da produtividade, quando os produtos industrializados não se enquadram na lei geral de preço baixo. Neste contexto, contribuem também para a manutenção deste quadro a relação de insumos e produtos, destacando-se a dispersão e independência nas decisões, a produção fragmentada e descontínua, o efeito de uma mão-de-obra ineficaz e um grande desperdício de materiais nas obras.
- O **segundo** fator aponta para a questão da qualidade na construção civil e o seu reflexo nas obras executadas decorrente da questão técnica, tendo como consequência o envelhecimento precoce das edificações, obras se degradando rapidamente, canteiros desorganizados e conseqüentemente o

mau uso do tempo necessário para execução das etapas da construção, o que acaba por refletir no custo global da obra e diminuição da qualidade do acabamento.

- O **terceiro** fator está relacionado com a mão-de-obra, apontando sua ineficiência e baixa qualidade.

Contudo, esta realidade apresenta sinais de mudança com a introdução de novos sistemas e componentes existentes, hoje, no mercado nacional, onde algumas empresas procuram executar a obra em regime de linha de produção, através de equipes de profissionais especializados e treinados, de modo a executar com rapidez as tarefas específicas dentro da obra, obedecendo a um cronograma especificado.

Esta necessidade de organização do canteiro e racionalização da produção contribui para estruturar um novo momento para a indústria da construção civil, o qual demanda um maior desenvolvimento de pesquisas que enfoquem a inovação tecnológica, almejando a padronização da construção, visando a redução de custos e treinamento de equipes de montagem das construções, inspirando-se nas linhas de montagem de produção das indústrias mais avançadas.

Um dos agentes que contribui para esta mudança de cenário na construção civil brasileira é a ASTIC (Associação de Tecnologias Integradas na Construção), que tem como objetivo promover a standardização de medidas e de padrões dos vários produtos em estágio de introdução na construção civil brasileira, procurando propiciar aos fabricantes a redução de custos decorrentes da economia de escala.

Contribui também para esta mudança de postura da construção civil brasileira, os institutos de pesquisa, através da avaliação de desempenho e do controle da qualidade dos novos produtos, processos e sistemas introduzidos no mercado nacional. Através das referências técnicas, tem-se o processo de certificação de produtos inovadores para a construção civil.

Adotando como princípio construtivo a montagem na obra, a madeira é um material que apresenta grande potencial, quando empregada na forma de componentes pré-fabricados industrialmente. Isto é colocado em função da tendência em simplificar os processos construtivos, transformando o canteiro de obras em canteiro de montagem de edificações.

No início da década de 1990, tem-se no Brasil a abertura do mercado para produtos importados, o que implicou em uma rápida inserção de novas tecnologias, fazendo com que a indústria brasileira se esforçasse para a sua modernização, racionalização e redução de custos. Este fenômeno também atingiu a indústria da construção civil em virtude de seu baixo índice de industrialização, o qual podia ser constatado pelo número reduzido de produtos, de processos ou de sistemas construtivos. As técnicas construtivas disponíveis até então também apresentavam grande desperdício de materiais e de tempo nos

canteiros de obra, por empregarem de forma predominante o trabalho manual na construção de edificações de alvenarias fortemente enraizadas na cultura nacional. A técnica de edificar com alvenarias aceita culturalmente como "construção para toda vida" contribuiu de modo significativo para a utilização da madeira em edificações que não solicitassem maiores requintes arquitetônicos, presentes nas casas de alvenarias construídas em diversos estilos, apesar de todo potencial e histórico da madeira na arquitetura e na engenharia.

No Brasil, a madeira tinha, em muitas regiões como no Oeste Paulista – SP, Norte do Paraná, Região metropolitana de Curitiba PR, entre outras, uma utilização mais nobre em edificações, mesmo dentro de uma técnica vernacular de construção. Onde havia grande reserva de mata nativa, o emprego deste material deu-se através de edificações de madeira construídas com tábuas pregadas matajuntadas com ripas e outras técnicas construtivas. Com o desenvolvimento urbano, o crescimento das cidades e com o processo migratório da população rural para a zona urbana, gerou-se um grande déficit habitacional. A população carente de habitação e com baixo poder aquisitivo viu na madeira a possibilidade de edificar uma moradia na forma de barracos, onde a utilização de um material com custo relativamente mais baixo ou descartável podia ser aproveitado de muitas maneiras.

No cenário brasileiro, na grande maioria dos casos, a casa de madeira ainda é um produto destinado às classes sociais de menor poder aquisitivo ou como segunda moradia (do tipo casas de campo e de praia) para a população de nível econômico mais elevado. Isto se deve de modo geral a um desconhecimento quanto às características da madeira e ao atraso tecnológico a ele relacionado que acabam por desvalorizar o material e enquadrar a edificação em um conceito de "não perene". Esta realidade tem como consequência imediata a preferência dos consumidores pelas casas de alvenaria, tanto aqueles de menor poder aquisitivo como também os consumidores mais abastados economicamente. Em países como nos Estados Unidos, Canadá, Japão e do norte da Europa, a casa de madeira é um produto consumido em grande escala pela população. Nestes países, o emprego racionalizado da madeira na construção, o conforto e a segurança das edificações não deixam nada a desejar em relação às casas de alvenarias tradicionais. A equiparação destes requisitos de qualidade exigida pelos consumidores desses países supera o conceito de edificação não perene para a casa de madeira, pois nesses mesmos países alcançou-se um alto grau de desenvolvimento tecnológico da habitação de madeira.

A "perenidade" da casa de madeira no Brasil está relacionada a problemas relativos às características do material, perfeitamente contornáveis com a tecnologia desenvolvida, hoje, para edificações de madeira. Acontece que, embora conhecidas pela comunidade científica, as soluções aplicadas às técnicas de edificar em madeira têm pouca penetração nos sistemas construtivos ou nos produtos desenvolvidos por empresas de construção em madeira, no país.

As pesquisas sobre a madeira, no Brasil, têm como tradição predominante o estudo das características físicas, mecânicas, para aplicações em estruturas e

habitação. No caso da habitação, os estudos ainda são direcionados predominantemente para habitação de interesse social, enfocando a autoconstrução e/ou o mutirão, deixando uma lacuna em relação ao estudo de componentes e sistemas construtivos de madeira produzidos industrialmente para habitação que possam ser utilizados por classes de qualquer poder aquisitivo.

Pelo que foi exposto, apesar de estudos estarem sendo feitos na área de utilização da madeira de forma mais racionalizada, ainda se tem muito a considerar sobre a utilização da madeira de florestas plantadas para a produção de componentes produzidos industrialmente para montagem de edificações. Defende-se a proposta de componentes industrializados para montagem de edificações de madeira ou mistas de madeira com outros materiais disponibilizados, atualmente, no mercado da construção civil, pois se acredita que produtos como os industrializados produzidos dentro de critérios de qualidade, enfocando o processo como um todo, venham atender de forma mais satisfatória às necessidades e desejos de seus consumidores, como também das empresas produtoras.

2.1.3.1. O Projeto do Produto e Consumidor de Casas de Madeira.

Um produto deve oferecer basicamente a satisfação de algumas necessidades do consumidor. Quando uma indústria decide re-desenhar um produto, como um eletrodoméstico, por exemplo, sendo ele já produzido em sua linha de montagem, ela busca avaliar se este produto ainda é aceito pelos consumidores. A sua aceitação poderá ser evidenciada pela preferência do consumidor por outro produto similar feito pela concorrência. Neste caso, cabe a equipe técnica repensar o produto, estudando o que ele ofereceu até então, o que o concorrente oferta e o que ele deverá ter a mais do que os concorrentes, para ser novamente objeto de desejo de consumo, conforme BAXTER (1998). Com este panorama, define-se o perfil de consumidor que se deseja atingir, os materiais a serem utilizados e os sistemas produtivos. Tem-se, então, o desenvolvimento do produto, a avaliação do mesmo e, sendo este aprovado, inicia-se sua produção em série e a sua colocação no mercado.

Inicialmente se identifica a problemática que se pretende resolver, ou seja, qual é o produto que vai ser redesenhado. Uma vez selecionado o produto, começa-se, então, a pesquisa para levantamento de informações sobre o mesmo em relação aos seus concorrentes e do usuário. De posse dos dados coletados inicia-se a análise dos mesmos, considerando os materiais disponíveis, os sistemas produtivos e qual o tipo de consumidor a ser alcançado. Combinando todas estas informações, tem-se o novo projeto do produto, seguido de seu desenvolvimento. Sendo este aprovado, se inicia a produção de acordo com as metas da empresa. O fluxograma a seguir (figura1) apresenta de forma sintética esta seqüência de procedimentos:

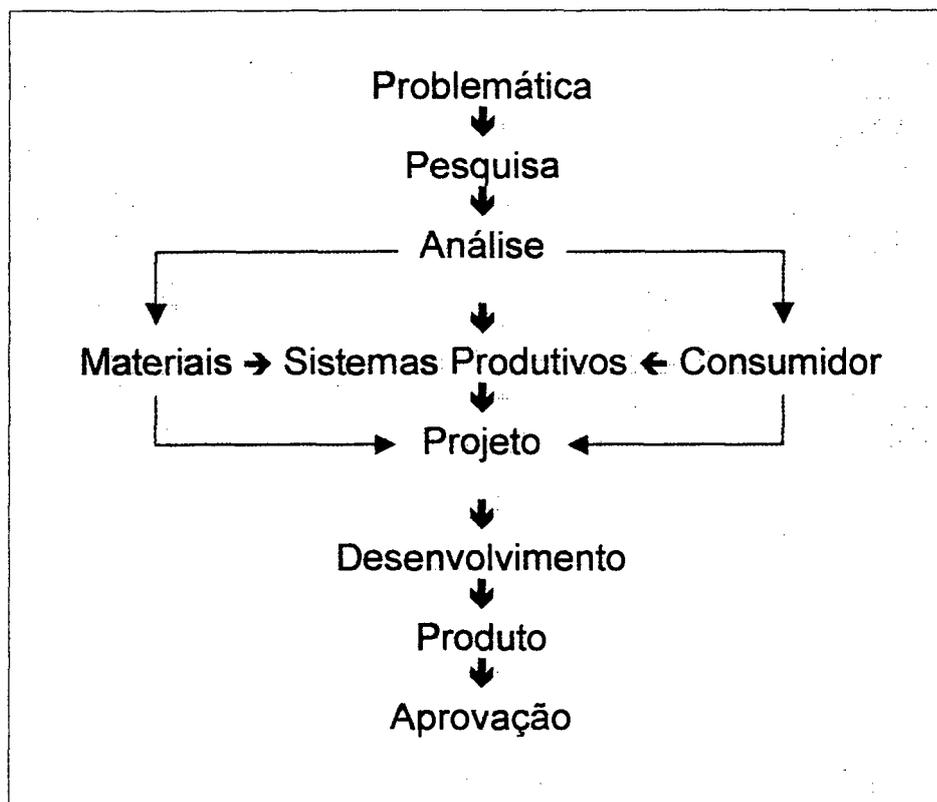


Figura 1: Esquema das etapas de desenvolvimento do produto: Adaptado de BAXTER (1998).

A indústria da construção civil brasileira de um modo geral não apresenta uma tradição em trabalhar seus produtos dentro desta seqüência de raciocínio. Quando ocorre, isto se dá em setores específicos, como a indústria de produtos de acabamento, revestimentos cerâmicos, interruptores, lustres, entre outras.

O processo de construção de uma habitação, no Brasil, ainda está longe de ter uma sistemática de produção que siga uma seqüência de etapas como na figura 1. Isto acontece em grande parte, devido ao emprego de processos construtivos artesanais. Por outro lado, o cliente do produto habitação ainda é muito conservador em relação à moradia, podendo o mesmo ter uma postura menos conservadora em relação a outro produto de consumo, de menor valor financeiro, que também faz parte de seu cotidiano.

O conservadorismo do consumidor em relação à moradia está diretamente ligado a valores culturais, sociais e econômicos. Com certeza, o perfil conservador do consumidor em relação ao produto habitação, associado a outros fatores, contribuiu e continua a contribuir para que a indústria da construção civil implemente de forma tímida o desenvolvimento de novas técnicas e processos de edificar.

A moradia é um bem de consumo que muitos indivíduos só poderão adquirir uma única vez durante sua vida. Isto gera a necessidade de se ter um produto que dure a vida toda, por ser um produto de custo elevado para a maioria da população. Logo, os materiais deverão atender a este requisito, ou seja, durar a vida toda. Dentro desta filosofia, embora se tenha muitas possibilidades de construir casas de madeira, no Brasil existe por parte dos consumidores de habitação uma resistência em comprar uma casa feita com esse material, preferindo a edificação em alvenaria de tijolos rebocada.

A resistência por parte de muitos consumidores em relação à casa de madeira se deve ainda a inúmeros fatores que já foram apontados por pesquisadores voltados ao estudo desse tipo de edificação. O pouco emprego da madeira em construções de casas está correlacionado também ao “preconceito” existente em relação a este material para a construção de habitação. Este “preconceito” está estruturado em paradigmas fundamentados no desconhecimento das potencialidades da madeira, pela tecnologia disponível no mercado brasileiro e pela perda do domínio em se trabalhar com este material por parte dos carpinteiros ao longo da história da construção civil brasileira, em decorrência do privilégio das técnicas construtivas em alvenaria. Esta realidade se transformou em fontes geradoras, propagadoras e ou perpetuadoras da desvalorização da madeira como material construtivo.

Dentre os fatores de restrição em relação ao uso da madeira na habitação, INO et al (1998 p. 23) apresentam as frases mais comuns que se ouve no dia-a-dia: “a madeira apodrece”; “a madeira pega fogo”; “a madeira não dura”; “a madeira empena”; “... é frágil”; “... é cara”; “a casa de madeira é quente”; “na casa de madeira se escuta a conversa do outro lado da parede”. Todavia, para cada tipo de “preconceito” já existem estudos e recomendações técnicas voltadas a solucionar e esclarecer os problemas apontados. Além destes fatores de resistência em se adquirir uma casa de madeira, podem ser citados outros que também contribuem com a manutenção de uma faixa de mercado pequena desse sub-setor de edificações:

- a) Imagem de material não durável e descartável, quando comparado freqüentemente com alvenaria e estruturas de concreto armado, sem levar em conta a manutenção periódica que qualquer material requer;
- b) Material perecível e degradável por agentes biológicos e pelo fogo;
- c) Imagem negativa do material decorrente de seu emprego em obras provisórias como tapumes, andaimes, barracões de obras e barracos de favelas;
- d) Rotulação da madeira como material para população de baixa renda – segregação social pelo material;

- e) Construções de madeira apresentam problemas técnicos no nível do projeto e do processo de produção, conseqüentemente ocorre a insatisfação do cliente, propagando uma imagem negativa do material;
- f) Poucos pesquisadores voltados ao estudo da habitação de madeira, desproporcional em relação ao potencial brasileiro;
- g) Pesquisas na área de madeira estão ainda com enfoque muito centrado na caracterização do material, análise de estruturas de modo geral e habitação para população de baixa renda;
- h) Poucos estudos na área da habitação que enfocam o usuário e suas necessidades em relação a este produto;
- i) Habitação de madeira ainda vista como uma opção de casa de praia e campo, pela maioria da população de maior poder aquisitivo;

Neste universo de limitações em relação à casa de madeira, no Brasil, ela se caracteriza como 1ª moradia para as classes sociais de menor poder aquisitivo, enquanto que a maioria das edificações de madeira adquiridas pela população de classe média e média alta aparece como segunda moradia, para ocupação em período de lazer da família.

A rapidez de montagem da casa de madeira, ainda que seja dentro de um processo racionalizado (porém artesanal) começa a motivar alteração da realidade citada acima, mesmo que de modo ainda incipiente, conquistando novos clientes das classes média e média alta, com relação à primeira casa e não mais a casa de campo ou de praia. Isto se deve, em parte, à economia que este produto possibilita em relação a mão-de-obra, por ser feita em menor tempo do que uma casa de alvenaria convencional, conforme depoimentos coletados em pesquisa de campo, junto a empresas: BLOCK HAUS em Curitiba (PR), CASEMA em Bom Jesus dos Perdões (SP).

O desenvolvimento de novas tecnologias pode ser feito através do “repensar” dos sistemas construtivos já existentes e bastantes difundidos. Neste caso, é necessário um estudo minucioso da técnica selecionada e da tecnologia empregada no processo de produção de uma edificação de madeira. A partir daí, pode-se propor melhorias ao sistema construtivo existente, de forma que a melhoria mantenha a linguagem original ou atribua ao sistema características bastante diferentes, ou mesmo propor um novo sistema sem correlação com aqueles estudados. Em relação à habitação de madeira, os estudos desenvolvidos dentro das universidades e institutos de pesquisa ainda acontecem de forma desvinculada da iniciativa privada, na grande maioria das vezes.

Tem-se uma integração maior entre universidades e iniciativa privada em relação aos estudos da madeira voltados à produção de florestas plantadas, enfocando o aprimoramento genético das espécies destinadas à produção de polpa de celulose e fabricação de chapas.

No Brasil, pesquisas desenvolvidas em universidades relacionadas com a casa industrializada de madeira estão voltadas para a racionalização do material e da construção em si. Estas pesquisas propõem painéis portantes ou apenas com função de vedação, feitos com madeira serrada, como também o emprego de chapas industrializadas. Dentre os estudos desenvolvidos no meio acadêmico e que utilizam produtos industrializados na construção de edificações, pode-se citar o trabalho de SZÜCS (1991), que propõe a vedação interna da edificação com utilização de chapas de madeira compensada para produção de habitação de interesse social, tirando partido da modulação do produto industrializado. HELLMEISTER (1995) propõe a casa racionalizada com paredes feitas a partir da modulação das chapas de madeira aglomerada, sendo as duas propostas de habitação revestidas com tábuas de madeira maciça.

DELLA NOCE (1996) desenvolveu uma proposta de utilização de painéis compostos com chapas de compensado estruturado com ossatura de madeira maciça, revestido com lambris de madeira. Outros estudos utilizaram a madeira na forma de tábuas pregadas em estrutura de madeira com encaixe do tipo macho-fêmea, sendo estas sobrepostas aos montantes verticais da estrutura ou encaixadas nestes elementos.

Em relação às empresas que trabalham com casas de madeira, na sua grande maioria, adotam o sistema de paredes simples, ou seja, feitas com peças de madeira com espessura de 2,5 a 4cm, pregadas em montantes ou encaixadas nos montantes, ligadas umas nas outras com rebaixos do tipo macho-fêmea. As tecnologias utilizadas por estas empresas são muito semelhantes entre si e poucas delas reavaliam o seu emprego, bem como o produto final, de forma a atender melhor às necessidades de seus clientes.

Por se ter poucos trabalhos acadêmicos voltados à melhoria da casa de madeira e pelo fato dos empresários do ramo ainda não terem percebido a importância da parceria entre a universidade e a iniciativa privada para o aprimoramento deste produto, ainda se tem muito por fazer com vistas ao aprimoramento dos produtos existentes, como também para o desenvolvimento de novos produtos. Apesar da relevância de todos os trabalhos apontados, a pesquisa sobre habitação de madeira não leva em conta a necessidade da reavaliação do produto "casa de madeira" de forma sistemática como a apresentada por BAXTER (1998). A seqüência metodológica de projeto de produto aplicada à casa de madeira pode se dar na casa como um todo ou nos elementos construtivos em separado, uma vez que o produto é muito complexo.

A melhoria do produto implica no conseqüente aumento de qualidade da construção de madeira, refletindo na satisfação do consumidor. A necessidade de se imprimir à sistematização do projeto do produto à industrialização da "casa de madeira" para o seu aprimoramento contínuo incrementará a chance de superação de um conceito indevidamente desenvolvido no consumidor pela desvalorização do material madeira aplicado à construção.

Dentro deste contexto tecnológico, verificou-se a necessidade de pesquisas voltadas a industrialização de componentes e ou sistemas construtivos em madeira, com ênfase na produção de elementos de vedação vertical das edificações, visando uma inovação tecnológica baseada na metodologia de desenvolvimento de projeto de produto.

2.2. Conceitos Relacionados com a Casa de Madeira

Neste item são apresentados conceitos relacionados com os sistemas construtivos abertos e fechados, partes de uma edificação, conceitos sobre Vedação Vertical e de Construtividade.

2.2.1. Conceitos sobre Sistemas Construtivos Abertos e Fechados.

Quando abordamos os conceitos de sistemas construtivos abertos e fechados, empregamos de uma forma direta ou indireta os conceitos de técnica, método, processo e sistema construtivo, como também os conceitos de subsistema, de elementos e de componentes. Sendo assim, verificou-se a necessidade de apresentar primeiramente estes conceitos, para então abordar os de sistemas construtivo aberto e fechado.

SABBATINI (1989) conceitua técnica, método, processo e sistema construtivo como sendo:

- **Técnica Construtiva** – “é um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção (pg.15)”
- **Método Construtivo** – “é o conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregando na construção de uma parte (sub-sistema ou elemento) de uma edificação (pg.18)”.
- **Processo Construtivo** – “é um organizador e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações o edifício (pg. 20)”.
- **Sistema Construtivo** – “é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente interligados pelo processo (pg.25)”.

Para conceituar sub-sistema, elemento e componente, adotou-se os conceitos da ISO 6241 (1984), a qual coloca como sendo:

- **Sub-Sistema** – É a parte de um edifício composta de vários elementos construídos, preenchendo uma ou várias funções necessárias ao cumprimento das exigências do usuário.
- **Elemento** - É o conjunto de componentes utilizados juntamente, montados, fixados e acabados no canteiro.
- **Componente** - É o produto manufaturado em unidades de pré-fabricação como uma unidade distinta para servir a uma função específica ou várias funções.

Em relação ao conceito de "Material", o "Conseil International du Bâtiment" (CIB-1972) coloca que o termo "Material" se aplica para materiais misturados que adquirem sua forma final e características, quando moldados e aplicados. São materiais sólidos geralmente cortados, fixados ou manipulados no canteiro. Um material sempre terá muitos tipos de uso. A partir destes conceitos, tem-se subsídios para o melhor entendimento do que venha a ser sistemas construtivos abertos e fechados.

Ao abordar o tema sistemas construtivos não se está falando necessariamente de sistemas industrializados. Muitos dos sistemas construtivos que se conhece através da arquitetura são artesanais e fruto de experiências vernaculares. Quando se aborda os sistemas construtivos industrializados, podemos considerá-los como abertos ou fechados. KONCZ (1977) entende como sistemas fechados a utilização de elementos não introduzidos no mercado. Estes elementos seguem um conjunto de prescrições de características para compor o sistema fechado, onde o produto é o edifício terminado. SZÜCS (1992) confirma este raciocínio colocando que este sistema se caracteriza por ter uma produção independente em ciclo fechado, sendo ele auto-suficiente, tendo como metas resultados pré-fixados, onde a finalização do mesmo se dá através da materialização do "KIT" de construção. Neste processo, o produto é inteiramente concebido e produzido em série dentro da indústria, chegando na obra em lotes, onde são armados com auxílio de uma cartilha de montagem. Para a execução da construção, utiliza-se uma mão-de-obra especializada e treinada pela indústria. A diferenciação do imóvel fica em função do tamanho da casa e não da sua tipologia.

No sistema fechado o produto é caracterizado pelo edifício terminado. No sistema aberto o produto final é o elemento. Em ambos os casos os produtos disponibilizados podem ser feitos com um ou uma associação de diversos materiais que se complementam. Através da coordenação dimensional, tem-se a integração dos elementos oriundos de procedências diferentes, porém com as mesmas dimensões. Estas características possibilitam uma utilização polivalente dos elementos, o que resulta em uma grande diversidade de soluções construtivas e espaciais, sem perder a qualidade do conjunto construtivo do ponto

de vista técnico e estrutural, compondo subsistemas. Este conceito de sistemas abertos está presente na construção civil, nos sistemas de construção a seco, compostos por paredes de gesso acartonado e chapas cimentícias, como foi apresentado no VI Seminário de Soluções Tecnológicas Integradas (2000), sobre sistemas complementares para construção e mão-de-obra especializada.

Os componentes e elementos dos sistemas abertos apresentam como características: caráter intercambiável e versátil para serem empregados em construções de diferentes fins. A formação do sistema com elementos tipificados se viabiliza com a prescrição de uniões entre elementos e com a classificação dos componentes. BLACHÈRE (1977) coloca de forma sucinta o conceito de sistema aberto, como sendo o encaixe de componentes que não foram concebidos por uma mesma pessoa. Isto é conseguido, através de quatro pontos básicos para que os componentes pré-fabricados possam se ligar e constituir partes de uma construção ou uma edificação no todo. Estes pontos são: dimensões, fixações, juntas e adequabilidade ao uso.

Para BLACHÈRE (op.cit.) o conceito de **dimensões** está relacionado à coordenação modular dos componentes ou elementos a ser adotada (eixo a eixo, extremidade a extremidade), medidas a serem fixadas para o sistema de modulação vertical, horizontal e de espessuras, como também as tolerâncias admissíveis para estas medidas. Em relação à **fixação**, compreende-se como sendo o método para se ter garantido a precisão e solidez necessárias para os encaixes, projetados para unir os elementos entre si. Em relação às **juntas**, este autor apresenta quatro tipos: A **geométrica**, que tem por finalidade garantir que o componente ocupe o exato lugar que foi destinado; a **física**, relacionada isolamento térmica, acústica e de estanqueidade de uma parede; a **mecânica**, pertinente a absorções mecânicas entre elementos adjacentes, devido à ação do vento, impacto e a junta de compatibilidade **química** (exemplo da colagem). Quanto à **adequabilidade ao uso** dos componentes, refere-se as especificações técnicas normalizadas reconhecidas pelos fabricantes e construtores.

Para CERRUTI et al (1987) há uma tendência em se abandonar os sistemas complexos de componentes industrializados. Isto se deve principalmente em função da diminuição no número de programas construtivos e atividades de reconstrução. Também faz parte desta realidade o desaparecimento gradativo de empresas que produzem seus próprios componentes e operam com seus sistemas. No entanto, a produção industrial tende a crescer no seu mercado, disponibilizando preferencialmente produtos mais flexíveis com processo de montagem simplificado no canteiro.

2.2.2. Conceitos sobre Vedação Vertical.

Desde que o homem começou a construir seus abrigos para se proteger das intempéries, de seus inimigos e de animais predadores, a vedação de suas

construções sempre teve um tratamento especial, pois a ela cabia a responsabilidade de sua proteção. O conceito de vedação de um abrigo evoluiu muito ao longo da história da humanidade, em função dos materiais disponíveis no meio em que o homem habitava, de seus recursos tecnológicos como também de suas necessidades, sejam elas de natureza física, cultura e ou espiritual.

As mais diversas formas de construir foram executadas em diferentes regiões habitadas, desde as florestas tropicais, até as regiões mais inóspitas como as geladas e os desertos. Para isto empregaram materiais rígidos e não rígidos. Dentre os materiais não rígidos estão os tecidos empregados na tendas dos povos nômades do deserto, as palhas para compor os abrigos construídos em regiões tropicais como no Brasil nas ocas indígenas, na África e Indonésia. As peles nas ocas do nativo norte americano e povos do deserto da África e da Arábia. A figura 2 apresenta conceitos de vedação feitas com materiais não rígidos.

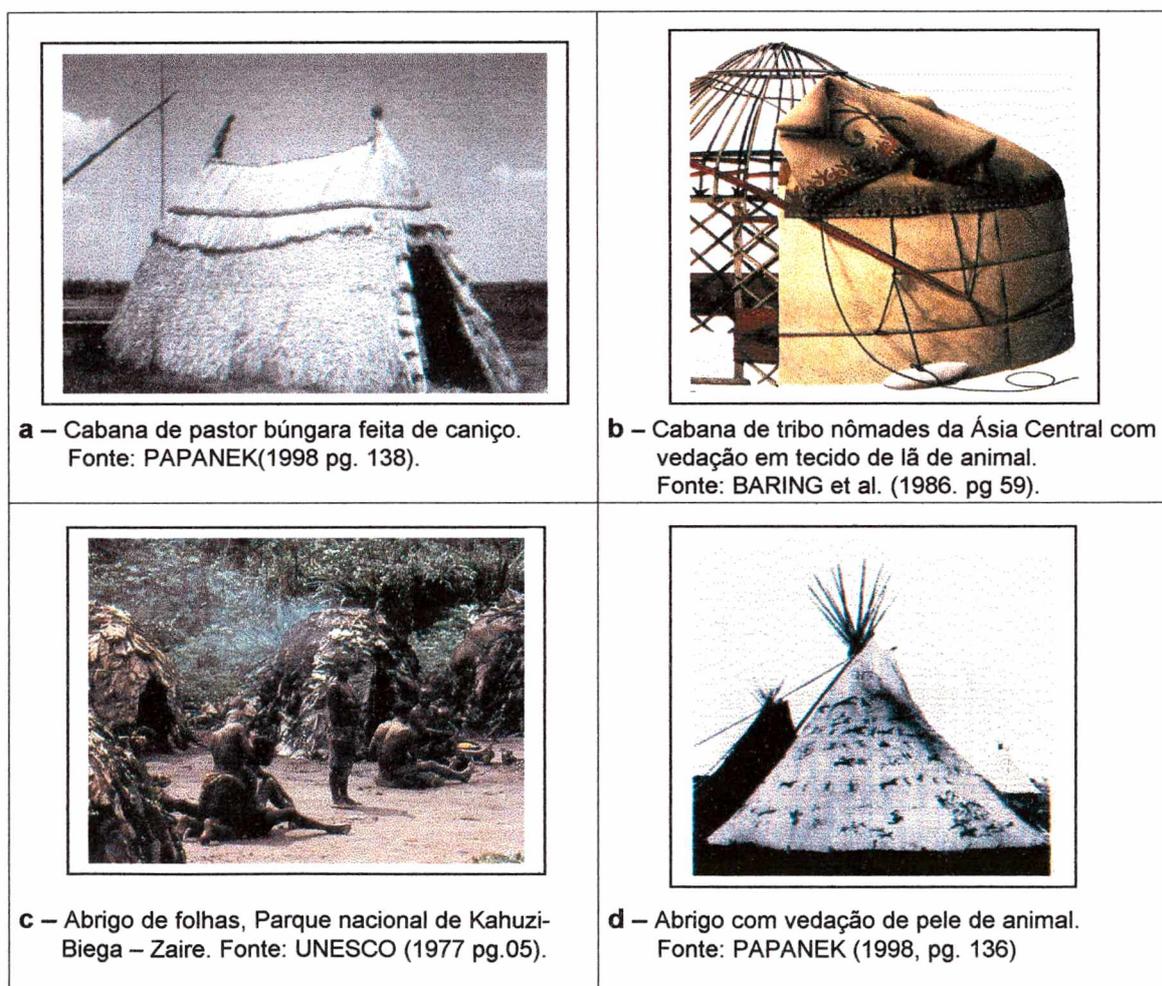


Figura 2. Conceito de vedação vertical feita com materiais não rígidos.

Quanto aos materiais rígidos tem-se o gelo empregado nos iglus dos esquimós no pólo norte. A terra largamente empregada em diversos lugares do planeta, na forma de tijolos cozidos ao sol, adobes, taipas, em região do oriente médio, como também utilizado em países latinos e de descendência latina. A madeira no norte

da Europa e países asiáticos, a pedra em diversos lugares do planeta desde as mais antigas civilizações até América Andina. Cada um dos sistemas construtivos mencionados constitui um conceito de vedação. A figura 3 apresenta conceitos de vedações verticais feitas com terra e madeira.

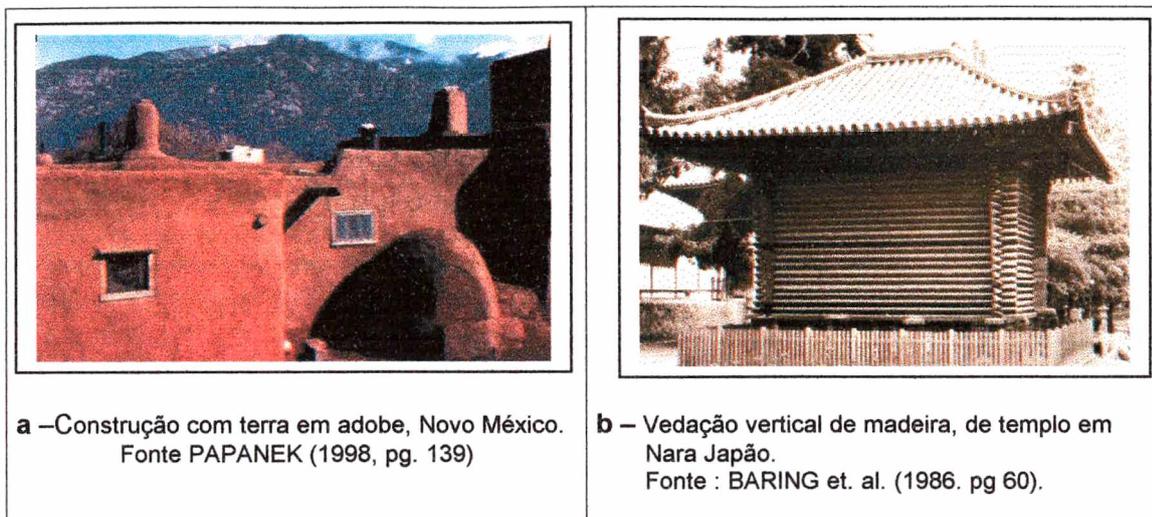


Figura 3: Conceitos de vedações verticais feitas com materiais não rígidos em terra e madeira.

Estes conceitos estão relacionados com as técnicas, métodos e processos construtivos, utilizado em cada tipo de edificação. Estas possibilidades de construção podem ser consideradas como primitivas ou tradicionais artesanais conforme a classificação de TEXEIRA TRIGO (1978), que considera o grau de industrialização dos sistemas construtivos.

BENDER (1976) apresenta a evolução dos sistemas de vedação vertical, feita com componentes produzidos industrialmente. Este desenvolvimento tem em um primeiro momento a produção de tijolos de barro maciço produzidos em olarias artesanais, as quais foram com o passar do tempo introduzindo em seu sistema de produção equipamentos cada vez mais complexos para produção dos mesmos.

O processo de construção de uma parede que utiliza este componente se caracterizava pela construção tijolo por tijolo, ligados com argamassas de cimento e cal e areia. Tem-se então uma estrutura de muro podendo ser ela estrutural ou apenas de vedação quando empregada com estrutura composta por outro material, para sustentação do carregamento proveniente da cobertura e de outros pavimentos. Esta proposta de componente para vedação vertical evoluiu para os tijolos vazados, blocos de cimento e blocos de cimento autoclavados. A figura 4 mostra graficamente este conceito de vedação.

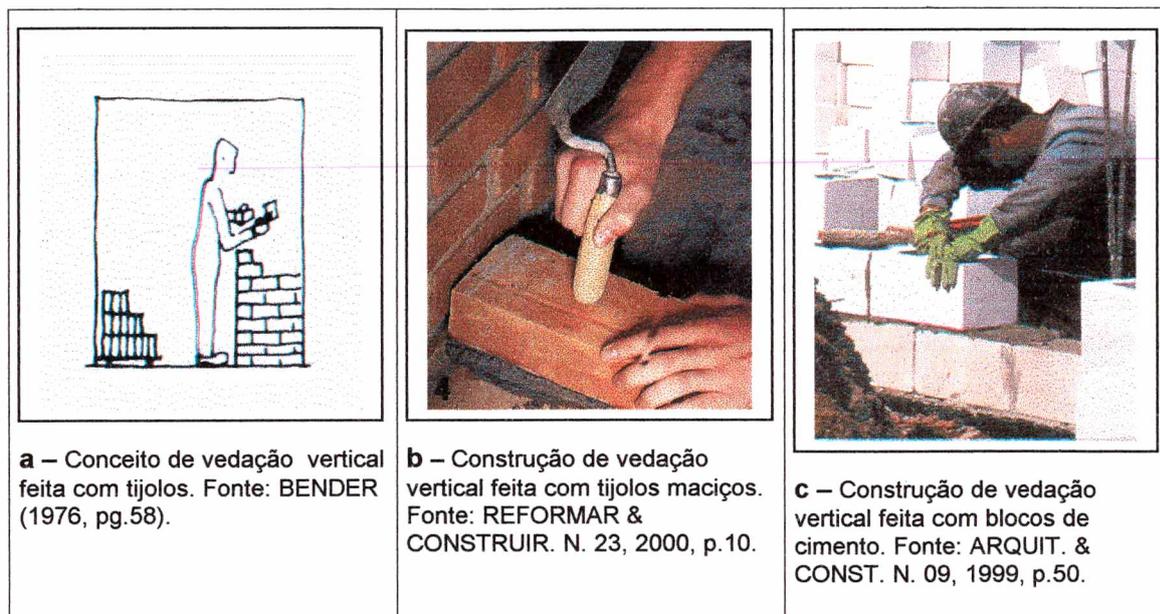


Figura 4: Conceito de vedação vertical feito com elementos de pequenas dimensões, tijolos e blocos de cimento.

Procurando diminuir o tempo de construção de uma edificação outros conceitos surgiram, propondo elementos de vedação maiores e mais industrializados, como os painéis de pequenas dimensões para ser transportados por duas pessoas, os painéis de grandes dimensões, a base de cimento, transportados e erguidos por equipamentos especiais. As figuras 5 e 6 apresentam estes conceitos para vedação vertical.

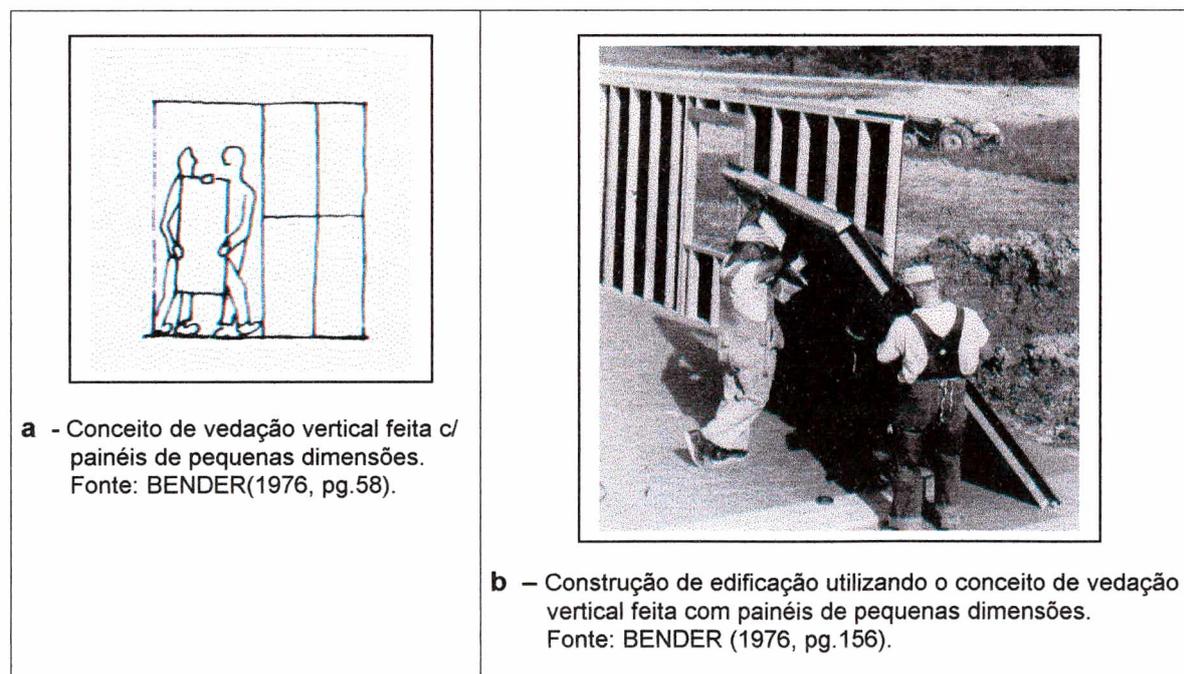


Figura 5. Conceito de vedação vertical feita com painéis de pequenas dimensões.

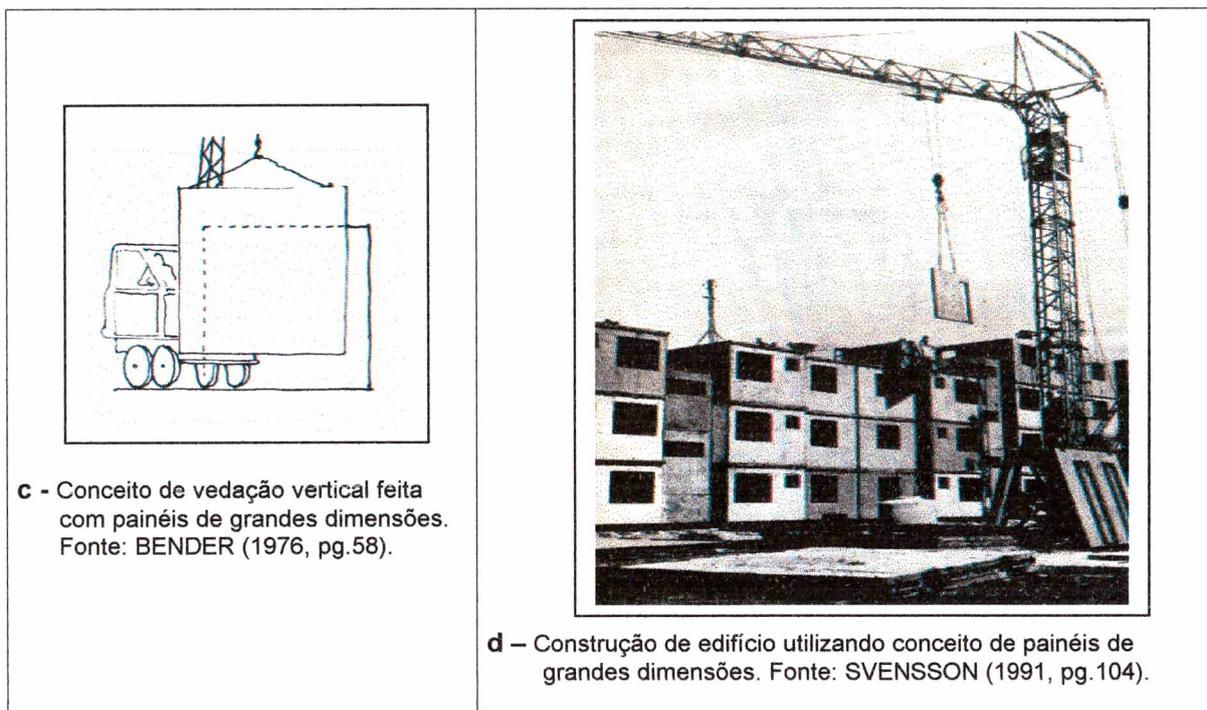


Figura 6. Conceito de vedação vertical feita com painéis de pequenas dimensões.

Outros conceitos surgiram em paralelos a estes, como as chapas de madeira reconstituídas, de gesso e a base de cimento, aplicadas sobre uma estrutura delgada de madeira ou de metal. Todos produzidos industrialmente e aplicados manualmente na obra. Caracteriza-se pela leveza dos componentes tanto estruturais como os de vedação. A figura 7 apresenta o conceito destes componentes para vedação vertical.

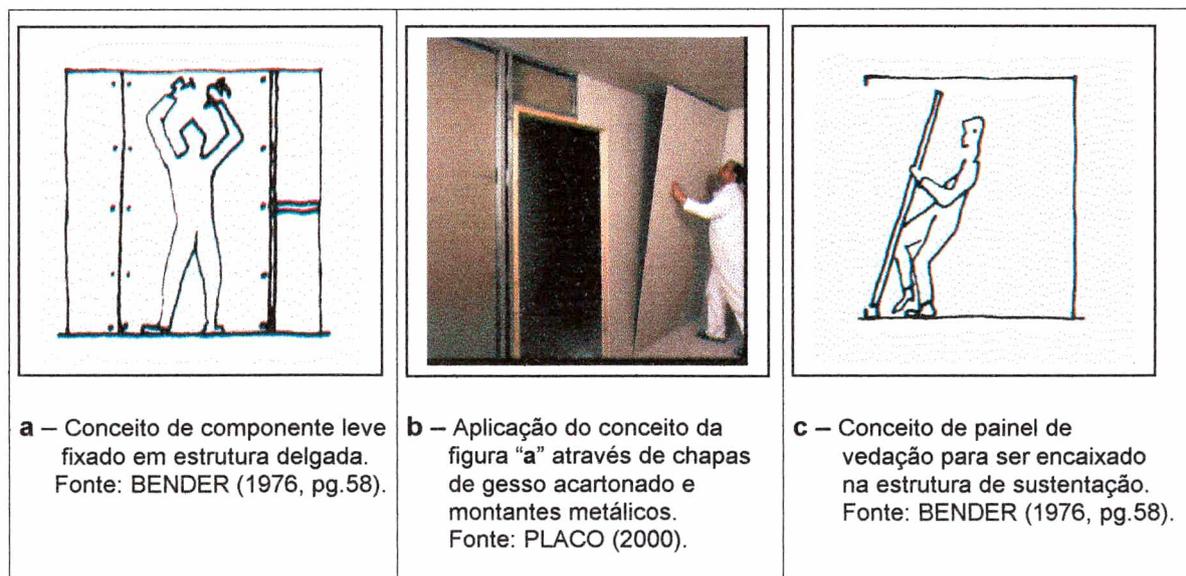


Figura 7: Conceito de vedação vertical industrializado, constituído por chapas leves e estrutura delgada.

Dos conceitos apresentados de vedações verticais, muitos continuam, ainda hoje, sendo utilizados em diversos lugares, por razões culturais, disponibilidades de matéria prima e domínio da tecnologia empregada no processo construtivo. Nas culturas com maior domínio tecnológico, tem-se uma maior utilização dos componentes industrializados constituídos por painéis de vedação de pequenas e grandes dimensões, como também por componentes leves empregados para compor o sistema de vedação como as chapas de gesso acartonado e as cimentícias. Dentre os conceitos abordados, o da figura 7C apresenta um painel de vedação transportado por uma pessoa e apenas encaixado na estrutura para sua fixação. Este conceito tem uma grande gama de produtos em divisórias leves internas utilizadas em escritórios, consultórios e salas comerciais. No entanto, este conceito ainda não apresenta uma possibilidade de produtos para vedação externa de edificações. Esta lacuna estimula esta pesquisa a buscar o desenvolvimento de um produto que possa ser utilizado para vedações externas e fixado dentro deste conceito.

2.2.3 Conceitos de Construtividade.

O conceito de Construtividade é “a medida em que o projeto um edifício facilita a construção de acordo com os requisitos gerais de um edifício terminado” segundo o CIRIA (“*Construction Industry Research and Information Association*”) citado por ADAMS (1990, pg.9). Conforme o mesmo autor, essa definição apresenta duas derivações:

- A primeira relaciona Construtividade com uma escala que vai do bom ao ruim. Por isso um projeto com boas características de construtividade é aquele que considera atentamente o modo de construir o edifício e os condicionantes práticos que atuam no processo. Por outro lado, um projeto com características ruins de construtividade não leva em conta as realidades práticas do processo construtivo ou apresenta aspectos discordantes com elas.
- A segunda derivação da definição de Construtividade é que qualquer edifício tem alguns requisitos gerais que podem aceitar uma construtividade intermediária em relação a situação acima citada.

A construtividade é apenas um dos critérios que se utiliza para avaliar um projeto de edifício, embora seja uma consideração muito importante. Para ADAMS (1990), o conceito de construtividade, conforme o estudo feito pelo CIRIA, em 1983, é constituído de três critérios principais, sendo eles a simplicidade, a normalização e a clareza de comunicação, dos quais pode-se colocar:

Procurar simplificar a construção - Cabe aos projetistas apresentar detalhes mais simples com as exigências gerais de cada edifício, de um grupo de

elementos ou de um elemento em particular, para que o trabalho de montagem no canteiro ocorra sem problemas e cumpra a contento a função prevista.

Planejar a máxima repetição / normalização - O projeto de um edifício e suas partes deve favorecer a repetição e normalização ou tipificação, com isto reduzir o tempo de aprendizado, que tem por resultado acelerar o tempo de execução da obra. Também o projeto deve fomentar especialmente o emprego de junções típicas para reduzir os custos e riscos de erros que acompanham a construção de elementos especiais. Sempre que possível, as dimensões dos elementos devem coincidir com as medidas dos materiais e se organizar de modo que a reduzir a necessidade de mão-de-obra e o desperdício de materiais devido aos cortes.

Comunicação clara - Uma informação clara e exaustiva dos dados da obra antes de iniciá-la favorece a construtividade. O orçamento do projeto deve atribuir tempo e meios suficientes para este fim. Uma informação completa do projeto deve planejar e coordenar adequadamente o projeto ao processo construtivo e facilitar a melhor comunicação e compreensão possível na obra.

Este autor coloca a indagação do porquê se projetar construtivamente? Utilizando-se o conceito da boa construtividade, o projetista pode obter uma obra construída em menor tempo de execução, elevar a qualidade e diminuir os custos da obra. O oposto dessa situação se caracteriza por projetos e planos de construção com pouca qualidade, dificuldade de comunicação, problemas para o construtor, geração de gastos extras, perda de tempo para o projetista pelo aumento de visitas a obra para supervisioná-la. Também se pode dizer que a menor construtividade do projeto ainda proporciona maiores problemas de manutenção e reparos que se fazem necessários ao longo dos anos. Para se evitar estes possíveis problemas, é necessário projetar construtivamente. Isto pode ser obtido através do estudo das técnicas de construção. Cabe ao projetista não só a tarefa de projetar, mas também a de entender o processo construtivo adotado.

Antigamente, o projeto era embasado na construtividade, na medida que este estava condicionado pela possibilidade de construção da época, em função dos meios existentes. Hoje, em função do aparecimento de novas técnicas construtivas, a indústria da construção mundial evidencia a importância da aplicação da construtividade, uma vez que muitos dos componentes e elementos utilizados para formar os sistemas construtivos são pré-fabricados em unidades de produção, sendo estes montados no canteiro de obras. Dentro deste contexto geral é responsabilidade do projetista:

- Reconhecer quais são os elementos críticos;
- Simplificar sua seqüência de montagem;
- Levar em conta as vantagens econômicas devidas ao emprego da repetição e da normalização;
- Fornecer detalhes de como cada componente ou elementos são ligados entre si para alcançar o resultado final – a edificação acabada.

A montagem da edificação no canteiro de obra pode se dar com o emprego de componentes e elementos de grandes dimensões e muito pesados, os quais são colocados em seus apoios com auxílio de equipamentos especiais. Esta opção possibilita rapidez de montagem e diminuição do emprego de mão de obra, sendo válida para construção de edificações de grande porte como os prédios de múltiplos andares.

Para as edificações pequenas (ou seja, construções unifamiliares de até dois pavimentos construídas isoladas no terreno), pode ser recomendada a utilização de componentes leves com dimensões adequadas para serem transportados por até dois operários. Esta solução construtiva, embora embasada na utilização da força de trabalho braçal, quando associada a um projeto que leva em conta a simplificação das junções dos componentes adjacentes e destes com a estrutura de sustentação da construção, pode proporcionar rapidez de montagem e utilização de poucos operários na obra. Para que isto ocorra, é muito importante a clareza de comunicação entre os projetistas e os executores. Portanto, o projeto de montagem deve ser muito bem detalhado de modo a não deixar dúvidas. No caso desta pesquisa, a construtividade será levada em conta nas etapas de produção de elementos de vedação de madeira, sem deixar de considerar a montagem na obra e a manutenção do produto.

2.3. Considerações finais.

Do que foi apresentado neste capítulo pode ser ressaltado como subsídios para o desenvolvimento desta pesquisa, em relação:

- **Ao Panorama Brasileiro da Matéria-Prima Madeira:**
Apesar das florestas de madeira plantada estarem com sua produção em risco de esgotamento, por volta de 2006, mais especificamente a madeira de Pinus, ainda assim, recomenda-se, a utilização de madeira de rápido crescimento como a de Eucalyptus, para produção do componente proposto nesta pesquisa. Esta poderá suprir a falta de madeira de Pinus, como também das nativas brasileiras em vias de extinção.
- **Em relação às Características, Potencialidades e Limitações da Madeira:**
A madeira de rápido crescimento produzida no Brasil é decorrente de reflorestamentos voltados para outras finalidades industriais (como produção de carvão vegetal, celulose e papel, etc.). Esta madeira tem uma qualidade específica para esses fins e não especificamente para a construção civil. No entanto, hoje, parte desta produção é utilizada na construção civil, apresentando uma série de defeitos decorrentes da sua forma de produção. Todavia os aspectos limitantes apresentados podem ser contornados e o emprego desta matéria prima ainda se faz pertinente. Por isso, optou-se por utilizar madeira de reflorestamento de rápido crescimento para o desenvolvimento do produto proposto nesta pesquisa.

- Em relação ao Panorama Tecnológico de Edificações de Madeira Industrializada:
Detectada uma tendência de uma maior industrialização de componentes construtivos, no Brasil, a partir da década de noventa, com a introdução de novos sistemas construtivos (sistemas integrados com chapas de gesso acartonado e outras similares), reforça-se a necessidade de propor produtos voltados a melhoria da edificação de madeira, feitos através de processos industrializados.
- O Projeto do Produto e Consumidor de Casas de Madeira:
Foram levantados aspectos relacionados ao preconceito relativo à casa de madeira e à insatisfação do consumidor em virtude do desconhecimento das características e vantagens do material madeira. Com isto evidencia-se a importância de uma metodologia de projeto que venha subsidiar a concepção de desenvolvimento de novos produtos voltados a casa de madeira, a fim de superar os fatores de insatisfação e de dificuldades de aceitação dos produtos de madeira. Sendo assim, será adotada, no decorrer desta pesquisa, uma metodologia específica que venha colaborar com o projeto do produto.
- Conceitos sobre Sistemas Construtivos Abertos & Fechados:
Estes conceitos fornecem subsídios para o desenvolvimento da pesquisa em relação à forma como o novo produto vai se relacionar com os demais similares existentes no mercado, atualmente. Sendo assim, será adotado o conceito de sistema aberto, uma vez que possibilita uma maior comunicação entre os demais componentes disponíveis e voltados à construção civil.
- Conceitos sobre Vedação Vertical:
Através da explanação das possibilidades de conceitos de vedação vertical pôde-se perceber a importância de se propor novos produtos industrializados, para vedação vertical externa, embasados no conceito de componentes leves, fixados na estrutura de sustentação através de um sistema de fixação que possibilite rapidez de montagem.
- Conceitos de Construtividade:
O conceito de construtividade respalda a pesquisa no sentido de propor um produto que tenha como diretrizes de projeto a simplicidade, repetição e normalização, como também a clareza de comunicação durante o processo de produção do componente e de sua aplicação na construção.

3. TIPOS DE CHAPAS PRODUZIDAS INDUSTRIALMENTE

Neste capítulo são apresentadas as chapas produzidas industrialmente, bem como o seu processo de fabricação e aplicação. Consideraram-se as chapas de madeira e as de outros materiais como as de gesso e a base de cimento, procurando ressaltar sempre as suas potencialidades e suas limitações. Também são apresentadas algumas definições de termos empregados, entre eles, o de "chapa", "placas" e "painéis". Estas definições se fazem necessárias, uma vez que é muito freqüente no meio profissional a utilização dos três termos para definir um mesmo elemento.

3.1. Definição de chapas, placas e painéis.

Os termos chapas, painéis e placas são comumente empregados por engenheiros, fabricantes de produtos à base de madeira e comerciantes, para definir um mesmo elemento. No entanto, cada palavra designa um único elemento de construção. Sendo assim, NUTSCH (1992) apresenta a definição de chapas da norma alemã DIN 4079, como sendo lâminas delgadas de madeira obtidas pelo desdobro do tronco de árvore através da laminação do tronco. Esta definição denomina as lâminas que formarão um elemento que poderá ser estrutural ou não.

Nesta pesquisa o termo chapas está relacionado com uma finalidade estrutural. Desta forma, será adotada a definição de FUSCO (1976), que define "chapas" utilizando um critério de classificação de natureza mecânica. Dentro deste critério, as "chapas" são aqueles elementos que têm o carregamento contido no plano paralelo ao plano composto pelas maiores dimensões. Nesses elementos denominados de "elementos de superfície uma das dimensões é muito menor que as outras duas (da mesma ordem de grandeza)", como mostra a figura 8. As chapas podem ser estruturais ou apenas de vedação.

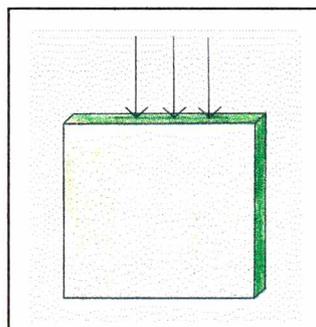


Figura 8: Desenho esquemático de chapa mostrando carregamento contido no mesmo plano.
Fonte: Autor 2001.

Em relação às "placas", FUSCO (op.cit.) emprega o mesmo critério de classificação, utilizando a natureza mecânica do elemento como diferenciador dos demais semelhantes, como as "chapas" por exemplo. Considera como "placas" os elementos que possuem carregamento perpendicular a seu plano médio de carregamento. As placas também apresentam uma dimensão pequena em relação às outras duas, conforme pode ser observado na figura 9.

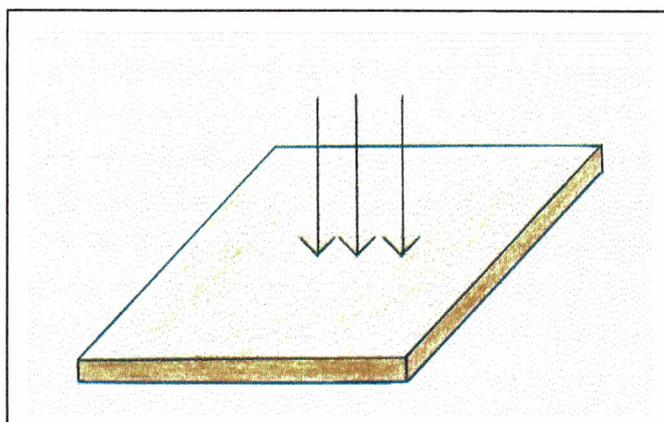


Figura 9: Desenho esquemático de placa mostrando o carregamento perpendicular ao seu plano médio de carregamento. Fonte: Autor.

Para o termo "painel" a NBR-5714, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-1982), especifica o que denomina de "painel vertical". Segundo este instrumento normativo, o painel vertical apresenta medidas modulares, sendo este elemento utilizado para construir divisões verticais internas, externas e interno-externas. Este termo é aqui apresentado, uma vez que as chapas de vedação poderão ser um dos componentes a constituir um painel vertical, quando assim for conveniente empregá-las. Os painéis verticais poderão ser estruturais ou não. A figura 10 apresenta uma imagem de painel vertical para vedação.

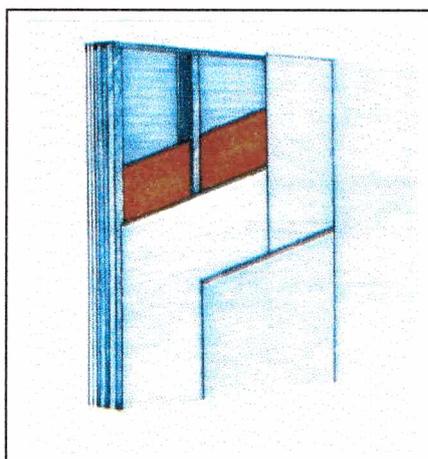


Figura 10: Painel vertical de vedação. Fonte: Autor.

Os painéis de vedação vertical podem ser compostos por chapas. Estes painéis poderão ser apenas de vedação sem função estrutural e leve (aproximadamente 16 kg/m² antes da montagem em canteiro) ou estrutural portante, segundo DELLA NOCE (1996). Os sistemas de vedação também poderão ter características, conforme o seu processo de produção, sendo eles artesanais ou produzidos industrialmente. Outro aspecto referente aos painéis está em relação à ventilação dos mesmos, podendo ser eles ventilados ou não ventilados.

Segundo HOOR (1987), os painéis industrializados estão classificados conforme a sua composição (ventilados ou não ventilados), a função estrutural (portante ou não portante) e as dimensões. Os painéis portantes de pequenas dimensões apresentam larguras entre 1.00 a 1.20m com ou sem espaço para ventilação, podendo ser empregados em paredes externas ou internas de uma edificação. Caracterizam-se como painéis portantes de grandes dimensões aqueles com larguras de até 10.00m, empregados em vedações verticais externas ou internas, horizontais (piso e coberturas), podendo ser ventilados ou não.

a) Painéis não Portantes: Os painéis não portantes necessitam de uma estrutura de sustentação, podendo esta ser composta de vigas e pilares que transmitam as cargas oriundas de coberturas ou de outro pavimento para as fundações da construção. Este tipo de painel deve atender apenas ao requisito de sustentar o peso próprio, servindo apenas como elemento de vedação aos agentes da natureza como a radiação solar, os ventos, a variação de temperatura e aos animais, além de garantir a segurança. Tem maior emprego para compor paredes internas. HOOR (op.cit.) apresenta três tipos de classificação para paredes internas compostas por painéis não portantes:

- O primeiro tipo é denominado de paredes internas fixas não portantes e não podem ser deslocadas.
- O segundo tipo é classificado como paredes internas semimóveis, podendo ser deslocadas com algumas restrições, ou seja, durante a operação, as extremidades dos elementos e componentes não podem ser danificadas, os revestimentos dos painéis geralmente são destruídos, mas sua ossatura deve ser reutilizada.
- Quanto ao terceiro tipo de painel, são denominadas de divisórias removíveis, pois possibilitam o desmonte e remontagem em qualquer lugar da construção com base na mesma trama. Este produto deverá apresentar grau de pré-fabricação tal que a montagem e a desmontagem possam ser executadas de forma simplificada.

b) Painéis Estruturais: Os painéis estruturais dispensam, em princípio, sistemas estruturais de vigas e pilares, sendo os mesmos construídos de modo a transmitir para as fundações as cargas provenientes da cobertura e de

outros pavimentos. Todavia, dificultam futuras adaptações dos espaços internos, quando seus moradores assim desejarem, por serem ao mesmo tempo estrutura e vedação da edificação.

Uma vez definidos os termos para designar chapas, placas e painéis e classificação dos painéis, eles fornecerão subsídio conceitual para apresentação no próximo sub-item dos tipos de chapas de madeira reconstituídas que existem no mercado nacional e estrangeiro, levantando seu processo de produção, características e finalidade de uso.

3.2. Chapas de Madeira

As chapas de madeira são feitas a partir da madeira reconstituída, ou seja, o tronco da árvore é processado, a depender do tipo de chapa que se pretende produzir, em lâminas, cavacos, partículas, fibras, sarrafos ou em tábuas. Este produto começou a ser produzido industrialmente, no início do século vinte, a partir de 1905, conforme CARNOS (1988), tanto na Europa como no Estados Unidos da América.

Com a Segunda Guerra Mundial, ocorre um grande consumo de madeira principalmente das árvores de diâmetros grandes, sem replantio das espécies abatidas, isto levou a uma escassez de madeira das reservas naturais, restando apenas as árvores de pequenos diâmetros, o que dificultava a obtenção de tábuas largas para produção de móveis e de outros produtos. Dentro desta realidade, as chapas de madeira ganharam mais impulso para serem pesquisadas e produzidas industrialmente.

Segundo CASTRO (2000), só nos últimos quarenta anos é que o desenvolvimento das chapas de madeira reconstituída tomou força, surgindo vários tipos de chapas de madeira reconstituída de grandes dimensões, com maior estabilidade dimensional, mais homogêneas, sem defeitos, com ganhos de melhorias em relação às propriedades físicas e mecânicas e resistência a bio-deterioração, adequadas à indústria moveleira e à construção civil. Seguindo o conceito de produção de chapas de madeira reconstituída, desde então, o homem já desenvolveu vários tipos de chapas, primeiro as de compensado, depois as de fibras, seguidas das de aglomerado. Outras chapas surgiram posteriormente como as de MDF (*“Medium Density Fiberboard”* – chapa de fibra de média densidade) e OSB (*“Oriented Strand Board”* – chapas de “lascas orientadas”), entre outras. Esses produtos só foram possíveis de ser fabricados, a partir do desenvolvimento de resinas sintéticas.

A produção de chapas de madeira, no Brasil, teve seu início, na década de 40 do século XX, com a produção do compensado. As chapas de aglomerado e chapas de fibra dura começaram a ser produzidas, mais tarde, na década de 60. O MDF (*“Medium Density Fiberboard”*) teve sua produção iniciada, no Brasil, em 1998,

segundo GOUVEIA (1999). Em relação às chapas de OSB (*Oriented Strand Board*), existe um estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de uma fábrica no Rio Grande do Sul, utilizando madeira de Eucalyptus e Pinus, fruto de um empreendimento entre empresas de Santa Catarina e do Canadá. Na região de Nova Friburgo, no Rio de Janeiro, empresários em parceria com a Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), através do Instituto Politécnico do Rio de Janeiro (IPRJ), vêm desenvolvendo estudos para viabilizar a produção do OSB (*Oriented Strand Board*), a partir do emprego da madeira de eucalipto, conforme EINSFELD et. al (1998). Segundo MENDES & ALBUQUERQUE (2000) a previsão do início de produção das chapas de OSB no Brasil é para o ano de 2001.

ALBUQUE & MENDES (2000) mostram a defasagem brasileira quanto ao início da produção de chapas de madeira reconstituída, em relação à produção mundial, evidenciando o atraso da indústria nacional neste setor, conforme é apresentado na tabela 2. Cabe também dizer que as empresas que produzem estes tipos de chapas fazem com tecnologia estrangeira.

Tabela 2: Defasagem da produção nacional em relação a produção mundial de Chapas e Elementos a base de madeira reconstituída.

Produtos	Ano de início de produção		Defasagem
	Mundo	Brasil	
Chapas			Anos
Compensado	1913	1940	27
Chapa de Fibra	1930	1955	25
Madeira Aglomerada	1950	1966	16
MDF	1970	1998	28
"Waferboard"	1975	-	25
OSB	1975	2002	27
"Homogeneous board"	1980	1990	10
LVL	1972	-	28
Chapa de madeira – cimento	1914	-	86

Fonte: Revista Madeira out.2000 (ano 9. Nº 52)

Dentre os fatores positivos destas chapas, destacam-se: a maior confiabilidade dos consumidores em relação aos produtos; a estabilidade das peças; o aproveitamento total ou parcial da tora, a depender do tipo de chapa a ser produzida; grandes dimensões (largura e comprimento) dos produtos; aproveitamento de resíduos gerados em outros processos de beneficiamento da madeira como pó de serra, refugos de usinagem, costaneiras, lascas, maravalhas, entre outros para a produção das chapas.

Algumas destas chapas de madeira reconstituída apresentam semelhanças entre si, porém suas aplicações são distintas na maioria das vezes. Isto ocorre pelas características e propriedades relacionadas aos aspectos produtivos nos diferentes tipos de fabricação das chapas.

A classificação das chapas a base de madeira pode ser feita em função da forma do material lenhoso empregado na fabricação desses produtos, ou ainda segundo a densidade, processo de fabricação e matéria-prima. Em relação à classificação segundo o processo de fabricação, tem-se:

- **Chapas de Partículas:** Fazem parte deste agrupamento as chapas de madeira aglomerada ("*Particle Board*" - PB), as chapas de flocos orientados ("*Oriented Strand Board*" - OSB) e as chapas de flocos não orientados ("*Waferboard*" - WB).
- **Chapas de fibras:** este grupo é constituído pelas chapas de fibras isolantes ("*Insulating Board*" - IB), chapa de fibra dura ("*Hardboard*" - HB) e pelas chapas de média densidade ("*Medium Density Fiberboard*" - MDF).
- **Chapas feitas a partir de lâminas:** estão compreendidas pelas chapas de madeira compensada ("*Plywood*" - PW) e pelas chapas de madeira sarrafeada ("*Blockboard*" - BB).

Neste capítulo, as chapas de flocos não orientados (WB) não serão abordadas por estarem entrando em desuso, em função do crescente mercado das chapas de OSB. As demais serão consideradas por serem empregadas na indústria da construção civil e também por sua aplicação na moveleira.

3.2.1 Aglomerados

As chapas de aglomerado estão representadas pelas chapas de partículas de madeira aglomeradas denominadas pela bibliografia estrangeira de "*Particle Board*" (PB) e pelas chapas de flocos orientados "*Oriented Strand Board*" (OSB). Nestes subítens serão apresentadas as características, o processo de fabricação e o tipo de utilização para cada uma das chapas abordadas.

3.2.1.1 Chapas de Partículas de Madeira Aglomerada "*Particle Board*" (PB)

As chapas de partículas de madeira aglomerada apresentam como conceito de produto a transformação de um tronco de uma árvore de pequeno diâmetro em partículas. Em seguida, estas partículas são misturadas com cola, para serem despejadas sobre uma esteira formando um colchão para ser prensado e cortado nas dimensões desejadas, formando chapas com grande largura e comprimento e pequena espessura.

Os primeiros estudos sobre fabricação de chapas de madeira de partículas aglomerada, segundo FONSECA (1998), ocorreram, entre 1930 e 1950. Neste

período, em 1933, é construída nos Estados Unidos a primeira fábrica. Em 1943, o suíço Fahrni patenteou o sistema denominado “NOVOPAN”, que é constituído por três camadas, hoje muito utilizado no Brasil. Com a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento da indústria madeireira sofreu uma paralisação, em função da dificuldade em se obter madeira e aglutinantes. Dentro deste contexto, o aglomerado começou a ser conhecido, a partir de 1952. Isto foi possível, em função do desenvolvimento de resinas sintéticas e do desenvolvimento de máquinas capazes de produzir chapas de qualidade e características adequadas para produção de mobiliário. No Brasil, os empresários começam a se interessar por este produto no início da década de 60.

Estas chapas são produzidas por partículas de madeira que têm em média 0,3mm de espessura e 3,5mm de comprimento, sendo que o diâmetro varia em função das toras e do posicionamento das mesmas no picador. Esta madeira triturada é misturada com adesivos e, sob a ação de calor, é submetida à prensagem, resultando em chapas delgadas ou a extrusão, formando chapas espessas vazadas, como também em componentes de grandes dimensões, conforme CASTRO (2000). As chapas delgadas apresentam espessuras de: 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 28mm, e dimensões de 1830x2200mm, 1830x2750mm, 1830x4400mm, conforme a DURATEX (2000).

A chapa de madeira aglomerada é um produto composto de madeira triturada em pedaços miúdos e/ou de outros materiais lignocelulósicos unidos com adesivos sintéticos submetidos a calor e pressão. Este produto também pode ser constituído por cavacos, maravalhas ou lascas de madeira. Distingue-se pela matéria prima, pelo adesivo, pela distribuição das partículas, pela qualidade da superfície acabada (lisa, revestida, etc.), de acordo com BITTENCOURT (1995).

Segundo LIGNUM, citado por BITTENCOURT (op.cit.), as chapas de aglomerados podem ser do tipo convencional, sendo feitas com partículas homogêneas com apenas uma camada, três camadas, cinco camadas, multicamadas, ou ainda do tipo chapas extrusadas com partículas perpendiculares ao plano da chapa ou com partículas perpendiculares ao plano da chapa com perfurações.

Segundo TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998), o processo de produção das chapas de madeira aglomerada por prensagem ocorre da seguinte forma: recepção e estocagem da matéria prima (madeira roliça, serrada, cavacos, serragem, flocos e resíduos). Quando o processo utiliza madeira em toras, depois da estocagem, tem-se o descascamento das toras, sendo, em seguida, o material encaminhado para os trituradores, para ser transformado em partículas. Estas partículas passam por um processo de secagem até se obter uma umidade de 2 a 4%. Na seqüência, ocorre a classificação dos materiais por meio de peneiras vibratórias, para serem posteriormente misturados com aditivos, formando os colchões, onde as partículas mais finas são utilizadas nas camadas mais externas das chapas para melhorar o acabamento e as maiores no interior da chapa para dar mais resistência mecânica ao produto. Após a formação do colchão, este é encaminhado para pré-prensagem e prensagem, seguida de refilamento,

lixamento e acabamento. Quanto ao processo por extrusão, este é diferenciado, no momento da mistura das partículas com a cola que segue para a prensagem por extrusão, com corte automático e empilhamento. Este produto pode ser classificado também por sua densidade, sendo elas: baixa, até 500kg/m^3 ; média, de 500kg/m^3 à 800kg/m^3 e alta, acima de 800kg/m^3 . A figura 11 apresenta um diagrama de produção destas chapas e a figura 12 apresenta o esquema da linha de produção deste tipo de chapas.

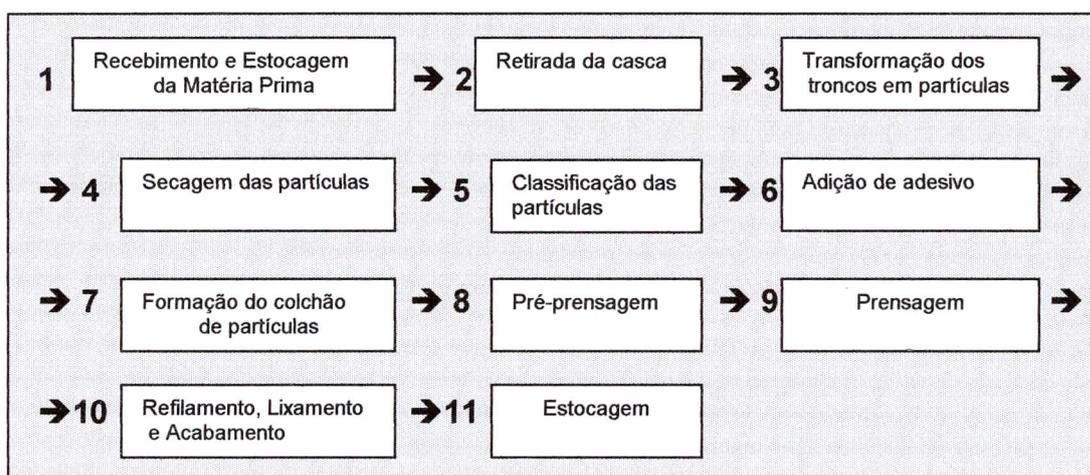


Figura 11: Diagrama do processo de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.
Fonte: Autor.

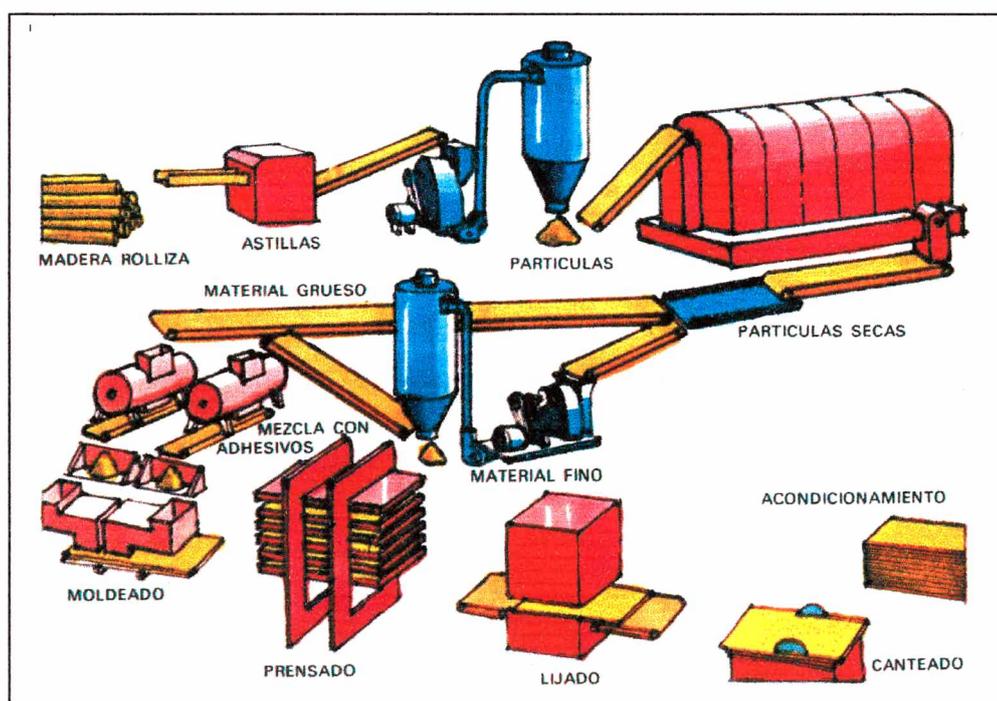


Figura 12: Linha de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.
Fonte: Junta Del Acuerdo de Cartagena (1980,pg. 8-4).

Segundo CASTRO (2000), este tipo de chapa é largamente empregado pela indústria moveleira no mundo todo, sendo também utilizado em escala menor na construção civil em pisos de residências, em degraus de escadas, divisórias, entre outras aplicações.

3.2.1.2 Chapas de Flocos de Madeira Orientados 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. A figura 13 mostra este conceito de produto.

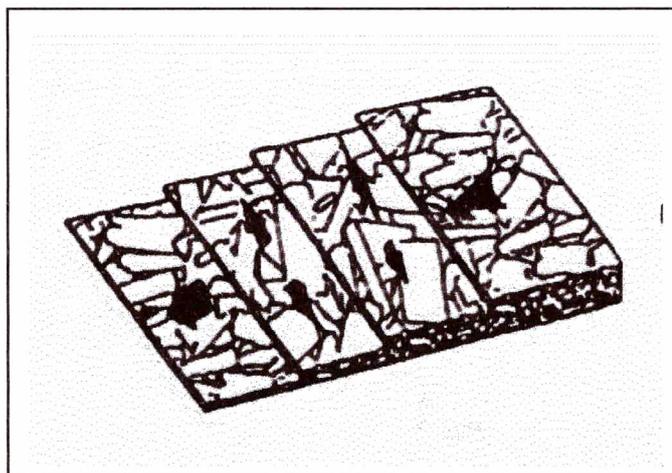


Figura 13: Orientação dos flocos de madeira para formar a chapa de OSB.
Fonte: SBA – "*Structural Board Association*" (2000, pg.02).

As chapas de madeira aglomerada com partículas orientadas OSB ("*Oriented Strand Board*" – chapa de "lascas" orientadas) estão no mercado, desde o início da década de 1980, e seus antecessores foram às 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 mecânica. Dos troncos destas árvores são retirados os flocos ("strands") de 1mm de espessura por 25mm de largura e comprimento variando de 80 a 150mm. 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 de boa qualidade para produção deste tipo de chapa.

Estas chapas apresentam uma melhora em relação à resistência mecânica, quando comparadas com as das chapas aglomeradas comuns. Este produto é usualmente comercializado nos países da América do Norte com as seguintes dimensões: 1220 x 2440 mm. 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 este 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 100% do tronco, conforme EINSFELD et. al (op.cit.), mas para TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998) este mesmo aproveitamento é de 85%.

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, ALBUQUERQUE (2000). Segundo este mesmo autor, a densidade da madeira é o fator mais importante, pois está diretamente relacionado à densidade das chapas e às suas propriedades mecânicas.

Os valores de densidade das espécies de madeira para produção de chapas de OSB giram em torno de 0,25 - 0,45 g/cm³. Espécies com densidades entre 0,45 - 55g/cm³ podem ser utilizadas, no entanto, não são as preferidas, podendo estas ser empregadas em misturas com madeiras de densidades menores. As toras de madeira devem ser preferencialmente retas com um mínimo de conicidade, pois é recomendável manter a direção principal dos flocos tal qual a direção da árvore, para com isto favorecer a estabilidade dimensional da chapa, de acordo com ALBUQUERQUE (op.cit.).

EINSFELD et. al (op.cit.) 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 de energia que é utilizada no processo de produção destas chapas. Em seguida, este material é transportado por uma bacia até o equipamento que as transforma

em flocos. Na seqüência, tem-se a secagem dos flocos, seguida da adição de resinas e cera líquida, através de pulverização sobre toda superfície dos flocos. Após esta etapa, tem-se a colocação dos flocos nas esteiras em camadas orientadas, sendo quatro no total, onde as externas são orientadas paralelamente às esteiras e as internas perpendicularmente a elas, formando um colchão de 10cm de espessura para ser prensado, resultando em chapas com espessuras entre 0,64cm e 1,9cm. O processo de prensagem se dá com uma carga de 210kgf/cm² a uma temperatura de 205°C, por cerca de 3 minutos. Por fim, ocorre o corte com aparas das chapas, estocagem e expedição. A figura 14 mostra este processo de produção.

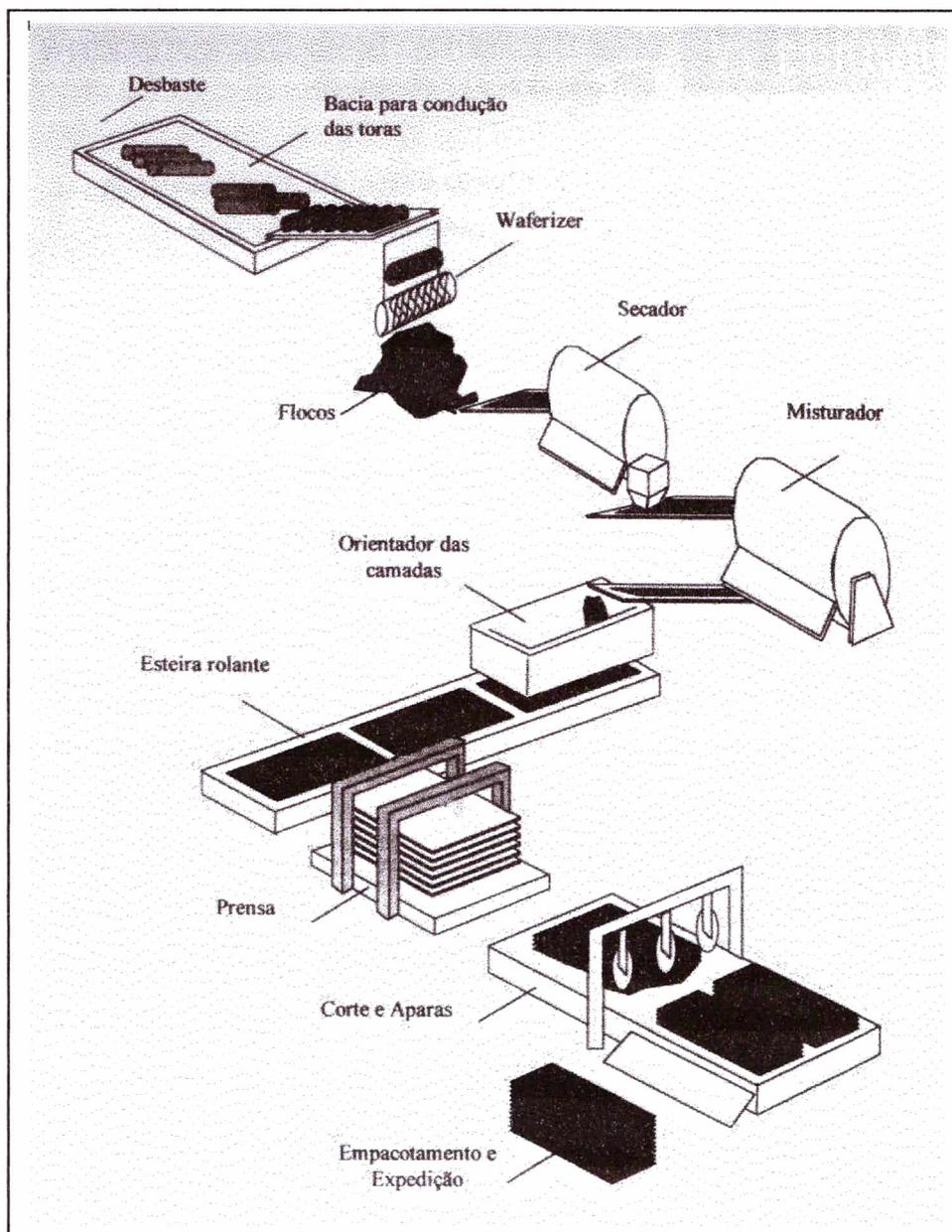


Figura 14: Manufatura de painéis de OSB. Fonte: EINSFELD et. al (1998, pg. 393).

ALBUQUERQUE (2000), ao descrever o processo de produção do OSB, 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 resistente 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. Este produto tem como características positivas, se comparado a outros tipos de chapas de madeira reconstituída:

- 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.

TOMASELLI (1998), acrescenta que a superfície destas chapas não é lisa. Isto se configura como um problema do ponto de vista de acabamento, o que tem movimentado esforços dos fabricantes para contorná-lo.

Os países que mais utilizam estas chapas são os Estados Unidos e o Canadá. Quanto à sua aplicação, se dá na construção civil, devido às suas características físicas e mecânicas, o que possibilita seu emprego para fins estruturais. Também são empregadas em divisórias para ambientes internos; em formas de concreto armado; para compor painéis de fechamento de paredes (com se vê na figura 15), nos contrapisos e nos forros de coberturas; para produção de vigas "I" estruturais; na fabricação de móveis. ALBUQUERQUE (op.cit.) coloca que a produção de chapas de OSB, na América do Norte, no ano de 1999, teve um aumento de 278 milhões m², destacando-se seu emprego em construções residenciais com 51%, 19% em aplicações industriais e o restante em outros usos.

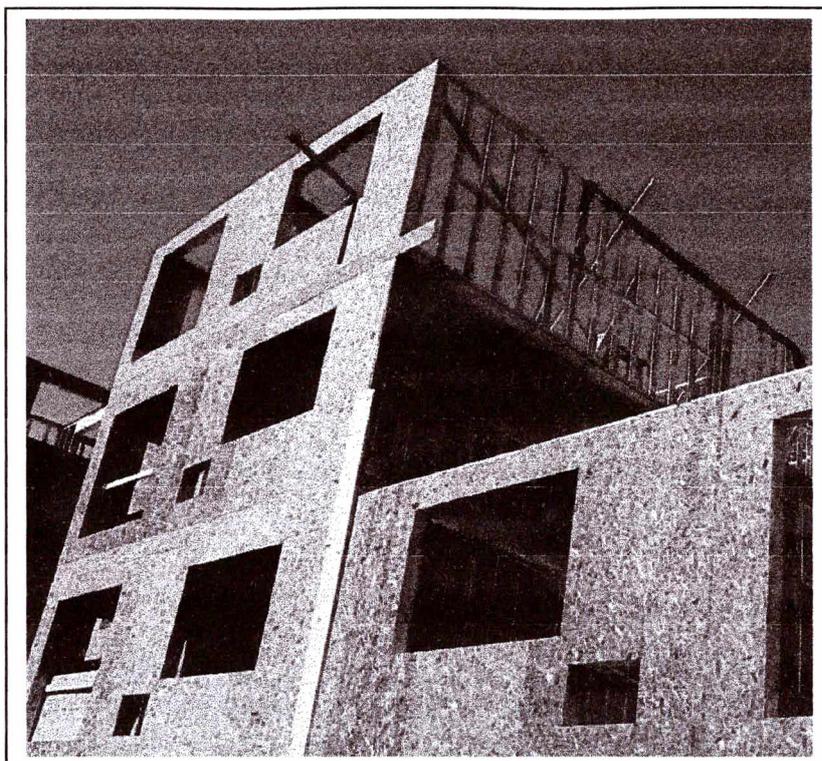


Figura 15: Aplicação de chapas de OSB para fechamento de estrutura do tipo “frame”.
Fonte: SBA – “*Structural Board Association*” (2000, pg.3).

3.2.2 Chapas à Base de Fibras

Neste item estão agrupadas as chapas de fibras de madeira e as chapas de MDF (“*Medium Density Fiberboard*” – Chapas de fibra de madeira de média densidade). Apesar de ambas serem de fibras de madeira, são distintas pelo processo de produção e pelo produto final obtido e suas aplicações.

3.2.2.1 Chapas de Fibras

As chapas de fibras de madeira apresentam como conceito de produto a transformação do tronco de uma árvore de pequeno diâmetro em partículas, para, em seguida, serem desfibradas. Quando se obtém as fibras de madeira estas são despejadas sem adição de cola sobre uma esteira, formando um colchão para ser prensado e cortado nas dimensões desejadas, formando chapas com grande largura e comprimento e pequena espessura.

As chapas de fibras de madeira, também denominadas de “*fiberboard*” são produzidas a partir de material lignocelulósico, extraído principalmente da polpa

da madeira. No seu processo de fabricação podem ser introduzidos produtos químicos na polpa para melhorar as características das chapas em relação à resistência mecânica, à umidade e ao fogo. Nas chapas de fibras expostas ao intemperismo que não receberam tratamento adequado a esta finalidade, ocorre a perda de coesão entre as fibras, ocasionando uma modificação irreversível em sua estrutura.

As chapas de fibras podem ser classificadas de acordo com critérios de densidade e prensagem. Para TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998), estes produtos estão classificados da seguinte forma: as chapas isolantes seriam aquelas com densidades inferiores a 400kg/m^3 , por serem prensadas com baixa pressão; as chapas normais apresentam densidade variando de 400kg/m^3 a 900kg/m^3 , prensadas sob média pressão; as chapas rígidas apresentam densidade de 900kg/m^3 a 1000kg/m^3 , formadas sob alta pressão. Sua espessura nominal varia entre 2,5mm a 6,4mm, conforme a NBR 10024 / 1987.

TECLA citada por BITTENCOURT (1995), também adota o critério de densidade para classificar este tipo de chapa. Dentro deste sistema de classificação, apresenta as chapas com sendo as "Não Prensadas", sendo estes de dois tipos: as chapas isolantes semi-rígidas com densidade $0,02$ a $0,15\text{g/cm}^3$ e as chapas isolantes rígidas com densidade de $0,15$ a $0,40\text{g/cm}^3$. Outro grupo de chapas de fibras é o das chapas prensadas, classificadas da seguinte forma: chapas semiduras ($0,40$ a $0,80\text{g/cm}^3$); chapas duras ($0,80$ a $1,20\text{g/cm}^3$); e as chapas extraduras ($1,20$ a $1,45\text{g/cm}^3$).

As chapas duras recebem várias denominações, conforme suas características físicas e mecânicas, que variam de acordo com o tratamento que recebem. Segundo a NBR 10024 / 1987, tem-se: chapa dura; chapa dura normal; chapa dura tratada; chapa dura temperada e chapa dura com uma face lisa (SIS); chapa dura com duas faces lisas (S2S). Apresentam espessura de 2,5mm a 6,0mm, comprimento e largura de: $640 \times 2130\text{mm}$; $1220 \times 2750\text{mm}$ ou ainda de $1524 \times 3050\text{mm}$.

O processo de fabricação deste tipo de chapa têm, em uma primeira etapa, a transformação dos troncos em cavacos, quando se utilizam toras de madeira. Uma vez obtidos os cavacos, este material é submetido a um processo de amolecimento a base de vapor e pressão de 7 a 15 atm, para, em seguida, serem desfibrados.

Após a desfibração, as fibras são tratadas em função do tipo de chapa a ser produzida, sendo este material armazenado em tanques para se obter as chapas isolantes, chapas duras a seco ou ainda as chapas duras a úmido. A etapa seguinte é a colocação da polpa tratada sobre as esteiras metálicas na forma de colchões, para originar as chapas de acordo com as especificações e finalidades a que se destinam. O processo de produção das chapas de fibra tem como desvantagem a poluição das águas. TIBÚRCIO & GONÇALVES (op.cit.) apresentam, através de um fluxograma, as etapas de produção e os processos - úmido, semi-seco e seco para produção das chapas de fibra, (vide figura 16). A

figura 17 apresenta um esquema da seqüência de produção das chapas de fibras com suas etapas principais.

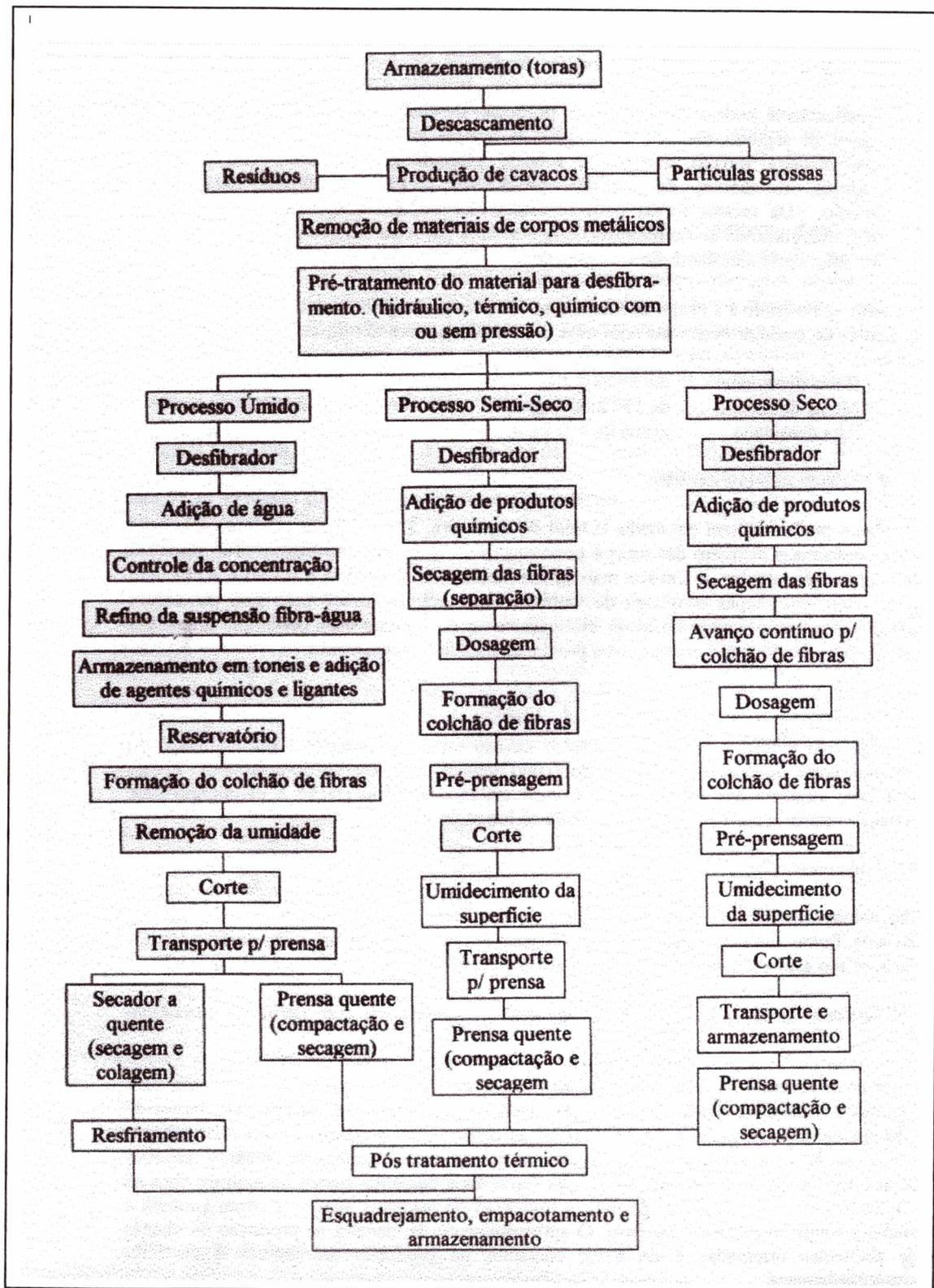


Figura 16: Fluxograma das etapas do processo de produção das chapas de fibras: processo úmido, semi-seco e seco. Fonte TIBÚRCIO e GONÇALVES, (1998, pg.379).

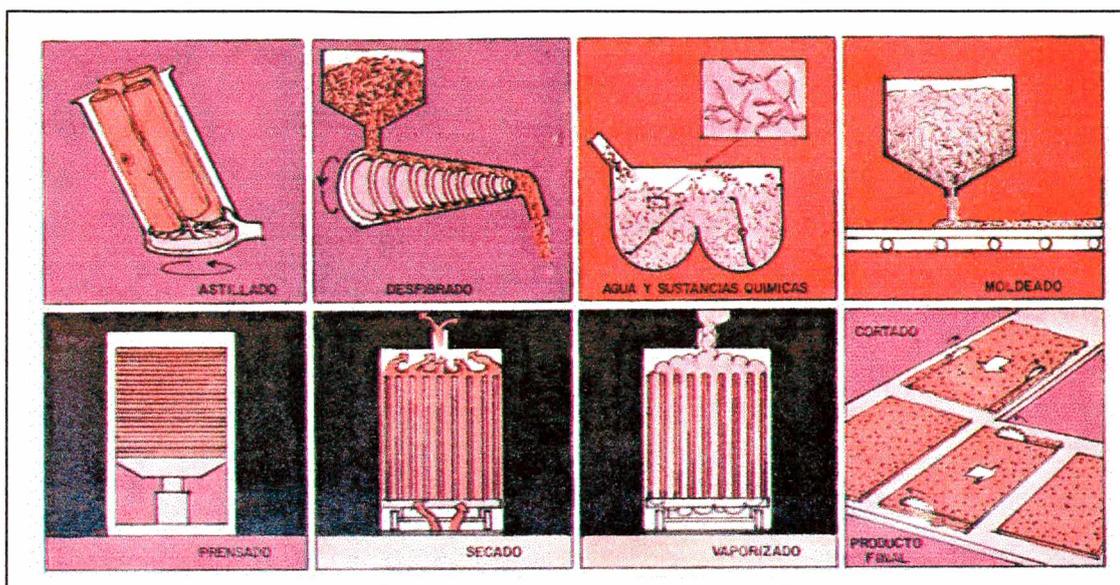


Figura 17: Etapas de produção das chapas de fibras de madeira.
 Fonte: Junta Del Acuerdo de Cartagena (1980, pg. 8-6).

Este tipo de chapa tem seu emprego na indústria moveleira, em divisórias de ambientes de escritórios e na habitação (chapas duras) e no isolamento acústico de equipamentos de som e de auditórios (chapas semi-rígidas).

3.2.2.2 Chapas de Fibras de Média Densidade - MDF (*“Medium Density Fiberboard”*)

As chapas de fibras de madeira de média densidade apresentam como conceito de produto a transformação de um tronco de uma árvore em pequenos cavacos, para, em seguida, serem desfibrados. Quando se obtém as fibras de madeira, estas são misturadas com cola ao contrário das chapas de fibras e despejadas sobre uma esteira formando um colchão para ser prensado e cortado nas dimensões desejadas, formando chapas com grande largura e comprimento e pequena espessura comparada com as demais dimensões da chapa.

As chapas de *MDF* (*“Medium Density Fiberboard”* – chapa de fibras de Média densidade) podem ser consideradas como produtos relativamente novos, pois foram fabricadas, pela primeira vez, no início da década de 60 do século XX, nos Estados Unidos. No Brasil, a primeira indústria teve sua produção iniciada no segundo semestre de 1997, conforme VALENÇA (2000).

O processo de fabricação das chapas de MDF é uma combinação dos processos produtivos de chapas de aglomerado e de fibra dura produzidas pelo processo a seco. Neste processo, a qualidade da matéria prima e a forma do cavaco não influencia na qualidade final do produto, pois este é transformado em fibras, conforme CASTRO (2000), o que não acontece com as chapas de aglomerado. As chapas de MDF podem ser fabricadas com espessuras variando de 6,0 a 35mm, largura de 1830mm e 2750mm de comprimento e densidade de 640 a 800 kg/m³, conforme a DURATEX (2000).

O MDF tem como seqüência de produção o preparo dos cavacos, seguido de limpeza, onde se retira a areia, pedras e cavacos demasiadamente espessos. Concluída esta etapa, tem-se a desfibração, que consiste em submeter os cavacos a uma pressão de 5 a 8 bar, por um tempo de 3 a 6 minutos. Na etapa seguinte, se tem a aplicação da cola (melamina-uréia - formaldeído), podendo esta ser adicionada através de jato ou de um misturador. Seguindo este processo, tem-se a secagem das fibras, depois a formação da esteira de fibra (formação da manta), a pré-prensagem, a prensagem e, por fim, o refilamento, o esquadrejamento, o lixamento e estocagem das chapas de MDF.

Segundo BIANCHINA (1997), uma grande variedade de espécies de rápido crescimento é utilizada como matéria prima para a manufatura do MDF, incluindo espécies da Malásia como acácia, bambu e as menos conhecidas espécies asiáticas como "*batai*" e "*yamane*". A chapa de MDF é mais pesada comparada com as demais.

As chapas de MDF, segundo TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998), se caracterizam como um produto homogêneo em toda a sua superfície. Esta característica se deve a homogeneidade da grã da madeira, possibilitando uma superfície lisa, plana, densa e uniforme, o que viabiliza, por sua vez, acabamentos com qualidade e trabalhabilidade facilitada. Por estas qualidades, este produto permite vários tipos de acabamento: de revestimento com PVC, pintura, aplicação de papel, lâminas de madeiras, entre outros. Por ser uma chapa sólida e uniforme, permite que as bordas e as superfícies sejam trabalhadas, apresentando bom acabamento e igual ao da madeira maciça, o que não é possível com as chapas de aglomerados.

Também permite perfurar, entalhar, modular, entre outras técnicas empregadas para trabalhar a madeira maciça. Estas características viabilizam seu emprego em construção de móveis e almofadas de portas. Destacam-se a estabilidade e a resistência do MDF como as qualidades fortes. Outro aspecto importante a ser ressaltado é o pouco resíduo gerado no processamento do MDF. Pode-se dizer que uma perda maior ocorre, quando este produto é trabalhado em relevo ou quando é torneado. A figura 18 apresenta chapas de MDF com espessuras diferentes sem acabamento, na cor natural.

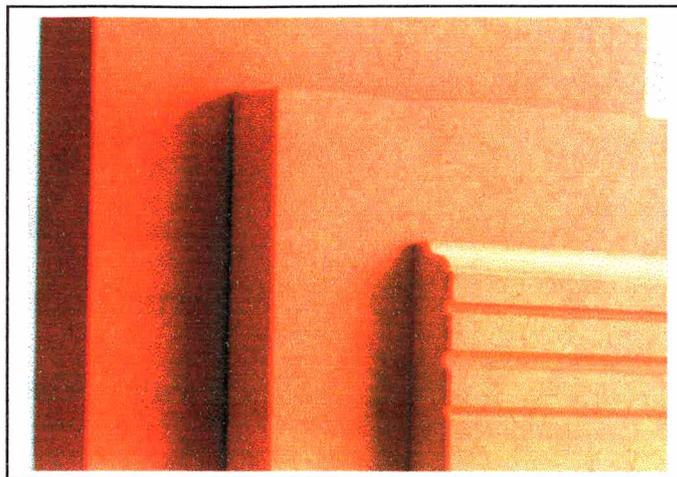


Figura 18: Chapas de MDF. Fonte: VALENÇA (2000, pg. 24).

3.2.3 Chapas de Madeira Laminada, "*Plywood*"

Foi na Europa onde nasceu a indústria da madeira laminada colada, no final do século XIX. Segundo GROHMANN (1998), o laminado colado teve sua primeira patente como sistema construtivo com madeira laminada na forma curva para estrutura, na Alemanha, em 1906, projetada por OTTO HETZER. As primeiras chapas eram de lâminas com dimensões reduzidas, coladas com colas de base animal ou vegetal. Conforme ZUGMAN (1998), com o aparecimento das resinas sintéticas na metade do século XX, ocorreu o desenvolvimento deste produto. No Brasil, ainda conforme o autor, o início deste tipo de chapa se deu na década de 1940, na Região Sul, que teve como fatores determinantes a disponibilidade de madeira de Pinho do Paraná e a cultura do uso da madeira, trazida através dos imigrantes italianos e alemães. Até a década de 60, a produção de compensado esteve localizada na Região Sul. Esta indústria se desloca gradualmente para Região Norte do Brasil, em função de fatores como: extração contínua desprovida de uma política de replantio na Região Sul, o que levou ao esgotamento das reservas naturais de Pinho do Paraná; a abertura de novas fronteiras na Região Norte.

Hoje em dia, a produção nacional de compensado é de 70% de madeira nativa e 30% de Pinus plantado. Para substituir as madeiras nativas na produção deste tipo de chapas, vem sendo estudado o Eucalyptus, no sentido de se obter toras com qualidade adequada para produção de lâminas, segundo ZUGMAN (1998).

Atualmente, existem vários tipos de tecnologia empregando a laminação e a colagem da madeira. Esses processos são também denominados de "Plywood", apesar do termo designar o produto de madeira compensada. Cada tipo de chapa laminada se diferencia pela sua composição e finalidade de utilização. A busca por novos materiais que possibilitassem novos sistemas construtivos em madeira e com derivados de madeira reconstituída também teve seu desenvolvimento, no início do século XX. Atualmente, dispõe-se de produtos como o compensado, sarrafeado, "*laminated veneer lumber (LVL)*", "*parallel strand lumber*", "*laminated strand lumber*", entre outros produtos, conforme BIANCHINA (1997). A madeira laminada colada tem como principal vantagem em relação à madeira maciça, para aplicação em estruturas e outras finalidades, a melhoria das propriedades anisotrópicas e heterogeneidade deste material. Neste item serão apresentadas as chapas de madeira compensada e sarrafeada, de forma mais detalhada, por serem as mais utilizadas e produzidas no mercado nacional.

3.2.3.1 Chapas de Madeira Compensada

As chapas de madeira compensada também conhecidas por "contraplacados" têm como conceito de produto o emprego de lâminas finas de madeira coladas perpendicularmente umas sobre as outras para formar a chapa de compensado. As lâminas de madeira podem ser provenientes de árvores de coníferas, destacando o pinus, ou de folhosa de florestas nativas.

Este tipo de chapa apresenta dimensões de 1220x2440mm, podendo ser produzida com várias espessuras, no entanto, é mais comum encontrar chapas de três, cinco, sete e nove camadas de lâminas, com espessuras variando de 4, 6, 9, 12, 15, 18 e 21mm, conforme a NBR 9532/1986 da ABNT. Também se encontra na literatura a espessura de 25mm. Existem também as chapas com número par de camadas, neste caso, as duas camadas centrais apresentam a mesma orientação das fibras. A fabricação deste produto está baseada em uma estrutura simétrica em relação à camada central, considerando: a direção das fibras, a espécie empregada e a espessura da lâmina. A figura 19 apresenta lâminas de madeira e suas disposições para formar as chapas de compensado.

A colagem perpendicular das lâminas de madeira confere a estas chapas características de versatilidade, devido a sua boa resistência no sentido da largura e do comprimento em relação a impactos, perfurações, retrações e rachaduras. Este produto apresenta pouca espessura e leveza, com performance igual, ou melhor, a das tábuas de madeira serrada, com espessura duas vezes maior, segundo TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998). A tecnologia empregada neste produto possibilita uma resistência mecânica à tração paralela às fibras igual a da madeira maciça. A estabilidade da madeira em relação às direções axial, radial e tangencial é melhorada, quando comparada com a madeira natural, conforme BITTENCOURT (1995).

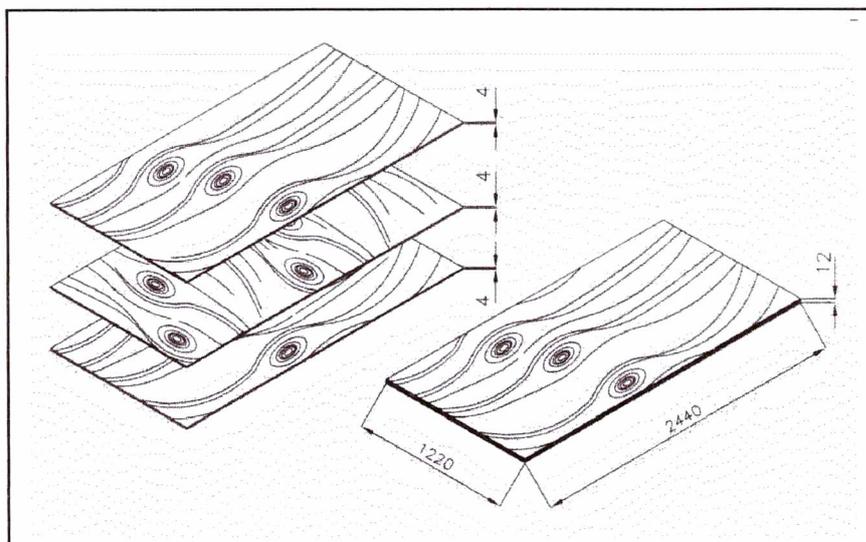


Figura 19: Lâminas de madeira empregadas na composição de chapas de compensado.
 Fonte: Battistella Indústria e comercio Ltda. (2000, pg.01).

A obtenção das lâminas pode ser com tecnologia da própria indústria ou terceirizada. Este processo de fabricação se inicia com a plasticização das toras por cozimento, através de vapor ou em água quente. Isto é feito para as espécies mais duras. Quando a madeira tem elevado teor de umidade ou é de baixa densidade, esta etapa do processo pode ser dispensada. Com a plasticização, a madeira fica mais fácil de ser trabalhada, o que facilita a secagem das lâminas. Neste processo, a cor natural da madeira fica um pouco alterada, conforme CASTRO (2000).

A etapa seguinte consiste em tirar as pontas das toras para enquadrá-las na dimensão longitudinal do equipamento de laminação ou da largura da bandeja da lâmina. Este processo é denominado de destopo. Segundo BITTENCOURT (1995), as lâminas podem ser obtidas de duas formas: por meio de corte linear do tronco em placas ou através de laminas contínuas em tornos mecânicos que desenrolam os troncos. As dimensões das lâminas podem variar de 100 a 255cm de comprimento, 110 a 175cm de largura, e de 1 a 2,5mm de espessura. Após o corte das lâminas, estas são refiladas em guilhotinas e secas, para serem, posteriormente inspecionadas e classificadas visualmente. Em seguida, são feitos reparos e junções para colagem das lâminas. Dentre as colas empregadas, distingue-se basicamente as seguintes, em função de sua aplicação:

- Uréia-formol simples, para interiores em meio seco;
- Uréia-formol melhorada, para situações de umidade temporária, no exterior e abrigada do intemperismo;

- Uréia-melamina, resistente a água para emprego no exterior;
- Fenol-formol, utilizada para produção de chapas expostas a umidades elevadas, por isso recomendadas para o exterior.

O sistema de colagem pode ser a seco ou a úmido. O processo a úmido consiste de aplicação da cola líquida sobre as lâminas por meio de rolos. No processo a seco a cola é aplicada sobre as lâminas através de uma película adesiva. Com a aplicação do adesivo, ocorre a arrumação das camadas de forma perpendicular, umas sobre as outras, sendo que na última camada as lâminas não devem apresentar nós e outros tipos de defeitos.

Na etapa final deste processo tem-se a prensagem, onde alguns fatores interferem, como a pressão de 6 a 25 kg/cm², a temperatura de 90° a 150°C e o tempo de prensagem de 5 a 20 minutos. Estes valores variam em função da espécie de madeira empregada, espessura da chapa e finalidade a que se destina. Seguindo uma linha de produção, tem-se o corte das chapas nas dimensões comerciais e aplicação de lixas para acabamento da superfície das chapas, obtendo-se, desta forma, o acabamento final do produto. A figura 20 apresenta a seqüência de produção deste tipo de chapa.

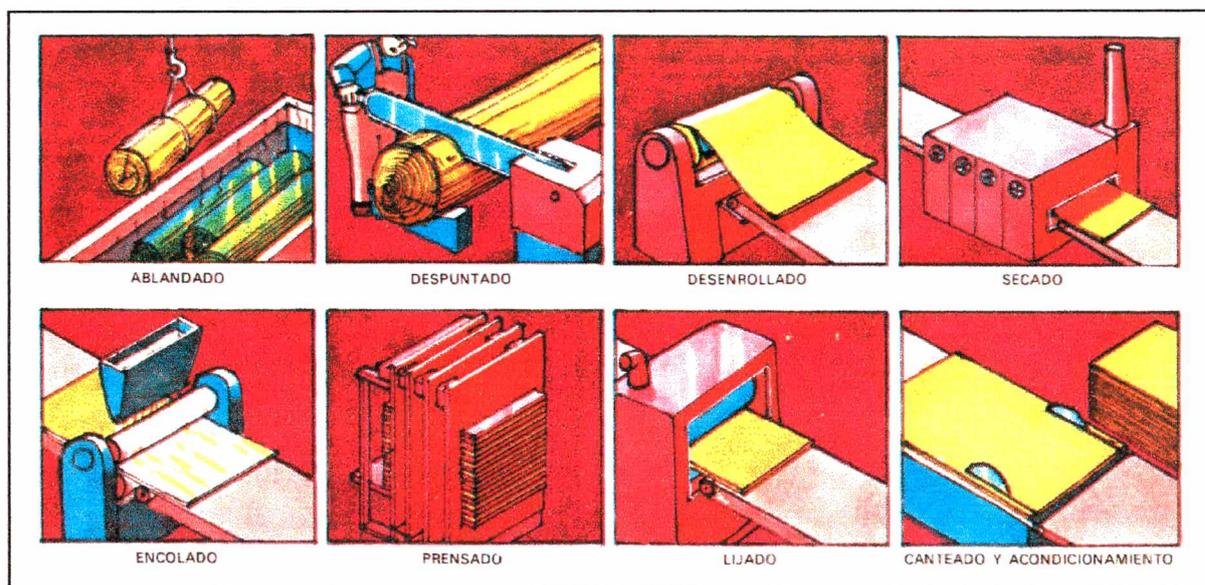


Figura 20: Etapas de produção das chapas de lâminas de madeira.
Fonte: Junta Del Acuerdo de Cartagena (1980, pg. 8-3).

A aplicação deste tipo de chapa ocorre em construção de habitações, para composição de pisos (como se vê na figura 21), em paredes (vide figura 22), estrutura, formas para concreto, como também na indústria moveleira e em carrocerias de ônibus, para formar pisos de ônibus e contêineres.

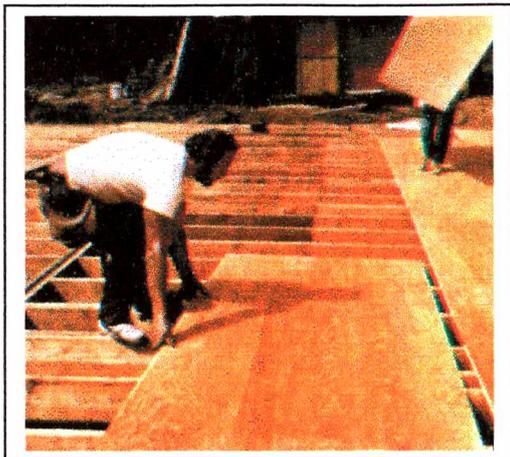


Figura 21 : Aplicação De chapas de compensado para compor piso de edificação.
Fonte: DATTOMI (2001, pg.20).

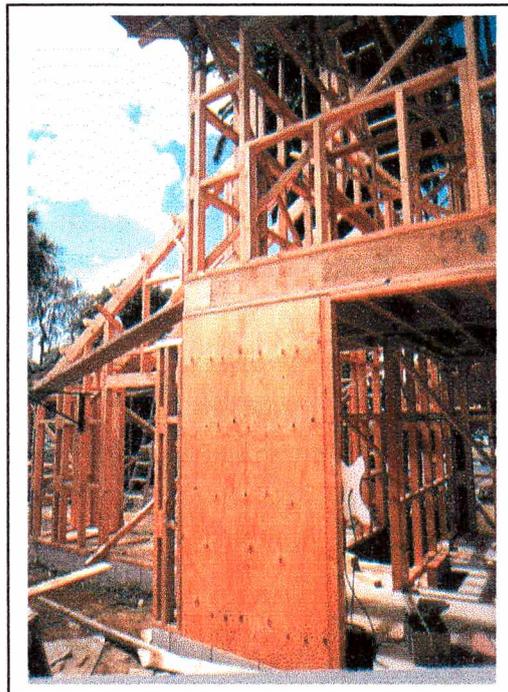


Figura 22: Aplicação de chapas de compensado para composição de vedação vertical.
Fonte: "CHH PLYWOOD".(1992, pg.01).

3.2.3.2 Chapas de Sarrafeado

As chapas de sarrafeado têm como conceito de produto a colagem lateral de ripas, peças de pequena seção transversal, formando uma chapa de madeira maciça, que recebe duas lâminas de madeira, uma na face superior e a outra na face inferior da chapa, o que é uma vantagem, pois pode se reaproveitar sobras de vários tipos de madeira de outros processos produtivos.

Segundo TIBÚRCIO & GONÇALVES (1998), podem ser denominados conforme a sua composição e geometria das peças de madeira que os compõem, dentre os quais citam-se: "*Battenboard*" composto por ripas de madeira maciça com larguras maiores que 30mm; "*Blockboard*" - as larguras das ripas maciças variam entre 7mm a 30mm; "*Laminboard*" composto por ripas maciças de madeira com largura menor que 7mm.

Este produto apresenta um miolo maciço composto de ripas coladas lateralmente e duas lâminas de madeira (vide figura 23), coladas externamente, com suas fibras orientadas no sentido perpendicular às fibras das ripas. As faces externas podem também ser de chapas de fibra dura ("*hardboard*"), segundo CASTRO

(2000). Com relação às colas utilizadas neste produto, são as mesmas já mencionadas no item das chapas de compensado.

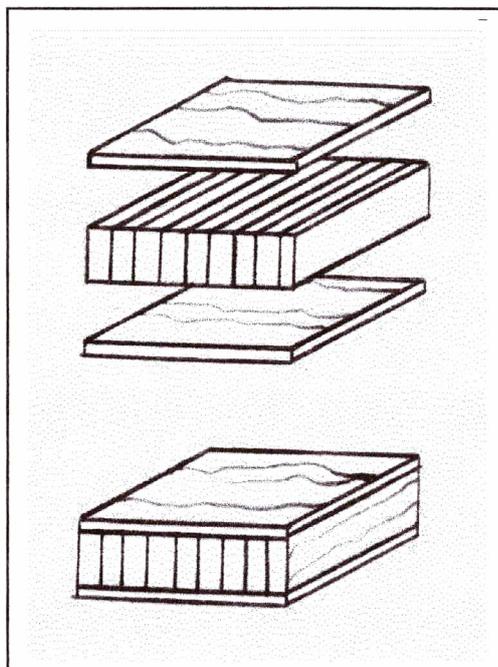


Figura 23: Chapa de sarrafeado – composta de duas lâminas de madeira, sendo uma na face superior e outra na inferior, com miolo maciço de sarrafos colados.
Fonte: NUTSCH (1992, pg. 118).

Quanto ao processo de produção, sua fabricação envolve operações presentes em chapas de compensado. No entanto, este produto apresenta também algumas etapas características de serrarias, onde a tora é desdobrada em madeira serrada. Nesta etapa se realiza o destopo das toras, para se obter sarrafos com medidas padrão. Os sarrafos são classificados e colados, para formar o miolo. Este é lixado para se obter uma superfície uniforme nas duas faces, para, em seguida, se executar a colagem das lâminas externas, através de prensagem a quente. Após estas etapas, é feito o corte nas dimensões comerciais e lixamento, seguido de estocagem e distribuição. Essas chapas têm aplicação estrutural ou painel de vedação e podem ser empregados como divisórias, formas para concreto e na indústria moveleira.

3.2.4 Chapas feitas com outros Materiais

Atualmente, a arquitetura e a construção civil dispõem de um grande número de produtos para edificação. Na área da vedação e ou revestimentos externos e internos de edifícios têm-se produtos dos mais variados tipos de materiais, desde aqueles feitos a base de cimento, como também à base gesso. Neste item,

abordam-se as chapas feitas com outros materiais concorrentes das chapas derivadas de madeira com intuito de se levantar um contexto mais geral para apresentação de um novo tipo de chapa de vedação feita com madeira.

3.2.4.1 Chapas de Gesso

As chapas de gesso têm como características geométricas grandes dimensões no sentido da largura e do comprimento em relação a pequena espessura. Quanto à matéria-prima, está embasada na utilização do minério de gipsita, por ser resistente à compressão e facilmente moldável, reforçado com o cartão tipo duplex de papel reciclado resistente à tração.

As placas de gesso acartonado (como são chamadas), segundo LUCA (2000), surgiram, em 1895, nos Estados Unidos, como fruto de pesquisas de Augustine Sackett. Em relação às características dimensionais, a tabela 3 apresenta uma síntese dos diversos tipos de chapas disponibilizadas para construção. Elas também estão divididas em três categorias pela sua cor, conforme a finalidade que se destinam. Dos três tipos de chapas, tem-se:

- Normal ou “*standard*” na cor bege, com aplicação em paredes, sem exigências específicas;
- Hidrófuga na cor verde, destinada a paredes de ambientes sujeitos a umidade;
- Resistente ao fogo na cor rosa, em paredes que exigem maior resistência ao fogo.

Tabela 3. Características das Chapas de Gesso Acartonado.

DESCRIÇÃO	ESPESSURA EM mm.		DIMENSÕES PADRÃO EM mm		PESO KG/M ²
			LARGURA	COMPRIMENTO	
Placa normal borda rebaixada	10	9,5	1,20	2,40	7,9
	13	12,5		1,80 - 2,00 - 2,40	
			0,60	2,80 - 2,50 2,00 - 2,50	10,2
	15	15	1,20	2,50	12,1
Placa resistente a água borda rebaixada	13	12,5			11,0
	15	15			13,2
Placa resistente ao fogo borda rebaixada	13	12,5			10,6
	15	15			12,7

Fonte: Manual Sistema Plascotil, Placo do Brasil. (SD. pg.43).

Essas chapas também estão classificadas segundo dois tipos de bordas: rebaixada, onde há necessidade de tratamento de junta; e quadrada, presente em divisórias e forros removíveis.

Segundo LUCA (2000), o processo de fabricação destas chapas está dividido em duas fases:

- A primeira fase de gessaria, onde ocorre a extração da gipsita, moagem e calcinação.
- A segunda fase ocorre na fábrica de gesso, onde se tem a estocagem do gesso calcinado em silos, o qual é misturado com aditivos em um misturador e, em seguida, colocado em uma esteira contínua, onde a massa recebe papel na face superior e inferior, ocorrendo à formação da chapa. Na seqüência do processo tem-se o corte das chapas, a secagem, paletização e estocagem. A figura 24 mostra de forma esquemática esta seqüência de produção:

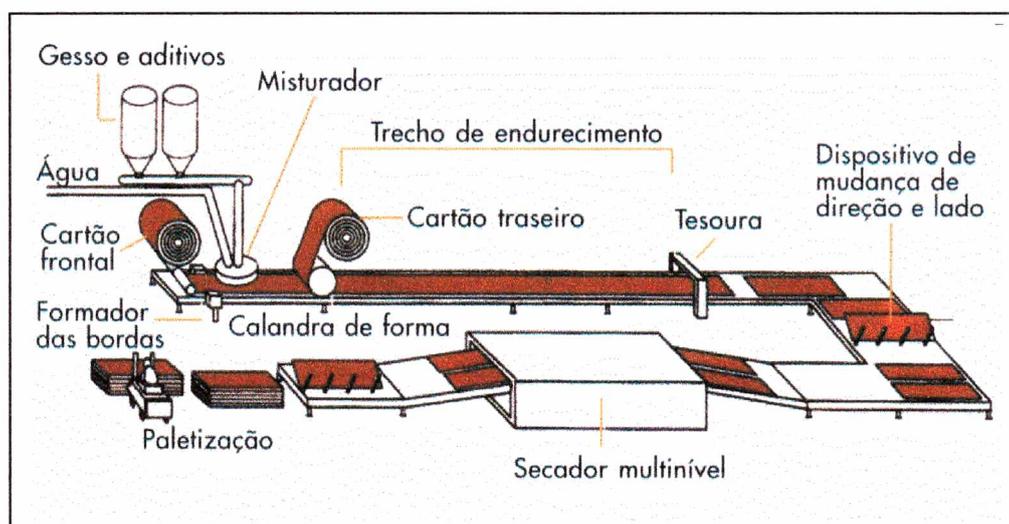


Figura 24: Processo de fabricação da chapa de gesso acartonado,
Fonte: Diálogo Construtivo (2000, pg.05).

Do ponto de vista técnico, as chapas de gesso acartonado, têm como grande vantagem em relação à alvenaria de tijolos:

- Velocidade na execução das paredes, por ser facilmente aplicada;
- Facilidade para serem manuseadas e transportadas por um operário, devido seu peso ser inferior a 15kg/m^2 .
- Adaptabilidade a qualquer tipo de estrutura (concreto, madeira e aço);
- Possibilidade de paredes mais delgadas, proporcionando ganho de área útil;
- Pouca geração de entulho durante a execução da obra, quando o projeto arquitetônico tira partido da modulação das chapas;

- Agilidade e facilidade para execução das instalações elétricas, hidráulicas, entre outras, que podem ser feitas no interior das paredes, antes do fechamento das mesmas, eliminando a perda de materiais;
- Elevada resistência ao fogo, proporcionada pelo gesso;
- Ótimo desempenho térmico e acústico;
- Redução de cargas nas estruturas e fundações devido ao baixo peso das paredes;
- Possibilidade de receber diversos tipos de acabamentos finais, tais como: tinta acrílica, tinta texturizada, azulejos, papel de parede, fórmica, etc, por ter esta chapa a superfície lisa;
- Possibilita acabamentos internos de uma edificação semelhantes aos da alvenaria comum rebocada.

Os fatores negativos estão mais relacionados ao impacto no meio ambiente e aspectos sócio-econômicos, decorrente da interação entre o fabricante e a sociedade, dos quais citam-se:

- Degradação do meio ambiente para extração da matéria prima, sem possibilidade de reposição do minério retirado, como ilustra a figura 25a;

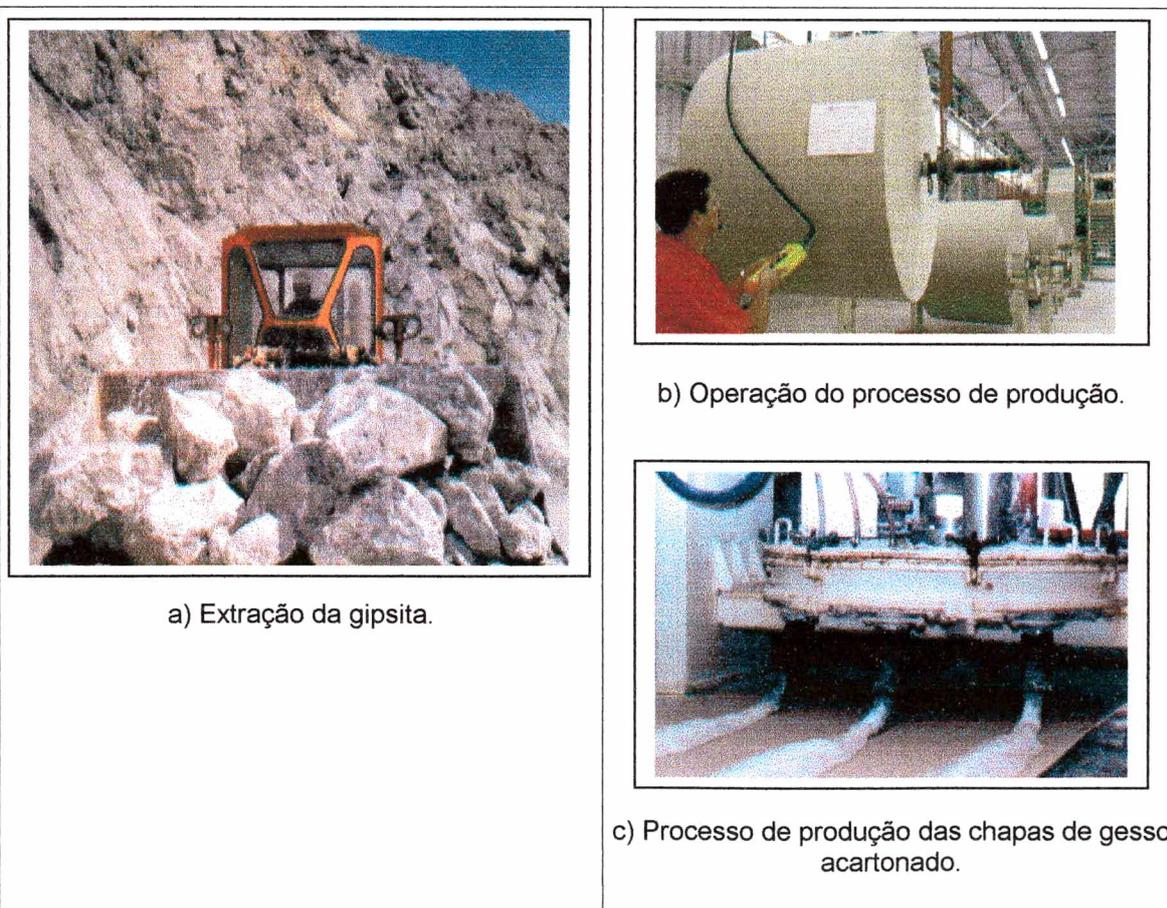


Figura 25: Extração da gipsita e processo de fabricação das chapas de gesso acartonado.
Fonte: Placo do Brasil (sd. pg. 02).

- O processo de produção requer um grande complexo industrial, necessitando de grande investimento de recursos financeiros para sua instalação;
- Poucas empresas possuem a tecnologia do processo produtivo;
- Tecnologia centralizada nas mãos de grandes empresas multinacionais;
- Processo altamente mecanizado, o que requer um mínimo de mão-de-obra no processo de produção, como se vê nas figuras 25b e 25c;
- Geração de resíduo durante o processo de construção das edificações. Nem sempre se consegue evitar o desperdício de materiais com este tipo de técnica, quando não se prioriza a construtividade, como pode ser observado na figura 26;

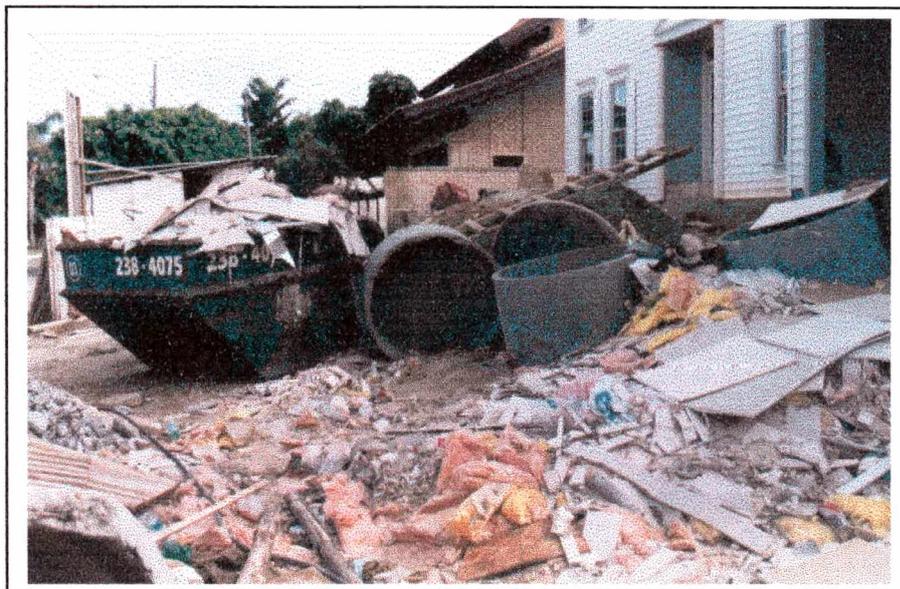


Figura 26: Desperdício de material em obra feita com a técnica de construção a seco, empregando chapas de gesso acartonado. Fonte: Autor. Florianópolis, 1999.

- No descarte da construção esse material não é reaproveitado, gerando grande quantidade de lixo para o meio ambiente;
- Tem como fator limitante à inviabilidade de seu uso na parte externa de uma construção;

Quanto à aplicação destas chapas, foram projetadas para serem utilizadas em paredes e forros internos, substituindo argamassas e revestimentos, como também servindo de base para aplicação de diversos tipos de acabamentos.

3.2.4.2 Chapas Cimentícias

As chapas cimentícias apresentam como conceito de produto a utilização de concreto de baixa densidade para produção de componentes delgados, reforçadas com telas de fibra de vidro nas duas faces (vide figura 27). Além deste tipo de reforço, pode ser utilizado agregado orgânico como a celulose, fibra de coco, plástico, ou inorgânico.

Estas chapas também são conhecidas como "*Cement Boards*", "*Placas Cimentícias*", e "*Backerboards*". Quanto à sua origem, foi pesquisada e patenteada nos EUA pela "*Modulars*", há trinta anos atrás. Atualmente, a patente está de posse da "*Customs Building Products*", segundo a USEPLAC (2000).

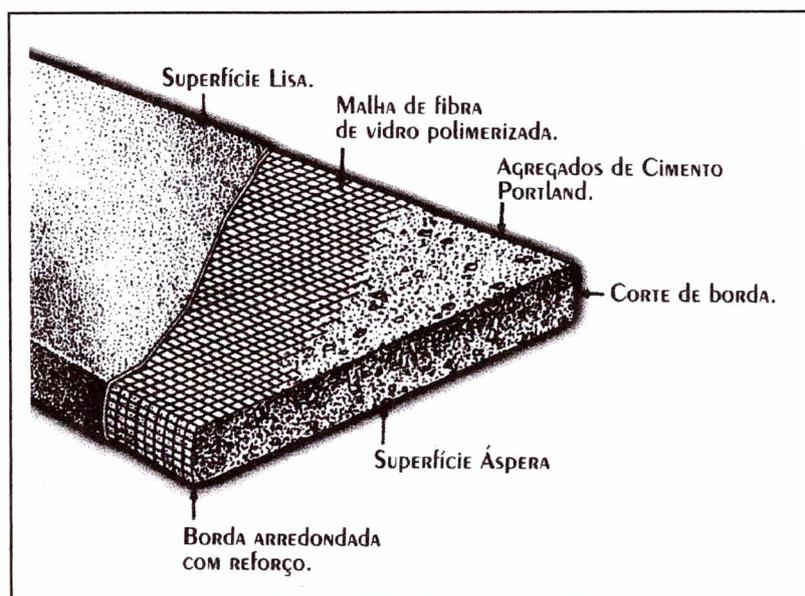


Figura 27: Chapa Cimentícia. Fonte: DUROCK, 2000, pg.02.

Este produto foi inicialmente concebido para servir de suporte de revestimentos cerâmicos e pedras em construções feitas pelo sistema de parede seca ("*Dry Wall*"). Com o tempo, sua utilização foi se ampliando para outras finalidades, em função da criatividade de seus clientes arquitetos e engenheiros. São empregadas para áreas molhadas, áreas quentes e aquelas que ficam expostas às intempéries (exteriores).

Caracterizam-se por apresentar comprimento de 2400mm, largura de 1200mm, 12mm de espessura e peso variando entre 15 a 18kg/m², conforme PELLICCIOTTI (2000). Considerando seu aspecto técnico, as seguintes vantagens em relação a uma construção de alvenaria de tijolos:

- Rapidez de execução das paredes em fechamentos externos ou internos, tendo como consequência um aumento de produtividade;

- Facilidade para serem manuseadas e transportadas por um operário, devido seu peso ser inferior a 18kg/m².
- Proporcionam um ganho de área útil, em função da menor espessura das paredes;
- Geram pouco entulho;
- Facilidade e agilidade para execução das instalações elétricas, hidráulicas, entre outras, as quais podem ser feitas no interior das paredes antes do fechamento das mesmas;
- Elevada resistência a impactos e a ação da umidade, podendo ser empregadas em banheiros e áreas externas;
- Possibilitam uma redução de cargas nas estruturas e fundações, em função do menor peso por m²;
- São incombustíveis;
- Podem ser empregadas na execução de pisos;
- Ótimo acabamento das paredes montadas, estando prontas para receber os revestimentos finais, tais como: azulejos, granito, mármore, siding de PVC, etc;

Os fatores negativos das chapas cimentícias, assim como nas chapas de gesso acartonado, estão relacionados aos impactos ao meio ambiente, aspectos sócio e econômico decorrente da interação entre o fabricante x meio ambiente e com a sociedade.

3.3. Análise das chapas de madeira reconstituídas

Uma vez abordados os tipos de chapas de madeira disponíveis, até o presente momento, apresentando suas características, processos de produção e aplicação, elaborou-se um quadro síntese (vide quadro 1), visando facilitar um estudo comparativo entre os diversos produtos. Esta análise tem por objetivo subsidiar a elaboração do projeto conceitual da proposta de inovação tecnológica que se pretende desenvolver nesta pesquisa. Através desta análise, são levantados os aspectos positivos e limitantes de cada produto e sua aplicação na construção civil. Este estudo contribuirá para a formação do mapa de visualização do espaço do problema, que será tratado mais adiante.

: CARACTERÍSTICAS DAS CHAPAS FEITAS COM MADEIRA RECONSTITUÍDA.

Características das Chapas

	Geometria L.XC. mm	Espes-sura. Mm	Densidade kg/m ³ (D.)	Manu-seio	Indústria moveleira	Construção Civil		Aproveit da ma
					Aplicação	Vedação externa	Divisória Interna	
da	1830x2200 1830x2750 1830x4400	8,0 a 28	Baixa <500 Média de 500 a 800 Alta > 800	Dois operários	Móveis	Não utilizada, necessita de proteção em relação ao intemperismo, n/ poluente no descarte.	Pouco utilizada	100 Aproveitar tor
t	1220x2440	6,0-19,0	640 +/-40	Dois operários	Móveis, caixas.	Utilizada p/ vedação externa - resistente a água e umidade, n/ poluente no descarte, finalidade estrutural.	Largamente utilizada no interior da construção e cobertura. Formas.	85% a Aproveitar tor
	640x2130 a 1220x2750 1524x3050	2,5 a 6,0	Baixa < 400 Média de 400 a 900 Alta de 900 a 1000	Dois operários	Móveis	Inadequada por não ser resistente à água e umidade	Divisórias(alta D.) isolamento acústico(média D.)	100 Aproveitar tor
n d"	1830x2750	6,0 a 35	640 a 800	Dois operários	Móveis	Não recomendado	Almofadas de portas	100 Aproveitar tora e res made
a-	1220x2440	4,0 a 25	400 a 800	Dois operários	Móveis	Recomendada quando feita com adesivo de feno-formol.	Divisórias, pisos, forros, portas...	50% a Aproveitar tor
o	1220x2440	Máxima de 40	400 a 800	Dois operários	Móveis	Formas p/ concreto, quando feitas c/ adesivos de fenol-formol	Divisórias, pisos, forros, portas...	Aproveitar pequenos

or, 2001.

A partir da descrição das chapas e síntese de suas características principais apresentadas no quadro 1, faz-se as seguintes colocações:

- Todas as chapas servem para composição de divisórias leves internas;
- Das chapas apresentadas, as de madeira compensada, de sarrafeado e a de OSB "*Oriented Strand Board*" podem ser utilizadas como vedação externa, quando produzidas com resinas de fenol-formol, por serem resistentes à água e à umidade. Estas chapas também têm características estruturais, servindo como elemento de enrijecimento da armação de sustentação da casa;
- A união entre chapas adjacentes de madeira compensada, de sarrafeado e a de OSB é um problema estético ainda não resolvido, por marcar a modulação destes elementos. Quando estas chapas são empregadas nas partes externas de uma edificação, sempre recebem uma camada de revestimento feito de tábuas de madeira, de alumínio ou de plástico, para protegê-las do intemperismo e compor a estética da construção;
- As chapas de madeira compensada, de sarrafeado e a OSB apresentam comprimento comercial máximo de 2440mm. Estas chapas requerem emendas, quando são utilizadas para fechar vedações verticais com pés-direitos maiores, em torno de 2600mm a 2700mm, que são medidas usuais na arquitetura residencial e comercial;
- Todas as chapas apresentadas são largamente utilizadas pela indústria moveleira. Isto se deve, em um primeiro momento, por elas terem sido projetadas para atender à demanda de madeira da indústria de móveis. A utilização destas chapas na construção civil é uma adaptação destes elementos para um novo uso;
- Todas estas chapas não apresentam grande peso. No entanto, apresentam grandes dimensões e são delgadas, o que requer dois homens para manuseá-las;
- Em relação ao aproveitamento da matéria prima, somente a chapa de compensado apresenta um desperdício maior de madeira, devido o processo de extração das lâminas de madeira, aproveitar em torno de 60% da tora. As demais chapas podem utilizar no seu processo de produção o resíduo de madeira, ou ainda madeiras de baixa densidade com aproveitamento de 100% da tora, como se verifica nos processos de produção das chapas de OSB, aglomerada e de fibras.

Outras observações ainda podem ser feitas sobre as chapas de madeira, considerando critérios relacionados com as características físicas, mecânicas, degradação do produto, geometria e uso das mesmas, comparando-as com as características da madeira serrada.

3.3.1. Características Físicas

Dentre as características físicas das chapas, neste item são abordadas a homogeneidade, a anisotropia, a densidade, o inchamento e a estabilidade dimensional.

3.3.1.1. Homogeneidade

Segundo CASTRO (2000), as chapas de madeira reconstituída são mais homogêneas, sendo esta característica uma de suas vantagens, quando comparada com a madeira serrada. Para a chapa de compensado a sua maior homogeneidade se deve à seleção das lâminas de madeira, durante o seu processo de fabricação, onde são retirados os defeitos da madeira natural e selecionadas as lâminas por sua densidade. Quanto às demais chapas feitas de fibras e de partículas, também se tem uma melhora da homogeneidade dos produtos, devido à seleção das partículas e das fibras, a depender de cada processo produtivo considerado.

3.3.1.2. Anisotropia

A anisotropia também é melhorada com o processo de fabricação das chapas de madeira reconstituída. A madeira apresenta um comportamento diferenciado em relação às três direções principais (axial, radial e tangencial), estas mesmas, quando se observa a retração variando com o teor de umidade, a condutividade elétrica, entre outras características. Estas características nas chapas de madeira reconstituída se tornam mais uniformes, devido à arrumação das fibras, nos produtos a base de fibras, em função da distribuição das partículas, nas chapas de partículas e da disposição das lâminas nas chapas de compensado.

3.3.1.3. Densidade

O parâmetro densidade é um dos mais importantes para a indústria de chapas. Por se tratar de um produto industrializado, esta característica deverá ser constante em todas as chapas. As chapas de compensado apresentam valores médios de densidade, uma vez que muitas espécies são empregadas na produção de chapas, como também as madeiras de alburno e de cerne. Este aspecto é melhor controlado, quando se produz chapas de compensado de uma mesma espécie de madeira, como é o caso das chapas de Pinus. Para os componentes industrializados de OSB, MDF, aglomerado e fibras, a densidade é mais uniforme, devido o processo de produção empregado. Nas peças de madeira serrada, a densidade varia em torno de uma média para cada espécie. No tronco de árvore também se verifica esta variação de densidade a depender

de onde se retira a peça de madeira serrada. Peças do cerne têm maior densidade do que aquelas retiradas do alburno.

3.3.1.4. Resistência ao Inchamento

Quanto às chapas de madeira reconstituída, a resistência ao inchamento está diretamente ligada ao tipo de cola empregada na sua fabricação. Se a cola for à base de água, as chapas não terão bom desempenho na presença de umidade, ocorrendo desagregação de sua estrutura. Em relação à madeira serrada, a presença da água provocará o aumento das dimensões das peças principalmente no sentido transversal (direções radiais e tangenciais) e um menor aumento na direção longitudinal (direção axial). Isto não é conveniente, pois a madeira, quando incha, pode empenar ou emperrar portas, por exemplo. Quando perde umidade, esta retrai, ocasionando frestas entre duas peças adjacentes. A variação do índice de retração da madeira serrada depende de cada espécie considerada, como também de cada tipo de chapa analisado.

3.3.1.5. Estabilidade Dimensional

A melhoria da estabilidade dimensional, segundo CASTRO (2000), é resultante do processo de industrialização das chapas de madeira reconstituída. No caso das chapas de compensado e de sarrafeados, a disposição ortogonal das fibras das lâminas que as compõem é responsável por esta melhora dimensional, comparada à madeira apenas serrada, para formar componentes de edificação ou de móveis. Quanto às chapas de partículas e de fibras, estas recebem aditivos que as envolvem e melhoram suas características físicas em relação à estabilidade dimensional.

3.3.2. Características Mecânicas

As características mecânicas da madeira serrada para cada espécie em estudo considerada são a resistência à tração paralela e normal às fibras, resistência à compressão paralela e normal as fibras, resistência ao cisalhamento, flexão estática, flexão dinâmica e módulo de elasticidade. Em relação às chapas de compensado, se considera a tração perpendicular às fibras, à flexão e à tração superficial superior, segundo FONSECA (1998). Cada tipo de chapa tem ensaios específicos de características mecânicas que estão relacionados com sua natureza. O que deve ficar ressaltado é que a madeira serrada de modo geral tem maior resistência mecânica em relação às chapas disponíveis atualmente no mercado. Isto ocorre em função dos polímeros que ligam as fibras entre si e a disposição das mesmas no tronco.

3.3.3. Degradação das Chapas

Neste sub-item serão apresentadas as características das chapas de madeira reconstituída em relação ao intemperismo e a degradação por fungos e insetos xilófagos.

3.3.3.1. Resistência ao Intemperismo

As chapas de madeira reconstituída se degradam, quando expostas ao intemperismo. Porém aquelas que são feitas com colas fenólicas resistentes à umidade e presença de água apresentam um melhor desempenho técnico, quando comparadas com outras feitas com colas à base de água. A madeira serrada não desagrega na presença da umidade. No entanto, a umidade é um agente facilitador para a instalação de fungos apodrecedores que degradam a madeira. Outros agentes não biológicos que mais degradam a madeira e chapas feitas com este material são os raios ultravioletas. Estes decompõem a lignina do material deixando as fibras soltas, sendo estas retiradas da superfície das peças de madeira pelo vento e pela chuva. No entanto, todos os produtos à base de madeira estão sujeitos a degradação por ação dos agentes climáticos, com o passar do tempo, necessitando de manutenção periódica.

3.3.3.2. Biodeterioração

Quanto à resistência da madeira à bio-deterioração, a das chapas é maior, desde que, em alguma etapa do processo de produção, o material lenhoso seja tratado com produtos inseticidas e fungicidas. Em relação às chapas de compensado e de sarrafeado, se não recebem tratamento apropriado para evitar a bio-deterioração, apresentam menor resistência do que a madeira maciça. Isto se deve pela utilização de alburno e cerne e de várias espécies na composição das chapas. No Brasil, as chapas de madeira compensada e sarrafeada feitas a partir de espécies folhosas não recebem tratamento imunizante preventivo, exceto quando encomendas especiais são feitas a pedido do cliente. As chapas de MDF, OSB e aglomerado, por terem resinas ligantes em sua composição, se tornam menos atrativas ao ataques de insetos xilófagos. Em relação às chapas de fibras, elas são disponibilizadas no mercado nacional sem receberem tratamento com produtos preventivos do ataque biológico.

A resistência à biodegradação é um fator que varia de espécie para espécie de madeira, em função dos extrativos naturais que cada espécie consegue sintetizar durante o desenvolvimento da árvore. Este fenômeno possibilita determinadas espécies serem mais resistentes do que outras. Mesmo assim, é recomendada uma avaliação do local onde será empregada a madeira para se definir o tipo de tratamento a ser aplicado. Esse processo consiste em

determinar a forma de aplicação do produto e composto químico a ser introduzido na madeira.

3.3.4. Características Geométricas - Grandes Dimensões

As chapas de madeira são projetadas para a produção de peças de grandes dimensões, visando suprir a falta de tábuas largas, oriundas de árvores com fustes de grande diâmetro. Esta característica atribui a este produto vantagens em relação à madeira serrada, por possibilitar rapidez de construção em paredes, pisos, forros de edificações, como também permite versatilidade para a indústria moveleira.

3.3.5. Adequação ao Uso

Em relação a adequação ao uso será considerado o controle de defeitos, a adequação na construção civil e o descarte do produto no final de sua vida útil.

3.3.5.1. Controle de Defeitos

Por serem produzidas industrialmente, as chapas de madeira possibilitam um controle de qualidade que exclui os defeitos da madeira natural. Cada tipo de chapa tem um processo de fabricação, o que implica em uma forma diferente de processar a madeira natural. As toras podem ser transformadas em lâminas, partículas, fibras, flocos, ripas. Os produtos derivados da madeira maciça admitem ou excluem determinados tipos de defeitos naturais originados durante o crescimento da árvore. Estes podem ser os nós, rachaduras internas, fibras reversas, entre outros. Desta forma, as chapas de madeira reconstituída possibilitam um produto mais uniforme e sem defeitos de formação do material lenhoso, quando comparado à madeira maciça.

3.3.5.2. Adequação na Construção Civil

A madeira serrada, desde muito tempo, vem sendo empregada como vedação vertical ou horizontal, na forma de tábuas fixadas através de pregos ou parafusos, em montantes ou em outros tipos de estruturas. Muitos dos fatores limitantes da madeira serrada residem no fato de não receberem qualquer outro tipo de beneficiamento além do processo de desdobro.

Em relação à indústria da construção civil, as chapas de madeira reconstituída apresentam vantagens em relação à madeira maciça, quando se trata das grandes dimensões, considerando a largura e o comprimento das mesmas. Estas chapas agilizam a montagem de contra-piso, paredes, forros de edificações, em função da redução do menor tempo gasto para executá-las, facilidade de manuseio e fixação nos elementos estruturais. As tábuas de

madeira também apresentam facilidade de manuseio, porém um maior tempo de fixação, por serem fixadas uma a uma, comparadas com as chapas de madeira reconstituída.

3.3.5.3. Descarte da Chapa

Quanto ao descarte das madeiras serradas, quando não tratadas com produtos preservadores, podem ser queimadas, enterradas e ou reutilizadas para outras finalidades além daquelas voltadas para construção civil. Quando tratada com produtos à base de sais, podem ser reutilizadas para edificar, porém não é recomendada a sua incineração, devido aos gases tóxicos que são expelidos durante a queima. Em relação às chapas reconstituídas de madeira, quando não tratadas com produtos químicos à base de sais preservadores, inseticidas e fungicidas, também seguem a mesma regra da madeira serrada não tratada. Caso contrário, o descarte se torna poluente ao meio ambiente.

3.4. Considerações Finais

Neste capítulo fez-se o levantamento dos tipos de chapas à base de madeira reconstituída industrialmente, destacando-se suas características, processo de produção e aplicação das mesmas. Através deste levantamento, pode-se constatar a utilização de algumas com maiores aplicações na indústria moveleira e outras na construção civil. Dos tipos de chapas abordados, destaca-se para construção de edificações, as chapas de "OSB", compensado, de fibra de baixa densidade (isolamento acústico) e sarrafeado, sendo que as chapas de "MDF", aglomerado e de fibra dura têm maior aplicação na indústria moveleira.

Outra constatação foi que nenhuma destas chapas têm produção industrial voltada para aplicação em fachadas externas de edificações residenciais como material de acabamento, sendo necessário a aplicação de outros materiais para proteção das mesmas em relação ao intemperismo.

Esta análise subsidiou comparações entre as características destas chapas com a da madeira maciça serrada, apontando sempre os aspectos vantajosos e críticos. A comparação com a madeira maciça serrada é importante, uma vez que o produto proposto neste trabalho é feito a partir de peças de pequenas dimensões serradas coladas lateralmente, resultando em uma chapa de madeira sólida.

Procurou-se levantar as potencialidades e limitações das chapas de madeira reconstituídas. Dentro deste estudo, pode-se constatar que não se tem uma chapa que atenda ao mesmo tempo todos os requisitos como os apresentados. Eles ocorrem ora em uma ou em outra chapa. As características gerais para a

avaliação consideradas como base de projeto para desenvolvimento de novos produtos, são listadas a seguir:

- Matéria prima de fonte renovável;
- Descarte não poluente do meio ambiente;
- Facilidade de industrialização;
- Fácil transporte;
- Adequação à construção civil;
- Possibilidade de integração com outros tipos de chapas e sistemas construtivos;
- Facilidade de manuseio na obra;
- Aplicação simplificada;
- Fixação rápida na estrutura;
- Não necessidade de acabamento na obra;
- Possibilidade de atuar como elementos de enrijecimento da estrutura;

A partir das características listadas para avaliar as chapas à base de madeira e comparando-as com a madeira serrada, ressalta-se as vantagens em se trabalhar com madeira industrializada, destacando-se, o maior controle de sua qualidade, devido à seleção de defeitos naturais da madeira; possibilidades de elementos com maiores dimensões em relação à largura e comprimento; maior uniformidade em relação à densidade; menor influência da anisotropia da madeira; maior homogeneidade das chapas; maior estabilidade dimensional; grande rendimento, quando empregadas para produção de edificações (chapas de OSB, Compensado). Em relação à resistência a bio-deterioração, as chapas de partículas e de OSB, por receberem colas aglutinantes para formação das chapas, apresentam uma maior resistência aos insetos xilófagos.

Em relação a madeira serrada, tanto a chapa de gesso acartonado como as chapas cimentícias são vantajosas por serem compostas por material ignífugo.

4. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Entende-se por sistema construtivo em madeira a organização de componentes, elementos e sub-sistemas feitos em madeira e dispostos de modo a constituir uma edificação para abrigar atividades humanas (moradia, trabalho e lazer).

Os sistemas construtivos estão classificados no trabalho de doutorado de INO (1992), que apresenta um levantamento dos sistemas conforme pesquisadores e institutos de pesquisas estrangeiros. Neste processo de classificação existem diversos critérios para agrupar as soluções construtivas, podendo ser eles arranjados segundo:

- O grau de industrialização da construção: primitiva, tradicional artesanal, tradicional racionalizada, com formas industrializadas e elementos pré-fabricados;
- Material utilizado nas paredes: madeira, pedra, tijolos, blocos de concreto, construção com terra;
- Tipologia da estrutura resistente: estrutura reticulada e estrutura de parede;
- Tipo de construção, podendo ser ela pesada, semileve e leve.

Dentro destes critérios a madeira se encaixa em todas as classificações.

Os sistemas construtivos analisados neste trabalho estão classificados segundo o grau de industrialização: artesanal pré-cortado (casas de tábuas matajuntadas), racionalizado – pré-fabricado (sistema de painéis portantes e sistema plataforma).

A forma de classificação pela estrutura resistente é bastante ampla e no caso particular dos sistemas construtivos em madeira, foi detalhado com ênfase por INO (op.cit.). Esta classificação também é importante para esta pesquisa, uma vez que os sistemas analisados no decorrer deste capítulo, também estão relacionados em função do seu sistema estrutural, além do grau de industrialização. Sendo assim, é apresentado um quadro síntese organizado em função da estrutura de sustentação das edificações de madeira, como mostra o quadro 2.

QUADRO 2. SISTEMAS CONSTITUTIVOS EM MADEIRA CLASSIFICADOS PELA TIPOLOGIA DA ESTRUTURA RESISTENTE DA CONSTRUÇÃO.

PAÍS	AUTOR	SISTEMA CONSTRUTIVO (S.C.)		
Estados Unidos da América (EUA)	ANDERSON (1978)	"Platform" "Balloon Frame" "Mobile Home"		
Países Andinos	Junta de Acordo de Cartagena – PDTA – REFORT (1984)	Sistema Estrutural	Sistema Pilar e viga "Platform" Global ou Integral ("Balloon Frame")	
		Sistema Produtivo	S.C. não Industrializado vernacular	
			S.C. Semi – Industrializado (Pré-cortado na fábrica, montado na obra)	
Japão	SUGUIYAMA (1982)	Sistema convencional	Tradicional Tradicional simplificado	
		Sistema 2" X 4"	Sistema Americano	
		Sistema Pré-Fabricado de Madeira	Entramado	
			Painéis	
			Painéis Modulares	
Alemanha	GÖTZ (1987)	Sistema Estrutural (Ossatura em Madeira)	"Colombage"	Construção Tradicional
			Pilar-Viga (Peça simples)	Viga Contínua Apoiada nos Pilares (1º e 2º Pavimento)
				Pilar Contínuo
			Pilar-Viga (Peças Múltiplas)	Pilar Contínuo – Vigas abraçam os Pilares
				Viga Contínua – Pilares abraçam as Vigas
	Nervuradas	"Platform" "Balloon Frame"		
	HOOR (1987)	Construção com Painéis	Pequenos Painéis Portantes	
			Grandes Painéis Portantes	
			Elementos Especiais	
			Painéis não Portantes	
França	"Centre Scientifique et Technique du Batiment" (BROSSY & FONTAN-1985)	Pilar-Viga	"Balloon Frame"	
		Ossatura	"Platform"	
		Painéis Estreitos	Altura Simples	
			Altura Dupla	
		Painéis largos	Módulo Tridimensional	
Brasil	INO (1992)	Pilar-Vigas		
		Painéis		

Adaptado de INO (1992).

Nesta pesquisa será adotada a classificação segundo o grau de industrialização, uma vez que se pretende apresentar um produto que possa ser produzido industrialmente. Ainda INO (1992), citando BOHE, classifica os sistemas construtivos segundo os métodos de pré-fabricação empregados. Esses métodos estão agrupados em quatro categorias, cuja seqüência corresponde em grau de industrialização: Construção em Entramado ou em Esqueleto; Construção com Painéis Compostos; Construção com Placas Maciças; Construção com peças Tridimensionais.

Também serão tomados como referências de análise três sistemas construtivos adotados no Brasil, onde se considera a estrutura de sustentação como elemento de classificação:

- Sistema Pilar – Vigas com vedação feita com tábuas verticais matajuntadas com ripas;
- Sistema de Painel, composto de parede estrutural em pranchas horizontais com junção do tipo macho-fêmea mais montantes e guias;
- Sistema Plataforma com ossatura em painel de madeira.

Este capítulo tem por objetivo apresentar os aspectos positivos de cada sistema, assim como, levantar as suas limitações para verificar de que forma as características de cada um poderão subsidiar a proposta deste trabalho.

O sistema Pilar-Viga foi escolhido para ser analisado por ter sido muito difundido no Brasil. Muitas casas de madeira foram construídas com vedações externas e divisórias internas empregando o sistema de tábuas verticais matajuntadas com ripas. Esta técnica construtiva foi muito utilizada no Estado do Paraná, destacando a região de colonização européia, no norte deste Estado (região de Londrina), segundo ZANI (1989). Em São Paulo, na região de Presidente Prudente, no Oeste Paulista, esse sistema é muito popular, conforme BITTENCOURT (1987), assim como em outros estados como Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Norte o Brasil.

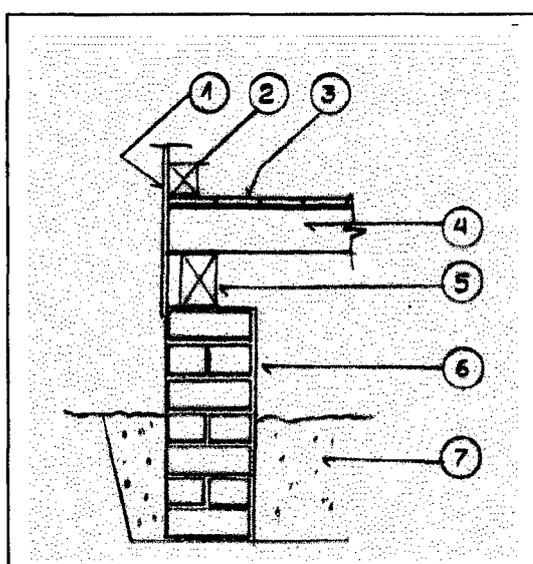
Quanto ao sistema de painel, optou-se pelo sistema de Paredes Estruturais em pranchas com encaixes tipo macho-fêmea, por ser este sistema um dos mais conhecidos no mercado nacional, em diversas regiões brasileiras e por se ter, atualmente, muitas empresas concorrentes entre si utilizando esse sistema construtivo com tecnologia muito similar.

O sistema Plataforma (*"Platform"*) foi selecionado para ser analisado porque é um sistema construtivo internacional e, atualmente, começa a ser empregado no Brasil. Apresenta forte tendência de se tornar uma solução construtiva empregada em larga escala, em um futuro próximo. Na seqüência, tem-se a descrição de cada sistema adotado e a avaliação dos mesmos.

4.1. Sistema Pilar-Viga com Vedação Vertical em Tábuas Pregadas e Matajuntadas por Ripas.

Como já referido, esse sistema construtivo foi muito utilizado em várias regiões do Brasil, como nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, utilizando madeiras de Peroba Rosa, Araucária, entre outras espécies. No norte do Mato Grosso, conforme CALIL et alli (2000), se tem o emprego deste sistema construtivo com madeiras nativas. Essa técnica construtiva também foi apresentada por BITTENCOURT (1987) em uma investigação que levantou as edificações de madeira da região de Presidente Prudente e construídas com madeira de Peroba Rosa. Conforme ARRUDA e INO (2000), esta técnica, ainda hoje, é muito utilizada em casas de madeiras de pinus SPP encontrada na região metropolitana de Florianópolis (SC) e direcionada para habitação de interesse social (para população de baixa renda).

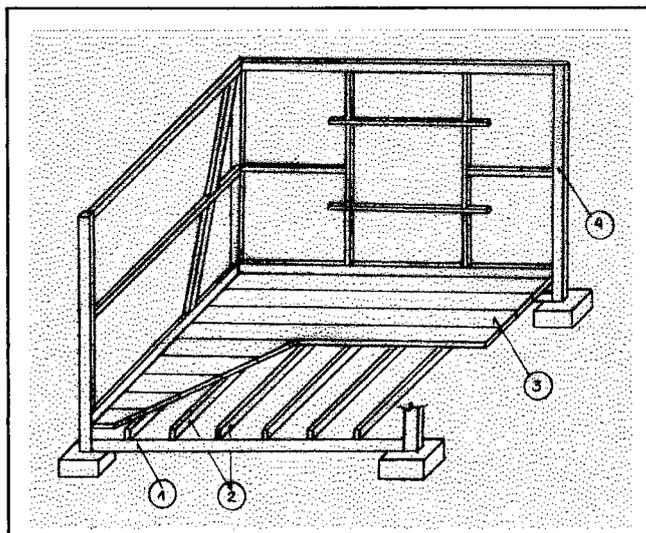
O sistema Pilar-Viga, de acordo com todos os autores citados acima, apresenta fundação em pilaretes em alvenaria de pedra ou de tijolo com cerca de 30 cm da altura da fundação sob o solo e 50 cm acima do nível do terreno até o piso da construção. Há casos em que as fundações são de troncos de madeira. Sobre a fundação ocorrem vigas chamadas de barroteamento primário e sobre este é colocado o barroteamento secundário, no qual é fixado o piso de tábua corrida. A figura 28 apresenta um corte do detalhe da fundação feita com pilarete de tijolo. A figura 29 mostra uma perspectiva do barroteamento primário e secundário com tábuas do assoalho empregado neste tipo de construção, apresentando ainda o sistema estrutural com aberturas para janelas.



Legenda:

- 1 - Paredes de tábuas matajuntadas com ripas.
- 2 - Caibro de fixação.
- 3 - Assoalho de tábua corrida.
- 4 - Barroteamento secundário.
- 5 - Barroteamento primário.
- 6 - Pilarete de tijolo.
- 7 - Aterro.

Figura 28: Corte do detalhe da fundação feito com pilarete de alvenaria.
Fonte: BITTENCOURT (1978, pg.42).


Legenda:

- 1 - Barroteamento primário.
- 2 - Barroteamento secundário.
- 3 - Assoalho de tábuas.
- 4 - Elementos estruturais da superestrutura.

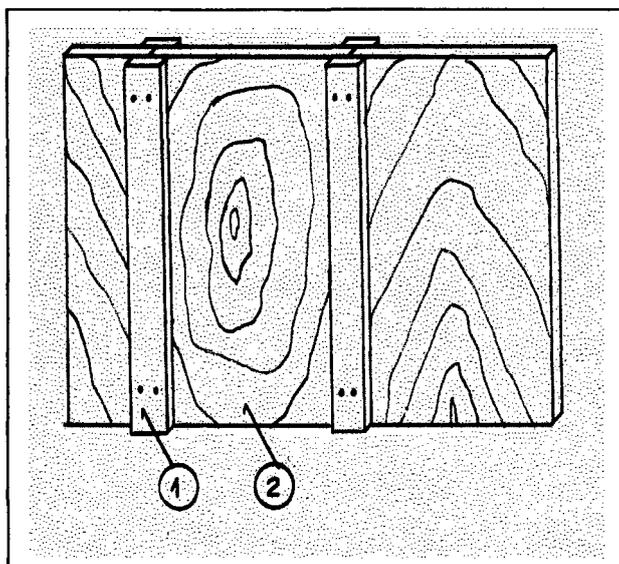
Figura 29: Barroteamento primário e secundário com as tábuas do assoalho e madeiramento que compõem a superestrutura. Fonte: Autor.

A superestrutura desse sistema construtivo é composta de vigas de travamento superior e inferior em madeira serrada de seção transversal de 6x16cm ou 6x12cm, juntamente com os pilares de seção 6 x 12cm ou 6 x 16 cm. Entre as peças de estrutura, estão as de seção 6x5cm ou 6x6cm como elementos de travamento da estrutura principal, localizados à meia altura da parede, mas que podem ser interrompidos, quando encontram com as esquadrias. Esses elementos também podem ser empregados como caibros na cobertura para sustentação das ripas que apóiam as telhas de barro. A figura 29 apresenta uma síntese dessa estrutura.

A estrutura do telhado das casas antigas, segundo BITTENCOURT (1987), localizadas na região de Presidente Prudente (SP), geralmente é composta de treliças "Howe", para sustentação de telhados de quatro águas e de cinco ou seis águas. Estas podem apresentar espigão, rincão e cumeeira e a telha usada é a de barro do tipo francesa, na grande maioria dos casos. Também ocorrem telhados de duas águas. Este tipo de telhado já é predominante em Florianópolis, conforme ARRUDA e INO (2000). Todavia, em sua estrutura de sustentação predominam vigas que acompanham a inclinação do telhado, sendo ele de telhas de barro ou de fibro-cimento.

Quanto à vedação, no caso de Presidente Prudente, são na sua grande maioria empregadas tábuas de Peroba com seção de 2,5 x 30cm, fixadas através de pregos nas vigotas inferiores, intermediárias e superiores que compõem a estrutura no sentido vertical. Este tipo de técnica apresenta matajuntas de

2,5cm x 5cm pregadas sobre as tábuas para vedar as frestas que ocorrem na junção de duas tábuas adjacentes. A figura 30 representa um detalhe deste tipo de vedação com matajuntas na face externa e interna da parede.



Legenda:

- 1 - Matajunta de ripas.
- 2 - Tábuas de vedação das paredes

Figura 30: Detalhe da vedação de madeira com tábuas verticais e mata-juntas na face externa e interna da parede.
Fonte: Adaptado de BITTENCOURT (1987), ZANI (1989), BENEVENTE (1995).

Para as instalações elétricas nas habitações levantadas por BITTENCOURT (1987), até algum tempo atrás, não se utilizavam conduítes para passagem de fiação, ficando os fios expostos. A rede elétrica aparente aumenta as possibilidades de curtos-circuitos e o risco de incêndio.

Quanto à instalação hidráulica, também ficava aparente, ocorrendo na cozinha e no banheiro. Os banheiros nestas edificações eram ambientes separados da edificação ou pertencentes ao corpo da casa, construídos com meia parede em alvenaria para proteger a vedação de madeira da umidade.

O acabamento final basicamente se constituía de pintura. Em relação às casas da região metropolitana de Florianópolis, ARRUDA e INO (op.cit.) relatam não ocorrer nenhum tipo de tratamento superficial na madeira tanto naquelas utilizadas em vedações externamente a casa ou internamente. Isso ocorre porque, em muitos casos, esse tipo de edificação é visto pelos moradores como uma habitação temporária e não definitiva e também por terem baixo poder aquisitivo para investir em melhorias.

Quanto à mão-de-obra para a construção das casas de madeira prudentinas, esta era constituída basicamente por um tipo de profissional: o carpinteiro. Estas casas também eram edificadas pelo sistema de autoconstrução, mutirão ou empreitada.

A madeira peroba rosa foi muito utilizada pela sua abundância e baixo custo, no início da colonização daquela região, mas com o passar do tempo, tornou-se escassa e cara, o que levou a população de mais baixa renda utilizar madeiras de menor resistência, porém com preços mais acessíveis. O pinus, atualmente muito utilizado, em Florianópolis, é uma madeira de baixo custo e possibilita uma construção simplificada em sistemas de autoconstrução ou outras formas de edificar a custos reduzidos.

As casas de madeira feitas com tábuas matajuntadas com ripas, sejam elas de peroba rosa (como foi em um passado não muito distante) ou de pinus (usado, atualmente, na Região Sul e Sudeste do Brasil) ou ainda de madeira nativa (como no caso de Mato Grosso e no Norte do país) se difundiram por quase todo o território nacional, apesar de questionável o seu desempenho técnico sob vários ângulos de análise, conforme se verá adiante. Pela extensão nacional em que foi empregada, consolidou-se como um sistema popular e como tal merece maiores estudos que busquem captar deste sistema as suas qualidades para subsidiar novos conceitos de vedação. A figura 31 apresenta um aspecto geral de uma edificação feita com esta técnica, na cidade de Curitiba (PR), construída no início do século XX.

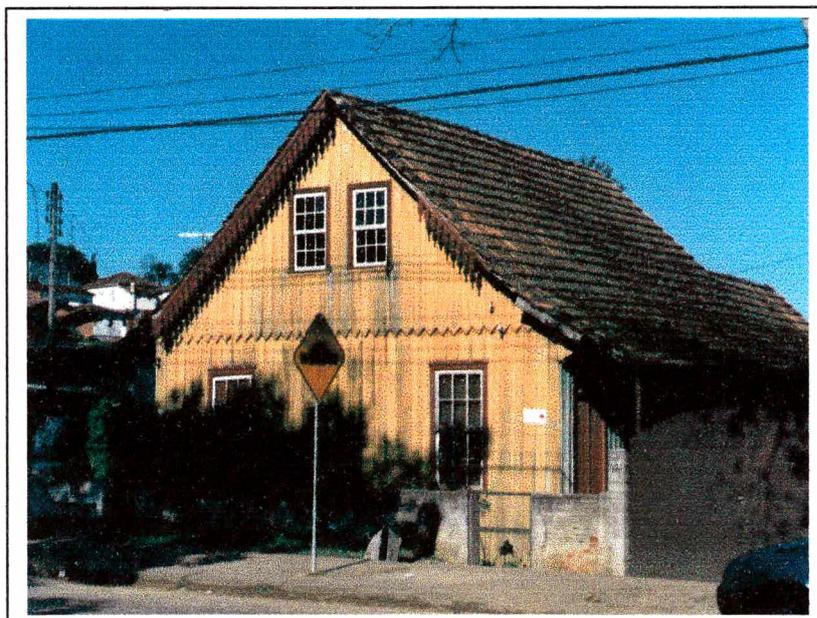


Figura 31: Aspecto geral de uma edificação em madeira feita com tábuas matajuntadas com ripas, Curitiba PR. Fonte: Autor, (1999).

4.2. Sistema de Paineis Portantes Compostos de Pranchas Horizontais.

O sistema de paredes portantes compostas de pranchas horizontais encaixadas entre si com rebaixos do tipo macho-fêmea e estabilizadas nas extremidades com montantes tem sido muito utilizado em construções de madeira voltadas a um público de classe econômica média e média alta, como segunda opção de moradia (casa de campo, de praia, chalé, etc.). Todavia, esse quadro já começa mudar, conforme pesquisa realizada em revistas especializadas sobre arquitetura e construção, tratando de casas de madeira, como também em entrevistas feitas com construtores de casas de madeira. Embora exista uma tendência de mudança em relação a este quadro, ainda hoje, é muito forte a construção deste tipo de moradia como casa provisória ou de férias para classe média.

Em função da redução do poder econômico dessas classes, os consumidores têm buscado opções construtivas que proporcionem economia no custo total da obra, e a madeira tem sido uma boa alternativa nesse sentido. Esta realidade está fazendo com que, hoje, alguns compradores optem pela casa de madeira como primeira moradia, o que, em parte, se deve ao menor tempo de construção que as casas de madeira requerem para serem edificadas em relação às de alvenaria.

De acordo com o levantamento bibliográfico feito principalmente em revistas voltadas à construção e em pesquisa na Internet, constatou-se que existem muitas empresas no mercado nacional (como é apresentado no anexo I), que produzem casas de madeira, empregando esse sistema construtivo de parede estrutural com pranchas horizontais. A partir desta pesquisa, verificou-se uma grande semelhança entre as casas executadas por várias empresas concorrentes entre si, sob o ponto de vista da técnica construtiva, que é caracterizada pela disposição das pranchas na horizontal e ancoradas nas extremidades através de montantes (que são pilares de pequena seção transversal e desempenham o papel de uma guia de montagem deste sistema construtivo).

Outro ponto que aproxima estas empresas entre si é o tipo de madeira empregado, a metragem de área construída para os modelos mais simplificados, a espessura das pranchas que compõem as paredes e a tipologia das edificações, como pode ser verificado com mais detalhe no anexo II.

A descrição e análise a seguir apresentam este sistema construtivo, conforme os procedimentos de execução de edificações em madeira da empresa CASEMA, escolhida por ser uma das pioneiras no mercado nacional em construção de habitação empregando esse tipo de técnica e por ter um maior

grau de detalhamento de informações sobre o seu sistema construtivo disponibilizadas em manuais de montagem e artigos de congressos.

A fundação desse sistema pode ser de blocos de concreto de 19x19x39 cm, de tijolo de barro, de pedras e de outros materiais adequados a esta finalidade, obedecendo a uma seqüência construtiva iniciada pela abertura de valas, regularização das mesmas, lançamento de lastro de concreto com espessura em torno de 10 cm e largura de 40 cm, onde são assentados os blocos com argamassa sobre os quais se executa a cinta de concreto armado. Na continuidade destas etapas, se tem a impermeabilização da fundação, seguida do reaterro. A figura 32 apresenta um esquema dessa seqüência de execução.

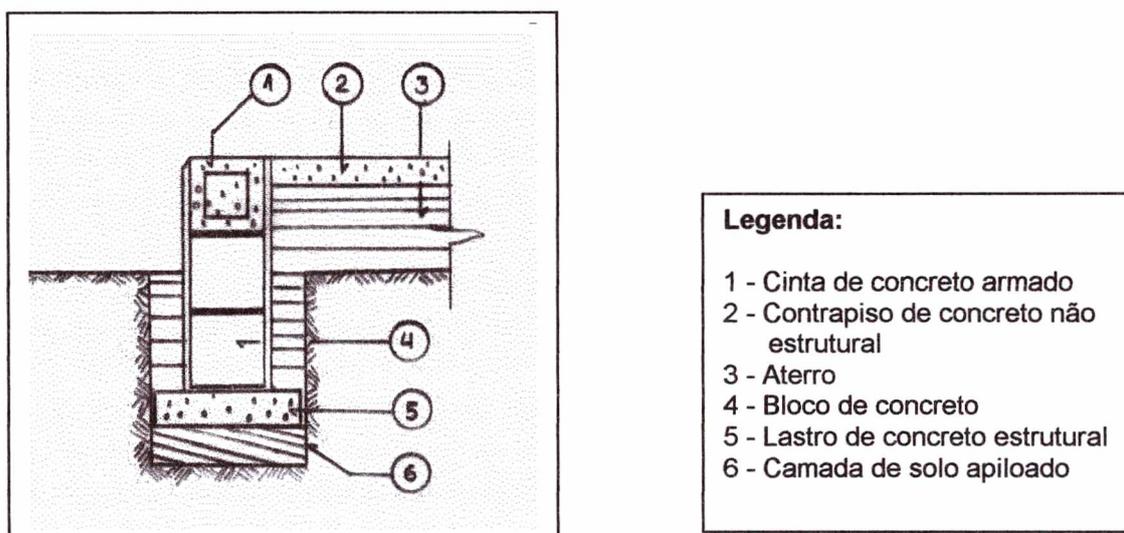


Figura 32: Seqüência de execução de fundação tipo sapata corrida. Fonte: Manual de Montagem CASEMA, (1998, pg.13).

Assim como nas casas de madeira de tábuas matajuntadas com ripas pregadas, as casas desse tipo de sistema também ficam elevadas do solo 30cm, pelo menos, para evitar que as madeiras mais baixas que compõem os painéis de vedação não se deteriorem com a umidade, já que a madeira não recebe nenhum tipo de tratamento preventivo contra agentes biológicos xilófagos (como fungos apodrecedores e as térmitas). A madeira é colocada na obra com teor de umidade ainda elevado, sendo necessárias acomodações das pranchas, com o passar do tempo, devido à secagem das mesmas. Tais acomodações podem resultar em frestas entre as tábuas.

Em relação ao piso interno (ao contrário do sistema pilar-viga, onde se reserva um espaço para ventilação entre o piso e a fundação), este é composto por um aterro de terra ou entulho, sobre o qual é colocado um concreto magro com impermeabilizante e sobre esta camada se dá o assentamento do piso final, que pode ser de madeira, de cerâmica, de cimento queimado, entre outros. A

figura 33 mostra um detalhe de piso de tabuado utilizado neste sistema construtivo.

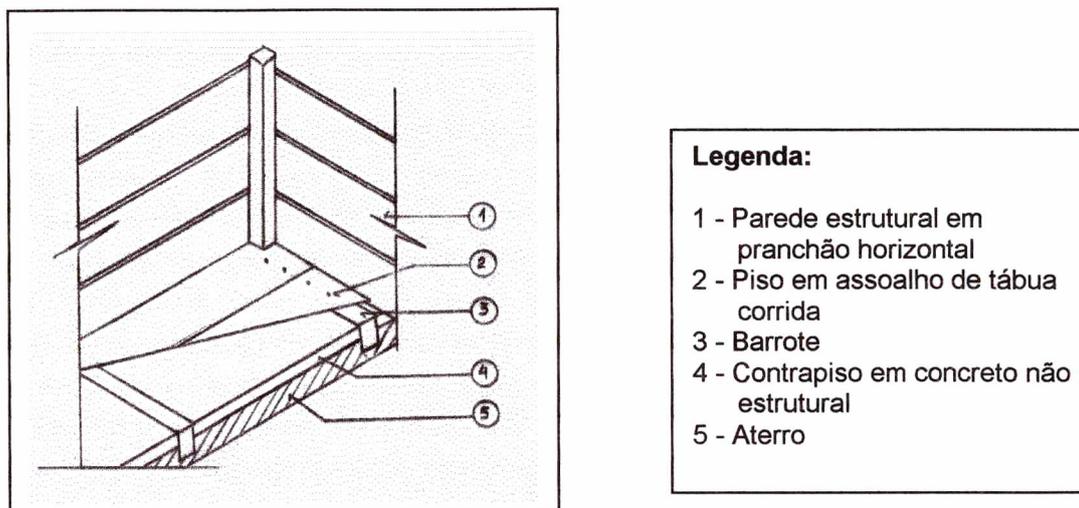


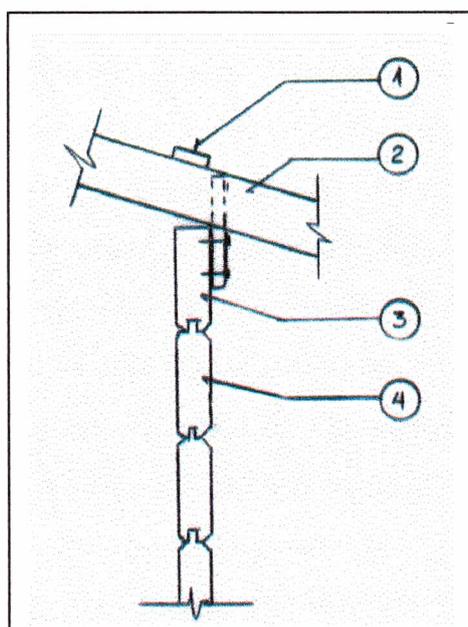
Figura 33: Exemplo de solução de construção de Piso de tabuado. Fonte: Adaptação do Manual de Montagem CASEMA, (1998, pg.42).

A superestrutura desse tipo de edificação é composta pelas próprias paredes que são autoportantes, pelos pilares, vigas e estrutura do telhado. Os pilares também chamados de “Montantes” no “Sistema CASEMA” são compostos por duas peças ligadas entre si por parafusos de rosca soberba, apresentando seção transversal final de 11X11cm. Esses elementos têm função de ligar um ou mais painéis que compõem as paredes. Esses montantes apresentam canais verticais com largura de 4,6cm com profundidade de 2,5cm, para encaixar os painéis. Cada pilar tem um número de canais, a depender do número de painéis a serem encaixados. Existem montantes com canais de canto para painéis ortogonais, com quatro canais para interligar quatro paredes, para três paredes e para duas paredes, fazendo um ângulo de 180°, ou com apenas um canal. A altura destes elementos varia conforme o número de pranchas que irão receber para compor a parede.

As vigas que compõem o telhado também fazem parte do sistema estrutural deste tipo de edificação. São elementos cujas seções transversais variam em função do vão entre apoios e do carregamento que estão submetidas. A depender do ponto em que se localizam na trama de cobertura, recebem nomes especiais como frechal, cumeeira e terças.

A composição das paredes é feita com o conjunto de tábuas de seção transversal de 4,5X14cm e comprimento variando de acordo com as disposições dos montantes, visto que estes elementos verticais são posicionados conforme a disposição de encontro das paredes. As tábuas são

colocadas na posição horizontal, formando um painel de madeira maciça com as pranchas ligadas entre si através de encaixes tipo macho-fêmea e ancoradas nas extremidades pelos montantes, que apresentam sulcos de 2,5cm para receber as pranchas que compõem o painel de vedação. A figura 34 mostra um detalhe das tábuas que compõem as paredes e o frechal arrematando a parede que sustenta o caibro e este, por sua vez, as ripas. A figura 35 apresenta um detalhe das pranchas de madeira de maçaranduba ancoradas em um pilarete de canto.



Legenda:

- 1 - Ripa
- 2 - Caibro
- 3 - Frechal
- 4 - Parede estrutural em pranchão horizontal

Figura 34: Detalhe das tábuas que compõem as paredes e do frechal arrematando a parede sustentando caibro e ripas.
Fonte: Manual de Montagem CASEMA, (1998, pg.35).

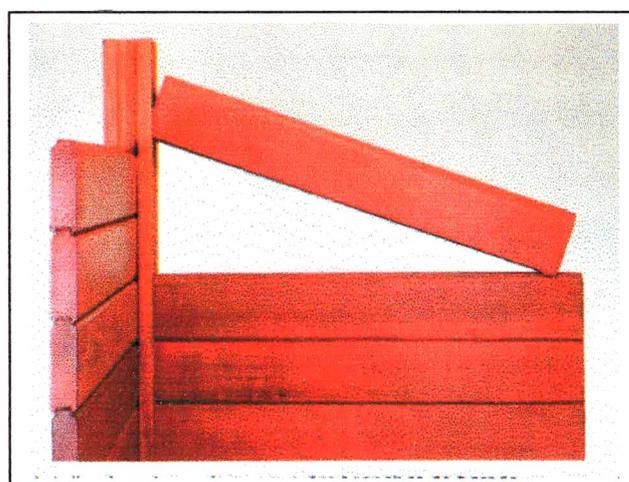


Figura 35: Detalhe das pranchas de madeira de maçaranduba ancoradas em um pilarete de canto. Fonte: Catálogo CASEMA (s.d.).

Por se tratar de um sistema construtivo de paredes maciças de tábuas encaixadas entre si e ancoradas em montantes, a instalação elétrica é aparente ou recoberta com canaletas de madeira ou cantoneiras apropriadas para disfarçar os fios elétricos. Atualmente, como o desenvolvimento da tecnologia no campo da eletricidade, os fios ou cabos elétricos apresentam menor probabilidade de risco de incêndio.

As instalações hidráulicas de água potável e sanitária ficam embutidas no chão, porém os tubos de alimentação das torneiras de pias, tanques, chuveiros e caixas de descargas de bacias sanitárias ficam aparentes, devido às características de composição das paredes deste sistema construtivo. A figura 36 apresenta um aspecto geral desta solução para instalação de um chuveiro.

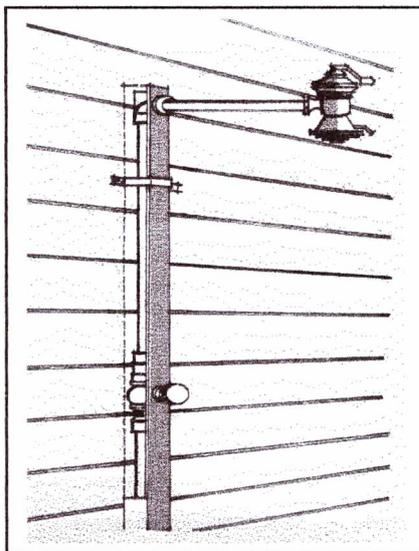


Figura 36: Detalhe da instalação da tubulação de água para chuveiro do sistema CASEMA.
Fonte: Manual de Montagem CASEMA (pg.41).

Em relação ao tratamento contra agentes degradadores da madeira, a empresa analisada se vale apenas da durabilidade natural da madeira, não tratando o material com produtos inseticidas e fungicidas. Recomenda, entretanto, o tratamento por pincelamento, quando ocorrerem peças com alburno na composição dos painéis, ficando este tratamento a cargo do comprador. Quanto ao acabamento estético, também não inclui em seu "kit", ficando o tipo de acabamento a critério do consumidor. No entanto, no seu manual de montagem, a empresa apresenta as vantagens e desvantagens de cada tipo de acabamento disponível no mercado.

Para a montagem dessas casas, a empresa recomenda profissionais que estão cadastrados como seus parceiros, mas que não fazem parte do seu quadro de funcionários. Como foi mencionado, trata-se de um sistema construtivo pré-fabricado, onde a madeira é cortada na fábrica para compor o "kit" de

montagem, segundo o projeto arquitetônico. Esta empresa atende clientes de classe média e média alta, mas também possui proposta de habitação para população de baixa renda, através da casa embrião com 24m². A empresa vende o “kit” de construção e, em determinados casos, fornece também o projeto, ficando o consumidor responsável pela construção. A figura 37 apresenta um dos modelos de casas acima de 100m² e a figura 38 mostra uma foto da casa embrião para habitação popular.

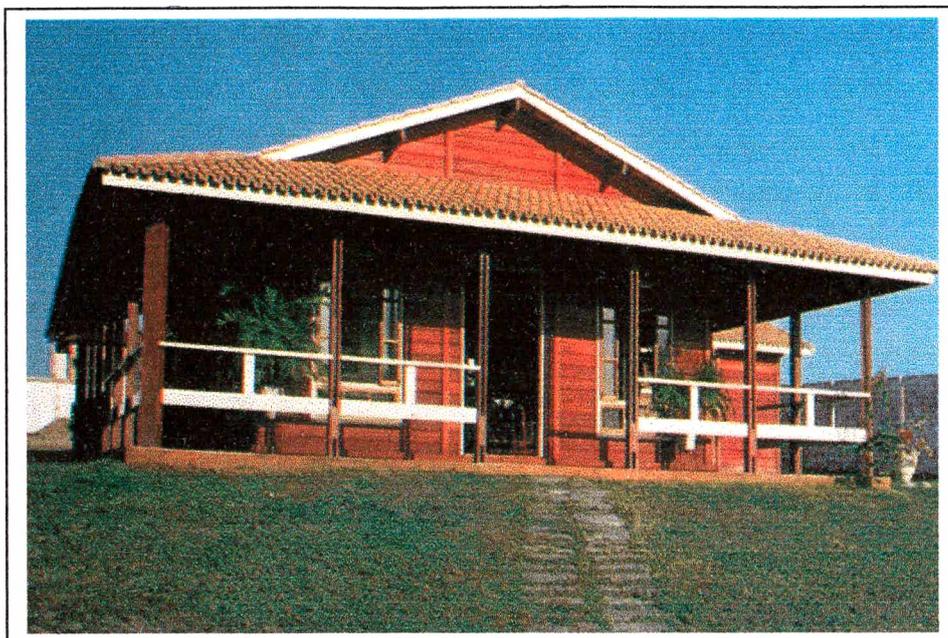


Figura 37: Casa modelo Ubatuba com 320m². Fonte: Catálogo CASEMA.

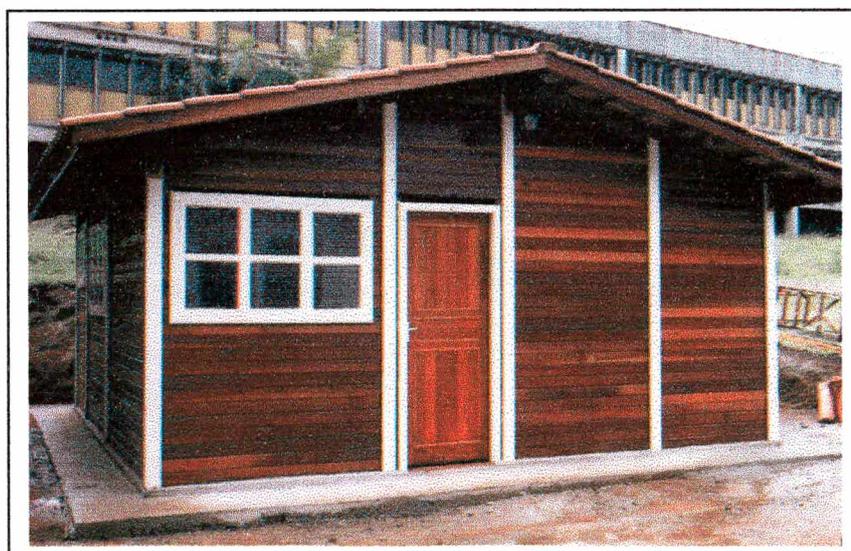


Figura 38: Casa modelo Ubatuba com 24m². Fonte: Catálogo CASEMA.

4.3. Sistema Plataforma

O Sistema Plataforma conhecido internacionalmente como sistema “*Platform Framing*” é largamente utilizado para construções de casas de até três pavimentos, em países como os Estados Unidos da América, Canadá, França, Inglaterra, Austrália, Japão, entre outros. Segundo SACCO (2000), este sistema construtivo vem acrescentar ao processo de industrialização da construção civil brasileira, através da racionalização do canteiro de obras, reduzindo prazos, custos e desperdícios de materiais gerados durante o processo de construção. Em função destas características, optou-se por estudar de forma mais detalhada este sistema, que demonstra a possibilidade de adaptação à nossa realidade.

Uma das características desses sistemas é a construção em patamares, onde o primeiro piso serve de área de trabalho para a construção do próximo pavimento, sem que isto seja necessário o emprego de andaimes. Também dispensa a utilização de equipamentos pesados para levantar os elementos que irão formar a estrutura da casa, conforme CMHC (1991). A figura 39 apresenta um edifício de três pavimentos em estrutura de madeira construído no sistema plataforma, conforme a WWPA (1993). A figura 40 explica o processo de montagem deste sistema.

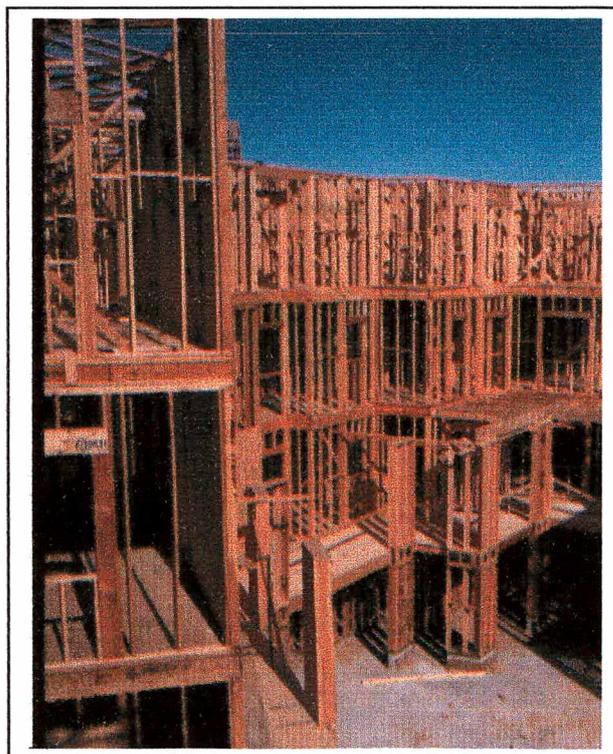


Figura 39: Edifício de três pavimentos em estrutura de madeira – Sistema Plataforma.
Fonte: WWPA, (1993, pg.9).

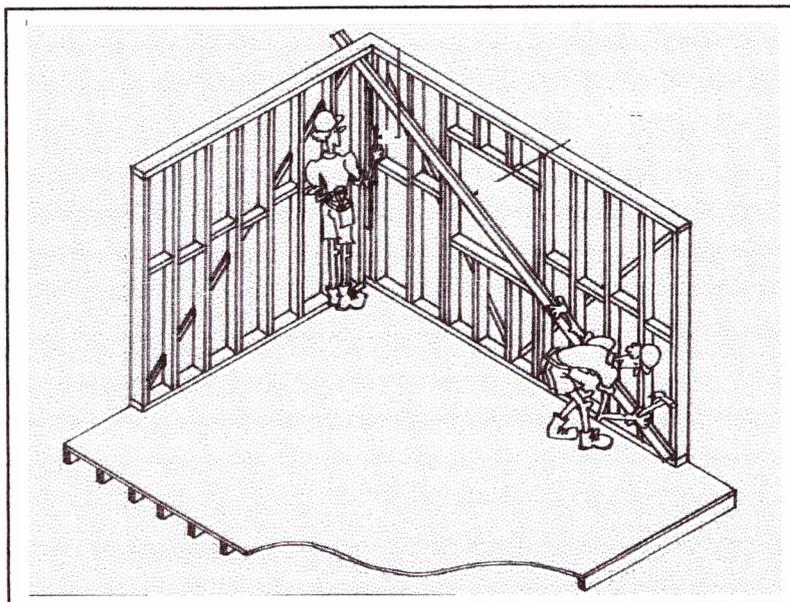
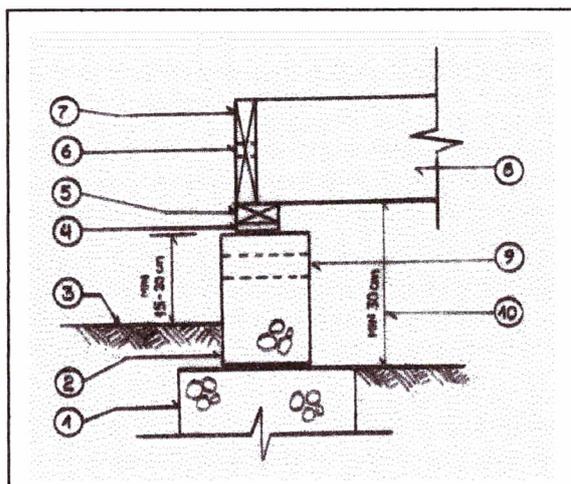


Figura 40: Montagem do sistema Plataforma. Fonte: Building in Timber – Handbook for Home Builders, (1991, pg.111).

O sistema utiliza fundação em radier protendido, quando a casa não tem subsolo e o terreno é plano ou apresenta pequena inclinação. Outros fatores que influenciam na adoção deste tipo de solução para fundação são a característica do solo e as cargas que atuam sobre a fundação. Este tipo de fundação tem como vantagem facilitar a locação de paredes em qualquer lugar da laje, como também conferir rapidez na concretagem, diminuindo o tempo da etapa “molhada” da obra, conforme SACCO (2000).

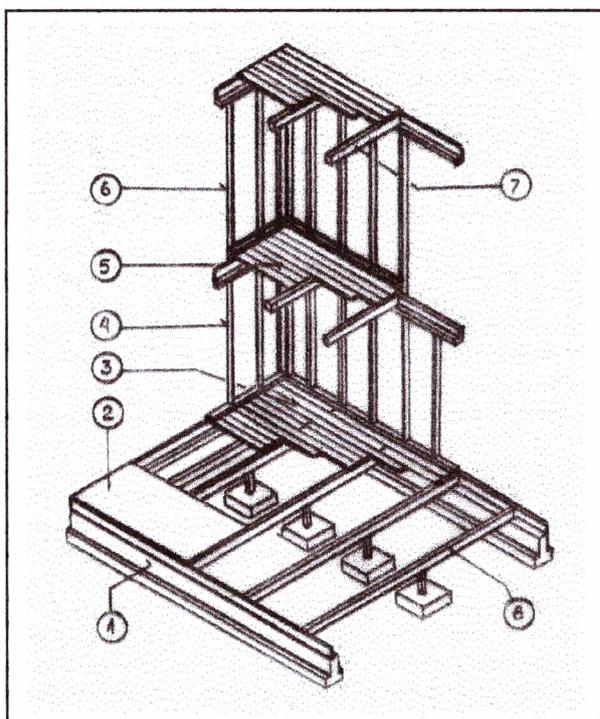
Outros tipos de fundação são utilizados, a depender da natureza do terreno e ou da tipologia e programa de necessidades da habitação. Dentre eles cita-se como exemplo as fundações com sapata, onde o primeiro piso apresenta uma elevação mínima do solo de 15 a 20cm com câmara de ar ventilado ou sem câmara de ar com aterro, como mostra a figura 41. Também se tem a construção com porão, citada pelas bibliografias estrangeiras, como SÁNCHEZ (1995), THALLOON (1991), entre outras.

A figura 42 apresenta os elementos que compõem o primeiro e segundo piso de uma casa construída neste sistema. O piso tem como estrutura de sustentação as vigotas de madeira que apóiam as chapas de madeira compensada laminada colada. A ligação entre elas se dá por meio de parafusos. Sobre este contra piso de chapas se coloca o piso final podendo ser de madeira tipo taco, tabuado, parquet ou de outros materiais próprios para esta função. Nas áreas úmidas colocam-se ainda chapas cimentícias sobre as de compensado para, então, assentar o piso final, como o de cerâmica.

**Legenda:**

- 1 - Sapata de concreto
- 2 - Viga de concreto
- 3 - Nível do terreno
- 4 - Material elástico
- 5 - Madeira tratada
- 6 - Ventilação através da viga
- 7 - Viga frontal
- 8 - Viga de apoio para piso
- 9 - Ventilação através da viga de concreto
- 10 - Altura mínima para câmara de ar ventilada

Figura 41: Detalhe da fundação para casas construídas com Sistema Plataforma "Frame". Fonte: SÁNCHEZ (1995, pg. 102).

**Legenda:**

- 1 - Fundação em concreto armado
- 2 - Chapa de compensado p/ compor base do piso
- 3 - Piso de tabua corrida do primeiro pavimento
- 4 - Estrutura Plataforma do primeiro piso
- 5 - Piso de tábua corrida do segundo pavimento
- 6 - Estrutura plataforma do segundo pavimento
- 7 - Viga p/ sustentação do piso do segundo pavimento
- 8 - Viga para sustentação do piso do primeiro pavimento

Figura 42: Fundação de concreto tipo sapata corrida e vigas de madeira p/ sustentação do 1º piso e estrutura p/ sustentação do segundo piso. Fonte: Autor.

A superestrutura deste sistema construtivo é composta por painéis de parede, estrutura de piso e estrutura de telhado. A estrutura dos painéis que compõem a parede se caracteriza por apresentar uma ossatura constituída de montantes verticais (barras verticais) espaçados entre si de 40cm ou 60cm. Estas peças apresentam seção transversal padronizadas para paredes internas de 2"X4" (dimensões nominais) ou de 38mmX89mm (dimensões comerciais) e de 38mmX140mm para paredes externas (a depender da necessidade de

isolamento térmico), com 89cm a 292cm de altura, segundo o CMHC(1991). Sobre esta estrutura é possível combinar diversos tipos de revestimentos externos e internos na composição das paredes de uma edificação. Pode-se dizer que os painéis deste sistema combinam a função portante com a função de fechamento de uma construção, conforme BENEVENTE (1995).

A estrutura de sustentação dos pavimentos é composta por vigas espaçadas em 40cm e cuja seção transversal apresenta dimensões de 38mmX241mm e um comprimento não maior que 4 metros, segundo EINSFELD et al. (1998). Estas vigas podem ser de madeira serrada maciça ou compostas (laminada colada, madeira com chapa de aço, mistas de madeira laminada colada com madeira maciça e de chapas aglomeradas). A figura de número 43 mostra um aspecto geral da ossatura do painel com as vigas de apoio para piso de madeira.

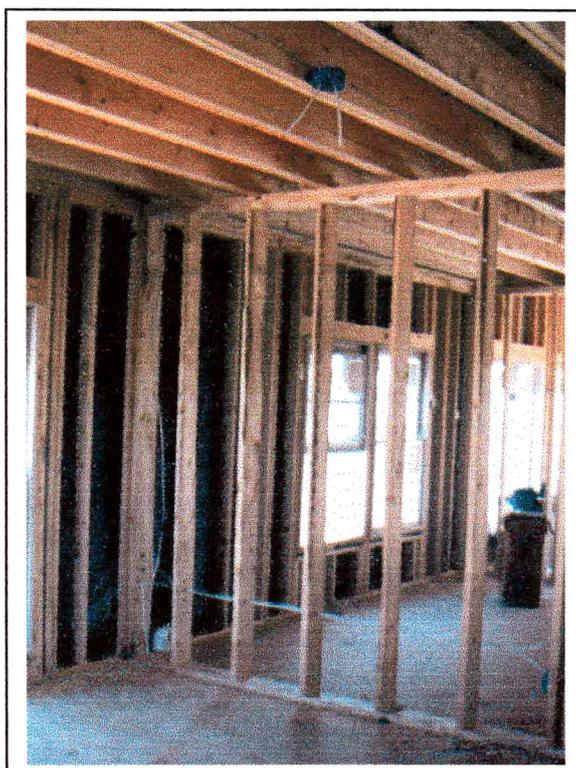


Figura 43: Aspecto geral das vigas de sustentação de piso do segundo pavimento apoiadas sobre a estrutura “frame” do painel da parede. Fonte: Foto – Autor, Florianópolis SC.(1999).

Em relação à estrutura do telhado têm-se utilizado, nos últimos anos, treliças leves de madeira tratada com CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), cujas ligações das barras que compõem as tesouras são feitas com chapas dentadas. Estes elementos vencem vãos entre as paredes externas e geralmente estão submetidos a espaçamentos de 40cm a 130cm, dependendo do projeto. Estas treliças são pré-fabricadas e de fácil colocação em seus apoios, de acordo com SACCO (2000). O contraventamento da estrutura é feito geralmente com sarrafos em “X” nos planos verticais entre tesouras. Sobre o

banzo superior destas treliças são fixadas chapas de OSB para fixação das telhas que são pequenas placas à base de asfalto denominadas de “*shingles*”, muito utilizadas na América do Norte.

Quanto ao fechamento das paredes, tradicionalmente eram feitos de madeira serrada, porém, com a Segunda Guerra Mundial, o fechamento passou a ser feito com chapas de madeira compensado fenólico estrutural de 12mm imunizado. Nas décadas de 80 e 90 do século XX, começou-se a empregar também as chapas de OSB, segundo EINSFELD et al. (1998). Estas chapas de fechamento são pregadas nos montantes através de pregos cravados com espaçamentos em torno de 20cm, formando a “caixa externa” da construção. Esta solução de projeto contribui para o travamento do sistema construtivo, como também para a rigidez dos montantes na direção da menor dimensão, evitando a flambagem dos mesmos. Estas chapas devem ter uma espessura mínima de 6mm. O fechamento juntamente com os montantes forma um painel estruturado, transferindo cargas verticais e horizontais para as fundações.

As paredes externas podem receber chapas de gesso no lado interno para seu fechamento. As chapas de gesso também compõem as duas faces das paredes internas de uma edificação desta natureza. De certa forma, contribuem para um maior grau de rigidez para o sistema, embora isto não seja computado no dimensionamento da estrutura. Elas proporcionam proteção contra incêndio e possibilitam um acabamento nas superfícies internas das paredes igual as de alvenaria rebocada e pintada. A figura 44 apresenta a seqüência de montagem de uma parede interna começando com a armação do painel estrutural, aplicação das placas de gesso em uma face, colocação do isolamento acústico e fechamento da segunda face da parede com as chapas de gesso. Após esta seqüência, tem-se o arremate das juntas para preparar as paredes para pintura ou aplicação de outro tipo de acabamento (ISOLVER, 2000).



Figura 44: Seqüência de montagem de uma parede interna de gesso acartonado construída no sistema Plataforma. Fonte: ISOLVER (2000, pg. 4).

O revestimento externo do Sistema Plataforma pode ser de uma variedade muito grande de materiais, que são aplicados sobre as chapas de madeira compensada ou de OSB. Este revestimento tem a função de proteger a parede da ação do intemperismo, como também contribuir com o acabamento final da construção. Existem vários tipos de revestimentos externos como as tábuas de madeira serrada, revestimentos de tijolos, com argamassa, de alumínio, pvc, entre outros. A figura 45 mostra um detalhe da composição da vedação externa deste sistema.

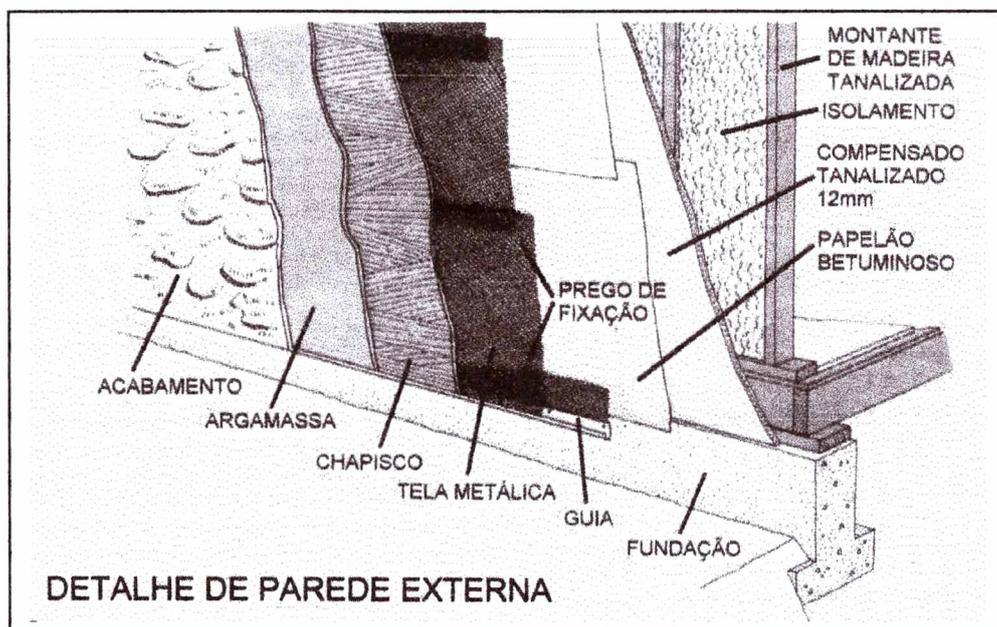
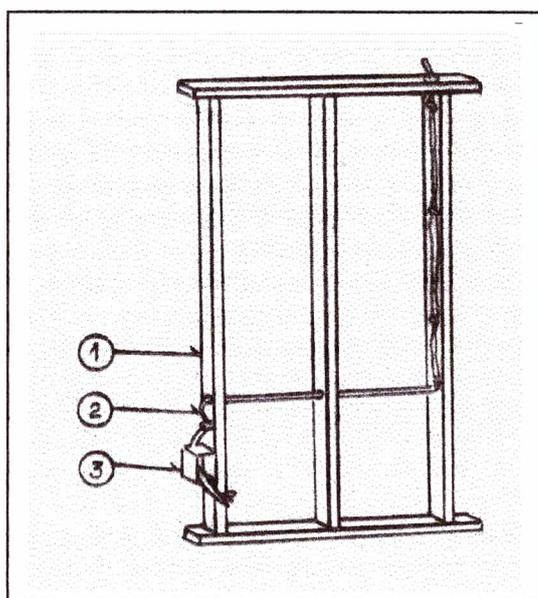


Figura 45: Detalhe de parede externa do sistema Plataforma com revestimento de argamassa. Fonte: VI Seminário de Soluções Tecnológicas Integradas – Parede de gesso acartonado e sistemas complementares, Anais. (2000, pg.127).

Para a execução da instalação elétrica é necessário fazer um projeto definindo cada ponto de tomada, interruptores, ponto de luz, etc, especificando por onde será levada a fiação, bem como a colocação das caixas de passagem e dos quadros de disjuntores. Com este projeto, a equipe de instalação elétrica começa a trabalhar. Para condução da fiação, não se utiliza eletrodutos, ficando os cabos fixados diretamente sobre a madeira. Utiliza-se esta técnica uma vez que o plástico que recobre os fios de cobre é do tipo antichama e não é permitido emenda ou derivações no fio. O cabo apresenta duas ligações, uma no quadro de disjuntores e a outra no ponto a ser alimentado pela corrente elétrica, evitando, desta forma, a possibilidade de um curto circuito em pontos de emendas dos cabos e a possibilidade de incêndio.

A instalação fica embutida, sendo ela colocada, quando uma das faces da parede ainda está aberta. Depois que se executa as instalações, é colocado o isolamento térmico e, por fim, o fechamento das paredes com placas de gesso acartonado. A figura 46 mostra um detalhe de execução da instalação elétrica, passando pelos montantes do painel de madeira.

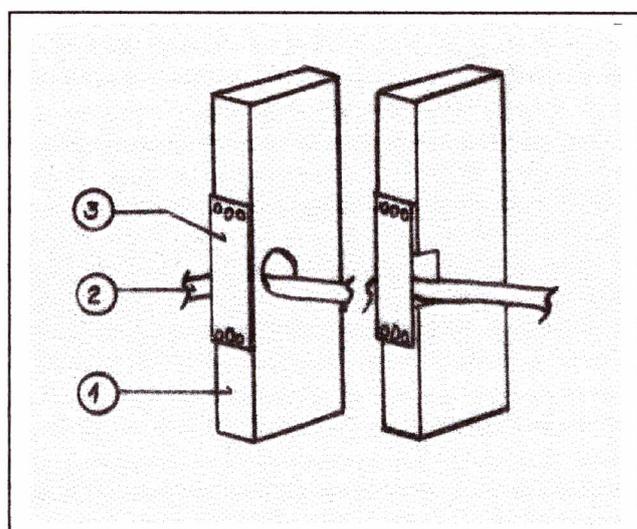
Segundo CAULDWELL (1997), para os montantes que recebem furos ou entalhes para passagem da instalação elétrica, recomenda-se que a abertura na madeira seja menor que 40% da seção transversal disponibilizada para a transferência dos carregamentos atuantes. Outra observação é sobre a colocação de pequenas chapas metálicas sobre as áreas recortadas, para evitar que o parafuso de fixação das placas de gesso não danifique a fiação. As instalações de aquecimento, telefone e água, seguem os mesmos procedimentos já apresentados para a execução da instalação elétrica. A figura 47 mostra um detalhe deste tipo de recomendação.



Legenda:

- 1 – Montante do sistema construtivo Plataforma
- 2 – Cabo de eletricidade
- 3 – Caixa para interruptores

Figura 46: Detalhe de execução da instalação elétrica passando pelos montantes do painel de madeira. Fonte: CAULDWELL, (1997. pg.101).



Legenda:

- 1 - Montante de madeira
- 2 - Cabo elétrico
- 3 - Chapa metálica de proteção

Figura 47: Detalhe da chapa de proteção em montante com seção reduzida p/ passagem de instalação elétrica. Fonte: CAULDWELL, (1997, pg.97).

Segundo EINSFELD et. al (1998), para a instalação de água, tem-se utilizado tubulação de cobre com diâmetro de 19mm ou de 13mm com juntas soldadas, por serem resistentes á corrosão. Mais recentemente foi introduzido no mercado internacional o sistema de tubos plásticos flexíveis. Esses tubos são colocados como mangueiras de modo contínuo, sem a utilização de conexões para a mudança de direção, o que veio reduzir o tempo de execução, devido á simplificação do sistema. A figura 48 exemplifica a aplicação desta solução para banheiro.

Esta nova solução para instalação de água está sendo introduzida também no mercado brasileiro, onde algumas empresas de São Paulo já a estão empregando em construção de apartamentos que utilizam chapas de gesso acartonado para compor as divisórias internas (como foi mostrado no VI Seminário de Soluções Tecnológicas Integradas, realizado pela Associação de Tecnologias Integradas na Construção – ASTIC, em abril de 2000, em São Paulo). Em relação à tubulação de esgoto sanitário, é executada com tubos de pvc rígido, o qual também fica embutido nas paredes de gesso acartonado.

Quanto ao acabamento, este pode ser de vários tipos, tanto internamente quanto externamente. Internamente, por serem as paredes de gesso acartonado ou de chapas cimentícias, podem receber papel de parede, lambril, pintura acrílica, ou epóxica, pvc, entre outros materiais de acabamento. Na parte externa, o acabamento pode ser de tábuas de madeira tratada, de pvc, de alumínio, de chapas cimentícias ou mesmo tijolos.

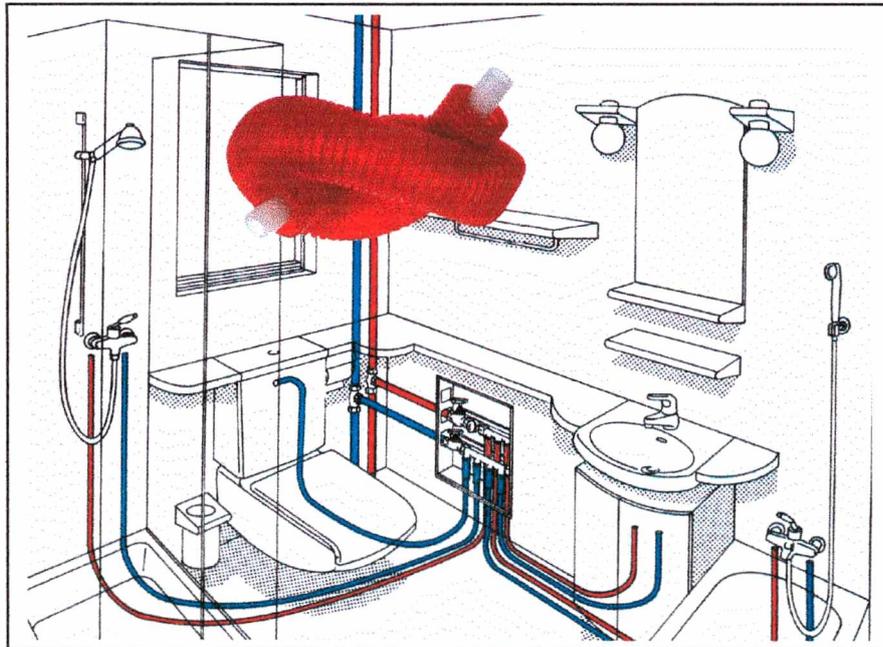


Figura 48: Conceito de tubulação para instalação hidráulica de águas quente e fria com tubos flexíveis. Fonte: PEX DO BRASIL, (2000, pg.2).

Em relação à mão-de-obra, o Sistema Plataforma requer equipes especializadas para cada etapa da construção, sendo elas compostas de carpinteiro, eletricitas, encanadores, pintores e equipe específica de aplicação das chapas de gesso acartonado. Esta subdivisão das tarefas de trabalho demonstra a potencialidade de conferir um maior grau de qualidade a uma edificação, desde que as equipes trabalhem coordenadas entre si e supervisionadas por arquitetos e/ou engenheiro.

Na seqüência da descrição dos sistemas construtivos selecionados, será apresentada uma análise, procurando evidenciar os aspectos positivos e negativos dos três sistemas eleitos, enfocando as vedações verticais, por serem elas objeto de estudo deste trabalho. Este estudo contribuirá para a elaboração do projeto conceitual e inovação tecnológica que se pretende nesta pesquisa.

4.4. Análise dos Sistemas Construtivos Selecionados.

Esta análise apresenta, em um primeiro momento, uma síntese (quadro 3) dos três sistemas construtivos abordados neste capítulo, sendo que dois deles apresentam vedação vertical feita apenas de madeira e um terceiro tipo feito com estrutura de madeira e outros elementos com funções de vedação, isolamento térmico acústico, barreira de vapor. Esta apresentação se caracteriza como forma de possibilitar a comparação preliminar da vedação vertical dos sistemas construtivos selecionados. Outras observações são extraídas, a partir deste quadro, para avaliação do desempenho como elementos de vedação. Esta análise servirá de embasamento para a formulação da proposta desta pesquisa.

QUADRO 3: CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS DE TRÊS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA.

Sistemas Construtivos			
Características	Pilar-Viga Tábuas Verticais Matajuntadas com Ripas	Painel Portante Composto de Pranchas Horizontais	Plataforma
Composição da Vedação	Feita por tábuas verticais fixadas na estrutura e matajuntadas com ripas. Parede delgada.	Pranchas horizontais encaixadas entre si e ancorados nas extremidades em montantes. Parede delgada.	Vedação externa, barreira de vapor, isolamento termo-acústico, estrutura frame, vedação interna. Parede em torno de 10 a 20cm
Sistema de Fixação	Prego	Encaixe entre pranchas e nos montantes	Prego, Parafuso.
Sistema Estrutural	Viga-Pilar	Pranchas horizontais e montantes verticais.	Painéis auto portante, com estrutura " frame".
Montagem na Obra	Manual	Manual	Manual
Características dos Elementos Construtivos de madeira	Pequena seção, transportado por uma ou duas pessoas.	Pequena seção, transportada por uma ou duas pessoas.	Pequena seção das peças de madeira e chapas delgadas transportadas por uma ou duas pessoas.
Montagem da Vedação	Peça por peça	Peça por peça	Peça por peça, nas várias camadas da vedação.
Material Empregado	Madeira serrada	Madeira serrada	Madeira e outros componentes industrializados.
Desempenho do sistema de fixação	Rapidez na execução, oxidação com o passar do tempo, desmontagem das tábuas não tão rápida quando no processo de montagem.	Rapidez na execução, folga entre peças de madeira decorrente da secagem no local da obra, com o passar do tempo, desmontagem por etapas.	Rapidez na execução, desmontagem complexa.
Flexibilidade de Ampliação	Fácil ampliação, por não ser estrutural.	Limita ampliação pelo aspecto estrutural e estético	Facilidade de ampliação intermediária em relação aos outros dois exemplos.
Facilidade de Manutenção	Fácil reposição dos componentes	Difícil reposição dos componentes	Dificuldade intermediária para reposição dos componentes em relação aos outros dois exemplos
Padrão econômico da classe social que se destina o Sistema	Habitação popular de interesse social e de colonizador	Habitação de segunda moradia para classe média alta, para veraneio: praia, campo, etc...	No Brasil, Habitação de classe social de elevado poder aquisitivo.

Fonte: Autor, 2001.

4.4.1. Análise do Sistema Pilar-Viga e Vedação feita com Tábuas Verticais Matajuntadas por Ripas

Esta análise ressalta os aspectos positivos e negativos deste sistema construtivo, procurando levantar subsídios de projeto para um produto a ser proposto.

4.4.1.1. Aspectos positivos.

Em relação à composição da vedação do sistema Viga-Pilar, tem-se como aspectos positivos:

- Por serem de pequena seção os elementos construtivos podem ser facilmente transportados pelos construtores;
- Fixação simplificada na estrutura de sustentação da edificação;
- Possibilita fácil ampliação, por não ser a vedação vertical estrutural;
- Possibilita uma continuidade estética sem marcação da estrutura (viga e pilar) na parte externa da casa;
- Fácil reposição das peças de vedação, quando se fazem necessárias;
- Possibilita a execução por sistema de mutirão ou autoconstrução, devido à colocação manual dos componentes;
- Construção de uma casa de alvenaria com mesmo programa de necessidades requer mais tempo para ser construída, quando comparada com esta técnica de edificar em madeira;

4.4.1.2. Aspectos limitantes.

A composição da vedação do sistema Viga-Pilar tem como aspectos limitantes os seguintes problemas:

- Possibilidade de um grande número de frestas entre as tábuas, devido a empenos das mesmas, em função da secagem ocorrer in loco;
- Elementos de vedação - as ripas, não funcionam com eficiência para vedar as juntas das tábuas;
- Com o passar do tempo os pregos oxidam devido a sua exposição ao intemperismo, manchando a madeira e o tratamento superficial de acabamento.

- Parede delgada (geralmente composta apenas por tábuas com espessuras em torno de 2,5cm), deixa as tubulações de eletricidade e instalações hidráulicas aparentes, podendo não agradar aos possíveis consumidores de habitação de madeira;
- Montagem mais lenta por causa do processo de execução feito tábua por tábua e ripa por ripa, quando comparado com processos construtivos industrializados feito com painéis pré-fabricados;
- Dificuldade para retirada das tábuas, quando necessário o desmonte da casa, devido ao conector de fixação (prego) ser de difícil retirada, embora muito fácil de ser cravado;
- Por ter sido muito empregado em construção de interesse social, este sistema de vedação vertical contribui para a consolidação da imagem da madeira como material de construção para “pobre” e a conseqüente desvalorização do sistema construtivo principalmente por outras faixas econômicas dos consumidores de casas de madeira;
- Por ser a madeira apenas serrada, dificulta a aplicação de determinados tipos de acabamento;
- Ripas de vedação das juntas também constituem uma outra interferência para determinados tipos de acabamento, por exemplo, o papel de parede;
- Por terem juntas vedadas de forma ineficiente, as paredes não isolam o som gerado nos ambientes internos da construção;
- Quanto ao desempenho térmico este é insatisfatório, devido às trocas de temperatura entre o ambiente interno e externo da construção, devido o grande número de frestas presentes nas vedações verticais.

4.4.1.3. Comentários sobre o Sistema Pilar-Viga e vedação vertical feita com tábuas matajuntadas

Em seguida é apresentado o quadro de número 4 que relaciona o desempenho técnico decorrente das soluções apresentadas no Sistema Pilar-Viga e a vedação vertical feita com tábuas matajuntadas. Considerou-se a vedação vertical e suas interfaces com os demais elementos que compõem o sistema construtivo e as características físicas, mecânicas e também aquelas relacionadas com a degradação biológica do material.

QUADRO 4: APRESENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO SISTEMA VIGA-PILAR COM VEDAÇÃO VERTICAL DE TÁBUAS MATAJUNTADAS.

<p>Medidas de Projeto X Problemas</p>	<p>Consequência das Medidas Adotadas</p>
<p>1) Vedação X Teor de Umidade da Madeira</p> <p>Utilização de madeira com alto teor de umidade para compor os "kits" de construção. A madeira seca em serviço.</p>	<p>Como as tábuas são apenas encostadas umas nas outras, as frestas são inerentes a este sistema construtivo. Todavia, como a madeira não foi utilizada seca, apresenta alto teor de umidade, ao ser empregada na construção. Estes espaçamentos tendem a aumentar durante o processo de secagem em serviço. Também podem ocorrer empenamentos nas tábuas. As ripas, por sua vez, sendo muito estreitas e de pouca espessura, também apresentam problemas de empenamento e deformações, devido à secagem não ser controlada. Isto torna o desempenho destes elementos ineficiente para vedação das frestas das tábuas, permitindo a passagem de som entre os ambientes adjacentes e a troca de temperatura do meio externo com o interno.</p> <p>Também ocorrem problemas nas interfaces de paredes com janelas e de paredes com portas.</p> <p>1.1. Frestas em paredes com janelas e paredes com portas – decorrem do emprego da madeira com alto teor de umidade e do esquadreamento irregular das peças que compõem a parede.</p> <p>1.2. Emperramento com portas e janelas – causado por problemas apresentados no item 1.1. como também por soluções arquitetônicas que não levam em consideração a proteção de portas em relação à ação do intemperismo, causando o inchamento das folhas das portas, das venezianas ou dos caixilhos, em função da absorção da água e umidade do meio ambiente, ou por desvio do prumo dos batentes durante a montagem do "kit".</p>
<p>2) Vedação X Durabilidade do Material</p> <p>Não se faz o tratamento preventivo com impregnação de produto preservador.</p>	<p>As madeiras nativas empregadas neste sistema construtivo em edificações de colonizadores, como apresentam ZANI (1989) e BITTENCOURT (1987), foram, em um primeiro momento, a Peroba-Rosa (<i>Aspidosperma polyneuron</i>) e a Peroba-de-Campo (<i>Paratecoma peroba</i>). Conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1989), In: Fichas de Características das madeiras Brasileiras, a Peroba-Rosa (op.cit. pg.335) apresenta resistência natural baixa em relação à degradação biológica por organismos xilófagos, e a Peroba-de-campo (op.cit.pg.221) é considerada de resistência satisfatória em relação ao ataque de térmitas (cupins) e fungos apodrecedores.</p> <p>BENEVETE (1995, pg. 161) comenta que a degradação verificada neste tipo de construção é decorrente do ataque de fungos apodrecedores, por estar a madeira próxima do solo e umedecida. BITTENCOURT (op.cit.), também chama a</p>

	atenção para o mesmo problema – apodrecimento da madeira próximo ao solo. Muito da degradação das casas de madeira se deve ao fato destas não terem recebido tratamento preventivo em relação a organismos xilófagos, como também está em função das soluções construtivas adotadas em nível de projeto.
<p>3)</p> <p>Vedação do Sistema X Flexibilidade</p> <p>As paredes são apenas vedação, não têm função estrutural.</p>	<p>Por ser um sistema de parede que tem apenas função de vedação, isto facilita a ampliação do espaço construído conforme as necessidades de seus usuários.</p>
<p>4)</p> <p>Vedação X Segurança da Estrutura</p> <p>As paredes trabalham apenas como vedação vertical e a transmissão dos esforços verticais oriundos da cobertura e de outros pavimentos são direcionados para a fundação por meio das vigas e pilares.</p>	<p>A estabilização da construção está relacionada com o travamento da estrutura composta por vigas e pilares. A estrutura de cobertura também colabora para a estabilização do sistema como um todo. Apesar da vedação não ser estrutural, ela também, de certa forma, colabora para a estabilidade da construção, uma vez que elas estão pregadas nas vigas baldrame (próximas da fundação), nas cintas de amarração (na altura do início do telhado) e nas vigas de reforço intermediárias às duas anteriores.</p>
<p>5)</p> <p>Vedação X Segurança Contra incêndio</p> <p>Não é especificado nenhum tipo de segurança em relação a incêndio. As instalações elétricas são precárias e aparentes.</p>	<p>As instalações aparentes aumentam o risco de curto circuito e de incêndio.</p>

Fonte: Autor, 2001.

Por ser muito difundido na cultura brasileira o sistema Pilar-Viga com vedação vertical feita através de tábuas pregadas matajuntadas por ripas é uma técnica que muitos construtores de casas de madeira têm conhecimento. Sendo assim, a sua análise não se restringe à avaliação da produção de uma empresa em especial e sim de uma técnica popular.

Como foi apresentado na sua descrição, no sub-item 4.1, esse sistema caracteriza-se por apresentar parede delgada com espessura em torno de três centímetros com múltipla finalidade de vedar a edificação da chuva, vento, calor, frio, som, intrusões e apresentar segurança em relação ao fogo. Todas essas variáveis, no entanto, são difíceis de serem contempladas com tão pouca espessura e por um único material empregado através de peças de pequenas seções transversais, como são as tábuas e ripas de madeira.

Outro fator que contribui para um desempenho não satisfatório é a simplicidade de sua técnica construtiva. Esta simplicidade faz com que o próprio proprietário muitas vezes assuma o papel do construtor, mesmo sem ter o conhecimento necessário para executar a obra. A facilidade de se construir não quer dizer que a técnica não requeira profissional habilitado para a produção da habitação de madeira, como também não demande cuidados necessários para um bom desempenho da madeira como material de construção. Entretanto, não se pode negar o fato dessa simplicidade construtiva popularizar a casa de madeira como uma opção para habitação vernacular.

A utilização da madeira ainda verde como foi apresentada, bem como a esbelteza da parede e a composição do elemento de vedação marcado por uma sucessão de juntas descontínuas determinam um desempenho técnico tal que não atende plenamente às expectativas de seus usuários. Todavia, este sistema construtivo e esta forma de vedação apresentam pontos positivos (como foi apresentado no sub-item 4.4.1.1) que devem ser considerados no momento do estudo de novos elementos de vedação para construção de edificação de madeira.

4.4.2. Análise do Sistema de Pannel Portante Composto de Pranchas Horizontais

Esta análise ressalta os aspectos positivos e negativos deste sistema construtivo. Apresenta também as decisões de projeto e suas conseqüências no desempenho do produto final e soluções para contornar os problemas decorrentes das mesmas.

4.4.2.1. Aspectos positivos

Em relação à composição da vedação do sistema construtivo do pannel portante composto por pranchas horizontais, destacam-se os seguintes aspectos positivos:

- Por serem de pequena seção as peças que compõem os elementos construtivos, estes podem ser facilmente transportadas pelos construtores;
- Quanto à modulação estabelecida pelos montantes nas fachadas deste tipo de construção apresenta uma estética convencional, do ponto de vista de construções em madeira, familiar ao consumidor de classe média, podendo ser considerada como uma boa solução estética para alguns clientes;

- Comparando uma construção de alvenaria com o mesmo programa de necessidades, esta demora mais para ser construída, quando comparada com uma casa de madeira dentro desse sistema;
- Este sistema apresenta tendências de mudança de casa de segunda moradia para primeira moradia, na preferência dos consumidores;
- Este sistema construtivo possibilita a edificação de uma residência através do mutirão ou autoconstrução.

4.4.2.2. Aspectos limitantes

Como aspectos limitantes, destacam-se, em relação ao sistema construtivo de painéis compostos por pranchas horizontais:

- Forma de ancoragem das pranchas nos montantes se dá por meio de canaletas presentes nos montantes. Esta solução apresenta uma certa dificuldade para ser executada, em função do atrito entre as peças horizontais e verticais, o que dificulta o deslizamento das tábuas até as suas respectivas posições finais, contribuindo para uma construção mais lenta;
- Secagem da madeira no local da obra, com a madeira já em serviço, também é outro problema, pois podem ocorrer folgas nesses pontos de ligação e a parede passa a vibrar com a incidência de cargas horizontais como as do vento;
- Ampliação da habitação difícil de ser executada por serem as paredes estruturais;
- Difícil reposição de peças de vedação, quando se fazem necessárias;
- Possibilidade de um grande número de frestas entre as tábuas, devido a empenos das mesmas em função da secagem ocorrer in loco;
- Paredes delgadas e geralmente compostas apenas por tábuas com espessura de 4,5cm, deixando as tubulações de eletricidade e instalações hidráulicas aparentes;
- Embora a construção seja mais rápida, quando comparada com o sistema de alvenaria, ainda assim é lenta por ser feita prancha por prancha, comparada com os sistemas construtivos de painéis pré-fabricados montados em loco;
- Dificuldade para retirada das tábuas, quando necessário para o desmonte da casa.

4.4.2.3. Comentários sobre sistema parede portante da empresa selecionada.

Na seqüência é apresentado o quadro de número 5 que relaciona os problemas levantados decorrentes da tecnologia da empresa selecionada (no caso, a CASEMA). Considerou-se a vedação vertical e suas interfaces com os demais elementos que compõem o sistema construtivo e as características físicas, mecânicas e também aquelas relacionadas com a degradação biológica do material. Estas informações trazem as soluções da empresa abordada no nível de projeto do produto e problemas decorrentes dessas medidas adotadas, seguidos de comentários que analisam tecnicamente as propostas.

QUADRO 5: APRESENTAÇÃO DOS PROBLEMAS CONSTRUTIVOS DO SISTEMA CASEMA.

Medidas de Projeto X Problemas	Conseqüência das Medidas Adotadas
<p>1) Vedação X Teor de Umidade da Madeira</p> <p>Utilização de madeira verde para compor os "kits" de construção. A madeira vai secando, com o passar do tempo, depois da montagem da casa.</p>	<p>Surgimento de frestas entre as tábuas, o que ocasiona a passagem de vento e de calor do exterior para o interior da edificação, isolamento acústico deficiente e a possibilidade de insetos entrarem na casa. Os problemas de acomodação da madeira devido à secagem in loco requerem manutenção posterior. Isto é desagradável para o consumidor, pela intervenção após o uso e pelos custos extras que são gerados. Os pontos críticos de ocorrência destes problemas são mostrados a seguir:</p> <p>1.1.Frestas em partes sem esquadrias – as pranchas não deslizam e enroscam nos montantes, havendo atrito entre a prancha e o canal do montante e o surgimento de frestas entre as tábuas.</p> <p>1.2.Frestas em paredes com janelas – pode-se considerar o fenômeno ocorrido no item acima. As pranchas que estão localizadas entre os batentes das janelas e os montantes apresentam comprimento maior do que o previsto no projeto.</p> <p>1.3.Frestas em paredes com portas – idem no item número 1.2.</p> <p>1.4.Emperramento com portas e janelas – causada pelo inchamento das folhas de portas, das venezianas ou caixilhos, causado pela absorção de água do meio ambiente, ou por desvio do prumo dos batentes, durante a montagem do "kit".</p>
<p>2) Vedação X Durabilidade do Material</p>	<p>A madeira nativa empregada por esta empresa apresenta boa resistência natural à degradação biológica, quando se trata de madeira de cerne. No entanto, em uma obra existem peças</p>

<p>Não se faz o tratamento preventivo com impregnação de produto preservador. A opção de fazer tratamento preventivo fica a critério do proprietário.</p>	<p>que também apresentam madeira de alburno e estas estão sujeitas a ataques de insetos e fungos. As áreas úmidas são os pontos que estão mais sujeitos a deterioração por fungos apodrecedores. A solução sugerida pela empresa de levantar uma parede de alvenaria no box do banheiro e nas pias da cozinha, quando mal executada a sua impermeabilização, poderá favorecer a degradação, formando no local uma câmara propícia para o desenvolvimento dos fungos xilófagos.</p>
<p>3) Vedação do Sistema X Flexibilidade</p> <p>As paredes autoportantes são ancoradas nas extremidades com montantes.</p>	<p>Por ser um sistema de parede auto-portante, apresenta limitações para ampliação da edificação, de acordo com as mudanças de necessidades do proprietário, que podem ocorrer, com o passar do tempo. Neste sentido, o conceito de produto quanto a flexibilidade para futuras adaptações de ampliações da edificação é restritivo, dificultando as futuras adaptações arquitetônicas que se fizerem necessárias.</p>
<p>4) Vedação X Segurança da Estrutura</p> <p>As paredes autoportantes ancoradas nas extremidades com montantes são estabilizadas por meio da estrutura de cobertura.</p>	<p>A estabilização da construção fica dependente da estrutura de cobertura para manter equilibrado o sistema estrutural. BITTENCOURT (2000) considera esta proposta estrutural para o sistema construtivo com desempenho precário, por atribuir grande responsabilidade ao vigamento de cobertura com elemento de travamento de todo o conjunto. O sistema estrutural de cobertura não pode falhar para não comprometer o bom funcionamento do sistema da casa como um todo.</p>
<p>5) Vedação X Segurança Contra Incêndio</p> <p>Não é especificado nenhum tipo de segurança em relação a incêndio. As instalações elétricas são escondidas por canaletas.</p>	<p>Conforme pesquisa de pós-ocupação sobre este sistema construtivo, realizado por BITTENCOURT (2000), a autora, coloca que, em relação à segurança contra incêndio, mais da metade dos proprietários a considera regular. Segundo o levantamento, existem pontos que merecem aprofundamento quanto às soluções apresentadas, como a concepção dos conduítes da rede elétrica e a implantação da casa no lote urbano, que não leva em conta os afastamentos desejáveis para minimizar o risco de propagação do fogo.</p>

Fonte: Autor, 2001.

Seguindo a ordem das medidas adotadas pela empresa, em relação ao fator umidade da madeira e suas conseqüências, apresentam-se as soluções propostas pela empresa abordada, seguidas de comentários críticos. Para as frestas em paredes sem esquadrias a empresa sugere: “Se a fresta for muito alta, suba no telhado, retire as telhas e, com auxílio de um pedaço de madeira, bata com um martelo, até forçar a descida da prancha presa. Se houver espaço para alcançar a fresta e bater sem destelhar, encaixe o pedaço de madeira, cuidadosamente na ranhura de encaixe da própria prancha ou da superior” (sistema construtivo CASEMA – manual de montagem, pg.44, 1998).

A opção por trabalhar com madeira com alto teor de umidade repassa ao consumidor os problemas decorrentes da secagem do material em uso como os citados no quadro anterior. Ao tentar resolver este problema de frestas, a

empresa apresenta soluções que são muito discutíveis, até mesmo do ponto de vista da segurança de quem vai executar o serviço, como também de sua praticidade.

Outro aspecto a ser considerado em relação a retração da madeira é o fato que ainda pode ocorrer folga nos frisos para encaixes das pranchas, fazendo com que os painéis vibrem ao serem solicitados por esforços horizontais, gerando desconforto para o seu usuário devido à trepidação da parede.

Quanto às frestas em paredes com janelas ou em paredes com portas, o fabricante recomenda a utilização de recortes nas peças de madeira para eliminação das mesmas, empregando equipamentos como macacos hidráulicos, serra elétrica manual ou seqüência de furos com furadeira e broca de 8mm e desbastamento com formão e martelo. Trata-se de uma solução complexa para o reparo deste tipo de problema, devido ao emprego dos equipamentos sugeridos ou mesmo para a fiscalização de uma mão-de-obra contratada para executar este tipo de serviço, estando distante da realidade cotidiana do consumidor. Estes transtornos enfrentados pelos proprietários, devido à secagem da madeira in loco, refletem na imagem do fabricante, do material em si e do produto habitação de madeira.

Com relação ao emperramento de portas e janelas, a empresa coloca que, se o batente não estiver no prumo, as portas e janelas poderão emperrar devido o inchamento decorrente da absorção da água do meio ambiente pela madeira. Recomenda que o proprietário verifique, se com a diminuição da umidade da madeira a peça deixará de emperrar e caso isto não ocorra, providenciar a retirada do excesso de madeira que está emperrando o componente.

Neste caso, são pertinentes algumas colocações:

- a) Em relação ao prumo dos batentes: é questionável a praticidade de se aprumar os batentes das esquadrias e das portas. O prumo está diretamente ligado a concepção de projeto deste produto e não deveria haver possibilidade de desnivelamento dos batentes.
- b) Em relação ao inchamento da madeira: o design do produto não levou em conta o comportamento físico do material em relação à água, expondo o produto à possibilidade do problema.
- c) Quanto ao fato de atribuir ao proprietário o trabalho de verificar o comportamento do material em relação à retração e inchamento, reforça o repasse de responsabilidade do fabricante para o consumidor na resolução de um problema de ordem de projeto e produção do produto. Na maioria dos casos, o proprietário é leigo em relação ao comportamento do material, não estando este indivíduo preparado para solucionar o problema.

Estes transtornos podem ser contornados com um programa de investimento em melhorias da qualidade do produto, através da secagem da madeira em

estufa e da seleção e classificação das peças a serem utilizadas para construção dos “kits”, como também através de um projeto de produto que evite os problemas acima citados.

Em relação à durabilidade do material utilizado nos elementos de vedação, a empresa recomenda, em casos que apareçam insetos xilófagos na madeira, a utilização de brocas de pequenos diâmetros para fazer furos nas peças e introduzir o produto preservador com uma seringa, tampando os furos, em seguida fecha-los e aplicar o acabamento desejado na madeira.

Os produtos preservadores são muito tóxicos para serem manuseados sem o conhecimento e proteção adequada e apresentam, de modo geral, alto custo, quando o tratamento é feito em usinas específicas. No entanto, os tratamentos industriais são os mais indicados para a madeira, devido a sua eficiência, o que acaba por compensar seu investimento inicial. Este tratamento deve ser executado pela empresa que fornece os “kits” de habitação. Quando a empresa deixa o tratamento da madeira a cargo do proprietário, ocorre novamente uma transferência de responsabilidade da empresa para o consumidor em relação à solução do problema, como também o expõe aos perigos de intoxicação, durante a aplicação dos produtos preservadores.

Quanto à flexibilidade do sistema de vedação em relação a intervenções arquitetônicas ou para ampliação da edificação, a empresa não faz sugestões. Adota o sistema de encaixe tipo macho-fêmea para união das pranchas horizontais, que ficam ancorados nos montantes verticais, o que limita as possibilidades de alterar a edificação, uma vez construída, pois as paredes têm função estrutural. Entretanto, segundo BITTENCOURT (2000), pesquisas de pós-ocupação em casas construídas por esta empresa mostram que a maioria dos proprietários não introduziu modificações alguma na arquitetura após o uso. Em relação à possibilidade de reformas e aplicação, a maioria aprova o sistema. Isto não quer dizer que o sistema não possa ser melhorado para permitir alterações em virtude de novas necessidades do usuário.

4.4.3. Análise do Sistema Plataforma.

Esta análise apresenta aspectos positivos e limitantes desta forma de se construir casas de madeira, como também apresenta comentários que respaldam a análise deste sistema.

4.4.3.1. Aspectos positivos.

Em relação à composição da vedação do sistema construtivo plataforma, apresenta-se os seguintes aspectos positivos:

- Estes elementos de construção podem ser facilmente transportados pelos construtores por serem leves, ou seja, as peças de madeira têm pequena seção, comprimentos em torno de três metros e as chapas deigadas podem ser transportadas por uma ou duas pessoas;
- Fixação simplificada das chapas na estrutura de sustentação da edificação por meio de parafusos ou de pregos;
- Possibilita a ampliação por não ser a vedação vertical estrutural e ter uma estrutura que flexibiliza futuras modificações na construção;
- Possibilita uma continuidade estética sem marcação da estrutura;
- Permite o emprego de vários tipos de revestimentos externos, sendo eles de madeira, de plástico, de alumínio, cerâmico, etc;
- Reposição relativamente fácil das peças de vedação, quando são necessárias;
- Possibilita melhor isolamento térmico da casa;
- Instalações hidráulicas e elétricas embutidas, com facilidade de manutenção, quando comparadas com soluções empregadas em construções de alvenaria;
- Por serem produzidos industrialmente, os revestimentos externos apresentam maior uniformidade dimensional.

4.4.3.2. Aspectos limitantes.

O sistema plataforma apresenta como aspectos limitantes:

- Mercado muito restrito, ainda voltado para as construções para classes de alto poder aquisitivo e edifícios comerciais de escritórios e de saúde. O produto ainda não é assimilado por outras classes de menor poder aquisitivo, onde se encontra o grande déficit habitacional brasileiro;
- Montagem manual em todas as etapas da construção e desmontagem complexa, por ser a parede composta por vários elementos feitos por diferentes materiais;
- Quanto ao processo de montagem, este também pode ser considerado como lento, uma vez que todas as etapas da vedação vertical são feitas na obra, peça por peça;

- Quanto aos tipos de revestimentos externos, estes ainda são aplicados nas fachadas peça por peça, podendo esta tarefa ser considerada lenta, quando se pensa em industrialização da construção e rapidez de montagem;
- Para a maioria das opções de revestimentos externos é necessário grande quantidade de energia para sua produção, como o revestimento de alumínio e de PVC. O descarte destes produtos também é outra questão a ser considerada, devido ao longo período necessário para a degradação dos mesmos;
- Necessitam de chapas de madeira reconstituídas (compensado, sarrafeado ou OSB) para compor o fechamento da edificação, para em seguida ser aplicado o revestimento com características de resistência ao intemperismo e de estética desejada pelo cliente.

4.4.3.3. Comentários sobre o elemento de vedação externa do Sistema Plataforma.

Na seqüência é apresentado o quadro de número 6 que relaciona desempenho técnico decorrente das soluções apresentadas no Sistema Plataforma. Considerou-se a vedação vertical e suas interfaces com os demais elementos que compõem o sistema construtivo e as características físicas, mecânicas e também aquelas relacionadas com a degradação biológica do material, como nos quadros 4 e 5.

QUADRO 6: APRESENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO SISTEMA PLATAFORMA.

Medidas de Projeto X Problemas	Conseqüência das Medidas Adotadas
<p>1) Vedação X Teor de Umidade da Madeira</p> <p>Utilização de madeira seca para compor os "kits" de construção. A madeira vai seca da fábrica para o canteiro de obras.</p>	<p>A madeira da estrutura de sustentação (para vedação vertical e de outros pavimentos), está seca, com seu teor de umidade próximo ao seu ponto de equilíbrio com o meio onde será colocada, classificada conforme seu módulo de elasticidade e defeitos de secagem, proporcionando economia no emprego do material na construção.</p> <p>Problemas de empenamentos e rachaduras devido à perda de umidade do material com o passar do tempo deixam de existir ou são minimizados devido ao tratamento de secagem que a madeira recebe na indústria.</p> <p>1.1.Frestas em paredes sem esquadrias – a estrutura de sustentação é fechada com chapas de madeira reconstituída</p>

	<p>e tem vedação interna feita com chapas de madeira ou de gesso ou ainda de outro material, sendo o interior parede preenchido com material isolante térmico e acústico. Assim, as frestas existentes nas tábuas que compõem a proteção ao intemperismo da parede não comprometem a qualidade do conforto térmico e acústico do ambiente interno.</p> <p>1.2.Frestas em paredes com janelas e portas – também são minimizadas em função da solução construtiva empregada neste sistema, conforme comentado no item 1.1.</p>
<p>2) Vedação X Durabilidade do Material</p> <p>Utilização de tratamento preventivo com impregnação de produto preservador.</p>	<p>A madeira empregada no Sistema Plataforma é de conífera que tem como uma de suas características a baixa resistência natural à degradação biológica, mas, por outro lado, têm ótima absorção relativa aos produtos preservadores. Neste caso, as áreas úmidas são os principais pontos a serem considerados em relação à degradação, pois estes pontos estão mais sujeitos à deterioração por fungos apodrecedores. Em função desta medida, é possível um tempo maior de vida útil para a madeira empregada na construção.</p>
<p>3) Vedação do Sistema X Flexibilidade</p> <p>As paredes são compostas por estrutura de madeira para sustentação dos carregamentos horizontais e verticais presentes em uma construção. As chapas de vedação que compõem as paredes não têm função estrutural.</p>	<p>Por ser um sistema de parede composta por uma associação de elementos (onde cada um tem uma função definida) e pelas chapas de vedação não serem responsáveis pela absorção dos carregamentos atuantes na construção, flexibiliza trabalho de manutenção e futuras alterações na edificação, em função das mudanças de necessidades de seus usuários, com o passar do tempo.</p>
<p>4) Vedação X Segurança da Estrutura</p> <p>A construção dos andares da edificação é feita em plataformas. No seu interior, as paredes são compostas de uma estrutura para transferências dos carregamentos da cobertura e de outros pavimentos. O contraventamento se dá por meio de elementos estruturais em diagonal e das chapas de vedação de compensado ou de OSB.</p>	<p>Por ser composta por plataformas que se sobrepõem a cada pavimento da construção, este sistema apresenta uma independência estrutural em relação ao pavimento superior e cobertura. Destaca-se neste sistema construtivo o princípio de distribuição das cargas ao longo da estrutura embutida nas paredes e utilização de peças de pequenas seções para compor o painel estrutural, o que facilita a manutenção e reposição de peças que se fizerem necessárias no decorrer da existência da edificação. Por outro lado, o painel de vedação adquire uma importância estrutural, o que limita, de certa forma, futuras ampliações. A fixação das chapas de madeira reconstituídas fixadas nos montantes dos painéis por pregos ou parafusos com pequenas distâncias entre si, confere à construção uma rigidez estrutural, contraventando a construção, como também servindo para compor parte do fechamento das paredes externas do edifício.</p>

<p>5) Vedação X Segurança Contra Incêndio</p> <p>Utilização de chapas de gesso ou a base de cimento para compor a vedação interna.</p>	<p>O emprego de chapas de gesso ou de cimento na parte interna da construção ajuda a retardar a propagação de incêndio, caso isto venha ocorrer. As mantas de lãs de vidro ou de rocha como isolante térmico e acústico também colaboram em relação a retardação da propagação do fogo. A instalação elétrica embutida na parede, feita com fios recobertos com plástico anti-chama também é outro fator positivo em relação a este item.</p>
--	---

Fonte: Autor, 2001.

Neste caso a vedação vertical é uma associação de diversos produtos industrializados, onde cada um tem uma função específica para atender a um fim em particular. Analisando uma parede externa de uma edificação construída neste sistema, de dentro para fora se tem:

- Revestimento interno: as chapas internas que compõem as paredes, considerando as de gesso e à base de cimento, são empregadas para revestimento interno por permitirem uma diversidade de acabamentos;
- Isolamento térmico acústico: feito geralmente com manta de lã de fibra de vidro ou de rocha;
- Estrutura de sustentação: composta por peças de madeira de pequena seção classificadas de acordo com seu módulo de elasticidade;
- Barreira de vapor: feita com película de plástico para proteger o interior da parede da condensação de vapor de água e da umidade;
- Chapas de fechamento da armação da estrutura: utilizadas para formar a caixa da edificação sobre a qual é colocado o revestimento final;
- Revestimento externo de acabamento: pode ser feito com diversos tipos de elementos produzidos com diferentes materiais industrializados, como alumínio, PVC, madeira, argamassas, argila, chapas de cimento e fibra vegetal.

Dentro deste conjunto de elementos empregados para compor uma vedação vertical, a madeira é utilizada como elemento de estrutura, como chapas de fechamento da ossatura da casa e como uma das opções de revestimento externo. Logo, os problemas de troca de calor, de umidade e de passagem de som de um ambiente para outro neste tipo de construção não é responsabilidade exclusiva do material madeira e sim de um conjunto de componentes associados para trabalharem concomitantemente. Isto não acontece com os outros dois sistemas analisados anteriormente, onde a

madeira é responsável pela vedação, isolamento térmico e acústico, resistência a umidade, desempenho estrutural e função estética.

O interesse do estudo pelo Sistema Plataforma está voltado para a utilização da madeira como uma possibilidade de revestimento externo que compõe a parede. Sendo assim, observa-se que, todos os demais componentes que participam da construção da vedação vertical são industrializados como as mantas isolantes, as chapas de gesso e à base de cimento. A madeira ainda participa desta composição de forma artesanal pelo fato de ser colocada tábua por tábua neste sistema de vedação. O seu desempenho do ponto de vista de rapidez de montagem deixa a desejar, quando comparado com os demais elementos que compõem a parede.

Outro fator que chama atenção é a utilização de pregos de aço comum, empregado para fixar as tábuas. Estes conectores oxidam, danificando a madeira e o acabamento da parede. O sistema de fixação das tábuas de madeira ainda é uma solução que deixa a desejar pelos motivos expostos acima.

A utilização das chapas de madeira reconstituída do tipo compensada, OSB, ou ainda de sarrafeado para compor o fechamento da ossatura da construção, mais o revestimento externo em madeira são outros pontos a serem considerados na avaliação deste sistema do ponto de vista de consumo de material empregado para compor uma parede. Neste caso, é necessária uma chapa de madeira para compor o fechamento da ossatura e tábuas de madeira para fazer o revestimento final da construção, ou seja, o acabamento final. O que se coloca é: será que um único elemento construtivo não poderá desempenhar a função destes dois elementos acima citados?

Outro ponto a ser analisado é a relação entre a vedação do sistema e a flexibilidade para futuras ampliações. Por ser composto por vários elementos diferentes, isto torna mais complexas as intervenções futuras na construção.

4.4. Considerações Finais.

Neste capítulo abordou-se três sistemas construtivos em madeira, que foram descritos e analisados. Suas análises consistiram de apontamentos sobre suas potencialidades enquanto sistemas construtivos e suas limitações. Destas características, pode-se então retirar as que venham contribuir para a concepção de um novo produto a ser desenvolvido nesta pesquisa. Dentro desta proposta, apresenta-se como aspectos a serem considerados para um novo produto enfocando os atributos relacionados ao produto e ao seus processos:

Produto:

- a) Este componente - chapa de vedação vertical, deve ser projetada para atender a função de vedação, não sendo ela estrutural;
- b) Possibilitar vários tipos de acabamento para atender uma variada gama de gostos e preferências de seus clientes;
- c) Apresentar uniformidade em suas dimensões e conexões para ligações com a estrutura de sustentação;
- d) Ser um produto que possa ser adquirido por várias faixas de consumidores, com diferentes poder de compra;
- e) Deve o produto chegar na obra com teor de umidade em equilíbrio com a do meio ambiente a ser inserido;
- f) Ser durável em relação à degradação aos agentes biológicos xilófagos;
- g) Vedar a edificação com segurança em relação a intrusões;
- h) Proteger os espaços internos em relação ao intemperismo;
- i) Possibilitar a continuidade estética da fachada sem interferência da estrutura;

Processo:

- a) Facilidade de transporte na linha de produção e no canteiro de obra, podendo o produto ser carregado por um ou dois homens;
- b) Estes componentes - chapas de vedação vertical, devem apresentar facilidade de fixação na estrutura de sustentação das mesmas;
- c) Quanto ao sistema de fixação da chapa de vedação vertical, não deve comprometer a madeira e o acabamento final destes elementos;
- d) Facilitar a reposição das chapas, quando o trabalho de manutenção se fizer necessário;
- e) Facilitar a inspeção e reparos estruturais, de instalações elétricas, hidráulicas e outras que se fizerem necessárias;
- f) Reduzir o tempo de execução da construção, durante o processo de montagem na obra;

- g) Facilitar o desmonte da edificação. Este elemento de construção deverá facilitar futuras modificações nos espaços construídos, necessárias para atender as mudanças de necessidades de seus ocupantes;

A partir dessas considerações, parte-se para o desenvolvimento gráfico do projeto conceitual do produto e construção de seu protótipo em escala real, para posteriores avaliações.

5. PROJETO DE NOVOS PRODUTOS

Este capítulo visa o projeto do produto objeto desta pesquisa que é uma vedação vertical para edificações de madeira. Para isto, levou-se em consideração várias etapas metodológicas propostas por BAXTER (1998). Destacaram-se os princípios de desenvolvimento de novos projetos, com a aplicação de ferramenta para resumir decisões acerca das chapas de vedação vertical de madeira. Também os princípios de estilo foram enfatizados com a comparação entre os sistemas construtivos adotados atualmente no mercado para as vedações verticais.

Seguindo ainda as etapas sugeridas por BAXTER (op.cit.) no processo do produto proposto, foi delimitado o problema para a questão do objeto, buscando montar o mapa de visualização do espaço do problema e responder a algumas questões relacionadas às chapas de vedação.

Por fim foi, elaborado o projeto conceitual das chapas de vedação através de técnicas apresentadas seqüencialmente e relativas à:

- Análise da tarefa – onde se buscou mostrar como o usuário interage com o produto.
- Análise das funções – onde as funções são apresentadas do modo como o projeto é validado pelo consumidor.
- Montagem da árvore funcional – a partir dos aspectos levantados da análise das funções.
- Geração de conceitos – etapa onde se apresentam propostas do produto.
- Seleção do conceito – última etapa do projeto conceitual, onde se elege o melhor conceito da proposta do produto.

A etapa posterior ao projeto conceitual é a especificação do produto, também apresentada neste capítulo como um conjunto de requisitos ligados a especificações relativas a questões ligadas ao consumidor, ao funcionamento, a possibilidade de fabricação e às regulamentações normativas particulares do produto.

Para BAXTER (op.cit.), desenvolver um novo produto ou uma inovação tecnológica para um objeto já existente não é uma tarefa fácil. Ela envolve pesquisa, planejamento, controle minucioso e métodos sistemáticos, sendo estes últimos os requisitos mais importantes para o desenvolvimento de um novo produto. Isto nada mais é do que o projeto do produto. Os métodos sistemáticos têm como base a abordagem interdisciplinar, relacionando métodos de *marketing*, engenharia de métodos como também a aplicação de conhecimento de estilo e estética. PAPANÉK (1998) complementa

questionando como este novo objeto relaciona a disponibilidade de recursos da natureza e as necessidades humanas atuais e para um futuro próximo.

Esta atividade de projetar algo novo envolve risco e complexidade. Para que um produto tenha sucesso, é necessário estar atento a duas condições: A primeira está relacionada com o estabelecimento de metas e a segunda com o cancelamento do produto, tão logo se verifique que o mesmo não atende às metas propostas, para que não ocorra o acúmulo de perdas, sejam elas para o fabricante ou para o meio ambiente.

O desenvolvimento de um novo produto deverá atender diversos interesses tais como os dos consumidores, que desejam novidades e melhor desempenho dos produtos a um preço compatível; dos vendedores que querem vantagens competitivas; dos engenheiros de produção que desejam produção e montagem simplificada; dos *designers* ou projetistas que procuram experimentar novos materiais, processos e soluções formais; como também os empresários que buscam pequenos investimentos e retorno rápido do capital.

Dentro deste grupo de necessidades, cabe ao *designer* ou projetista ter a sensibilidade de identificar quando um produto novo poderá falhar no mercado. A identificação de falhas em tempo hábil significa economizar muito trabalho, tempo e dinheiro. Para se evitar que o produto falhe é necessário ter metas claras e realistas. Conforme BAXTER (1998), as expectativas dos consumidores é a meta mais importante para a concretização do sucesso de um novo produto. Outras metas de grande importância são: a compatibilidade do projeto com as máquinas e mão-de-obra disponibilizadas, as necessidades do mercado, a conformidade do produto com normas e padrões, a logística do processo e a distribuição do produto.

Além de fixar as metas para o novo produto, recomenda-se também o acompanhamento e a avaliação durante todo o processo de produção do produto. Através do trabalho comparativo do que foi feito com o que estava previsto no projeto, pode-se verificar se as metas estão sendo atingidas. Caso ocorram desvios, estes deverão ser corrigidos ou abandona-se o projeto, quando a correção não compensar. A liberdade de criação é o ponto central do projeto. Quanto mais se explora alternativas possíveis para solucionar o problema, mais chances se têm de alcançar a melhor solução, uma vez que, de cada dez idéias resulta apenas um produto de sucesso, conforme BAXTER (op.cit.). Portanto, quanto maior o número de idéias, maiores serão as chances de se conseguir um bom produto para a finalidade que se pretende.

5.1. PRINCÍPIOS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.

O desenvolvimento de novos produtos envolve risco e incerteza na fase inicial quanto a sua aceitação pelo público alvo. Isto ocorre uma vez que os seres humanos têm necessidades básicas de compreensão da ordem, da beleza, da conveniência, da simplicidade e da inovação. Cabe, portanto aos "*designers*" e

projetistas procurar satisfazer estes anseios por meio de seu trabalho, conforme PAPANÉK (1998). Sendo assim as chances de sucesso e fracasso de novos produtos estão relacionados a diversos fatores presentes no seu lançamento, de acordo com BAXTER (1998). Entre os fatores de sucesso dos novos produtos destacam-se:

- A forte orientação para o mercado, a qual apresenta benefícios significativos e valores superiores para os consumidores;
- Planejamento e especificação prévia, que seria a definição com precisão do produto e especificação precisa antes de seu lançamento;
- Fatores internos à empresa como excelência técnica e de marketing, cooperação entre técnica e marketing.

A orientação para o mercado é considerada pelos especialistas do assunto como o fator mais importante dentro deste conjunto de fatores. O produto deverá apresentar diferenciação em relação aos produtos concorrentes como também apresentar as características valorizadas pelo consumidor. Produtos que apresentam poucas diferenças em relação aos seus concorrentes de modo geral tem menos possibilidades de sucesso, quando comparados com aqueles que apresentam melhores qualidades em relação aos seus concorrentes.

A viabilidade técnica considera a disponibilidade de matéria-prima, componentes, processos produtivos e qualificação da mão-de-obra. Os custos, o retorno de capital e as necessidades de investimentos estão relacionados com a viabilidade econômica. Estes itens constituem o planejamento e a especificação prévia de um novo produto que devem ser considerados antes de começar um projeto.

Uma das ferramentas utilizadas pelas equipes que trabalham com o lançamento de novos produtos é o diagrama denominado de funil de decisão que tem por finalidade reduzir os altos riscos e a grande incerteza a baixos riscos e mínima incerteza através de um processo convergente de tomada de decisões. Para isto, utiliza-se de uma seqüência hierarquizada de alternativas possíveis e seleção das mesmas, através das decisões tomadas durante o processo de seleção, conforme mostra a figura 49, segundo BAXTER (op.cit.).

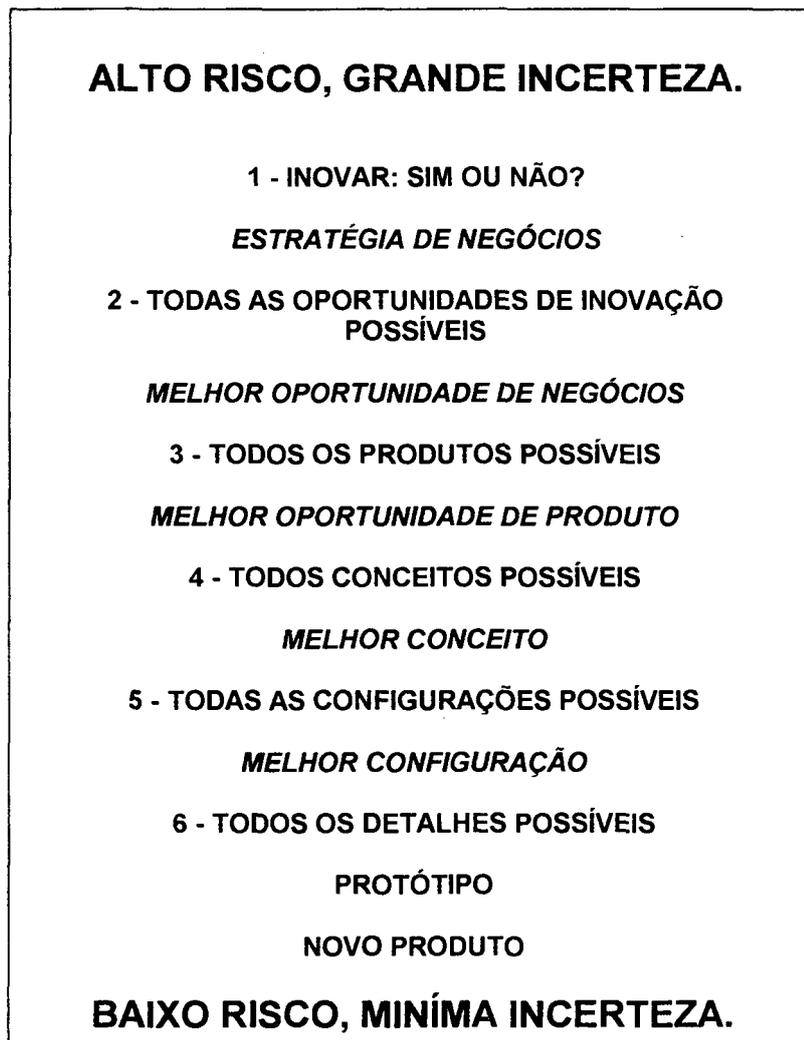


Figura 49: Funil de Decisões. Fonte: BAXTER (1998, pg.9).

O funil de decisões é composto de seis etapas que representam uma seqüência útil e sensível no processo de desenvolvimento de novos produtos. Neste processo os riscos de fracassos do novo produto são progressivamente diminuídos, à medida que se tornam hierarquizados. O funil de decisões apresenta uma seqüência de tomada de decisões no decorrer do desenvolvimento de novos produtos, mostrando as alternativas disponíveis e as decisões que podem ser implementadas ao longo do processo de desenvolvimento. Esta forma de trabalho vai aos poucos diminuindo o risco de fracasso do produto durante esse processo de decisão. O método do funil de decisões não tem a intenção de ser uma representação da atividade de projeto e nem poderia, uma vez que a inspiração de uma idéia não pode ser representada linearmente. Por isso mesmo, ele não retrata a forma de pensar do projetista / designer e nem sua forma de desenvolver o trabalho, mas tem como função alertar para as principais alternativas e decisões a serem tomadas durante o processo de criação, atentando apenas para as principais decisões tomadas, ordenando o processo de decisão, conforme BAXTER (1998).

BERNSEN (1995) também afirma que a resolução de um problema não é um processo linear, mas sim cíclico. A identificação e visualização da definição do problema possibilitam o impulso decisivo para o processo criativo que conduzirá a solução do problema. Em muitos casos a definição do problema é uma etapa que antecede a solução. Isto também pode se dar de forma inversa onde a revelação do problema pode ser uma parte da solução. Desta forma um bom "*design*" é a solução de um problema, como também sua própria definição, sendo arte tanto quanto técnica. Para PAPANÉK (1998, p.62), um bom "*design*" reúne em um objeto beleza e utilidade de forma simultânea, manifestando também a intenção social de quem o projetou, negando as afirmações "se funciona bem será belo" e "se é belo funciona bem".

Dentro da lógica do funil de decisões, a primeira indagação que se faz é se a empresa deseja inovar ou não. Para muitas empresas como as de tecnologia voltada a equipamentos elétricos e eletrônicos, esta posição é fundamental, pois decidir por não inovar poderá ser o fim de uma empresa deste tipo ou similar, uma vez que seus produtos certamente ficarão ultrapassados e as vendas declinarão devido à concorrência. Muitas empresas, contudo, podem optar por não inovar, visto que seus produtos fazem parte de uma linha tradicional e vendem também para um mercado tradicional. É o caso da construção civil, onde observamos uma pequena mudança em relação aos sistemas estruturais e de vedação. Mudanças mais significativas estão presentes em produtos de acabamentos.

Quando uma empresa decide por inovar, opta por uma nova oportunidade de negócios. Esta decisão implica em colocar um plano estratégico e seguidamente analisar todas as possíveis oportunidades de inovação. O enfoque neste ponto deverá ser amplo e sistemático. Em um primeiro momento deverá ser estabelecida uma política de inovação para a empresa, verificando a mais adequada. Como exemplo destas políticas podem ser citadas:

- Colocar no mercado produtos mais econômicos, através da simplificação e corte nos custos de produção;
- Atender um mercado mais sofisticado, mudando o estilo dos produtos através de um novo "*design*" e emprego de materiais mais nobres;
- Apresentar um novo desenho para os produtos já existentes, procurando aumentar o tempo de vida útil do produto e diminuir os custos fixos.

Atualmente como pode se dar estas três políticas dentro da construção civil brasileira?

No primeiro caso, pode-se citar o exemplo de uma empresa construtora que não fornece mais o piso acabado da unidade habitacional, mas apenas o contrapiso, ou não coloca as pias na cozinha e banheiros, deixando somente os pontos de água, mantendo a mesma técnica tradicional construtiva.

O segundo caso pode ocorrer a partir da necessidade de mudança de público da empresa. Por exemplo, uma empresa que atua em construções de interesse social, em conjuntos habitacionais, pode se direcionar para construções de alto padrão. Esta mudança vai implicar em edificações com maior metragem

construída, uso de materiais mais nobres para o acabamento. No entanto, ela pode preservar o mesmo sistema construtivo tradicional com estrutura de concreto armado e vedação de alvenarias.

No terceiro caso, a empresa pode apresentar um novo desenho para os produtos já existentes através do aumento de vida útil e diminuição dos custos fixos, o que vai exigir o aprimoramento da tecnologia de materiais, como também pode implicar em repensar o sistema construtivo por ela empregado atualmente.

Optar por um produto novo na construção civil brasileira é mexer com um mercado muito conservador que ainda vê a construção de estruturas de concreto armado e a vedação de alvenaria como sendo a "opção para a vida toda". É interessante analisar esta afirmação, pois ela reflete o desejo do usuário em ter um produto que seja durável, logo os novos produtos deverão, a princípio, atender à característica de durabilidade e apresentar outras que motivem o consumidor a substituir a tradicional construção de alvenaria. A política de inovação deverá se estender para um conjunto de novos produtos, com metas a serem cumpridas a médio e longo prazo. Esta postura se verifica nas construções de sistemas integrados, que se caracterizam por paredes compostas por vários materiais diferentes, onde cada um tem uma função definida. Esta forma de construir é um novo conceito para a realidade brasileira, embora exista em outros países como Canadá e Estados Unidos, já há um século.

Quando uma empresa define uma política de inovação, tem-se na seqüência a etapa de desenvolvimento de um novo produto, caracterizada como sendo o gerenciamento das atividades de projeto. Esta fase envolve decisões com menores riscos e incertezas comparativamente com a etapa de decisões em relação a estratégias e oportunidades de inovações. Esta etapa consiste de: especificação do novo produto a ser desenvolvido; projeto conceitual; configuração do produto - o que corresponde aos desenhos de apresentação e modelos; e detalhamento do projeto para produção. À medida que se avança nestas etapas, as decisões apresentam riscos e incertezas decrescentes.

Outro ponto a ser considerado neste processo é o controle de qualidade do desenvolvimento do produto. Quando se trata do desenvolvimento de um novo produto isto não é muito simples de se executar. Esta dificuldade está presente por se tratar de um produto que ainda não existe. No entanto, ainda assim é possível determinar metas para o controle de qualidade, uma vez que, já se tem alguma idéia do produto a ser proposto. Ao se identificar alguma oportunidade para o desenvolvimento de um novo produto, algumas metas poderão ser fixadas. Elas poderão estar relacionadas como um custo menor do novo produto em relação aos dos concorrentes e ter melhor desempenho.

Quando se utiliza o funil de decisão, o controle de qualidade tende a se tornar mais específico, pois as características do produto vão se definindo melhor. No início do processo de concepção de um novo objeto, o controle de qualidade está mais voltado para as especificações de oportunidades, apresentando metas comerciais para o novo produto. Estas metas poderão considerar os

pontos que o novo produto destaca em relação aos concorrentes; a forma de induzir os consumidores a comprá-lo, a margem de lucro, o custo e o volume de vendas.

A etapa seguinte está relacionada com a especificação do projeto. Neta fase é realizado o controle de qualidade mais importante, pois é nela que são fixadas as metas técnicas para o novo produto, relacionadas com a aparência, funções básicas, estocagem e embalagem. Com as especificações do projeto, tem-se então um referencial para comparação de todas as alternativas geradas durante o desenvolvimento do projeto. Com este referencial, pode-se avaliar os conceitos, as configurações e os protótipos, em relação ao padrão e assim selecionar a melhor alternativa.

Na fase de detalhamento do projeto, as especificações devem ser melhoradas, procurando antecipar as possíveis falhas do produto. Quando o projeto do novo produto chega à fase de fabricação, as especificações de projeto são convertidas em especificações de controle do processo produtivo.

Dentro do processo de concepção de um novo produto a qualidade tem como meta inicial a declaração de objetivos dos negócios, sofrendo um aprofundamento, quando se atinge as metas técnicas de projeto, tornando-se mais detalhadas nas especificações do produto. A meta da qualidade está ligada de uma certa forma à função ou a aparência do novo produto. Ela pode ser especificada através das exigências ou dos desejos dos consumidores.

As exigências dos consumidores estão relacionadas com as características básicas que um produto novo deverá ter, para ser comercialmente viável. Os desejos estão relacionados com as características que um produto deve apresentar, para com isto diferenciá-lo dos produtos concorrentes do mercado. As exigências são características básicas, relacionadas ao funcionamento do produto, enquanto os desejos estão voltados a características secundárias que adicionam valor ao produto. O número de desejos atendidos pode ser considerado como uma medida do valor acrescido ao novo produto, superando os requisitos essenciais das demandas.

Como já foi mencionada, toda inovação apresenta alto risco e grande incerteza no início do processo de sua implementação. A trajetória para diminuir os riscos será feita a partir da definição de uma política de inovação, até chegar a uma proposta de produto. A seguir será aplicado o funil de decisão para a definição do produto a ser estudado nesta pesquisa, como mostra o quadro 7.

QUADRO 7. APLICAÇÃO DO FUNIL DE DECISÕES PARA CHAPAS DE MADEIRA.

Aplicação do funil de decisões	
Decisão / Ação	Riscos
1- Inovar ou não?	
Sim, pretende-se desenvolver um novo produto.	- Definição da estratégia: - Apresentar um novo desenho para um produto existente, procurando aumentar a segurança, facilidade de execução e o tempo de vida útil do produto. - Obs: A estratégia adequada para empresas que estiverem preparadas tecnicamente, comercialmente e gerencialmente, para desenvolver o novo produto.
2- Possíveis oportunidades de inovação.	
Desenvolver um produto diferente dos existentes no mercado, baseado no estado-da-arte da tecnologia, apresentado nos capítulos III e IV.	- A estratégia pode ser recomendada para empresas que não necessitam de rápido retorno do investimento, podendo este ser em médio prazo.
3- Possíveis produtos.	
Um novo tipo de chapa para trabalhar como vedação externa e divisória interna para edificação de madeira.	- O produto depende da madeira produzida com alto controle de qualidade iniciando desde o plantio, colheita, beneficiamento, secagem da madeira até o processo de produção da chapa.
4- Possíveis conceitos.	
O produto deverá ser de fácil fixação em seus apoios, conferir segurança, fácil desmonte, ser laminado colado, produzido com madeira de florestas plantadas.	- Custo da cola é alto. - O fornecimento da madeira de florestas plantadas está nas mãos de poucos produtores.
5- Possíveis configurações	
Chapas feitas com peças de pequena seção padronizada, colada lateralmente e longitudinalmente.	- As seções das peças de madeira que comporão as chapas poderão empenar, rachar, e a chapa não ser um elemento retangular sem defeitos.
6 – Possíveis detalhes	
Protótipo completo produzido	- Montagem incorreta, - Defeitos nas tábuas de madeira, - Colagem mal executada, - Peças fora das especificações de tolerância.

Fonte: Baseado em BAXTER (1998, pg.11).

Através do quadro 7, pode-se verificar na primeira fase uma grande incerteza em tomar ou não a decisão de implementar uma inovação. A partir do posicionamento de se optar pela inovação, tem-se então em paralelo a definição da estratégia de negócios a ser implantada. Na seqüência, tem-se então o levantamento das possibilidades de negócios com a análise dos produtos concorrentes disponíveis no mercado, onde se identificam os aspectos positivos e negativos dos mesmos para subsidiar a nova proposta a ser implementada. Na terceira etapa, são colocadas todas as possibilidades de produtos e se faz seleção da que for mais adequada para o mercado, considerando-se a realidade da empresa. Na quarta etapa, são apresentados os possíveis conceitos sobre o novo produto e a seleção do melhor conceito

para que na quinta fase possam ser elaboradas as possíveis configurações e a seleção da melhor proposta, para que a mesma seja detalhada na sexta etapa.

Quando o funil de decisões é aplicado em uma empresa, existe também o risco gerencial a ser considerado, cabendo à gerência:

- Verificar o momento de inovar ou não, analisar as forças e fraquezas da empresa;
- Em relação às possibilidades de inovação, avaliar o mercado e a linha atual de produtos da empresa no mercado;
- Quanto aos possíveis produtos, estabelecer aliança com o fornecedor da matéria-prima ou de tecnologia, necessárias para fabricação do produto;
- Verificar o valor do conceito no mercado;
- Para as possíveis configurações, atentar para as falhas no teste do protótipo;
- Para checar os detalhes, repetir testes com protótipos e introduzir procedimentos de controle de qualidade.

Outro aspecto importante a ser considerado, desde o início do desenvolvimento de um novo produto é o princípio do estilo. Quando este princípio é utilizado apenas na etapa final de concepção do produto, o estilo passa a ter mais uma função de maquiagem do produto do que fazer parte de um todo. Esse aspecto será apresentado a seguir.

5.2. PRINCÍPIOS DO ESTILO

O ser humano apresenta cinco sentidos. Destes, a visão é o mais importante, quando se refere à percepção de um produto, pois são os olhos de uma pessoa que terão a primeira sensação sobre um objeto. A atratividade de um produto está em um primeiro momento ligado ao seu aspecto visual. Sendo assim, o estilo de um produto é a qualidade que desperta a atração visual de uma pessoa sobre um determinado produto. Através do estilo pode-se agregar valor a um produto sem necessariamente mudar muito seu funcionamento técnico, como pode ser observado nos eletrodomésticos. Atribuir valor a um produto não significa que o estilo tenha que ser vistoso, rebuscado ou de alto custo para sua produção. O estilo é a parte artística de um projeto de produto, conforme BAXTER (1998). Também na arquitetura, o estilo sempre foi uma forma de adicionar valor a uma construção, seja ela grande, pequena ou ainda em detalhes da construção.

A percepção visual dos produtos, em um primeiro momento, está relacionada com a primeira impressão global dos objetos, ou seja, a imagem visual no nível da pré-atenção. Dentro deste fenômeno, tem-se um dos princípios do “*design*”: primeiro chamar atenção e depois prender a atenção. A percepção do estilo depende deste primeiro contato com o produto. Para BAXTER (op.cit.) a forma e a imagem de um produto está ligada à percepção global que o indivíduo tem sobre o referido objeto. Neste caso a beleza do produto está mais relacionada com as propriedades do sistema visual do observador do que propriamente em função de algum detalhe de beleza presente no produto. Sendo assim, pode-se

afirmar que a beleza não está apenas no produto, mas também nos olhos de quem o contempla, segundo DANDAVANTE et.al. (1996).

Em um segundo momento, o processamento visual de um indivíduo procura atributos específicos em um produto, procurando perceber e avaliar certos tipos de imagens visuais, relacionadas à percepção do rosto humano e das formas orgânicas. Isto interfere no julgamento que cada indivíduo terá sobre um determinado objeto, considerando-o atrativo ou não. Outros fatores que também influenciam neste julgamento são os culturais, sociais e comerciais. Em alguns casos, estes fatores são mais fortes e acabam por sobrepor os fatores perceptuais.

Os fatores culturais predominantes em um dado momento histórico influenciam diferentes aspectos do estilo de produtos. Dentro de cada contexto histórico cultural, as tendências determinam as modas e estas estão relacionadas com muitos interesses econômicos. O estilo de um produto deve ser trabalhado de forma integrada com outras áreas técnicas em todas as fases do projeto. As decisões sobre o estilo precisam ser tomadas em todas as fases do projeto desde o planejamento do produto até a engenharia de produção.

Na gerência de risco toma-se a decisão comercial sobre novos produtos. Estas decisões consideram o estilo como também os aspectos funcionais do produto. Introduzir um novo estilo envolve maior risco do que permanecer com um já existente. Todavia um estilo tem um certo tempo de vida útil, sendo inevitável a sua substituição por outro. Isto ocorre quando todas as variações em torno de um determinado estilo já foram exploradas, tornando-se necessário investir em outro estilo. Isto pode ser verificado na indústria automobilística, que de tempos em tempos muda a forma dos carros em função do esgotamento das possibilidades formais apresentada ao mercado. Quando isto ocorre, é o momento de se investir na inovação de estilo, sendo que as recompensas podem, superar os riscos de um novo lançamento.

Segundo BAXTER (1998), para um produto ser atrativo a um consumidor, este poderá atraí-lo de três formas diferentes. A primeira está relacionada à atratividade do estilo do produto, ou seja, o estilo deverá ser visualmente agradável. A segunda maneira de um objeto ser atraente, é quando ele é desejável, despertando no consumidor o interesse de possuí-lo. A terceira forma está relacionada com a junção das duas primeiras, ou seja, o produto é capaz de chamar a atenção e é desejável. Para um consumidor se interessar por determinado produto, este poderá chamar a atenção do indivíduo de quatro formas, sendo elas: por ser parecido com algo já conhecido, por parecer que funciona bem, pela identificação com o objeto – identificação simbólica, ou ainda pela sua estética.

Em relação à nova imagem do produto, quando se trata de um público conservador, as alterações que o produto vai ser submetido deverão guardar semelhanças com o produto anterior, ou correrá o risco de não ser identificado pelo seu público alvo.

Quanto à atração funcional, o produto deverá dar a impressão que funciona bem, transmitindo a impressão de confiança através de sua imagem visual para seus clientes, quando estes não têm conhecimento anterior do produto.

Quando a aparência do produto for o aspecto mais importante para sua compra, o simbolismo é o ponto crucial do produto. A confiança no objeto é inspirada na medida em que o mesmo reflete a auto-imagem do consumidor. Sendo assim, o produto ajuda o consumidor a construir sua imagem diante da sociedade em que vive.

A atração em relação à forma visual do produto sua elegância e beleza é a qualidade básica do mesmo. Isto é resultado da incorporação dos aspectos da percepção visual de determinados valores sociais e culturais, quando incorporados ao produto.

Dentro do processo de criação de um novo produto é necessário o planejamento do estilo. Assim como ocorre restrição em outras etapas de desenvolvimento do produto, também ocorrem com o estilo. Ao se trabalhar com as oportunidades e restrições do estilo, depara-se com questões referentes ao contexto do mercado, onde o produto deverá ser colocado. Pois cada mercado específico se identifica mais com um tipo de estilo. Ocorre também que o produto em si requer certas particularidades do estilo, como: qual é o produto e qual é a necessidade dos consumidores que ele pretende satisfazer.

Para BAXTER (1998) dentre os fatores condicionantes do estilo em relação ao ambiente comercial em que ele será colocado, apresenta-se quatro categorias: Antecessores do produto; Marca ou identidade da empresa; Estilo dos concorrentes; “*Benchmarking*” do estilo.

Em relação aos antecessores do produto, quando o novo produto for a reestilização de um produto já existente, em determinados casos é recomendável preservar a identidade visual do produto anterior. Através desta identificação, os consumidores continuam a reconhecer o produto e comprá-lo. Uma mudança radical no aspecto visual do produto poderá implicar na perda dos antigos compradores.

Na arquitetura pode-se verificar esta postura em relação às formas das construções, dos espaços que compõem uma residência, distribuição e dimensão destes espaços, como também dos materiais empregados na estrutura, vedações e dos acabamentos. As edificações do início do século XX apresentavam cômodos de grandes dimensões, banheiro fora da casa, grandes cozinhas próximas da sala de jantar, e muitos materiais importados. Com o decorrer das décadas, observa-se uma diminuição constante dos espaços íntimos, social e de preparo dos alimentos. Quanto ao banheiro, este foi aos poucos sendo introduzido no interior da edificação e o número destas peças foi aumentando, chegando a um banheiro por quarto, nas edificações de classe média e da classe de alto poder de compra. Estas variáveis evoluíram dentro de um determinado período sem perder a relação com produtos antecessores. Rupturas mais radicais na arquitetura em relação à forma,

estética, ocorrem por questões sociais, culturais, e/ou econômicas. Todavia necessitaram de um certo tempo para serem absorvidas como uma nova forma de se construir, pela grande maioria dos consumidores.

Quanto à marca ou identidade da empresa, esta poderá dar segurança aos consumidores, quando estes já adquiriram algum produto de um determinado fabricante e ficaram satisfeitos com o mesmo. Isto poderá encorajar o consumidor a comprar outro produto da mesma empresa ou recomendá-lo a outros consumidores. Na construção civil isto poderá ocorrer em relação à compra de um apartamento, construído por uma construtora, ou em relação a elementos e componentes utilizados na construção de uma casa.

O “*Benchmarking*” do estilo, por estar voltado ao estudo dos estilos dos concorrentes, pode mostrar o caminho para extrair as melhores características de estilo, que podem ser incorporadas ao produto em desenvolvimento. Neste caso indagações podem ser feitas para se definir uma nova proposta formal como: qual é o estilo que apresenta exatamente a imagem que se pretende transmitir com o novo produto?; Qual é a forma mais agradável? Qual delas passa a melhor mensagem funcional e simbólica? Etc. Este questionamento também pode ocorrer com as casas de madeira ou componentes que as constituem.

5.2.1- Sistemas construtivos adotados e estilos do produto.

Essa discussão está relacionada à simplicidade ou elaboração dos estilos das vedações verticais, à função do produto, ao estilo de vida de seus consumidores e à mensagem que a vedação vertical dos sistemas considerados pretendem transmitir pelo estilo. As figuras 50, 51 e 52 apresentam exemplos de habitações feitas com os três sistemas adotados neste trabalho, já abordados no capítulo IV. Estas imagens ilustram questões que serão levantadas na seqüência deste texto, relacionadas com os padrões de estilo destas construções.



Figura 50: Casa de tábuas matajuntadas com ripas. Fonte: Autor. Florianópolis, 2001.

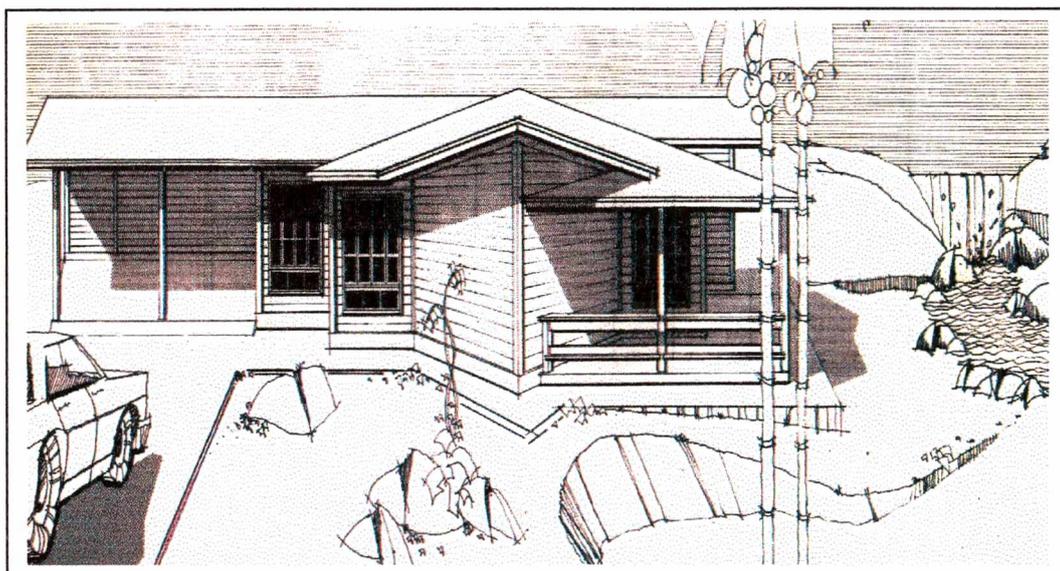


Figura 51: Projeto conceitual de Casa de madeira - Modelo Cananéia.
Fonte: Manual de Montagem CASEMA. (SD).

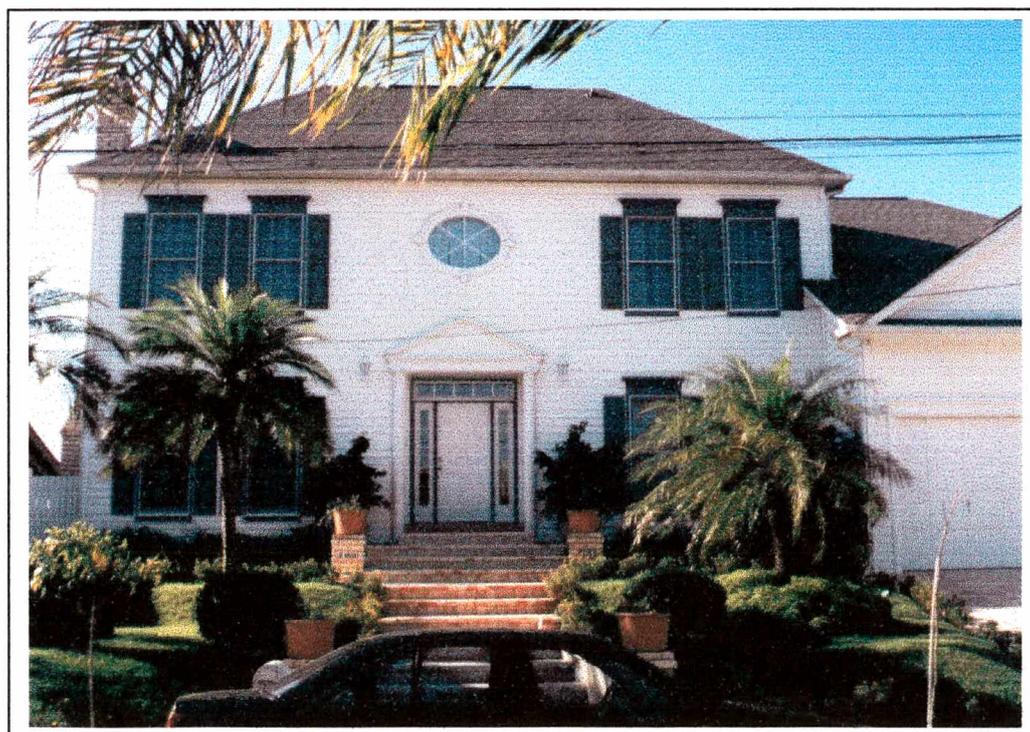


Figura 52: Casa Sistema Plataforma. Fonte: Autor, Florianópolis, 2001.

a) Estas construções apresentam simplicidade ou elaboração dos estilos em suas vedações verticais?

Para ARNHEIM (1988 pg. 47) a simplicidade é a expressão subjetiva e julgamento de um observador que não tem dificuldade em entender o que lhe é apresentado. Os sistemas construtivos em madeira abordados neste trabalho apresentam vedações verticais compostas por elementos retangulares, geralmente dispostos de forma simétrica.

Segundo DEL RIO (1990), a teoria da “*Gestalt*” (uma corrente de pensamento de origem alemã no campo da percepção visual em psicologia) entende que a forma só tem sentido a partir da identificação de elementos com fatores de coesão identificáveis, permitindo a percepção selecionada. A “*gestalt*” fixa algumas leis que regem a percepção visual, como a “lei da continuidade” que fala da tendência do homem organizar a percepção de uma figura, dando-lhe continuidade de direção e mantendo a redundância sem introduzir novas informações. Pela mesma teoria, os seres humanos apresentam grande habilidade para descobrir simetria mesmo em formas complexas. Quando a simetria é relacionada com formas geométricas, o observador tem mais facilidade de identificar formas geométricas simples, como as retangulares, circulares, do que aquelas irregulares ou complexas. Os elementos retangulares utilizados nas vedações verticais dos três sistemas analisados estão dispostos tanto na vertical como também na horizontal, apresentando simetria.

Um dos fatores que contribui para a simplicidade dos estilos das vedações verticais é a unidade de forma que elas apresentam. Para WONG (1998), unidade de forma é constituída pelo desenho que uma composição apresenta em número de formas, idênticas ou semelhantes, que aparecem mais de uma vez no desenho do produto. Quando é utilizada uma forma mais de uma vez no desenho, tem-se então a repetição.

A repetição constitui o método mais simples em desenho de um determinado produto, como é o caso das tábuas que compõem a vedação vertical dos sistemas considerados nesta pesquisa. A repetição de unidades de forma, geralmente transmite uma sensação imediata de harmonia. Quando as unidades de forma são empregadas em tamanho maior e em número menor, o desenho pode parecer simples e evidente. Pode-se ter formas semelhantes sem serem idênticas. Quando não são idênticas, não se encontram em repetição, estes elementos estão, portanto, em relação de similaridade. A similaridade não tem a regularidade rígida da repetição, porém mantém consideravelmente o sentido de regularidade. A figura 53 apresenta um exemplo de desenho composto por elementos similares encontrados na composição da vedação vertical de tábuas matajuntadas.

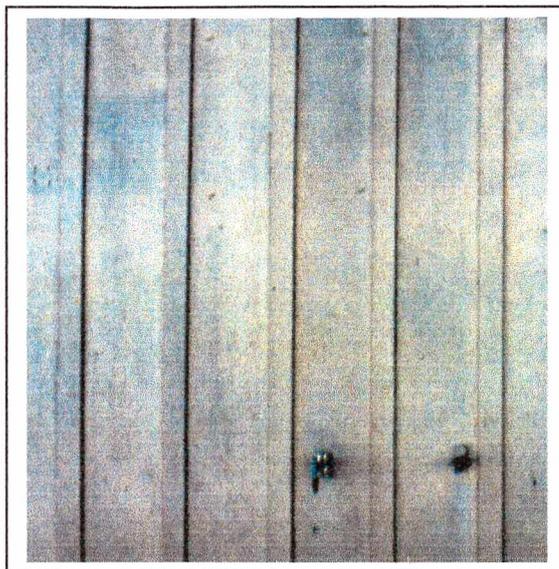


Figura 53: Desenho com repetição e similaridade para composição de vedação vertical para casas de madeira de tábuas matajuntadas com ripa. Fonte: Autor. 2001.

Em relação ao desenho de composição feito por elementos de repetição, esta solução de composição está presente nas vedações feitas por pranchões horizontais, para o sistema de vedação portante da empresa analisada, conforme mostra a figura 54.

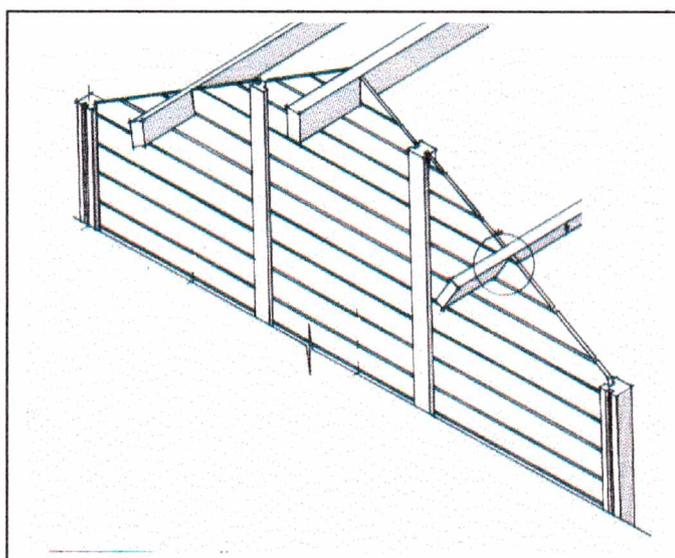


Figura 54: Desenho com repetição para composição de vedação vertical auto portante para casas de madeira. Fonte: Manual de Montagem CASEMA (1998. pg. 27).

A figura 55 apresenta uma unidade de formas idênticas pela repetição de elementos iguais, para compor a vedação vertical do sistema plataforma. A figura 56 mostra um detalhe do módulo de repetição que compõem este revestimento externo apresentado na figura 55.

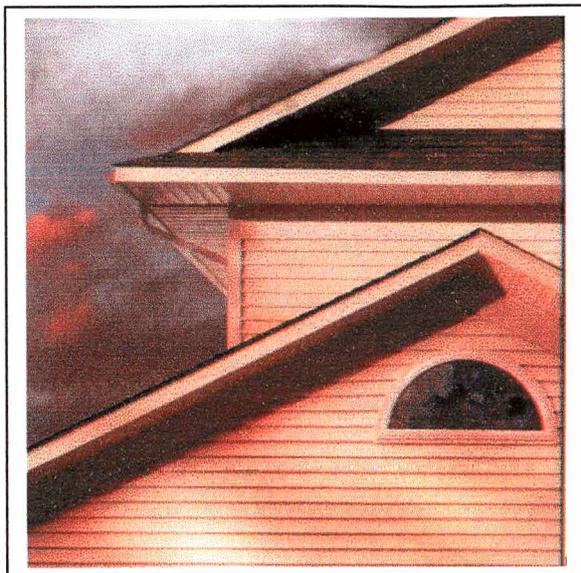


Figura 55: Desenho com repetição para composição do revestimento do sistema plataforma.
Fonte: Arquitetura & Construção, ano 14 Nº 9, (1998, pg. 110).



Figura 56: Detalhe do elemento de repetição para composição do revestimento do sistema plataforma.
Fonte: Técnica Nº 50, (2001, pg. 51).

As vedações verticais dos três sistemas construtivos abordados apresentam simplicidade de estilo. Conforme BERLYNE citado por BAXTER (1998), todo produto que apresenta um grau muito baixo de simplicidade ou muito alto de complexidade é menos preferido pelos consumidores, em relação àqueles que apresentam grau intermediário de simplicidade, pois estes produtos são identificados pelos consumidores como algo conhecido, o que lhes dá segurança, mas ao mesmo tempo, desafiam os consumidores através de uma complexidade no seu estilo.

Através da reinterpretação de um estilo, pode-se agregar valor a um produto sem, no entanto, ter que se fazer grandes mudanças no funcionamento do produto. Dentro desta percepção pode-se verificar que a boa aceitação de um produto depende do seu nível intermediário de complexidade associado a uma atratividade máxima, que poderá estar relacionada ao seu aspecto funcional e/ou simbólico.

b) Em relação à função do produto, que mensagem a vedação vertical pretende passar?

A vedação vertical composta de tábuas matajuntadas com ripas do Sistema Viga-Pilar não tem função estrutural, mas apresenta as funções de vedação do

abrigo, isolante térmico, acústica, estética e enrijecimento do quadro de fixação das tábuas.

Os pranchões horizontais encaixados entre si do Sistema Parede Portante apresentam a função de vedação, participam da composição da estrutura da edificação conjuntamente com as vigas e montantes, como também têm função estética, de isolamento acústico e térmico.

A função técnica do revestimento externo do Sistema Plataforma é de proteção para os diversos elementos e materiais que compõem a vedação vertical e também de acabamento da construção.

c) Quanto ao estilo de vida e valores dos consumidores (produto simbólico) que tipo de mensagem a vedação vertical apresenta?

Os “*designers*” e projetistas, quando projetam um determinado produto, procuram transmitir certos sentimentos e emoções, o que é feito através da consideração do tema do estilo no projeto. Para se conseguir passar sentimentos e emoções, BAXTER (1998), coloca que isto é possível através da construção de diversos painéis de imagens visuais. Em princípio, este procedimento apresenta três etapas:

- 1ª - Painel de estilo de vida;
- 2ª - Painel da expressão do produto;
- 3ª - Painel do tema visual.

Para montar o painel do estilo de vida, procura-se delinear uma imagem do estilo de vida do público que se deseja atingir. Estas imagens devem demonstrar valores pessoais e sociais, como também representar o tipo de vida destes consumidores. Objetos e outros tipos de produtos usados pelos consumidores também devem ser utilizados para compor o estilo do produto a ser projetado.

Em relação ao painel da expressão do produto, este pode ser construído a partir do painel do estilo de vida, onde se pretende encontrar uma expressão de valor para o novo produto. Essa expressão deverá ser uma síntese do estilo de vida dos consumidores. Ela configura a emoção que o produto transmite, ao primeiro olhar.

Quanto ao painel do tema visual, este pode ser organizado a partir do painel de expressão do produto, através da junção de imagens de produtos que estejam de acordo com o espírito pretendido para o novo produto. Estes produtos podem ser móveis, carros, eletrodomésticos, desde que tenham sido bem sucedidos no passado. Os estilos desses produtos de sucesso constituem fonte de inspiração para o novo produto. Eles podem ser adaptados, refinados, combinados para o desenvolvimento do estilo do novo produto.

Em relação às vedações verticais consideradas neste trabalho, se aplicarmos esta metodologia de trabalho para verificar de que forma elas estão relacionadas com o estilo de vida de seus usuários, poderíamos ter três quadros bem distintos. Estas observações contribuem para identificar de que forma estes produtos estão associados com valores simbólicos no meio em que está inserido.

O Sistema Viga-Pilar com vedação vertical composta de tábuas matajuntadas com ripas ficou associada à imagem de “casa para pobre” por ter sido largamente empregado em construções com metragem de área construída abaixo de 100m², em bairros de periferia dos centros urbanos e por serem os seus consumidores geralmente indivíduos com pequeno poder de compra.

O Sistema Parede Portante feito de pranchões horizontais encaixados entre si, foi direcionado para um público de classe média que já possuía moradia de alvenaria, por ter sido inicialmente colocado no mercado como casa de campo e de praia. Desta forma este produto se firmou como uma casa de veraneio e não para primeira moradia como as de alvenarias. Sendo o elemento visual de primeiro contato com o observador a vedação ficou como um ícone deste paradigma.

O Sistema Plataforma no Brasil foi direcionada a um público de grande poder aquisitivo, por ter sido introduzido no mercado nacional através da importação, por meio de empresas construtoras representantes desta tecnologia estrangeira. O revestimento externo em “siding” de “PVC” associado à arquitetura imponente reforça a imagem simbólica de poder e status diferenciado de seu consumidor na sociedade.

d) Que tipo de mensagem a vedação vertical dos sistemas considerados pretendem transmitir pelo estilo?

O Sistema Viga-Pilar – do ponto de vista técnico passa a mensagem de economia de material, por ser a vedação vertical deste sistema composta por tábuas de 2,5cm de espessura, como também a mensagem de construção rápida, de fácil execução, como pode ser verificado nas figuras 50 e 53. Do ponto de vista simbólico, este apresenta a simplicidade estética pelo emprego de tábuas e ripas na composição da vedação, definindo um ritmo pela largura das tábuas e rejuntamento das ripas. Não há uma preocupação em explorar o potencial estético da madeira in natura, relacionando com o acabamento final da edificação.

O Sistema Parede Portante, do ponto de vista funcional, passa a mensagem de construção rápida, de fácil execução, economia de material (por ser auto portante, com função estrutural). Do ponto de vista simbólico procura tirar partido da coloração e textura natural da madeira, relacionando o acabamento das paredes com a beleza natural do material. Predomina a horizontalidade pela disposição dos pranchões, como a interrupção das linhas horizontais pelas linhas verticais dos montantes, como pode ser observado na figura 57.



Figura 57: Contribuição do aspecto natural do material para formação do estilo do produto.
Fonte: Autor. Florianópolis, 2001.

O sistema Plataforma expressa uma linguagem funcional embasada no desenvolvimento tecnológico dos materiais e nos produtos empregados que é constituída por diversos tipos de acabamento, podendo estes ser de tábuas dispostas na horizontal, de alvenaria, ou ainda de argamassa, possibilitando uma parede que apresenta uma superfície com acabamento sem frisos e uniforme. Estes revestimentos compõem uma gama de possibilidades de revestimentos através de texturas e cores. Apresentam ainda facilidade para serem aplicados nas construções. Do ponto de vista simbólico, tira partido da linguagem industrial de muitos dos produtos empregados como sendo sinônimo de produto com qualidade. A figura 58 apresenta uma possibilidade de revestimento externo para este sistema de vedação vertical em “*sidings*” de PVC, produzidos industrialmente. Além do aspecto geral de uma parte da construção mostra também detalhes dos elementos que compõem este revestimento.

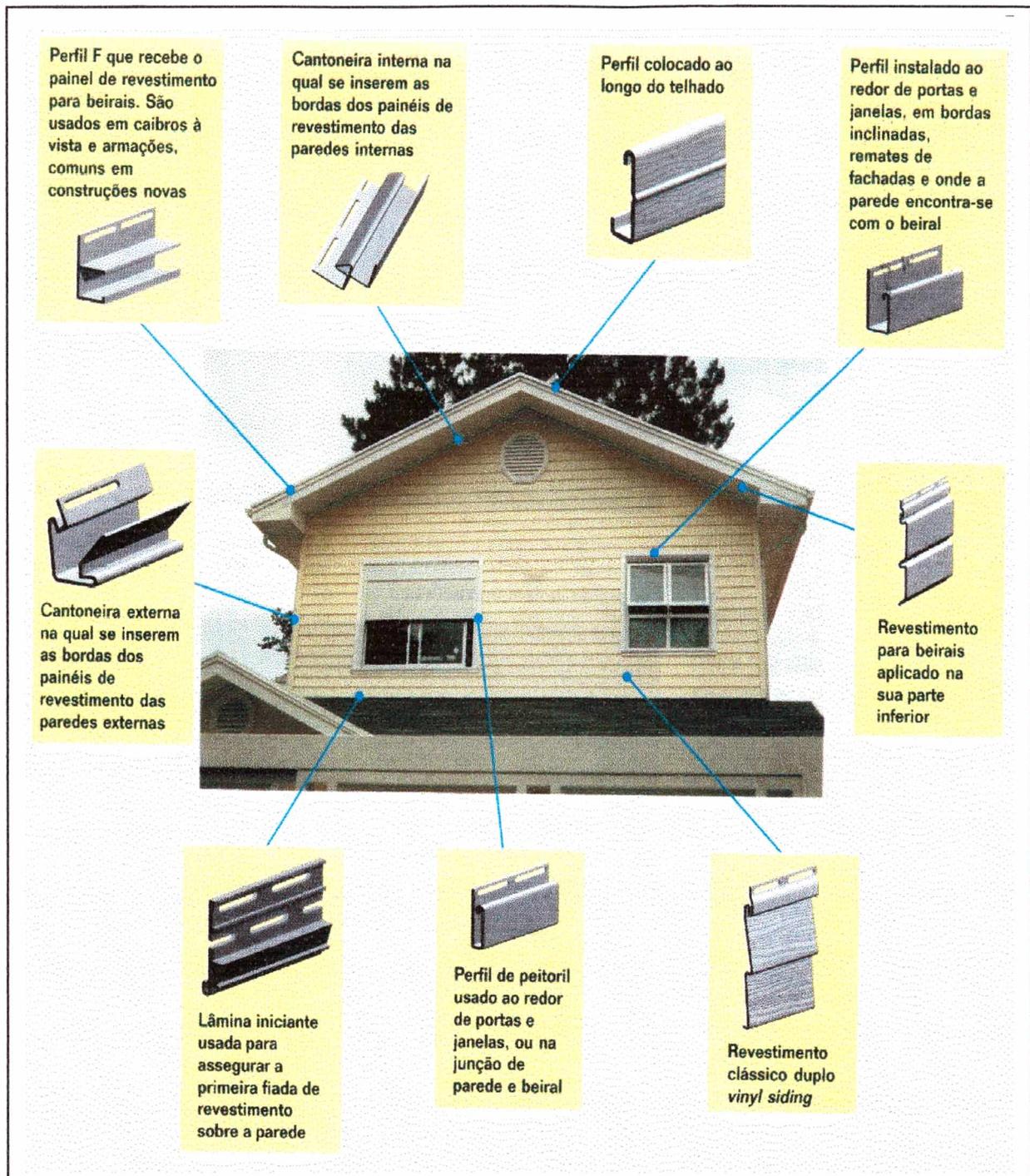


Figura 58: Estilo do produto com linguagem de simplicidade, embasado no desenvolvimento tecnológico e facilidade de montagem. Fonte: *Téchne* N° 50, (2001, pg. 51).

Conforme BAXTER (1998), através da análise dos estilos dos concorrentes pode-se selecionar as características atrativas e aquelas que prejudicam a definição do próprio estilo. O estudo do estilo dos concorrentes, “*benchmarking*” do estilo, possibilita a seleção das melhores características de estilo, podendo ser estas incorporadas ao estilo do novo produto em desenvolvimento. Esta análise pode ser feita através de uma seqüência de perguntas:

- **Dos estilos encontrados nas vedações verticais das casas de madeira qual deles apresenta a imagem que pode ser incorporada ao novo produto?**

O conceito do novo produto pode incorporar a imagem de continuidade vertical das vedações verticais de madeira feitas de tábuas matajuntadas com ripas, como também tirar partido da horizontalidade encontrado tanto nos pranchões do sistema de parede auto portante como também nos revestimentos do sistema plataforma.

- **Qual delas apresenta a melhor mensagem semântica e simbólica?**

Dos três casos analisados a do sistema plataforma é o que apresenta melhor mensagem funcional (semântica) por utilizar produtos que possibilitem um melhor desempenho técnico para as edificações construídas com esta técnica e simbólica por atribuir status à moradia e ao seu usuário.

- **Quais são os outros componentes que podem ser empregados em conjunto com a chapa de madeira?**

Podem ser empregados conjuntamente com a chapa de madeira as chapas de gesso na parte interna da construção, as chapas a base de cimento para compor paredes internas e externas, as chapas de madeira reconstituídas (como aquelas mostradas no capítulo III), os revestimentos de PVC e de alumínio, etc.

- **Quais são os melhores acabamentos superficiais, tratamento e detalhes que mais parecem apropriadas às vedações verticais de madeiras?**

Para a parte externa é a utilização de produtos como "*stain*", por não formar uma película sobre a madeira, permitindo que ela "*respire*". Produtos como tintas e vernizes podem ser aplicados, porém o tempo de vida útil desses acabamentos é menor, sendo necessária manutenção em pequenos intervalos de tempo (de dois em dois anos aproximadamente). Quanto aos tratamentos preservadores da madeira, a impregnação de sais em autoclaves possibilita o melhor tratamento deste material, quando comparado com tratamentos por pincelamento, banho de imersão e aspensão. Quanto aos detalhes de projeto para prevenir a biodegradação, os melhores são aqueles que possibilitam um rápido escoamento de águas sejam elas pluviais ou de limpeza da vedação vertical, como também os detalhes que evitem o contato da vedação de madeira com o solo ou superfícies úmidas.

A partir da combinação dos melhores pontos referentes aos estilos apresentados pelos produtos disponibilizados no mercado, se obtém

parâmetros de projeto que poderão ser ou não incorporados ao novo produto. No caso das casas de madeira abordadas nesta pesquisa, podem ser apontados:

- Simplicidade de composição;
- Aproveitamento do potencial natural do material madeira como acabamento;
- Possibilidade de composição vertical e horizontal com as peças de madeira para formar novos componentes de construção;
- Projeto de uma linguagem visual para o produto que procure resgatar a confiança do consumidor ao atribuir maior confiabilidade aos pontos relacionados à funcionalidade do produto.
- Enfoque do aspecto de produto industrializado como um produto que apresenta melhor conformidade com seu projeto de produção e de aplicação na obra;
- Exploração da composição modular para facilitar a construção da edificação, a diminuição do tempo de execução da obra, com isto despertando a atenção e o interesse do consumidor em relação ao produto.
- Possibilidade de utilização em conjunto com demais produtos de acabamento e produtos com funções específicas para montagem de uma vedação vertical;

5.3. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Os utensílios de nosso cotidiano começaram a ser produzidos por meio de um processo lento e contínuo de tentativa de acerto e erro, como se constata nos objetos desenvolvidos por *designers* anônimos, os quais foram, com o passar do tempo, aprimorando suas e modos de utilização do material empregado. As ferramentas de carpintaria e outros utensílios domésticos são exemplos destes produtos. O arquiteto, o *designer* industrial ou o engenheiro de produção tem por objetivo resolver situações semelhantes: encontrar a melhor solução para um determinado problema entre a infinidade de soluções possíveis, mas dentro de um espaço de tempo limitado, num mundo em que os objetivos e os meios de produção estão expostos a mudanças rápidas e contínuas.

BERNSEN (1995, pg.16) afirma que a qualidade de colocação de um problema é crucial para a sua solução. O autor exemplifica esta afirmação com o exemplo das lâmpadas denominadas de PH. Para ele este problema poderia ser colocado da seguinte forma: "projete uma luminária bonita que venda bem". Esta colocação poderá levar o "*designer*" a projetar qualquer coisa, mas raramente levará a um campeão de vendas e virtualmente nunca chegará a um bom *design*. Por outro lado, quando a abordagem do problema (desenhar uma luminária) foi colocada: "O problema não é tanto a lâmpada, mas sim a luz. Deve-se trabalhar com a luz. Dirigi-la para baixo, sobre a mesa, onde ela é necessária. Proteger a lâmpada para que ela não ofusque e permitir que um pouco de luz passe para cima e para o ambiente em volta". Com esta colocação Poul Henningsen desenhou a lâmpada PH na sua versão básica, em 1925, aplicando o princípio de um quebra-luz múltiplo. Este princípio foi

conservado por mais de quarenta anos para os mais diferentes tipos de luminárias projetadas por Poul Henningsen.

As lâmpadas PH resultaram de uma sucessão de proposições de problemas e soluções, que acabaram por dar contribuições fundamentais para a teoria da iluminação. Permitiram uma melhor compreensão da importância da melhor maneira como um ambiente é iluminado, do efeito modelador das sombras sobre os objetos, sobre a experiência da cor e textura verdadeiras dos materiais, e a importância de uma luminária que não produz uma luz ofuscante.

Para se obter maior clareza da colocação de um problema, pode-se utilizar a técnica de visualização do espaço que circunda o problema. Este espaço é constituído pelas soluções existentes, fronteiras do problema e meta do problema. Através do mapa de visualização do problema, pode-se definir o objetivo e a solução do problema. A solução encontrada deverá permitir uma comparação entre outras possíveis alternativas encontradas, durante o processo de busca da melhor solução, como também definir as fronteiras do problema, uma vez que estas constituem os limites de aceitabilidade das soluções apresentadas. O espaço do problema é a área que separa as soluções existentes da meta do problema. É neste campo que será desenvolvido o trabalho na procura de soluções, para a vedação vertical de edificações de madeira, conforme a figura 59.

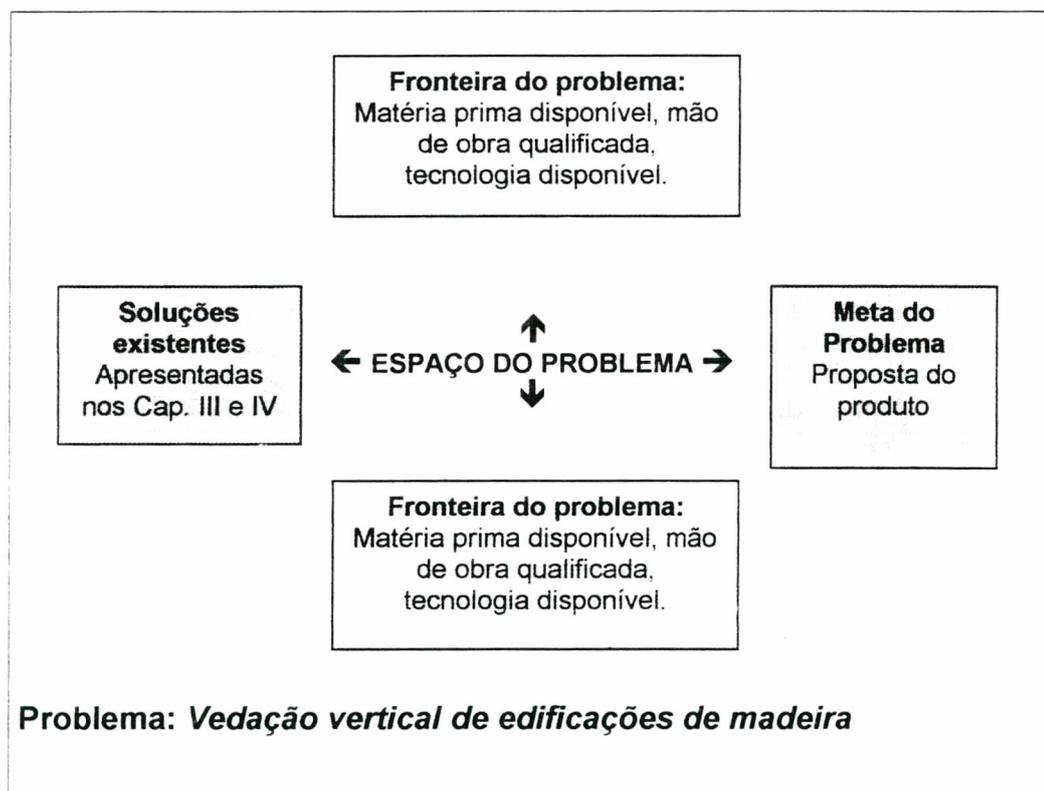


Figura. 59. Mapa de visualização do espaço do problema.
Fonte: Baseado no diagrama do espaço do problema de BAXTER (1998 pg. 60).

O mapa de visualização do problema fica mais evidente, quando uma série de perguntas é feita sobre o produto que se pretende desenvolver, as quais constituem o início da resolução do problema. A seguir são apresentadas as perguntas e as respostas para formar o mapa de visualização do espaço do problema.

Qual problema que se pretende resolver?

- O sistema de vedação vertical para casas de madeira.

Por que este problema existe?

- Porque a vedação das casas de madeira é um dos sub-sistemas que mais apresenta problemas, conforme INO et al (1998). Por isso e por uma questão cultural decorrente da colonização portuguesa que tinha por tradição edificar com alvenaria. Os consumidores de modo geral preferem outras opções tecnológicas disponíveis, atualmente no mercado, sendo elas tradicionais como as vedações de alvenarias de tijolos ou de alvenarias feitas com componentes mais recentes como os blocos de concreto e de concreto autoclavados.

Este problema é específico de um problema maior?

- Sim. O problema maior é a própria casa de madeira como um todo.

Resolvendo o problema maior, o específico também é resolvido?

- Seria resolvido. Todavia ele se tornaria muito complexo, necessitando de uma grande equipe para resolvê-lo. Os custos também seriam bem maiores para o desenvolvimento da pesquisa, o que poderia inviabilizá-la, considerando o prazo e recursos disponibilizados nesta pesquisa.

Caso seja parte de um problema maior seria melhor primeiro resolver o específico?

- Sim. É melhor resolver por partes atacando as mais críticas, por questões de custo e tempo. Neste caso, elegeu-se a vedação vertical da casa de madeira para desenvolvimento de um novo produto a partir da inovação tecnológica.

O que seria a solução ideal para solução do problema?

- Um produto que aproveite o máximo da matéria prima, gere pouco resíduo, tenha baixo custo de produção, facilidade de produção e boa aceitação no mercado.

O que caracteriza essa solução ideal?

- Um produto corretamente ecológico, durável, fácil de ser montado, reaproveitado na etapa de descarte da edificação e que seja seguro para os seus ocupantes.

Quais são as restrições que dificultam a concretização da solução ideal?

- Matéria prima de qualidade desejável, equipamentos adequados para produção em série dos componentes com padrão de conformidade estipulado em projeto de produção, aceitação do produto pelo público alvo e forte trabalho na área de "marketing".

Quando se pretende inovar com um produto, duas perguntas podem ser feitas no momento da abordagem da oportunidade de negócio: a primeira está relacionada com a demanda e desejos dos consumidores, e a segunda aborda a oferta de tecnologia.

A demanda de mercado pode ser identificada de duas formas: a primeira considera os produtos concorrentes, onde um deles sobressai em relação aos demais, deixando uma lacuna para desenvolvimento de novos produtos em outras empresas. A segunda forma está correlacionada com uma necessidade de mercado que não é satisfeita por nenhum produto existente. Neste caso, a empresa poderá adotar uma postura agressiva de lançar um produto inédito, correndo os riscos de sucesso ou de fracasso, ou ficar na defensiva, esperando que outra empresa lance primeiro o produto e corra o risco de colocar no mercado um produto novo. Uma vez dando certo o lançamento, ela também passará a produzir um produto equivalente ao seu concorrente.

A oferta de tecnologia considera a disponibilidade de novas tecnologias, que possam favorecer a inovação de novos produtos. Esta nova tecnologia pode ser um material novo, um conceito mais atual ou ainda novo processo de fabricação. Quando a demanda de mercado é o ponto de partida para o projeto de uma inovação de produto, isto requer pesquisa tecnológica e análise dos produtos concorrentes, para definir o perfil de um novo produto. Neste caso, a pesquisa de mercado tem menos importância, uma vez que já se identificou a oportunidade de mercado, no início do processo.

Uma oportunidade de produto que apresenta grande benefício ao consumidor com baixo custo de desenvolvimento, apresenta baixo risco e pouca incerteza. O oposto desta situação deve ser evitado, pois a proposta de produto apresenta maior possibilidade de fracasso.

Um dos fatores de sucesso de venda de um novo produto é a presença de uma nítida vantagem do produto sobre os existentes. Os novos produtos tão bons quanto os existentes não oferecem incentivo para os consumidores mudarem de opção de consumo, pois os consumidores são conservadores, isto poderá interferir no sucesso do novo produto. Para se ter vantagens sobre seus concorrentes os novos produtos deverão ter uma nítida diferença em relação aos seus concorrentes dentro da ótica dos consumidores, isto os estimulará pela decisão de comprar o novo produto.

Para que tudo isto ocorra, a especificação da oportunidade deverá conter uma idéia central que seja simples e concisa, a qual é denominada de benefício básico. O benefício básico representa a vantagem percebida pelo consumidor em relação a um novo produto, quando esse é comparado aos existentes no mercado.

Em relação ao objeto de estudo desta pesquisa, a chapa para vedação vertical tem como **benefício básico**:

- **Grande vida útil (adequada para uso externo e interno de uma edificação); redução do tempo de construção da edificação (processo de montagem simplificado); variada possibilidade de modulação.**

É através da definição do benefício básico que os consumidores poderão identificar de forma direta e simples a vantagem do novo produto em relação aos concorrentes no mercado, como também fornecer argumentos para a propaganda do mesmo.

Uma vez delimitado o benefício básico do novo produto, inicia-se a elaboração do projeto conceitual, o qual traçará as diretrizes para o desenvolvimento do projeto do produto. Este assunto será abordado com maior detalhe na seqüência deste trabalho.

5.4. PROJETO CONCEITUAL

Para BAXTER (1998), os objetivos do projeto conceitual são: estabelecer princípios de projeto para o novo produto, considerando as exigências dos consumidores, e diferenciar o produto projetado dos demais existentes no mercado. Portanto é função específica do projeto conceitual considerar como o novo produto será feito para atingir seu benefício básico. Através de seu objetivo e de sua função específica, o projeto conceitual pode fixar uma série de princípios em relação ao funcionamento do produto e princípios de estilo. Sendo assim o objetivo do projeto conceitual depende da natureza do produto a ser desenvolvido. Isto decorre dos diversos tipos de restrições colocadas ao produto. Estas restrições podem ser identificadas através do mapa de visualização do espaço do problema, ferramenta que auxilia na identificação do objetivo do projeto conceitual (figura 59).

Uma vez recortado o problema, tem-se uma base concreta para se trabalhar o projeto conceitual. Neste ponto muitas técnicas podem ser utilizadas para geração de conceitos originais. Para geração de conceitos, BAXTER (op.cit.) apresenta como ferramentas as seguintes análises: da tarefa e das funções, que serão apresentadas a seguir.

5.4.1 Análise da tarefa

A análise da tarefa é uma técnica descritiva, utilizada na primeira fase do projeto conceitual, para mostrar ao projetista de que forma o usuário utiliza o produto. Considera-se a interação do usuário com o produto, ou seja, a interface homem-produto. No caso de um subsistema de uma edificação (vedação vertical), será analisado o processo de montagem de uma parede.

Neste caso, observa-se de que forma o construtor trabalha com a vedação vertical.

O processo de construção do produto vedação é mais percebido pelo construtor, pois é ele quem vai interagir com os componentes, elementos e subsistemas utilizados para edificar uma moradia. Nesta fase, aparecem aspectos de ergonomia e antropometria. A ergonomia está relacionada com as dimensões, peso, transporte do produto e o seu meio-ambiente. Procura-se observar como as pessoas realizam as tarefas com a finalidade de se extrair subsídios para aprimoramento do projeto do produto. Observa-se, por exemplo o número de pessoas necessárias para erguer e transportar os elementos, como estes componentes são colocados nos seus respectivos lugares para os quais foram projetados. Quanto a antropometria, esta se relaciona com as medidas físicas das pessoas e de que forma elas estarão presentes nos produtos, para atender as recomendações do projeto, conforme BAXTER (1998).

Nesta pesquisa, a análise está direcionada para os três sistemas construtivos apresentados no capítulo IV. Sendo assim, serão analisados o Sistema Pilar-Viga com vedação de tábuas verticais matajuntadas com ripas pregadas, o Sistema Parede Portante feito com pranchas horizontais encaixadas entre si e ancoradas nas extremidades com montantes e o Sistema Plataforma. Para tanto, serão apresentados três quadros - síntese para os sistemas construtivos, compostos da descrição da tarefa, análise da tarefa e indicadores de projeto.

Para a descrição da realização da tarefa, contou-se com visitas de campo onde foi possível observar o desenvolvimento desta atividade e com conversas informais com os carpinteiros das obras. Optou-se pela conversa informal, ao invés de entrevistas estruturadas, por possibilitar uma maior espontaneidade na troca de informações.

Na coleta de informações sobre a construção do sistema viga pilar com vedação de tábua matajuntada com ripas, observou-se o trabalho do carpinteiro, durante a execução de uma moradia no Município de Palhoça (no Bairro do Rio grande) localizado na Região da Grande Florianópolis-SC. A figura 60a apresenta um aspecto geral desta construção.

Para observar a construção do segundo caso de vedação feita com paredes portantes de pranchas horizontais, foi feito um acompanhamento da construção de uma casa de dois pavimentos localizada na Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis, no Bairro Itacorubi, cuja foto é mostrada na figura 60b.

Para o Sistema de Plataforma, observou-se a edificação de uma construção no Condomínio Jurerê Internacional localizado no Norte da Ilha de Santa Catarina, ver figura 61a, 61b, conversando-se com os carpinteiros e com os engenheiros da obra. A seguir, são apresentados os quadros 8, 9 e 10, sínteses da análise destas tarefas.



Figura 60: Aspectos gerais externos das edificações consideradas para a análise da tarefa.

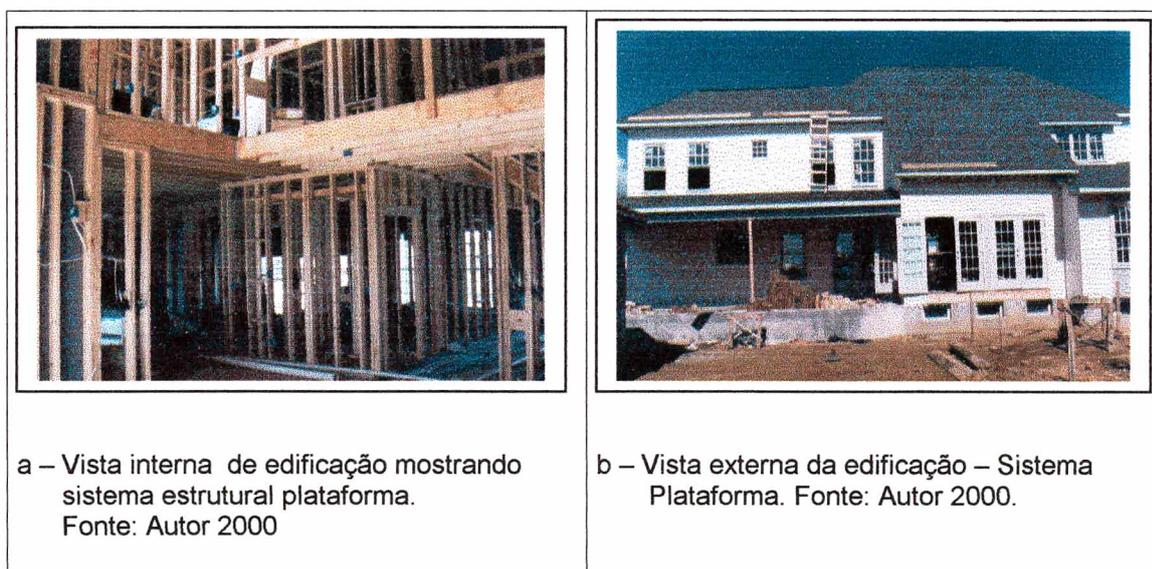


Figura 61: Aspectos gerais (interno e externo) da edificação do Sistema Plataforma considerada para a análise da tarefa.

VEDAÇÕES VERTICAIS - TÁBUAS MATAJUNTADAS C/ RIPAS: INTERAÇÃO CONSTRUTOR – PRODUTO

REALIZAÇÃO DA TAREFA	ANÁLISE DA TAREFA	INDICADORES DE P
<p>te do kit de madeiras do caminhão até o localagem na obra, uma pessoa carrega três tabuas vez nos ombros ou segurando as peças com as os na altura da cintura.</p>	<p>Transporte lento por carregar um número pequeno de peças de cada vez.</p>	<p>Transporte de elementos r que possam ser carregado dois indivíduos, visando di tempo de transporte.</p>
<p>te das tábuas do local estocado até o localão fixadas na estrutura de sustentação. Sistema amento igual ao item 1.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>
<p>o das tábuas no local a serem fixadas: carpinteiro pega uma tábua por vez, com as duas a apóia contra as vigas baldrame (próximas do a cinta de amarração (localizada na altura do cobertura). Nesta etapa, a tábua é segurada udante, para manter o componente no local de</p>	<p>Embora o componente "tábua" seja leve para ser manuseado e para ser fixado, ele requer habilidade e esforço por parte do carpinteiro (quando este trabalha só) para mantê-lo no ponto determinado e pregá-lo na estrutura. A tábua poderá escorregar de seu apoio, antes que os primeiros pregos sejam cravados.</p>	<p>O elemento a ser fixado na sustentação poderá apres acessório na sua base que apóia-lo diretamente na es que ele saia do ponto de fi</p>
<p>das tábuas: a operação do item anterior se tem a colocação pregos nas extremidades das tábuas, te iniciados pela parte inferior, seguida da com auxílio de escada que fica apoiada na viga ndo ocorre a utilização de vigas intermediárias s também são pregadas. A ferramenta utilizada elo. Esta operação se repete até se completar o nto da parede.</p>	<p>O prego poderá entortar, a depender da resistência à cravação que a tábua e a viga possam vir oferecer, isto ocorre em função da dureza da madeira empregada na estrutura e ou vedação. O espaçamento mínimo que o conector requer das extremidades das tábuas, assegurado por norma, fica a critério do carpinteiro e de sua sensibilidade ao executar a tarefa. Neste caso, as ligações estão mais sujeitas a apresentarem rachaduras que poderão ocorrer, quando as ligações forem mal executadas, podendo ser imediatas ou surgir com o passar do tempo, comprometendo a fixação da vedação.</p>	<p>No local dos pregos, utiliza auto-atarraxantes colocad maquinário apropriado, ou rosqueados cravados com pregar. Definição dos pontos de fi resguardar os distanciam das extremidades em funç diâmetro do conector adot</p>

<p>As ripas ou matajuntas: seguinte são fixadas as ripas. Estas são adadas em feixes do local de estocagem, as pelas duas mãos na altura da cintura do até o local de fixação. Uma a uma são nas tábuas com pregos bilaterais, iniciando-se mais alta indo em direção ao piso. Estas ripas adadas em primeiro momento do lado de fora da ão, para então serem colocadas na parte a edificação. Esta operação requer uma pessoa de habilidade para sua execução, pois as ripas rachar ao serem pregadas.</p>	<p>Aumento de tempo para execução da vedação devido o transporte das ripas até o ponto de estocagem e depois para o local de fixação na vedação, e para fixação nas tábuas de vedação.</p> <p>Na fixação das ripas também aparece o problema – rachaduras, devido o cravamento mal executado dos pregos.</p>	<p>Incorporar aos elementos ripas ou adotar outra forma tábuas de modo que venha as ripas na função de vedação juntas e acabamento, com simplificando o processo de da parede.</p>
<p>mentos: mento da parede é feito com pintura de tinta a óleo, aplicada com pincel. Também ocorrem madeira não receber pintura.</p>	<p>O acabamento é aplicado de forma lenta, uma vez que a parede é rugosa pela presença das ripas, o que dificulta a utilização de outros instrumentos de pintura como o rolo e pistola.</p>	<p>Superfícies lisas que facilitam aplicação de diversos tipos acabamento com equipamentos aumentem a produtividade</p>

embasado em BAXTER (1998).

VEDAÇÕES VERTICAIS – PAINEL PORTANTE FEITO COM PRANCHAS HORIZONTAIS: INTERAÇÃO CONSTRUTOR – PRODUT

REALIZAÇÃO DA TAREFA	ANÁLISE DA TAREFA	INDICADORES DE P
<p>Parte do Kit de construção (composto de peças pré-fabricadas) é transportado do caminhão de entrega até o local de estocagem na obra. Dependendo da obra, este transporte poderá ser feito com equipamento mecânico apropriado para transportar um volume de madeira. Outra possibilidade, a mais usual, é o transporte manual, onde, uma pessoa carrega em média duas peças a cada vez nos ombros, ou segurando as peças com as mãos na altura da cintura. O volume a ser carregado por pessoa está relacionado com as dimensões das peças a serem transportadas.</p>	<p>Transporte lento quando feito manualmente, por ser carregado um número pequeno de peças por vez.</p>	<p>Colocação de elementos que possam ser transportados por um ou dois indivíduos para diminuir o tempo de transporte na obra.</p>
<p>Transporte das peças do estoque (da obra) até o local onde serão utilizadas, podendo ser os montantes ou os pranchões de madeira. O Sistema de carregamento é feito manualmente.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>
<p>Sequência das tarefas: execução das fundações e do contrapiso, para iniciar a colocação dos montantes em seus respectivos pontos demarcados no projeto.</p> <p>Os montantes são feitos furos no contrapiso em pontos determinados no projeto, com equipamento de perfuração. Os montantes têm em sua base um pino de diâmetro de 1 polegada, para ser encaixado nos furos feitos no contrapiso. Na sequência são colocados os montantes de canto e a ser erguida e estes são estabilizados com ripas, são colocadas nos montantes e no contrapiso, formando uma linha para estabilizá-lo. Em seguida, verifica-se o prumo do montante vertical. No topo dos montantes é passada uma linha de guia para que esta sirva de guia dos demais montantes. Esta operação é feita por duas pessoas.</p>	<p>A utilização das pranchas que constituem as paredes para a marcação dos demais pontos de fixação dos montantes facilita a execução da tarefa de marcação dos montantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Um pino de ferro facilita a colocação do montante nos respectivos pontos de fixação, proporcionando rapidez de colocação dos montantes em seus respectivos pontos. - A colocação das diagonais de estabilização dos montantes e verificação do prumo destes elementos requer tempo e habilidade por parte de quem o executa, uma vez que o sucesso de colocação das pranchas depende desta fase da construção. A execução desta sequência de tarefa necessita de dois homens pelo menos. 	<p>Manter a utilização de elementos que facilitem a marcação da obra.</p>

<p>feita e repetida para todos os montantes da edificação no nível de pranchas próximas ao contrapiso e a meia altura do montante. Estas peças auxiliarão na demarcação dos pontos de colocação do contrapiso e locação dos demais montantes. As peças empregadas nesta tarefa são as que formarão a</p>		
<p>Colocação das paredes: Os elementos das paredes são compostos por pranchas, batentes, rebordos e fechais. Uma vez conferido o prumo e esquadro dos montantes, inicia-se a colocação das pranchas peça por peça. As peças a serem utilizadas na composição da parede são colocadas próximas de onde serão utilizadas, sendo estas retiradas do local de estocagem manualmente pelos operários.</p> <p>Dependendo do tamanho da prancha ela poderá ser assentada por um operário (peças curtas – menores que dois metros), ou por dois operários (aquelas cujo comprimento é maior que dois metros). A quantidade de pranchas para constituir uma parede depende do comprimento do pé direito da mesma. O deslizamento destas pranchas nos montantes pelas canaletas dos montantes depende da forma como as pranchas são colocadas pelos operários e do atrito existente na canaleta e das extremidades das pranchas.</p>	<p>- Embora o componente “prancha” de seção transversal 4,5cmX15cm, seja relativamente leve (aproximadamente 7kg/m³ para madeira de Maçaranduba), para ser manuseado e para ser encaixado nas canaletas dos montantes, ele requer habilidade e esforço por parte do carpinteiro, quando este trabalha só, com uma peça maior que dois metros de comprimento.</p> <p>- O encaixe das pranchas nos montantes se dá com a inclinação para cima de uma das extremidades da prancha e com a inclinação para baixo da outra extremidade, dentro da canaleta do montante. Esta forma de colocar as peças horizontais nas guias dos montantes (peças verticais), possibilita que a parede seja montada, iniciando no ponto mais baixo próximo ao piso subindo em direção ao teto. O emprego de escada para compor a parede se faz necessário à medida que esta vai aumentando sua altura em direção ao topo do montante. Esta forma de montar as paredes torna a montagem simples, porém apresenta velocidade de execução mais lenta quando comparada com chapas de grande largura e comprimento.</p>	<p>Utilizar componentes de madeira de boa qualidade e largos para diminuir o tempo de execução da vedação vertical, o encaixe e a montagem das pranchas.</p>
<p>Montagem das paredes com portas e janelas: Quando a parede apresenta portas e janelas, estas são colocadas entre os montantes. O espaço existente entre o batente da porta e o montante é preenchido e complementado com peças de menor comprimento e aquelas que irão acima da porta para complementar a vedação.</p> <p>Na montagem das paredes com janelas as primeiras pranchas são colocadas da mesma forma como descrita no item 4, até atingir</p>	<p>- A colocação das peças de pequeno comprimento para preencher os vazios entre montante e batente das portas é uma tarefa lenta.</p> <p>- Quanto às paredes com janela, cabe a mesma consideração feita para as paredes com portas quando se trata da complementação lateral do espaço entre moldura da janela e montante.</p>	<p>Manter a furação prévia na madeira de alta densidade para a introdução de pregos com furação prévia e parafusos atarraxantes.</p> <p>Definição dos pontos de fixação para resguardar os distanciamentos das extremidades em função do diâmetro do conector adotado.</p>

<p>esejada pelo projeto. Então é colocado o contra-marco ou a própria janela e estes são estabilizados com laterais, de menor comprimento, quando a janela não gura de montante a montante.</p> <p>ção às paredes com oitão são compostas com peças s com a inclinação do telhado. Estas vêm para a obra as para serem colocadas na posição correta de m. Uma das extremidades fica encaixada nas canaletas é fixada com pregos de 22x48mm.</p>	<p>- Em relação às paredes com oitão, o fato das peças já virem cortadas da fábrica na inclinação do telhado é interessante porque diminui a quantidade de trabalho na construção.</p> <p>- A utilização da furação prévia é muito pertinente uma vez que as madeiras utilizadas são de grande dureza, o que evita que as pranchas rachem no local de introdução dos pregos.</p>	
<p>ento:</p> <p>mento das paredes é feito com produto incolor do tipo hidro repelentes e fungicidas - "stain" e ou pintura das. Todos acabamentos são aplicados com pincel. mentos pigmentados são evitados uma vez que a vai para a obra com alto teor de umidade.</p>	<p>- A aplicação do acabamento é lenta uma vez que a parede é rugosa pela presença das linhas horizontais dos encaixes que ocorre entre as pranchas. Estes frisos por serem muito próximos dificultam a utilização de outros instrumentos de aplicação do acabamento como o rolo de pintura.</p>	<p>Utilização de madeira seca e baixa umidade próximo a de equ de uso.</p> <p>Utilização de componentes sair da linha de produção o acabamento aplicado.</p> <p>Projetar espaçamento dos decorrentes do encaixe da para facilitar aplicação de</p>

embasado em BAXTER (1998).

VEDAÇÕES VERTICAIS – SISTEMA PLATAFORMA: INTERAÇÃO CONSTRUTOR – PRODUTO.

REALIZAÇÃO DA TAREFA	ANÁLISE DA TAREFA	INDICADORES DE F
<p>de dos componentes que compõem os Kits de construção saem da fábrica: O transporte do caminhão de entrega até o local de obra depende da natureza de cada componente, estes podem ser transportados em unidades, como as chapas de gesso, ou várias peças de uma vez como é o caso dos montantes de madeira, utilizados na estrutura "frame" (conjunto de peças pré-cortadas).</p> <p>Em residências, o transporte dos componentes que compõem a vedação geralmente é feito por carregadores. O número de carregadores está relacionado com a geometria e peso do componente, de um a dois operários. Componentes leves, porém de grande dimensão são carregados por duas pessoas geralmente sobre a cabeça, como as chapas de compensado, OSB. Em grandes montantes, podem ser transportados sobre os ombros dos operários, presos à cintura.</p>	<p>Por se tratar de componentes de grandes dimensões, como as chapas e os rolos de isolamento térmico e acústico, quando feito manualmente, o transporte também pode ser considerado como rápido pelo volume transportado de cada vez.</p>	<p>As chapas de vedação devem apresentar dimensões que permitam o transporte por uma pessoa. Quanto mais tempo contínuo proporcionar, melhor o tempo de execução na obra.</p>
<p>Transporte dos componentes do estoque (da obra) até o local onde serão utilizados: é feito manualmente dentro da obra.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>	<p>Idem ao item anterior.</p>
<p>Fixação das chapas: A fixação das chapas de compensado ou de OSB ocorre através de pregos com pistolas de pressão. Para isto as chapas são colocadas em seus pontos com auxílio de um ajudante, enquanto o outro operário realiza a fixação. Esta tarefa também pode ser desenvolvida por apenas um operário dependendo de sua prática em executá-la.</p>	<p>Em relação à fixação das chapas de madeira nos montantes, através de pistola, é uma operação simplificada e rápida. No entanto, sua fixação só pode ser feita pela parte externa da construção. Nas partes mais altas da edificação a colocação das chapas requer dois operários.</p>	<p>-----</p>
<p>Colocação de "sidings": A colocação do revestimento de acabamento da vedação, quando feito de madeira, alumínio ou de material vinílico. O "vinyl" é colocado diretamente sobre as chapas, pregado de baixo para cima, sendo que o material tem que ser recortado para acompanhar o desenho.</p>	<p>Quanto à colocação do acabamento final da moradia, a colocação do "siding" é uma tarefa lenta para se obter um bom acabamento, ainda que os operários sejam experientes.</p>	<p>A utilização de elementos para aplicação do revestimento "siding" pode ser conservada. A colocação deste tipo de revestimento é feita uma vez que eles podem ser usados como diretriz para orientar a execução do trabalho.</p>

<p>as. Quando a peça a ser pregada é muito grande, necessita de duas para ser colocada, embora seu peso seja muito leve. Para recorte do plástico, utiliza-se tesoura para execução desta tarefa. Para arremate de acabamento é necessário acabamento em locais como contorno de caibros, etc. Para verificar o alinhamento da peça utiliza-se instrumento o nível da peça.</p> <p>-madeira" é aparafusado sobre ripas de madeira pregadas nas chapas ensado ou de OSB. Sua colocação também se dá de baixo para cima. os em que ocorrem janelas, as peças de madeira são recortadas com tas de serrar madeira. As peças longas também requerem duas para fixá-las no suporte.</p>	<p>Em relação ao "siding -vinyl", este apresenta maior facilidade para ajustes no momento de sua aplicação, quando é necessário o recorte para aplica-lo em contornos de janelas, quando comparado com o de madeira.</p>	<p>Utilizar nas chapas o produto acabado esteticamente, de forma evitando na obra trabalhos que possam aumentar o tempo da edificação.</p>
<p>mento externo das vedações verticais é feito com produtos incolor do zes, "stain" e ou pintura com tintas, aplicados com pincel, quando o de madeira.</p> <p>-vinyl" não requer outro tipo de acabamento, pois já vem pronto da para aplicação. Obs. As cores claras são mais resistentes em relação às curas quando submetidas à ação dos raios ultravioleta que alteram a o do produto.</p>	<p>Aplicação de pinturas no "siding" de madeira é uma tarefa lenta, uma vez que este tipo de acabamento forma uma superfície cheia de relevo, dificultando a aplicação dos produtos com rolo.</p>	<p>Utilização de componentes sair da linha de produção de acabamento aplicado, com "vinyl".</p>

embasado em BAXTER (1998).

Diante do exposto nos quadros, observa-se que o transporte é a tarefa mais lenta nos dois primeiros sistemas, indicando ser este um ponto importante a ser revisado para a proposta do novo produto da chapa de vedação.

A necessidade de componentes mais largos para diminuir o tempo de transporte contribuirá para a conseqüente diminuição do tempo total de execução da obra. A observação da composição das paredes nos três sistemas revelou de um modo geral que a incorporação de componentes mais largos (com peças para auxiliar na montagem) pode facilitar a montagem.

A utilização de peças já acabadas na montagem das paredes também se mostrou um indicador de projeto a contribuir para a facilidade de montagem e diminuição do tempo de execução.

5.4.2 Análise das funções do produto

A análise das funções de um produto mostra mais detalhadamente como os produtos devem ser projetados. É uma técnica direcionada para o consumidor. Neste caso, as funções do produto são mostradas tal qual são percebidas e avaliadas pelo consumidor. Para se fazer a análise das funções do produto é necessário o conhecimento de como o produto funciona, podendo esta técnica ser aplicada tanto para produtos existentes como também para aqueles que estão sendo projetados. Para BAXTER (1998) a função de um produto pode ser classificada em: principal, básica, secundária, de uso e de estima.

A **função principal** de um produto é aquela que explica a sua existência, dentro da visão do consumidor, ou seja, a função de uma parede de uma construção é “vedar a edificação”.

A **função básica** é aquela relacionada ao funcionamento do produto. No caso da parede ela deverá ser um elemento entre o espaço interno da moradia e o externo a ela, ou ainda um elemento entre dois espaços internos de uma construção. Ou seja, é um elemento que delimita espaços.

As **funções secundárias** são aquelas que dão suporte à função básica. Para uma parede (vedação vertical), a função secundária está relacionada com a fixação dos componentes que irão compor a parede, o tipo de acabamento, etc.

As **funções de uso** são aquelas relacionadas ao funcionamento do produto, podendo ser elas básicas ou secundárias. Estas podem ser medidas ou quantificadas. No caso de uma vedação vertical esta poderá ter seu valor por não ter função estrutural, ou ser estrutural; por ser espessa ou esbelta; ser isolante acústica ou térmica, ou ter ainda as duas funções.

A **função de estima** é o conjunto de características que tornam um produto atrativo, que excita o consumidor e aumenta o seu desejo de adquiri-lo. Está relacionada aos valores sociais, culturais e comerciais do produto, como a beleza, forma, aparência, não podendo ser mensuráveis. Sua avaliação pode ser feita por comparação. Em relação à vedação vertical de uma construção pode-se ter a cor, a textura, a forma geométrica dos componentes que a constitui, ou ainda o tipo de material.

Aplicando os procedimentos da análise das funções do produto, em um primeiro momento, procura-se gerar uma lista de funções do produto, sob o ponto de vista do consumidor. Para montagem desta lista, esta pesquisa se respaldará no levantamento da ISO 6241 (*"Performance standart in building"* - 1984), que apresenta uma relação de exigências dos consumidores em relação à casa de madeira em seqüência de prioridades. Estas exigências podem ser traduzidas em funções que este produto casa de madeira deve desempenhar:

- Segurança estrutural;
- Segurança em relação ao fogo;
- Segurança a utilização – segurança aos usuários e segurança a intrusões;
- Estanqueidade a sólidos, líquidos e gases;
- Conforto higrotérmico do ar e das paredes em relação à temperatura e umidade;
- Conforto em relação à pureza do ar interno e limitação de odores;
- Conforto visual em relação ao acabamento dos ambientes e das paredes, visibilidade para o exterior;
- Conforto acústico;
- Conforto tátil
- Conforto antropodinâmico – relacionado a vibrações na edificação;
- Conforto em relação à higiene – necessidades de instalações hidráulicas de águas potáveis e servidas;
- Conforto em relação à adaptação à utilização – número de ambientes, dimensões em relação aos espaços que compõem a edificação;
- Exigência de durabilidade – relacionado à durabilidade do imóvel ao longo do tempo;
- Exigência de economia – considera o custo inicial, custo de manutenção e de reposição de elementos durante o uso.

Dessas quatorze exigências apresentadas acima, oito são enfatizadas por INO et.al (1998) através de características depreciadoras, em ordem decrescente, considerando o preconceito que o produto casa de madeira enfrenta no Brasil:

- Segurança Estrutural – “a madeira é fraca”
- Segurança ao Fogo – “a madeira queima”
- Durabilidade – “a madeira não dura”

- Segurança contra Intrusão – “a madeira permite arrombamento”
- Conforto Térmico – “a casa de madeira é quente no verão e fria no inverno”
- Conforto Acústico – “na casa de madeira se escuta conversas”
- Economia – “a casa de madeira é cara”
- Conforto Visual – “aquele barraco... ou aquele chalé”.

Segundo INO (op.cit.1998) essas exigências são para a casa como um todo. No entanto, esta pesquisa aborda um dos componentes da casa de madeira, no caso, as chapas para vedação externa. Sendo assim, deve ser questionado se este novo produto deverá responder por todas as exigências ou algumas delas, ficando os requisitos não atendidos pela chapa de vedação a cargo de outros componentes empregados conjuntamente com a chapa. Para auxiliar esta questão, emprega-se o método de classificação das funções do produto apresentado por BAXTER (1998) e aplicado à chapa de vedação vertical, apresentado no quadro 11.

QUADRO 11: CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DA CHAPA PARA VEDAÇÃO VERTICAL.

CLASSIFICAÇÃO das FUNÇÕES da CHAPA de VEDAÇÃO VERTICAL						
Componente	Função	Principal	Básica	Secundária	Uso	Estima
Chapa	Vedar edificação	•			•	
	Delimitar espaços		•		•	
	Segurança Estrutural			•	•	
	Segurança Fogo			•	•	
	Durabilidade			•	•	
	Segurança Intrusão			•	•	
	Conforto Térmico			•	•	
	Conforto Acústico			•	•	
	Economia			•	•	
	Conforto Visual				•	•

Fonte: Adaptado de BAXTER (1998 pg.186) para chapas de vedação vertical de madeira.

A partir desta visualização, aplica-se a técnica da árvore funcional apresentada pelo mesmo autor e que aqui é aplicada às chapas de vedação, considerando as exigências citadas por INO (1998), para auxiliar no projeto conceitual do novo produto, como é mostrado no quadro 12. A árvore funcional serve para colocar as funções em ordem de modo a auxiliar na etapa seguinte da geração de conceitos do novo produto. Para entender a referida figura, as funções principais, básicas e secundárias estão apresentadas de modo hierárquico e as funções subseqüentes respondem ao modo como a anterior ocorre. Assim,

sugere-se ao ler o quadro, fazer a pergunta “como?”, à medida que as funções aparecem.

QUADRO 12: ADAPTAÇÃO DA ÁRVORE FUNCIONAL PARA A CHAPA DE VEDAÇÃO VERTICAL.

ÁRVORE FUNCIONAL da CHAPA de VEDAÇÃO VERTICAL de MADEIRA								
Função Principal Vedar a Edificação								
Função Básica Delimitar espaços								
Funções Secundárias								
Proporcionar Segurança				Proporcionar Durabilidade	Proporcionar Conforto			Proporcionar Economia
Estrutural		Fogo	Intrusão		Térmico	Acústico	Visual	
Resistir peso próprio	Absorver Impactos horizontais	Retardar queima	Impedir Acesso interior	Resistir degradação	Isolar: Frio, calor, Umidade	Isolar Som	Ter aceitação sócio-cultural	Reduzir custos
Dimensionar conforme função	Resistir a ação do vento e impacto de corpo mole	Dimensionar para resistir a certo período de fogo ou impregnar produtos ignífugos.	Bloquear Passagem	Impregnar produtos fungicidas, inseticidas e hidropelentes	Associar outros materiais	Utilizar outros materiais em conjunto	Atribuir aspectos estéticos padronizados ou não	Simplificar projeto
	Dimensionar para esforços atuantes		Fixar chapas na estrutura	Aplicar produtos preservadores nos pontos críticos de degradação	Utilizar colchão de ar, manta de fibra de vidro, lã de rocha, barreira de vapor.	Utilizar colchão de ar, manta de fibra de vidro, lã de rocha.	Pesquisar possibilidades de acabamento	Facilitar: produção, montagem na obra.
			Aparafusar as chapas na estrutura	Autoclavar a madeira	Embutir na vedação	Embutir na vedação		Diminuir desperdício de tempo e de material

Fonte: adaptado de BAXTER 1998, pg.203.

A árvore funcional acima é baseada nos oito requisitos apresentados por INO et.al. (1998), mas a proposta do novo produto chapa de vedação vertical pretendida nesta pesquisa terá apenas função de vedação sem função estrutural, podendo ser utilizada conjuntamente com outros componentes construtivos para formar a parede que atenda a todas essas exigências. Ou seja, uma vez que o benefício básico definido nesta pesquisa está relacionado com uma grande vida útil e com a redução do tempo de construção e variada modulação, a geração dos conceitos do produto, a partir da árvore funcional, terá que priorizar algumas exigências em detrimento de outras.

Com relação à segurança estrutural, a chapa de vedação vertical só apresenta resistência ao próprio peso e à ação de forças horizontais provenientes de impactos decorrentes de pessoas se chocando nas paredes ou ainda forças da ação dos ventos. A responsabilidade da transmissão do carregamento proveniente do telhado e de pavimentos superiores é do sistema estrutural (ossatura da edificação de madeira).

A durabilidade é um item muito importante neste tipo de produto, devendo a madeira empregada na produção destes elementos ser o mais resistente possível em relação ao intemperismo e à degradação a agentes biológicos xilófagos. Quando a madeira utilizada não apresenta durabilidade natural adequada as condições de uso, ela deverá passar por um tratamento preventivo que aumente sua durabilidade em relação à degradação biológica.

O impedimento a intrusões pode ser garantido tanto pela resistência da madeira, pelo tipo de emendas das peças que compõem a chapa de vedação, como também pelo sistema de fixação das chapas.

O conforto visual é dependente de fatores sócio-culturais, mas em geral, as madeiras por si só já apresentam gama variada de atributos estéticos naturais inerente aos desenhos de veios e às suas cores in natura. Com a criatividade de modulação, é possível minimizar o preconceito em relação à parede de madeira relativo ao conforto visual. Lembra-se que a uniformidade tradicionalmente aceita nas vedações de alvenarias pintadas pode ser conseguida pela seqüência ritmada da modulação das peças de madeira que compõem a vedação. A repetição do desenho ou mesmo uma brusca quebra na padronização da composição da vedação pode causar efeitos visuais confortáveis, lembrando que as pessoas em geral buscam o belo e/ou diferente para se posicionarem sócio-culturalmente. Como o aspecto do conforto visual é muito subjetivo, a pesquisa de possibilidades de acabamento para a chapa de vedação de madeira se faz necessária para complementar esta exigência, mas não fará parte da presente pesquisa.

A resistência ao fogo pode depender não somente das dimensões das chapas de vedação vertical nem somente da impregnação de produtos ignífugos, mas também da combinação de outros materiais para compor a parede. O mesmo se dá com relação ao conforto térmico e acústico. Isto porque a pretensão de redução de tempo e variação de modulação associada ao benefício básico está diretamente relacionada às dimensões da chapa de vedação.

Observou na análise dos sistemas construtivos que a redução do tempo da obra está muito vinculada ao transporte dos materiais que, por sua vez, se relacionam com as dimensões das peças de madeira para execução das vedações. Por outro lado, a garantia do conforto térmico e acústico e da segurança ao fogo não pode ser dada levando-se em conta apenas espessuras pequenas das chapas de vedação, como se pretende agregar ao novo conceito do produto, para que este atenda ao benefício básico.

Peças leves garantirão transporte e colocação rápidos das chapas de vedação. Associadas a outras alternativas de materiais poderão atender às exigências relacionadas ao fogo, ao conforto térmico e acústico. Por enquanto, as funções estruturais, de segurança a intrusões, de durabilidade, de conforto visual e de economia podem ser compatibilizadas pelo uso de peças de pouca espessura. As demais funções demandam pesquisas específicas que verifiquem a seleção de madeiras que isolem térmica e acusticamente além de retardarem o fogo sem necessidade de associação de outros componentes construtivos para formarem a parede com a mesma idéia de benefício básico já referido.

Assim, a partir da árvore funcional apresentada e tendo sempre em vista o benefício básico, seguiu-se com a geração de conceitos para as chapas de vedação vertical. Preliminarmente, tem-se dois tipos de conceitos, a partir de peças esbeltas de madeira. A idéia inicial é ligar essas peças, unindo-as lateralmente e dispendo-as vertical ou horizontalmente (como mostram os desenhos do quadro 13) para formar chapas verticais ou horizontais respectivamente.

QUADRO 13: CONCEITOS DE CHAPAS PARA VEDAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÃO DE MADEIRA.

GERAÇÃO DE CONCEITOS	
Chapas Verticais	Chapas Horizontais
	

Fonte: Autor 2002.

Observa-se que as peças para comporem esses dois tipos de chapas de vedação vertical poderão ser peças beneficiadas inteiriças, bem como segmentos de peças de onde se retiraram pedaços de madeira defeituosa. O importante é que estas consigam ter (no caso das peças inteiras) ou formar (no caso dos segmentos) o comprimento compatível com espessura e largura para formar as chapas que possam ser facilmente transportadas e manuseadas, no momento da montagem, por uma ou duas pessoas.

Atentando para o benefício básico e os requisitos da árvore funcional, foram geradas três propostas para cada tipo de conceito de chapa (vertical e horizontal) apresentadas no quadro 14. Tanto as chapas verticais como as

horizontais serão comparadas com um conceito de referência para ser, então, selecionado o conceito do novo produto, que será detalhado e testado no capítulo posterior.

QUADRO 14: GERAÇÃO DE CONCEITOS PARA CHAPAS DE VEDAÇÃO VERTICAL.

Geração de conceitos						
	Chapas verticais			Chapas horizontais		
	Proposta "A"	Proposta "B"	Proposta "C"	Proposta "D"	Proposta "E"	Proposta "F"
Tipo de peças para compor as chapas	Peças inteiras	Segmentos de peças (pedaços)	Peças inteiras e segmentos de peças	Peças inteiras	Segmentos de peças (pedaços)	Peças inteiras e segmentos de peças
Dimensão das Peças	E=2,5cm L=10,0cm C=260cm	E=2,5cm L=10,0cm C≥10cm C≤200cm	E=2,5cm L=10,0cm C≥10cm C≤260cm	E=2,5cm L=10,0cm C=300cm	E=2,5cm L=10,0cm C≥10cm C≤200cm	E=2,5cm L=10,0cm C≥10cm C≤300cm
Emendas c/ Adesivo	Laterais	Longitudinais e Laterais	Longitudinais e Laterais	Laterais	Longitudinais e Laterais	Longitudinais e Laterais
Dimensões das chapas	E=2,5cm L=60,0cm C=260cm	E=2,5cm L=60,0cm C=260cm	E=2,5cm L=60,0cm C=260cm	E=2,5cm L=60,0cm C=300cm	E=2,5cm L=60,0cm C=300cm	E=2,5cm L=60,0cm C=300cm
Obs:	E= Espessura; L= largura; C= comprimento; cm= unidade de medida em centímetro.					

Fonte: Autor, 2002.

As características de cada proposta possuem um caráter preliminar e serão selecionadas em etapa posterior. As dimensões das peças e chapas foram pensadas, em um primeiro momento, tomando-se como base: dimensões usuais em tarefas de beneficiamento da madeira, facilidade de manusear e possibilidades de emendas, montagem e modulações. Procurou-se sugerir as menores dimensões possíveis para a facilidade do manuseio.

Com relação às dimensões das peças que formarão as chapas verticais e horizontais, a espessura de 2,5cm foi pré-estabelecida como mínima, para possibilitar uma emenda longitudinal entre peças com comprimento variando entre 200 a 300 cm. Esta espessura de 2,5cm foi pensada, a partir da espessura resultante de uma peça beneficiada de madeira de eucalipto de 3cm de espessura.

A largura baseou-se na idéia de que peças de madeira serradas de aproximadamente 12 cm de largura possibilitam peças beneficiadas de 10cm. Lembrando que a idéia da chapa é ter pouca espessura e que será composta por tábuas igualmente esbeltas, observa-se que a largura dessas tábuas deve ser compatível com a minimização dos problemas de secagem da madeira. Quanto mais larga a peça de madeira, mais sujeita está aos defeitos

decorrentes da secagem, considerando uma pequena espessura. Procurou-se, então, sugerir peças com pequena largura (no caso 10cm) para também efetuar as emendas com adesivo.

O comprimento da peça para as propostas A, B e C das chapas verticais de 260 cm foi baseado no “pé-direito” usual de edificações para habitação. No caso do uso de segmentos de peças, esses comprimentos variam porque são gerados a partir do que sobrou de peças onde foram descartados pedaços com defeitos.

O comprimento de 300cm para as peças das propostas de chapas horizontais é baseado numa medida usual de modulação para compor cômodos em unidades habitacionais. Verificou-se, através de CECCARINI (1988), que a medida equivalente a 300cm é razoável para projetos modulares, podendo variar para mais ou para menos. Como se persegue a idéia de que a chapa será manuseada por no máximo duas pessoas, sugere-se que o comprimento máximo das peças seja de 300cm. Outro fator que estimulou a adoção desta medida como padrão foi a simplificação da linha de produção deste componente, como também para diminuir o vão das vigas e cargas nos pilares da estrutura de sustentação, uma vez que estes componentes terão apenas a função de vedação.

A emenda é proposta com a junção das peças com adesivo. O adesivo é escolhido por ser a ligação mais resistente para peças de madeira. A figura 62 mostra um gráfico da força versus deformação em ligações de madeira, variando o tipo de ligação, desde a utilização de conectores até a cola.

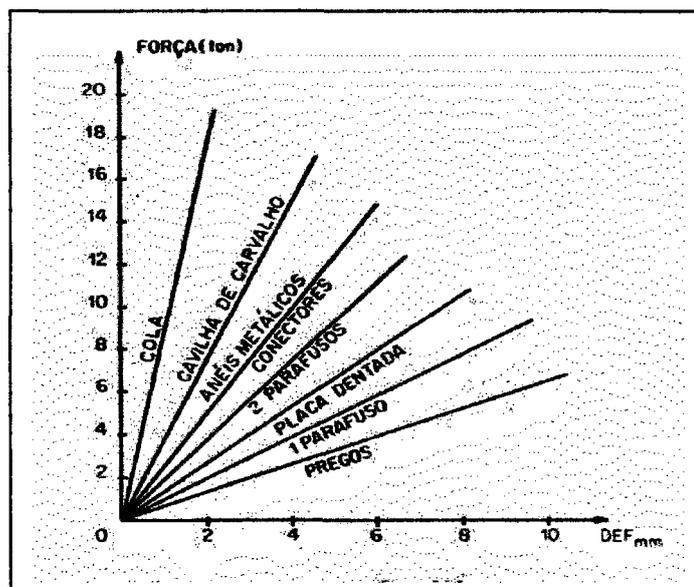


Figura 62: Gráfico da força X deformação em ligações de madeira.
Fonte: MOLITERNO (1981, pg. 136).

As emendas serão laterais se as peças que comporem as chapas forem inteiras, mas haverá necessidade de emendas longitudinais também no caso das propostas com peças segmentadas.

Com relação às dimensões das chapas, as espessuras estão vinculadas às espessuras das peças. Os comprimentos das chapas são justificados pelo exposto para os comprimentos das peças que as conformarão. Já a largura de 60 cm é justificada por uma questão estética de conforto visual e de modulação. Em geral, as vedações pré-fabricadas existentes no mercado apresentam um conflito de emenda entre componentes adjacentes na edificação pronta. Isto gera um resultado estético que revela a linha de modulação do componente de vedação. Essa linguagem modular proporciona uma estética muito utilizada em habitação de interesse social. Segundo BAXTER (1998), consumidores de mais alto poder aquisitivo evitam ter sua imagem associada a produtos consumidos por classes sociais abaixo da sua. Para oferecer uma alternativa para a linha de modulação ser absorvida pela linha de composição da chapa (feita a cada 20cm ou a cada 30 cm), sugere-se a largura de 60 cm para a chapa, considerando paralelamente a facilidade de manuseio. Isto fará com que as paredes compostas com as chapas se diferenciem da linguagem das paredes usuais de casas mais populares.

Uma vez apresentados os conceitos para o novo produto a ser desenvolvido nesta pesquisa, são analisados os conceitos de vedação apresentados no capítulo IV, para eleger um conceito referencial a ser contraposto com as propostas de conceitos gerados. Essas vedações foram descritas com detalhes naquele capítulo, analisadas as suas potencialidades e limitações. A partir deste estudo, foi elaborado o quadro 15 de síntese de três sistemas de vedação para auxiliar na escolha do conceito de referência para checar a viabilidade do conceito do produto proposto.

15: SÍNTESE DOS CONCEITOS DE VEDAÇÃO VERTICAL ABORDADOS NO CAPÍTULO IV E DA NOVA PROPOSTA PARA A CHAMADA DE LICITAÇÃO Nº 001/2014
VEDAÇÃO VERTICAL.

CONCEITOS DE VEDAÇÃO VERTICAL			
	Vedação vertical em tábuas verticais pregadas matajuntadas por ripas	Painel Portante composto de pranchas horizontais.	Siding em madeira p/ revestimento de vedação vertical - Sistema pl...
Espe...	Floreta nativa e de Pinus de reflorestamento.	Floresta nativa.	Madeira de conífera de floresta...
Umidade...	Acima do ponto de saturação das fibras – “madeira verde”.	Acima do ponto de saturação das fibras – “madeira verde”.	Em torno de 12% de umidade - seca artificialmente.
Dimensões dos elementos de madeira	Tábuas em torno de: 2,5cm de espessura, 25cm de largura, 250cm de comprimento. Ripas de 1,5cm de espessura, 5,0cm de largura, 250cm de comprimento.	Pranchões de: 4,5cm de espessura, 15cm de largura, 200cm de comprimento.	Tábuas em torno de: 2,5cm de espessura, 15cm de largura, comprimento máximo de 100cm.
Tratamento preventivo	Madeira serrada.	Madeira serrada e aparelhada.	Madeira serrada e aparelhada.
Tratamento preventivo a base de pintura	Madeira in natura ou com pintura com tinta a óleo, aplicada na obra.	Madeira in natura c/ aplicação de verniz ou stain, ou ainda c/ pintura feita a base de tinta a óleo ou acrílica, aplicada na obra.	Madeira in natura c/ aplicação de verniz ou stain, ou ainda c/ pintura feita a base de tinta a óleo ou acrílica, aplicada na obra.
Tratamento preventivo ativo	Sem tratamento.	Sem tratamento.	Tratamento a base de sais, impregnado através de processo industrial de pressão.

o na a de ção	Prego cravado externamente.	Encaixe do tipo macho-fêmea: entre as pranchas adjacentes e destas nos montantes.	Prego ou parafuso cravado exte
o do ente	Vedar edificação sem função estrutural externamente e internamente. Isolamento: térmico, acústico, barreira de vapor e de umidade, proteger de intrusões. Aparência final.	Vedar edificação com função estrutural externamente e internamente. Isolamento térmico, acústico, barreira de vapor e de umidade, proteger de intrusões. Contribui com a aparência final.	Proteger os demais componentes formam a vedação vertical, com é o acabamento final externo da Aparência final da vedação.
mia pela z de em.	Necessita de maior tempo para sua construção em relação aos outros dois conceitos de vedação, por ser este conceito executado em três etapas: a 1ª fixação das tábuas, a 2ª fixação das ripas externas e a 3ª pela colocação das ripas internas.	A etapa de colocação dos montantes é mais demorada do que a de colocação dos pranchões, pois necessitam estar muito bem apurados para que a parede não fique fora de seu plano vertical. A colocação dos pranchões nas canaletas guias dos elementos verticais é mais rápida que a etapa anterior.	A fixação das tábuas que formam o revestimento de "sidings" pode ser considerada mais rápida o que os outros dois conceitos uma vez que sua aplicação consiste em aparafusar ou pregar as tábuas na estrutura de fixação.
ade de ção	A vedação de tábuas matajuntadas com ripas tem a tábua como unidade modular, variando de 20 a 30cm de largura, a depender do lote de madeira adquirido.	Este tipo de vedação vertical não apresenta uma unidade modular fixa como no de tábuas matajuntadas. Geralmente não utiliza pranchões maiores que 300cm entre montantes, para compor as paredes. As peças podem ser cortadas com comprimento de até 10cm para fechar os espaços entre montantes e batentes de portas, ou de montantes e esquadrias de janelas.	Neste caso, a unidade de composição é a largura da peça e o seu comprimento. A forma de aplicação está relacionada ao desenho final do acabamento da parede.
ça a ção	Segurança relativa ao conector prego, tanto nas ripas como também nas tábuas. Maior facilidade de arrancamento por estarem fixados pelo lado externo da vedação.	Apresenta maior segurança em relação ao conceito de tábuas pregadas e matajuntadas, por estarem os pranchões encaixados nos montantes (peças verticais) e aparados inferiormente em uma viga baldrame de madeira e superiormente em outra viga de amarração da estrutura.	Peças aparafusadas ou pregadas externamente em elementos de madeira. Por não ser o único componente a constituir a vedação vertical, a proteção de intrusões é uma combinação da madeira (OSB, ou compensado) e das tábuas que compõem o "sidings" e das tábuas que compõem o "sidings" e o acabamento final da parede.

<p>12 Durabilidade do componente</p>	<p>Por não ser tratado com produto preservador, tem sua durabilidade à degradação biológica restrita à extrativos naturais que a espécie de madeira utilizada produz, durante o desenvolvimento da árvore.</p>	<p>Por não ser tratado com produto preservador, tem sua durabilidade a degradação biológica restrita a extrativos naturais que a espécie de madeira utilizada produz durante o desenvolvimento da árvore.</p>	<p>A madeira utilizada é a de produto à base de sa processo industrial pelo s pressão. Isto confere à m longevidade em relação à agentes biológicos xilófa</p>
<p>13 Facilidade de manutenção – retirar componente da str. de Sust.</p>	<p>Processo simples, uma vez que as tábuas estão pregadas na estrutura de sustentação e suas dimensões também facilitam esta operação.</p>	<p>Esta tarefa é difícil de ser executada uma vez os pranchões estão encaixados entre si e nas laterais.</p>	<p>Processo simples, uma v estão pregadas na estrut sustentação e suas dime facilitam esta operação.</p>
<p>14 Facilidade de manutenção – pintura da vedação</p>	<p>Por ser uma superfície rugosa, decorrente da utilização das ripas, a aplicação de pinturas se torna mais lenta.</p>	<p>Este tipo de vedação vertical, por ser composta de frisos horizontais e de peças verticais, não possibilita uma rápida aplicação de pinturas.</p>	<p>Quando composta de peç escamas, a pintura é lent</p>
<p>15 Estética do produto – opções formais</p>	<p>Caracteriza-se pela simplicidade, por estar embasada na unidade de forma, uma vez que o desenho da composição, apresenta igualdade (entre tábuas – devido as dimensões), semelhança (entre tábuas e ripas – também decorrente das dimensões) e repetição (tábuas e ripas), por aparecer mais de uma vez no desenho do produto. Estes princípios do desenho possibilitam ao observador uma sensação de harmonia.</p>	<p>Caracteriza-se pela simplicidade, por estar embasada na unidade de forma, uma vez que o desenho da composição apresenta igualdade e repetição (dimensões e encaixes entre os pranchões), por aparecer mais de uma vez no desenho do produto. Os elementos verticais (montantes) proporcionam ao observador uma sensação de quebra da harmonia gerada pelas peças horizontais.</p>	<p>Caracteriza-se pela simp embasada na unidade de que o desenho da compo igualdade e repetição. Es desenho possibilitam ao sensação de harmonia.</p>
<p>16 Vantagens competitivas para a venda</p>	<p>Baixo investimento para aquisição do kit de construção.</p>	<p>Emprego de "madeira de lei ". Entende-se popularmente por madeira de lei como sendo madeira de boa qualidade, por ser própria para estrutura e durável.</p>	<p>Madeira de florestas plan quimicamente para evitar biológica.</p>

Fonte: Autor 2002.

Do quadro 15, elegeu-se o conceito de vedação do revestimento externo do sistema plataforma para comparação com o novo conceito. Esta escolha se deu, uma vez que o produto chapa de vedação desta pesquisa está direcionado para vedar externamente os demais componentes que irão compor uma parede, de forma similar a do sistema plataforma, já que não será atribuída ao novo produto a responsabilidade estrutural, de isolante térmico e acústico e nem servir de barreira de vapor para a construção.

5.4.3. Seleção do conceito

A última etapa do projeto conceitual é a seleção do conceito. Estes são gerados a partir de uma aproximação sucessiva e gradual do produto a ser projetado. Toda a metodologia apresentada até agora fornece subsídio para a proposta de novos conceitos para viabilizar a inovação tecnológica.

Para BAXTER (1998), a obtenção da especificação do projeto do produto, a partir do conceito selecionado, deverá estar de acordo com os objetivos da pesquisa. Para isto elabora-se uma matriz de seleção do conceito, colocando-se em um de seus eixos os conceitos, e no outro os critérios de seleção. Nesta matriz deve aparecer um conceito de referência em que todas as demais serão comparadas. Este pode ser um conceito de referência já existente, que, de alguma forma contribui para geração dos novos conceitos. Estes são avaliados e classificados em termos comparativos de **melhor que (+1)**, **pior que (-1)** ou ainda **igual (0)** ao **conceito de referência**. O conceito referencial pode ser o do melhor produto concorrente do mercado em relação ao novo produto proposto.

O mérito de cada conceito tem como resultado um único número. Quando é positivo indica que o conceito avaliado é melhor do que o referencial, quando o resultado for negativo, o conceito referencial ainda é melhor. Quando o conceito for igual a zero o novo se iguala ao de referência. Aplicando-se este método a todos os conceitos gerados, o que apresentar maior número positivo será considerado o melhor conceito. Obtido o melhor conceito, a este pode ser adicionado os melhores aspectos positivos dos demais conceitos que obtiveram menor pontuação, para incluí-los em um mesmo produto, enquanto que os aspectos negativos são eliminados.

O conceito de referência como foi definido anteriormente é o revestimento de “*siding*” de madeira utilizado no Sistema Plataforma. O quadro 16 apresenta o procedimento da seleção do melhor conceito. Pelo resultado obtido no quadro, o melhor conceito é o da chapas verticais para compor a vedação vertical. Este conceito apresenta três variações que serão analisadas durante o desenvolvimento dos protótipos, para então optar por uma solução.

SELEÇÃO DO MELHOR CONCEITO P/ CHAPAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA DE MADEIRA. CONCEITO REFERENCIAL – REVESTIMENTO DE “SIDING” DE MADEIRA DO SISTEMA PLATAFORMA.

Seleção do melhor conceito para chapas de vedação vertical de madeira

Seleção	Conceito Referencia	Conceito 1	Conceito 2
	Revestimento de siding de madeira do Sistema Plataforma	Chapas Horizontais	Chapas Verticais
Espe	0	(0) Madeira de floresta plantada de rápido crescimento – Eucalyptus.	(0) Madeira de floresta plantada de rápido crescimento –
Umidade	0	(0) Em torno de 12% de umidade - madeira seca artificialmente.	(0) Em torno de 12% de umidade - madeira seca artifi
Dimensões	0	(+1) Chapas com espessura de 2,5cm, largura de 60cm, comprimento de 300cm. Proporcionam mais rapidez de execução da vedação vertical.	(+1) Chapas com espessura de 2,5cm, largura de 60cm, de 300cm. Proporcionam mais rapidez de execução vertical.
Acabamento	0	(+1) Componente esquadrejado nas dimensões determinadas no projeto do produto e de produção do mesmo e lixado.	(+1) Componente esquadrejado nas dimensões determ projeto do produto e de produção do mesmo e
Acabamento	0	(+1) Madeira in natura c/ aplicação de verniz ou stain, ou ainda c/ pintura feita a base de tinta a óleo ou acrílica. Acabamento aplicado na unidade de produção.	(+1) Madeira in natura c/ aplicação de verniz ou stain, c pintura feita a base de tinta a óleo ou acrílica. Ac aplicado na unidade de produção.
Tratamento	0	(0) Tratamento a base de sais impregnados através de processo industrial pelo método de vácuo pressão.	(0) Tratamento a base de sais impregnados através d industrial pelo método de vácuo pressão

o na a de ação	0	(0) Por meio de parafusos autoataraxantes, fixados pela parte interna da construção. Menor probabilidade de oxidação do conector, por não estar exposto ao intemperismo, como também maior segurança ao arrancamento do componente, considerando a intrusão.	(0) Por meio de parafusos autoataraxantes, fixados pela da construção. Menor probabilidade de oxidação do não estar exposto ao intemperismo, como também segurança ao arrancamento do componente, consi intrusão.
o do ente	0	(0) Proteger os demais componentes que formam a vedação vertical, como também serve de acabamento final externo da parede.	(0) Proteger os demais componentes que formam a vedação como também serve de acabamento final externo da
gerada dez de gem.	0	(0) O conceito proposto possibilita menor tempo de execução por ser o componente mais largo (60cm) do que o siding (15cm), colocado um a um a estrutura de fixação.	(0) O conceito proposto possibilita menor tempo de execu o componente mais largo (60cm) do que o siding colocado um a um a estrutura de fixação.
ade de ção	0	(-1) Por ser a chapa horizontal e ter largura de 60cm e comprimento de 300cm é menos versátil do que o componente de referencia.	(0) Este conceito apresenta maior possibilidade de com relação ao conceito de referência, uma vez que, a verticais, apresentam frisos de acabamentos que p combinados de varias formas a fim de diversificar o do produto final. O conceito de referência é mais li relação à diversidade de composição, pelo fato da estarem dispostas na horizontal em forma de es
nça a ção	0	(0) Por serem as chapas fixadas com parafusos pela parte interna da construção, apresentam maior segurança do que o conceito referência, onde os componentes são fixados pela parte externa da construção com pregos ou parafusos, que também ficam expostos ao intemperismo e oxidação.	(0) Por serem as chapas fixadas com parafusos pela parte construção, apresentam maior segurança do que o referência, onde os componentes são fixados pela p da construção com pregos ou parafusos, que tam expostos ao intemperismo e oxidação.
ade do ente	0	(0) O componente do conceito referencia por ser tratada com produtos a base de sais impregnados a vácuo - pressão e por ser madeira de conífera (baixa densidade com boa permeabilidade) possibilita uma impregnação de 100% da peça tratada. Em relação ao componente proposto por ser a madeira de Eucalipto grandis as peças que apresentarem madeira de cerne terão provavelmente uma impregnação parcial. Porém este tratamento também possibilitará longevidade as chapas de vedação.	(0) O componente do conceito referencia por ser tratado produtos a base de sais impregnados a vácuo - pressão madeira de conífera (baixa densidade com boa permeabilidade) possibilita uma impregnação de 100% da peça tratada relação ao componente proposto por ser a madeira de Eucalipto grandis as peças que apresentarem madeira de cerne provavelmente uma impregnação parcial. Porém este tratamento também possibilitará longevidade as chapas de vedação réguas na vertical facilitam o escoamento da

de de ção – ar ntes da Sust.	0	(-1) Por ser a chapa mais larga e por estarem fixadas pela parte interna da construção, apresentam mais dificuldades para retirada da estrutura de sustentação e manuseio quando comparada com as tábuas (siding), para futura manutenção.	(-1) Por ser a chapa mais larga e por estarem fixadas interna da construção, apresentam mais dificuldades da estrutura de sustentação e manuseio quando com as tábuas (siding), para futura manutenção.
de de ção – vedação	0	(1) As chapas de vedação por apresentar uma superfície com acabamento feito com ranhuras mais espaçadas entre si e por não ser rugosa com a do siding, a manutenção de pinturas se tornam mais fácil.	(1) As chapas de vedação por apresentar uma super acabamento feito com ranhuras mais espaçadas em não ser rugosa com a do siding, a manutenção de tornam mais fácil.
a do to – formais	0	(-1) Menor possibilidade de composição pelos projetistas, por ter comprimento de 300cm e maior largura, o que possibilita demarcação de linhas verticais, no encontro de topo das chapas adjacentes, indicando a modulação do componente, o que não ocorre com o produto de referencia. Este detalhe vertical poderá não agradar aos consumidores.	(1) Maior possibilidade de composição e de acabamento relação ao conceito de referencia. Os detalhes de vertical absorvem a linha de encontro formada entre. Esta solução minimiza o impacto da modulação da
ens as para da	0	(1) O conceito do produto proposto apresenta, em relação ao conceito referencial, maior rapidez de montagem, menor tempo para construção. Maior segurança a intrusões e oxidação do conector, por estar fixando as chapas na estrutura pela parte interna da construção. Utilização de madeira de floresta plantada e tratada quimicamente contra degradação biológica.	(1) O conceito do produto proposto apresenta, em relação ao conceito referencial: maior rapidez de montagem, maior tempo para construção, maior gama de acabamento, maior intrusões e maior proteção do conector à oxidação (o que leva a não mancha com a oxidação do conector, o que leva a acabamento final do componente), por estar fixando a estrutura pela parte interna da construção. Utilização de madeira de floresta plantada e tratada quimicamente contra degradação biológica.
al	0	+8	+11

As chapas horizontais não serão adotadas, fazendo-se uma especial referência ao problema da sua modulação. A modulação das chapas horizontais está marcada a cada 300cm, o que geraria uma linha vertical no encontro destes componentes, quando utilizados para formar uma vedação vertical. Esta linha vertical de encontro entre dois destes componentes caracteriza-se como uma solução que deixa a desejar, quando se pretende uma uniformidade sem interrupção do acabamento final da parede.

Já na opção pelas chapas verticais, ao serem as mesmas colocadas em seus respectivos locais de fixação na estrutura de sustentação e, a depender do acabamento que for adotado na junção de uma chapa com outra e da solução estética adotada para elas, estas linhas verticais de modulação poderão ser absorvidas no desenho de composição que formarão as chapas. O quadro 17 refere-se à especificação do produto gerado pela seleção do melhor conceito.

QUADRO 17: ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO.

Especificação do Produto - Chapas de Vedação Vertical de Madeira			
	Especificação do produto	Características do produto	Disponibilidade
1	Unidade modular de composição	Peça de E=2,5cm; L=10cm; C=260cm	Necessário
2	Emenda longitudinal para formar peças de 260cm de comprimento	Retirada dos defeitos de formação da madeira – corte das peças de grande comprimento com abaulamento em peças menores. Ligação dos seguimentos de tábuas para recompor as tábuas.	Necessário Necessário
3	Composição modular	3 sub módulos de 20cm 2 sub módulos de 30cm	Necessário Necessário
4	Dimensões	E=2,5 cm, L=60cm, C=260cm	Necessário
5	Junção lateral das peças de unidade modular de composição	Cola para uso externo Lingüeta de madeira para ligação lateral Encaixe Macho-Fêmea, de topo....	Necessário Necessário Necessário
6	Acabamento do produto	Superfície lixada	Necessário
7	Tratamento preventivo	Base da chapa (impregnação vácuca pressão) e pincelamento/ imersão corpo da chapa.	Necessário
8	Sistema de fixação	Chapas aparafusadas pela parte interna Elemento de fixação da chapa servindo de guia para montagem do sistema de vedação.	Necessário Necessário
9	Montagem na obra	Junção lateral, com encaixe de meia seção nas chapas adjacentes.	Necessário

Fonte: Elaborado a partir de BAXTER (1998).

5.4.4. Especificação do projeto

Segundo BAXTER (1998), através da especificação do projeto, procura-se antecipar o que poderia causar o sucesso ou até mesmo o fracasso de um determinado produto. Naturalmente, as causas estão relacionadas com o tipo de produto e do mercado a ser inserido. Para auxiliar nesta tarefa de levantamento de prós e contras do novo produto, algumas perguntas podem ser feitas, quando o produto ainda está em desenvolvimento. Para complementar esta tarefa, montou-se os quadros 18, 19, 20 e 21 que apresentam requisitos e especificações para o produto proposto nesta pesquisa, a medida que as perguntas sugeridas pelo autor são apresentadas.

a) Ele será aceito pelo consumidor?

Esta preocupação procura verificar se o produto tem possibilidades de ser aceito pelos consumidores.

QUADRO 18: REQUISITOS do MERCADO e ESPECIFICAÇÕES do PROJETO.

Requisitos	Especificação
Preço estimado	Deve ser compatível ao das chapas de madeira reconstituídas disponibilizadas no mercado atualmente.
Desempenho do produto	Deve ser superior as chapas de madeira reconstituídas existentes no mercado.
Aparência / imagem / estilo	Deve apresentar produto que incorpore tecnologia moderna de tratamento e beneficiamento da madeira, que valorize a beleza natural da madeira como também possibilite uma gama variada de acabamentos superficiais, ser durável, seguro e bonito.
Comercialização	Rótulo / Embalagem e Outros Materiais (divulgação em feiras de construção e materiais para construção, folhetos, palestras) / Informações comerciais (código de barra).
Específicos para Venda	O benefício básico do produto deve ser destacado pelo vendedor.
Transporte e Armazenagem	Apresentar possibilidade de transporte de várias unidades de chapas de uma só vez com utilização de equipamento mecânico, ou individualmente quando carregado por um operário. Permitir armazenagem de várias unidades de componentes em uma única estante.

Fonte: Autor 2001 - respaldado em BAXTER (1998)

b) Ele funcionará como projetado?

Esta pergunta está relacionada com o funcionamento do produto:

QUADRO 19: REQUISITOS do FUNCIONAMENTO e ESPECIFICAÇÕES do PROJETO.

Requisitos	Especificação
Vida útil em funcionamento	30 anos em média (tempo estimado de vida de uma peça de madeira tratada com impregnação de sais a vácuo pressão).
Especificação do ambiente operacional	Edificações residenciais e comerciais
Instalações/ Requisitos de uso	Através de instruções de uso em manuais.
Metas de durabilidade e confiabilidade	Emprego de materiais e processo de produção adequados.
Manutenção	Facilidade de manutenção e de Reposição de componentes
Descarte / Reciclagem	Não poluente / Reaproveitável

Fonte: Autor 2001 - respaldado em BAXTER (1998)

c) É possível de ser fabricado?

Este questionamento está relacionado com a fabricação do produto.

QUADRO 20: REQUISITOS de FABRICAÇÃO e ESPECIFICAÇÃO de PROJETO.

Requisitos	Especificação
Meta de custo para fabricação	Equivalentes às chapas de madeira reconstituídas industrializadas disponíveis no mercado.
Quantidade de produção	Relacionado com a capacidade de produção dos equipamentos utilizados pela indústria que se propõe a produzir (de médio ou de grande porte).
Tamanho e peso do produto	Tamanho Padrão – 260cm de altura por 60cm de largura e 2,5cm de espessura. Peso (aproximadamente 25kg) – facilmente transportado por um homem.
Terceirização de componentes	Produção de perfis metálicos especiais, elementos de fixação das chapas na estrutura de sustentação (parafusos), tratamento da madeira em relação à degradação biológica aplicação de acabamento especial.
Problemas de fabricação	Materiais – qualidade da madeira e características do adesivo adotado. Processos de Fabricação - aproveitamento da madeira, aplicação do adesivo nas ligações longitudinais das peças para formar as tábuas reconstituídas, aplicação do tratamento preventivo da madeira. Montagem – aplicação lateral da cola nas tábuas reconstituídas, prensagem, polimento da superfície com ranhuras (acabamento superficial da chapa)

Fonte: Autor 2001- respaldado em BAXTER (1998)

d) O produto está de acordo com as normas e legislações que regulamentam as exigências a ele relativas?

Esta pergunta está relacionada com as normas e legislação vigente relacionadas com a produção das chapas, sendo elas:

QUADRO 21: REQUISITOS de NORMAS e LEGISLAÇÃO para ESPECIFICAÇÃO do PROJETO.

Requisitos	Especificação
Legislação da área	Aplicação de instrumentos normativos relacionados com chapas de madeira para vedação vertical. MB-3256 (Divisórias Internas Moduladas – Verificação de Resistência a Impactos), MB-3259 (Divisórias Leves Moduladas – Verificação do Comportamento sob Ação de Cargas Provenientes de Peças Suspensas), NBR-8054 (Porta de Madeira de Edificações – Verificação do comportamento da Folha Submetida a Manobras Anormais): este ensaio verifica o comportamento de paredes externas devido a interação com portas quando submetidas a fechamento brusco.
Padrões industriais	Relacionados com os equipamentos disponíveis para produção do componente.
Padrões da empresa	Especificada de acordo com característica de cada empresa (mão-de-obra, maquinário, matéria prima e mercado que se pretende atingir).
Compatibilidade com outros produtos e acessórios.	Chapas de madeira reconstituídas com lâminas, lascas e sarrafos. Chapas de gesso acartonado e cimentícias. Produtos para servir de barreira de vapor em vedações verticais. Isolantes térmicos e acústicos. Elementos de fixação - parafusos e perfis metálicos.
Testes	Construção de protótipos com os mesmos materiais a serem empregados no produto e ensaiados dentro das mesmas condições de utilização das chapas.
Propriedades industriais	Patentes / Marcas / Registro de projeto

Fonte: Autor 2001- embasado em BAXTER (1998)

A partir destes quadros, pode-se verificar os pontos que estão relacionados com o novo produto e referentes à sua aceitação pelos consumidores, assim como se o produto terá funcionamento como projetado, a possibilidade de fabricação e as normas que regem o seu desempenho.

Outro aspecto a ser considerado, sempre que um requisito for apresentado, é verificar se este se enquadra como um desejo ou uma demanda. No caso de ser considerado como uma demanda, ele será essencial para o sucesso do produto, e se for um desejo não será tão importante como quanto a demanda. Sendo assim, os requisitos que estão relacionados às necessidades dos consumidores são classificados como fatores **básicos**, de **performance** e de **excitação**, conforme BAXTER (1998), os quais serão apresentados na seqüência deste sub-item.

O mesmo autor coloca que quanto mais um produto apresente qualidades desejadas pelo seu consumidor, mais este ficará satisfeito. Todavia, nem sempre a ausência ou presença de certas qualidades no novo produto

aumentam ou reduzem a satisfação do consumidor. Isto pode ocorrer porque os consumidores têm **expectativas básicas** sobre o produto que nem sempre são percebidas. O encantamento do consumidor pelo produto é o **fator de excitação** que adiciona ao produto requisitos a mais além das expectativas básicas. Além destes dois fatores de satisfação do consumidor, existe mais um chamado de **fator de performance**, intermediário aos outros dois, que está relacionado com as qualidades que os consumidores declararam esperar do produto. De uma forma sintética poderia ser colocado em relação a estes três fatores:

Expectativas Básicas: Consiste de necessidades e desejos que geralmente não são declarados em função dos aspectos típicos ou normais nos produtos concorrentes. Esses desejos se caracterizam pela dificuldade de serem identificados pela pesquisa de mercado. Através da análise de pesquisa dos produtos concorrentes podem ser identificados. A ausência de qualquer característica básica do produto causa insatisfação do consumidor.

Fatores de Excitação: Fazem parte deste conjunto de fatores as necessidades e desejos não declarados pelos consumidores, como também aspectos ainda não presentes nos produtos concorrentes. Estes fatores satisfazem necessidades reais e não são apenas paliativos. Podem ser obtidos a partir da pesquisa de mercado, para satisfazer a insatisfação em relação a produtos existentes. A ausência dos fatores de excitação não provoca insatisfação do consumidor.

Fator de Performance: Caracterizam-se pelas necessidades e desejos declarados, nas características presentes em produtos concorrentes. Podem ser facilmente levantadas através de pesquisas de mercado. A presença contribui para o aumento da satisfação do consumidor. O pouco atendimento aos fatores de performance resulta em insatisfação do consumidor.

A classificação dessas necessidades é mutável com o tempo. Fatores que foram considerados de excitação, no início de lançamento de um produto, depois de algum tempo, passam a categoria de performance e conseqüentemente se tornam uma necessidade básica.

Para satisfazer o consumidor, é necessário entender que a satisfação do usuário de um determinado produto é dinâmica. Outra coisa a ser compreendida, é que nem o próprio consumidor sabe quando ela muda. Desta forma, todo produto disponibilizado para o consumo deverá estar sempre melhorando e sendo aperfeiçoando em um processo contínuo. Existem dois movimentos, o primeiro é aquele em que o consumidor está à frente e neste caso a empresa tem que acelerar suas ações para atingir a satisfação do consumidor. Um segundo movimento é aquele em que as empresas estão à frente e as expectativas do consumidor são sempre superadas, como é o caso dos produtos eletroeletrônicos. Manter-se à frente da satisfação do consumidor deve ser a meta das empresas que pretendem continuar no mercado. Para isto, elas deverão investir em pesquisa nas áreas de "*marketing*", processo de

produção, utilização de novos materiais, entre outros aspectos relativos ao produto a ser proposto.

Sendo assim, pode-se elaborar o quadro 22 para organizar informações sobre os requisitos de projeto e, a partir dele, rever o benefício básico do projeto do produto desta pesquisa, considerando os fatores básicos, de performance e de excitação, como também verificar o que pode ser considerado como demanda e desejo dos consumidores em relação ao objeto proposto.

QUADRO 22: REQUISITOS SOBRE PROJETO DO PRODUTO CHAPAS DE MADEIRA.

Produto proposto: Chapas de madeira.		
Requisito do Produto	Demanda ou Desejo	Fatores: Básicos, Performance, Excitação.
Delimitar espaços – vedar edificações e apresentar segurança a intrusões.	Demanda	Básico
Ser durável: resistente a degradação Biológica e Abiótica; reduzir o tempo de construção e de desperdício de material.	Demanda	Performance
Ser agradável visualmente; possibilitar composição com outros materiais e componentes; manutenção e desmontagem simplificada; reciclável.	Desejo	Excitação

Fonte: Adaptado do BAXTER (1998) para o produto chapas de madeira.

O que é essencial para o produto “chapa de madeira para vedação vertical” ? Com a análise do benefício básico, os requisitos que forem considerados como **demanda** deverão ser mantidos e aqueles que se configurarem como **desejos** não serão tão determinantes quanto à demanda para o sucesso do produto.

Conforme os critérios e requisitos relacionados às necessidades do consumidor devem ser classificados os fatores:

Básicos:

- **Delimitar espaços – vedar edificações e apresentar segurança a intrusões;**

De performance:

- **Grande vida útil (adequadas para uso externo e interno de uma edificação); redução do tempo de construção da edificação (processo de montagem simplificado); variada possibilidade de modulação;**

De excitação:

- **Possibilidade de composição com outros componentes de construção existente no mercado; manutenção e desmontagem simplificada em uma obra; recicláveis no momento de descarte;**

5.5. Síntese do Projeto Conceitual.

Com o benefício básico estabelecido e o conceito selecionado, enfatiza-se as seguintes recomendações para o novo produto:

- a) Deverá o produto ter dimensões que facilite seu transporte por um operário, como estabelecido na especificação do produto.
- b) Quanto as tábuas que irão compor a chapa poderão ser obtidas a partir da colagem longitudinal de vários seguimentos isentos de defeito de formação da madeira.
- c) Obtenção das chapas de vedação vertical a partir da colagem lateral das peças reconstituídas.
- d) Deverá a chapa ter próxima à base um elemento que auxilie a sua fixação na estrutura de sustentação.
- e) Seu sistema de encaixe lateral com outra chapa adjacente deverá facilitar a sua colocação na fase de montagem da vedação, como também na de manutenção com remoção das chapas e na fase de desmonte da construção.
- f) Terá que funcionar preferencialmente como componente de vedação sem função estrutural.
- g) Deverá resistir a impactos de corpo mole de 240J sem apresentar qualquer tipo de deformação ou fissuras na madeira como também nas linhas de cola, presentes nas ligações das tábuas nos sentidos longitudinal e lateral.
- h) Deverão as chapas receber tratamento especial contra o apodrecimento da madeira devido à degradação de fungos apodrecedores e de insetos xilófagos, com produtos fungicidas e inseticidas.
- i) Deverá ser fixado na estrutura de sustentação pela parte interna da construção, com isto dificultar intrusões no interior da edificação, como também evitar que o conector oxide com o intemperismo e venha a manchar a madeira, tendo como consequência a perda de sua função de elemento de fixação e a danificação da estética do produto, como se vê na figura 63.

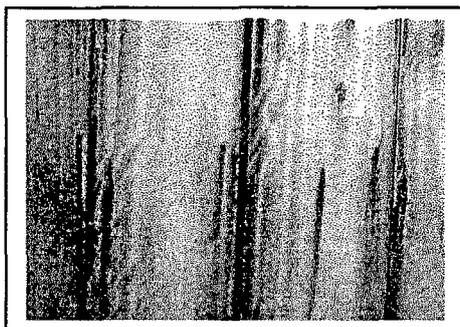


Figura 63: Tábuas manchadas com lista preta, pela oxidação dos pregos cravados pelo lado externo da moradia. Fonte: Autor 2001.

- j) Quanto à composição das chapas estas deverão ser produzidas por sub-módulos de 20 e ou de 30cm. Estes elementos de modulação têm por finalidade facilitar composições de vedações sem gerar desperdício na obra.
- k) Em relação a madeira empregada esta deverá estar com teor de umidade em torno de 15%, ou o mais próximo possível do ponto de equilíbrio com a umidade do meio a ser empregada, para evitar que a madeira seque em serviço, o que poderá ocasionar fendas e rachaduras como mostra a figura 64, como também outros problemas decorrentes de uma secagem mal conduzida.

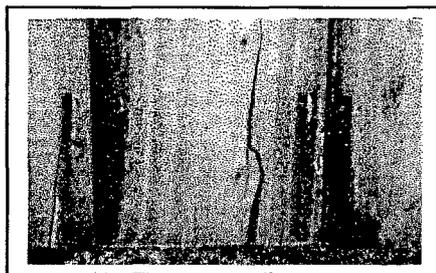


Figura 64: Rachadura decorrente da utilização de tábua com alto teor de umidade. Fonte: Autor 2001.

É função do projeto conceitual apresentar apenas os conceitos que irão constituir o novo produto. O projeto conceitual poderá ser considerado terminado, quando se chega a um conjunto de princípios de forma e função, para o produto como um todo. Isto quer dizer como os conceitos deverão mostrar de que forma o produto atenderá as necessidades dos consumidores e se diferenciarão dos concorrentes, conforme BAXTER (1998). A arquitetura do produto, as partes necessárias para formá-lo e as junções são definidas na fase de configuração do projeto. Sendo assim, esta pesquisa também apresenta a configuração das chapas de madeira no capítulo que se segue.

6. CONFIGURAÇÃO DO PROJETO

A partir das recomendações de projeto tem-se início a fase de configuração do projeto. Nesta etapa, procura-se levantar possibilidades soluções para cada recomendação. Sendo assim, o projeto da configuração (arquitetura do produto) começa com a divisão do produto em componentes para fabricação. Esta etapa também é feita em nível conceitual, explorando-se as variedades de formas e funções para cada componente e escolhendo de forma sistemática a melhor para o projeto do novo produto.

A definição do processo de fabricação é o próximo passo dentro desta seqüência de configuração do produto. Para realizar esta fase o projeto de configuração examina as idéias preliminares do projeto detalhado, considerando também o material e processos de fabricação para produção do componente, chegando até a construção do protótipo do produto.

6.1. Arquitetura do Produto

A arquitetura de um produto pode ser analisada através de sua funcionalidade como também de seu aspecto físico. Quando esta é estudada considerando o ponto de vista funcional, observa-se as tarefas que o produto desempenha e de que forma ela contribui para o desempenho global do produto. Portanto, uma chapa de vedação tem a função de vedar um ambiente. Para que ela desempenhe esta tarefa cada componente que constitui o sistema de vedação deverá ter sua própria função.

Quanto aos elementos físicos de um determinado produto, estes estão relacionados com as peças que exercem as funções do produto. Sendo assim, os elementos físicos podem ser dispostos em blocos, e cada bloco pode ser constituído por um conjunto de componentes que desempenham funções específicas para o funcionamento do produto.

Segundo BAXTER (1998), a arquitetura de um produto pode ser denominada como modular e integrada. Para este autor, a arquitetura modular é composta de vários blocos de componentes e cada um tem uma função específica para o desempenho do produto. Como exemplo de produto modular da construção civil que apresenta estas características cita-se a vedação vertical do sistema plataforma. Ela pode ser assim considerada por ser constituída por vários componentes distintos entre si e cada um tem uma função bem definida para o desempenho deste tipo de vedação. Neste caso, cada componente por desempenhar uma função específica pode ser acrescido ao sistema de vedação de forma independente dos demais. Esta característica também possibilita que a manutenção ao longo da vida útil do produto possa ser implementada de forma independente em cada componente.

Outra vantagem da arquitetura modular é a possibilidade de padronizar os componentes ou blocos de componentes. Desta forma, cada componente exerce apenas uma função ou um pequeno conjunto de funções. Portanto, dentro deste princípio, cada bloco poderia ser utilizado em vários modelos de produtos. Isto se torna possível em função das diversas possibilidades de combinações entre os blocos.

O contrário desta arquitetura é a integrada, que se caracteriza pelo fato dos elementos funcionais do produto estarem distribuídos em mais de um bloco, como também cada bloco de componente exerce muitas funções e as interações entre os blocos são mal definidas e nem sempre podem ser consideradas como fundamentais à função primordial do produto. Como exemplo de produto que tem esta arquitetura dentro da construção civil, pode-se mencionar as vedações verticais feitas com pranchões horizontais ancoradas nas extremidades com montantes. Neste caso, a vedação tem função estrutural, de isolamento acústico, térmico e também a principal que é de vedar. Portanto, o produto pode ser considerado como um bloco único. A principal desvantagem da arquitetura integrada é a dificuldade de introduzir mudanças no projeto, como também sua manutenção fica mais dificultada.

Estes dois conceitos na prática podem aparecer misturados na maioria dos produtos existentes no mercado. No entanto cabe ao projetista / "designer" propor qual o peso maior que vai ser dado destes dois conceitos para o novo produto.

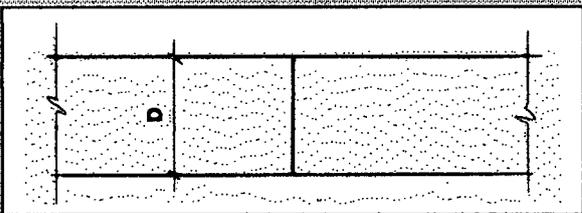
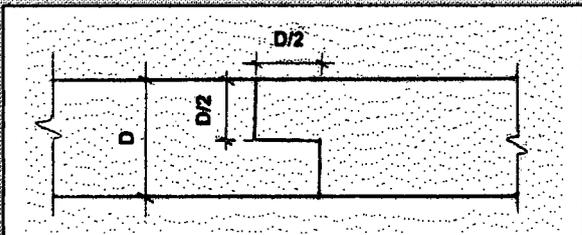
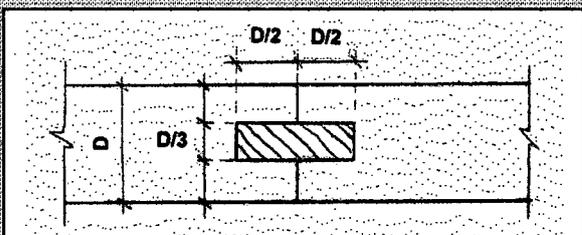
Nesta pesquisa o objeto proposto é a chapa para vedação vertical. Um dos princípios de projeto que rege este novo produto é a possibilidade do mesmo poder ser empregado em diversos sistemas de vedação. Sendo assim, ela apresenta como conceito básico o de arquitetura modular, que se enquadra dentro do sistema construtivo aberto.

O primeiro componente a ser considerado na proposta de produto desta pesquisa, são as tábuas feitas de madeira reconstituída. Estas são obtidas a partir do aproveitamento da madeira de boa qualidade, ou seja, madeira isenta de defeitos de formação como os nós soltos e nós firmes de grande dimensão (que ocupe pelo menos 40% da seção transversal da peça), rachaduras, bolsas de resinas, furos de insetos, entre outros. Isto ocorre porque a madeira empregada é de florestas plantadas, no caso a de Eucalyptus.

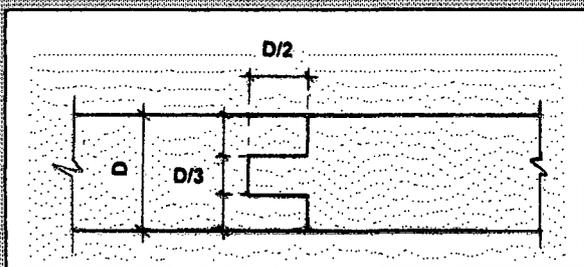
Quando se trabalha com este tipo de madeira serrada, geralmente em um lote de peças ocorrem poucas peças inteiras sem defeito de formação ou decorrente da secagem, e uma grande quantidade de peças com comprimento variado, resultante dos cortes que se fazem necessários para retirada dos defeitos de formação ou de secagem, as quais para serem aproveitadas terão que ser coladas entre si no sentido longitudinal para formar uma tábua no comprimento desejado.

Sendo assim, recorreu-se à bibliografia existente para levantar quais os tipos de emendas que poderiam ser empregadas para formar uma tábua no comprimento desejado para atender ao projeto das chapas. A seguir são apresentadas no quadro 23 algumas possibilidades de ligação e comentários sobre cada uma delas.

QUADRO 23: CONCEITOS DE EMENDAS PARA FORMAR TÁBUAS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA, A PARTIR DE PEÇAS DE PEQUENOS COMPRIMENTOS.

POSSIBILIDADES DE EMENDAS	COMENTÁRIOS
<p>a - Emenda de Topo</p>  <p>Fonte: NUTSCH, 1992, pg.334.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena perda de madeira gerada pelo destopo das peças. • Utilização para formar tábuas reconstituídas com emendas coladas, podendo estas ser empregadas na vertical ou horizontal. • Área de cola limitada pela espessura e largura da peça. • Processo de produção: Aparelhamento da peça e da superfície a ser colada, aplicação da cola e pressão de colagem.
<p>b - Emenda a meia seção</p>  <p>Fonte: NUTSCH, 1992, pg.331.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de madeira gerada pelo destopo das peças e produção do rebaixo da meia seção. • O emprego desta emenda aumenta a área a ser colada, quando comparada com a ligação de topo feita com peças de mesma seção transversal. • As tábuas podem ser coladas para formar chapas verticais ou horizontais. • Processo de produção: Aparelhamento das quatro faces das peças, produção do rebaixo, aplicação da cola e pressão de colagem.
<p>c - Emenda com Lingueta</p>  <p>Fonte: NUTSCH, 1992, pg.332.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de madeira para produção do rebaixo ao serem executadas as canaletas que receberão a lingueta. • O emprego em emendas coladas faz aumentar a linha de cola, quando comparada com a ligação de topo. • Aproveitamento de sobras de madeira para produção das linguetas. • As tábuas podem ser coladas para formar chapas verticais ou horizontais. • Processo de produção: Aparelhamento da lateral da tábua, produção das canaletas, da lingueta, aplicação da cola e pressão de colagem.

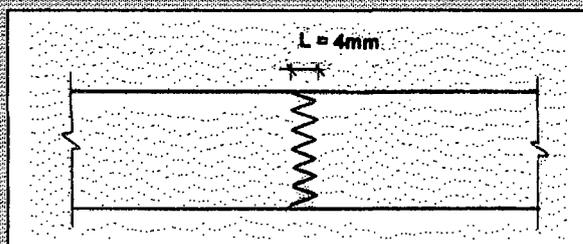
d – Emenda Macho-Fêmea



Fonte: NUTSCH, 1992, pg.332

- Perda de madeira em função do destopo da peça e para produção do encaixe macho-fêmea.
- Aumento da área de colagem, comparado com a emenda de topo.
- As tábuas podem ser coladas para formar chapas verticais ou horizontais.
- Processo de produção: Aparelhamento das faces das peças, produção dos encaixes macho-fêmea, aplicação da cola e pressão de colagem.

e – Emenda Dentada

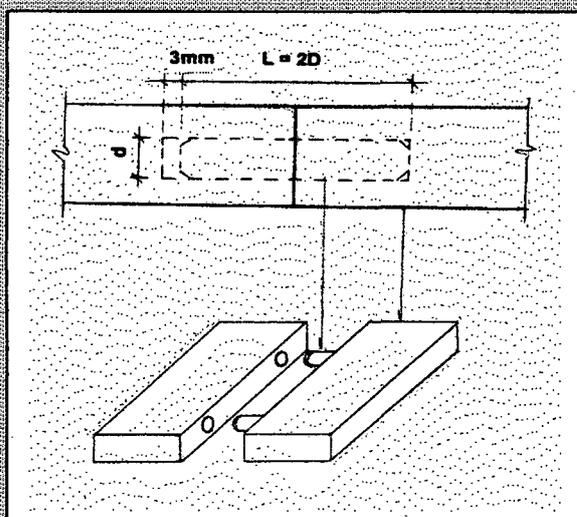


Fonte: DIN 68140, citada por MACEDO & CALIL, 1998, pg.184

- Pequena perda de madeira em função do destopo das peças e para produção do encaixe dentado.
- O emprego em emendas coladas aumenta a linha de cola.
- Utilização das tábuas coladas na vertical e na horizontal.
- Processo de produção: Aparelhamento da lateral das peças, produção dos encaixes dentados, aplicação da cola e pressão de colagem.

OBS: O comprimento do dente especificado é para componente sem função estrutural.

f – Emenda com Tarugo

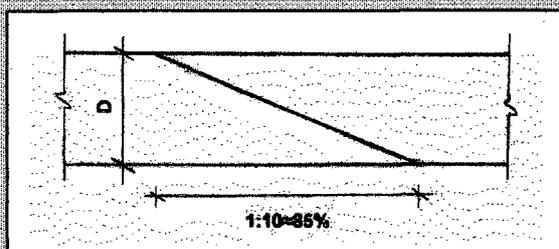


Fonte: NUTSCH, 1992, pg.334

- Aparelhamento das faces das peças.
- Pequena perda de madeira para produção dos furos para colocação dos tarugos.
- Utilização das tábuas coladas na vertical e na horizontal.
- Processo de produção: Aparelhamento da lateral da tábua, produção dos furos p/ colocação dos tarugos, aplicação da cola, colocação dos tarugos e pressão de colagem.
- $d \{(2/5 \times D) \text{ ou } (3/5 \times D)\}$.

OBS: D= espessura da tábua, d= diâmetro da cavilha, L= comprimento da cavilha.

g – Emenda Biselada



OBS: A eficiência da emenda com inclinação de 1:10 é igual a 85%, segundo CARRASCO 1989, pg.2-23.

- Aparelhamento das faces das peças.
- Grande perda de madeira para produção das peças em forma de cunha.
- As tábuas podem ser coladas para formar chapas verticais ou horizontais.
- Processo de produção:
Aparelhamento da lateral da tábua, produção dos chanfros p/ aplicação da cola, colocação das peças na prensa, aplicação de pressão de colagem.

Fonte: Autor 2001

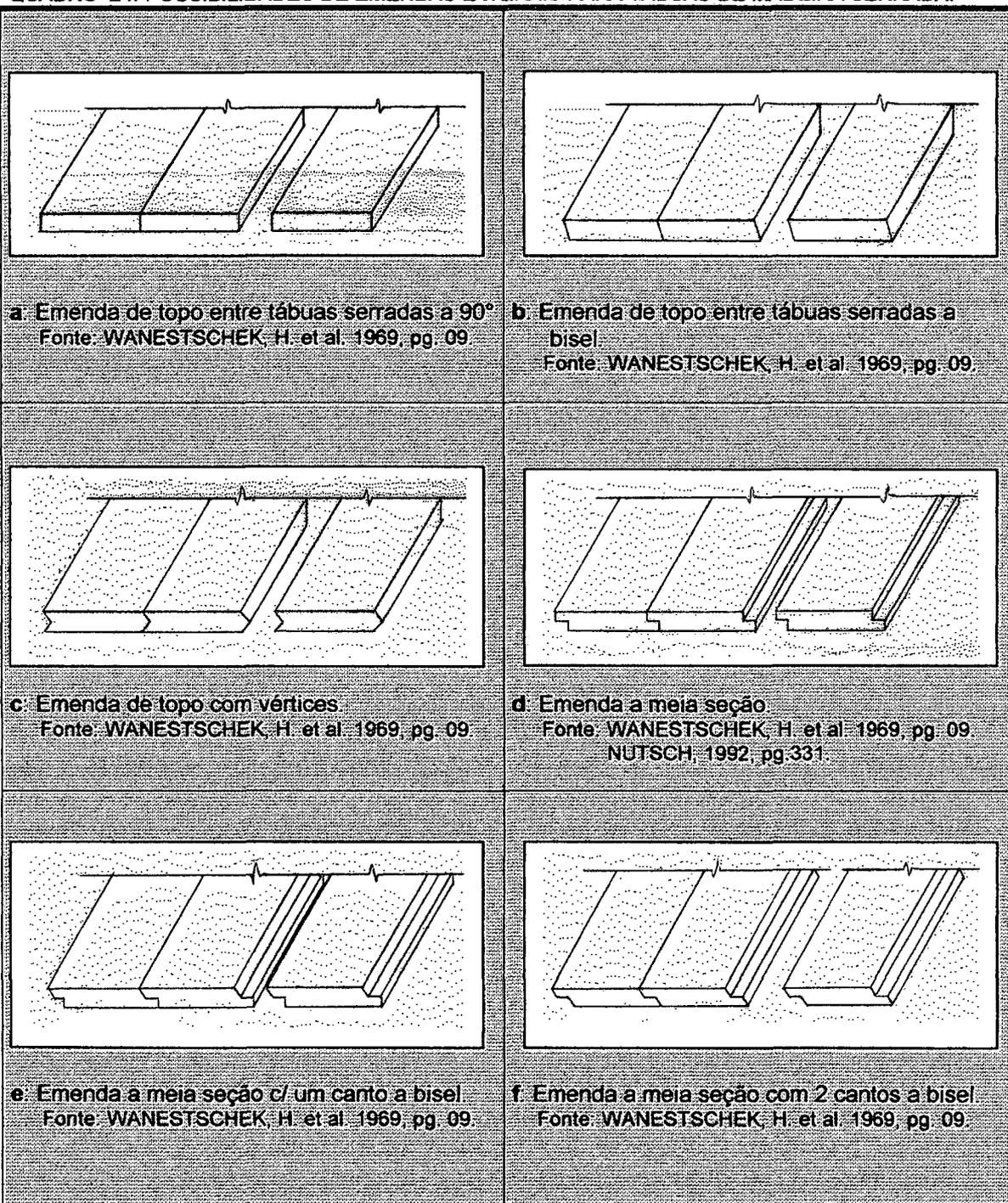
A emenda biselada até o início dos anos sessenta era largamente utilizada nos EUA. Todavia, a dificuldade de se cortar as peças de madeira na inclinação do bisel, de 38,1cm a 50,8cm de comprimento, e a dificuldade de alinhamento na hora de montagem acabavam por interferir na resistência da emenda, segundo CARRASCO (1989). Para eliminar estas dificuldades e as desvantagens das emendas biseladas, foram introduzidas as emendas dentadas.

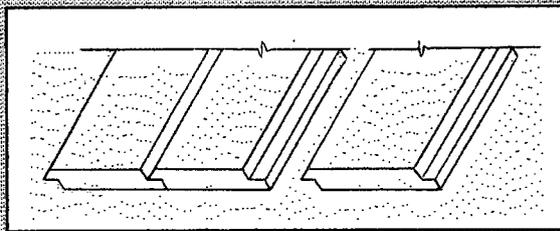
CARRASCO (op.cit.), citando MOODY apresenta as seguintes vantagens, em relação ao processo de produção, das emendas dentadas em relação as biseladas: às emendas dentadas proporcionam uma economia de madeira maior que 90% em relação à biselada, uma vez que, para produzir a primeira em uma peça de 5cm de espessura, é necessário recortar a madeira com um comprimento de 2,54 a 5,00cm, enquanto que para executar a segunda, seriam necessários 45,75cm aproximadamente de recorte na madeira. Destaca-se também pela facilidade em relação ao processo de produção, retirada dos nós, corte da emenda, aplicação do adesivo e aplicação de pressão, além do que a distribuição da resistência destas emendas está mais próxima de uma distribuição normal do que a biselada.

Pelos motivos acima citados, a emenda dentada (solução “e”), dentre as sete possibilidades para emendar peças de madeira de pequeno comprimento, é a mais recomendada. Todavia, por não se ter o equipamento necessário para produção da ligação do tipo “e”, na construção dos protótipos desta pesquisa será adotada a emenda de topo (tipo “a”), por ser a mais simples de ser executada dentro de uma linha de produção. As ligações de topo também podem ser recomendadas para peças estruturais segundo CARRASCO (op.cit.) desde que seja levada em consideração a área efetiva das emendas e os efeitos de concentrações de tensões. Sendo assim, ela poderá ser empregada em componentes de vedação sem função estrutural. As demais emendas: macho-fêmea, com tarugo, com lingueta, biselada e meia seção não foram adotadas, por serem mais difíceis de serem executadas.

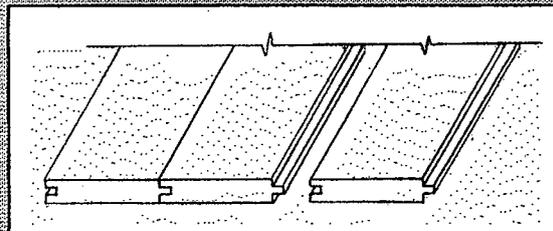
Nesta pesquisa também se levantou conceitos de emendas para união lateral das tábuas que formarão as chapas de vedação. Sendo assim, procurou-se levantar tipos de emendas laterais que, ao serem produzidas, gerassem o menor volume de resíduo possível. A seguir é apresentado o quadro 24, que apresenta uma coletânea de possibilidades de soluções para ligações laterais entre tábuas.

QUADRO 24: POSSIBILIDADES DE EMENDAS LATERAIS PARA TÁBUAS DE MADEIRA SERRADA.

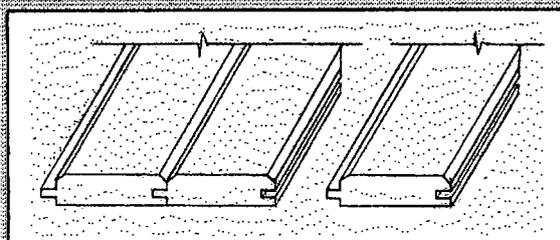




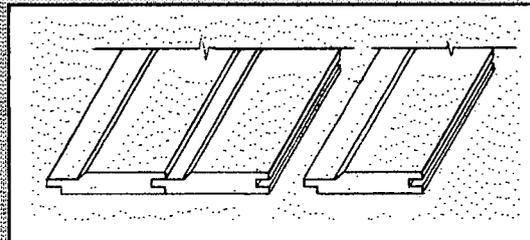
g. Emenda a meia seção – bisel c/ detalhe V.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09



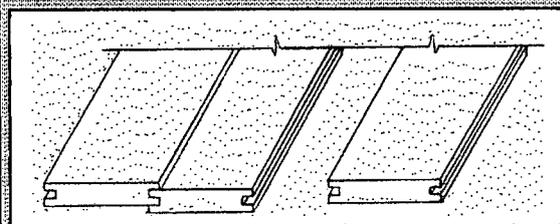
h. Emenda macho-fêmea.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09
NUTSCH, 1992, pg. 332



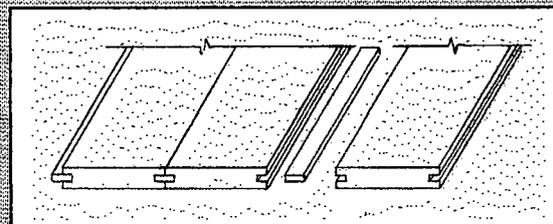
i. Emenda macho-fêmea com detalhe V.
Fonte: NUTSCH, 1992, pg. 332



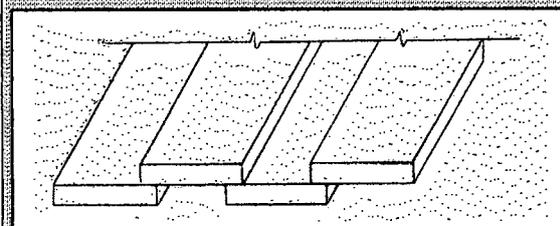
j. Emenda macho-fêmea com detalhe de friso.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09



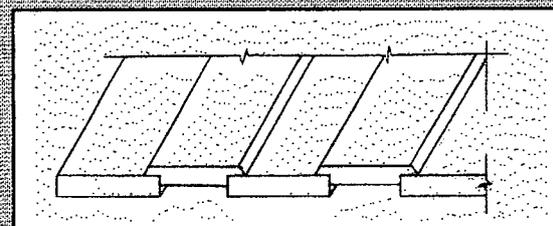
l. Emenda fêmea – fêmea.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09
NUTSCH, 1992, pg. 332



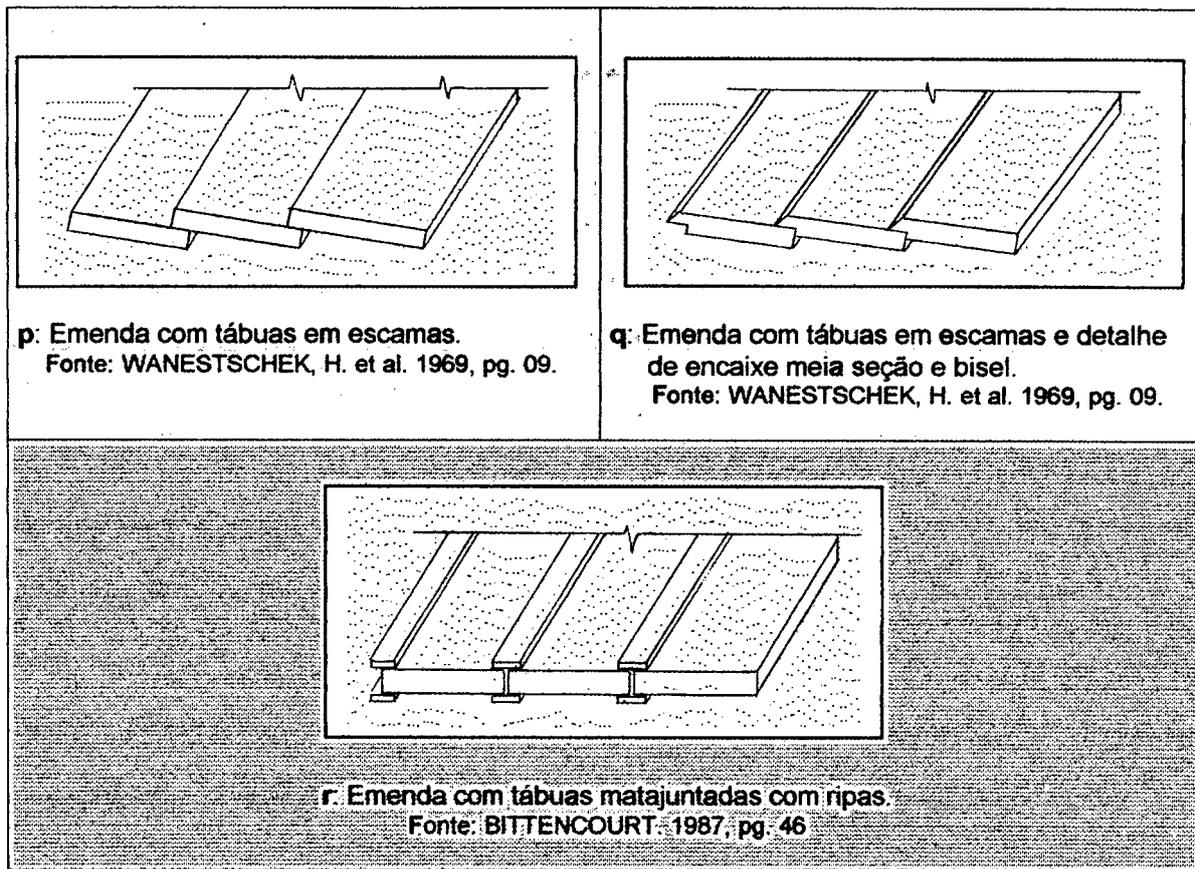
m. Emenda com lingueta.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09
NUTSCH, 1992, pg. 332



n. Emenda com tábuas sobrepostas.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09



o. Emenda com tábuas sobrepostas com detalhe de meia seção e bisel.
Fonte: WANESTSCHEK, H. et al. 1969, pg. 09



Fonte: Autor: 2001.

A partir deste levantamento elegem-se os tipos de emendas laterais a serem empregados na construção dos protótipos. Os critérios de seleção estão respaldados nos seguintes aspectos:

- Pouco resíduo de serragem gerado no processo de produção, ou seja, escolher os desenhos das seções transversais que necessitam de poucos rebaixos nas tábuas para auxiliar na emenda lateral. Dentro deste critério as possibilidades de emendas "E", "F", "G" e "J" não se enquadram.
- Soluções que aproveitem sobras de madeira para complementar a emenda lateral, como aquela apresentada na solução "M".
- Utilização de fresas que sejam facilmente encontradas no mercado, para executar as emendas como a do tipo "D", "H" e "M".
- Soluções que venham favorecer uma superfície uniforme e regular sem a presença de relevos, para possibilitar uma gama maior de acabamentos para as vedações verticais, com isto proporcionando mais escolhas para o consumidor. Dentro destes critérios descartam-se as possibilidades "L", "N", "O", "P", "Q" e "R" mostradas no quadro 24.

- O desenho da peça não poderia facilitar o deslizamento das tábuas entre si no momento da prensagem, como acontece na solução “B”;

Sendo assim, recomendam-se as soluções do tipo “A”, “D”, “H” e “M”, para a produção das chapas verticais, apresentadas no quadro 24.

A proposta das chapas de vedação vertical desta pesquisa tem sua origem a partir da emenda, no sentido longitudinal, de seguimentos de madeira de pequeno comprimento isentos de defeitos. Estes, quando colados longitudinalmente formam as tábuas reconstituídas e estas, por sua vez, unidas lateralmente formarão as chapas de madeira sólida.

Um dos parâmetros a ser definido nesta etapa da pesquisa são as dimensões das tábuas, pois elas constituirão um parâmetro modular de projeto. Este parâmetro é denominado de **Coordenação Modular**, que segundo BARTH (1997,pg.43), *“é o sistema de coordenação dimensional onde a unidade fundamental de medida é o módulo, com o objetivo de estabelecer e coordenar as dimensões e disposições dos elementos na construção de maneira racional e unificada”*.

BARTH (op.cit, pg.43), citando a Organização Internacional de Normalização (I.S.O.), coloca que o módulo básico para os países que usam o sistema métrico é $M=10\text{cm}$, e 4” (quatro polegadas) para os demais países que trabalham com este referencial de medida. Justifica-se a eleição deste valor porque ela *“permite uma correlação entre os espaços modulados no projeto e as dimensões dos componentes, facilitando o uso das seguintes derivações: Multimódulos – $2M - 3M - 6M - 12M - 15M - 30M$ e $60M$, e Submódulos – $1/2M - 1/5M - 1/10M...$ ”*.

Os multimódulos também podem variar conforme a sua direção. Na vertical pode-se ter multimódulos $2M$ ou $3M$, para se obter as seguintes possibilidades: ($nM=2M$, $24M - 26M - 28M ...$) ou ($nM=3M$, $24M - 27M - 30M....$).

No sentido vertical a chapa proposta nesta pesquisa apresenta comprimento de $26M$ (260cm), e as tábuas que as constituem apresentam largura correspondente à “ M ” = 10cm. As possibilidades de combinações para formar este componente de vedação vertical, estão relacionadas à composição estética da mesma. Faz parte desta composição multimódulos de $2M(20\text{cm})$ ou $3M(30\text{cm})$. Isto ocorre uma vez que não se pretende evidenciar as emendas das chapas, quando estas são colocadas uma ao lado da outra na estrutura de sustentação da edificação. Procura-se com esta linguagem amenizar as juntas presentes nas chapas adjacentes, como ocorre na linguagem das casas pré-fabricadas.

A partir dos multimódulos de 20 ou 30 cm de largura, propõe-se várias possibilidades de componentes para vedação, como é apresentado na tabela 4, a seguir:

TABELA 4: POSSIBILIDADES DE COMPOSIÇÃO COM OS MULTIMÓDULOS DE 20 E 30CM.

	Possibilidade de combinação
Multimódulo de 20cm	20; 40; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 280; 300; 320; 340; 360...
Multimódulo de 30cm	30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 300; 330; 360; 390; 420; 450...
Combinação com os Multimódulos de 20cm e de 30cm	50; 70; 80; 100; 120; 130; 150; 170; 180; 200; 210; 220; 230; 250; 270; 280; 300; 310....

Fonte: Autor, 2001.

Pelo que foi apresentado na tabela 4, as possibilidades de composição utilizando o multimódulo de 20cm é sempre crescente a cada 20cm em números pares. Para o multimódulo de 30cm a possibilidade de composição aumenta a cada 30cm e possibilita combinações de números pares e ímpares. Com a combinação dos dois multimódulos, ocorrem possibilidades de composição com números pares e ímpares, como também de outros não presentes nos dois casos anteriores como os números: 50; 70; 130; 170; 190; 230; 250; 310, entre outras possibilidades que se fizerem necessárias.

A partir desta tabela, fica evidente que qualquer parede de comprimento múltiplo de 10cm poderá ser executada sem necessidade de recorte dos componentes na obra. No entanto, nem todas as possibilidades poderão ser assumidas nesta pesquisa, uma vez que um dos princípios de projeto do produto é que o componente seja facilmente carregado por um ou dois operário. Sendo assim, as chapas terão sua largura limitada para medidas menores que 100cm, como é apresentado na tabela 5. As figuras 65 e 66, apresentam possibilidades de composição com multimódulos de 20cm e de 30cm respectivamente.

TABELA 5: POSSIBILIDADES DE COMPOSIÇÃO DE CHAPAS COM OS MULTIMÓDULOS DE 20 E 30CM, COM LARGURA MENOR QUE 100CM.

	Possibilidade de combinação
Multimódulo de 20cm	20; 40; 60; 80; 100.
Multimódulo de 30cm	30; 60; 90.
Combinação com os Multimódulos de 20cm e de 30cm	50; 70; 80; 100.

Fonte: Autor, 2001.

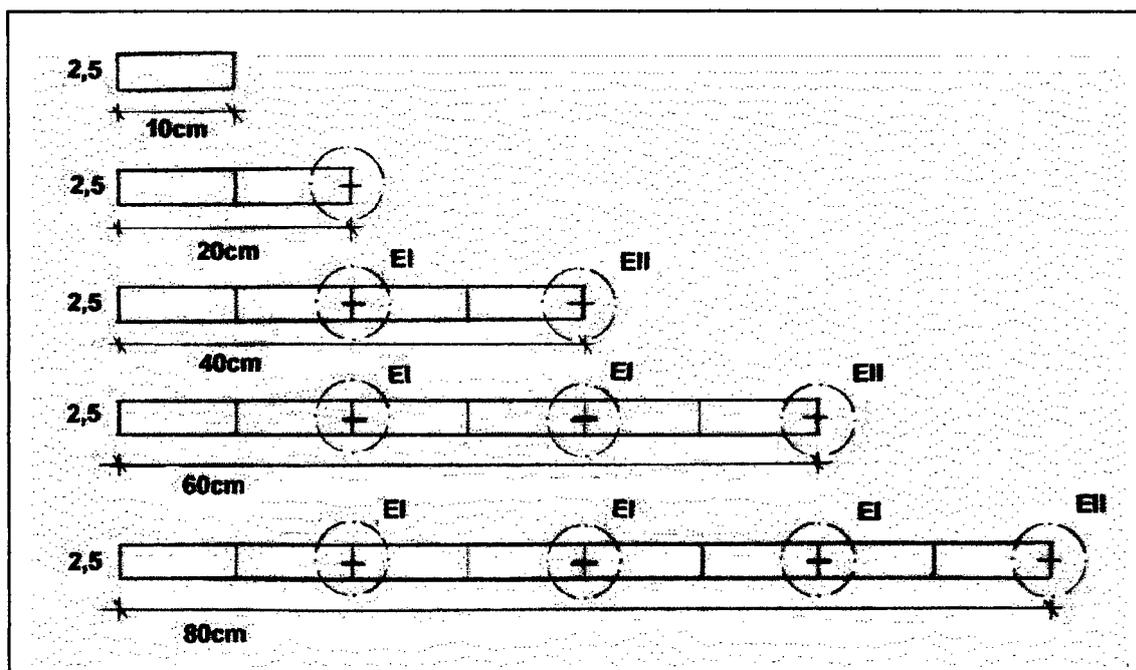


Figura 65: Possibilidades de composição de peças de 20cm de largura, feitas com tábuas de 10cm de largura, para compor chapas de 40cm, 60cm e 80cm de largura com emendas internas as chapas denominadas de EI e emendas de extremidades EII.
Fonte: Autor, 2001.

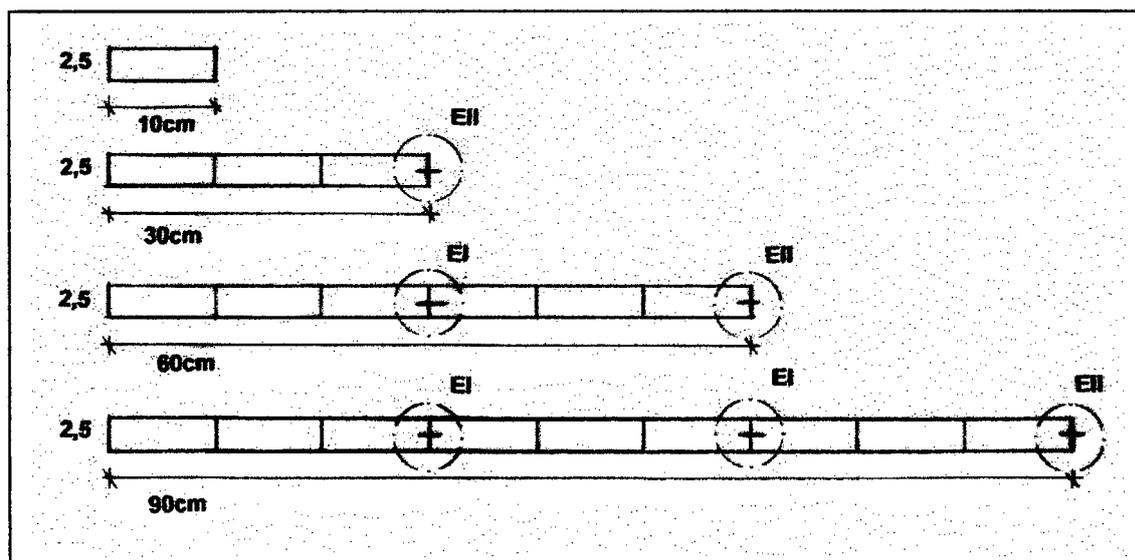
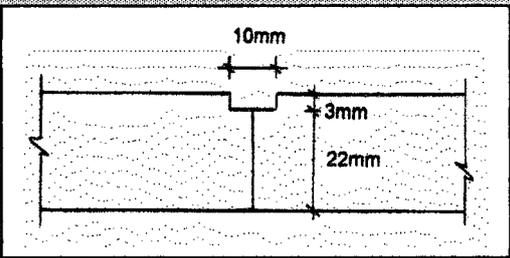
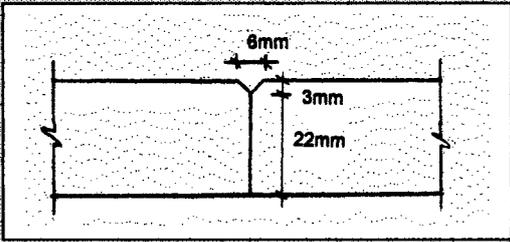
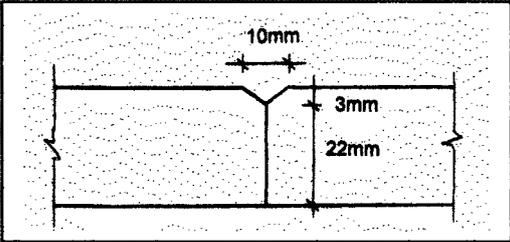


Figura 66: Possibilidades de composição de peças de 30cm de largura, feitas com tábuas de 10cm de largura, para compor chapas de 60cm e 90cm de largura com emendas internas as chapas denominadas de EI e emendas de extremidades EII.
Fonte: Autor, 2001.

Mesmo estando limitada a uma largura menor que 100cm é possível construir vedações de qualquer comprimento visto que a possibilidade de composição ainda continua garantindo medidas múltiplas de 10cm. Outro ponto pesquisado está relacionado com o acabamento na junção das chapas. Esta questão

demandou a pesquisa de possibilidades de acabamento que pudessem amenizar as linhas verticais que surgem, quando uma chapa é colocada ao lado da outra, ficando este elemento estético como um marcador da modulação das chapas, sejam elas de 60cm, 70cm, 80cm, etc. Esta linguagem estética possibilita ao observador fazer comparações com outros produtos pré-fabricados destinados a habitação de interesse social, o que poderá desestimular o interesse de outros possíveis consumidores com maior poder econômico em adquirir o produto. O quadro 25 apresenta possibilidades de acabamento que visam tirar partido das juntas das chapas que não são possíveis de esconder, quando estas são fixadas na estruturas de sustentação da construção. Estas propostas foram construídas na marcenaria em modelos para serem avaliadas, conforme comentários apresentados no quadro 25.

QUADRO 25: POSSIBILIDADES DE ACABAMENTO NAS JUNTAS DAS CHAPAS.

Possibilidades de Acabamento	Comentários
 <p>a- Detalhe de rebaixo c/ cantos retos</p>	<ul style="list-style-type: none"> O recorte da madeira com ângulos de 90° com profundidade de 3mm e largura de 10mm não proporciona um acabamento capaz de disfarçar a emenda das chapas, como pôde ser observado nos protótipos construídos na marcenaria, uma vez que o mesmo cumpriu parcialmente a função de camuflar a modulação demarcada nas emendas das chapas.
 <p>b- Detalhe de rebaixo c/ cantos retos a 45° c/ 6mm de largura</p>	<ul style="list-style-type: none"> O acabamento das extremidades das chapas com recorte de 45° com 3mm de profundidade e 6mm de largura não proporcionou um acabamento satisfatório para as emendas das chapas, como foi observado no protótipo construído. Como o detalhe de acabamento ficou muito pequeno, reforçou a modulação das chapas.
 <p>c- Detalhe de rebaixo c/ cantos retos chanfrados c/ 10mm de largura</p>	<ul style="list-style-type: none"> O acabamento das extremidades das chapas com recorte chanfrado com 3mm de profundidade e 10mm de largura proporcionou um acabamento mais satisfatório para as emendas das chapas, dentre as seis possibilidades propostas nesta pesquisa.

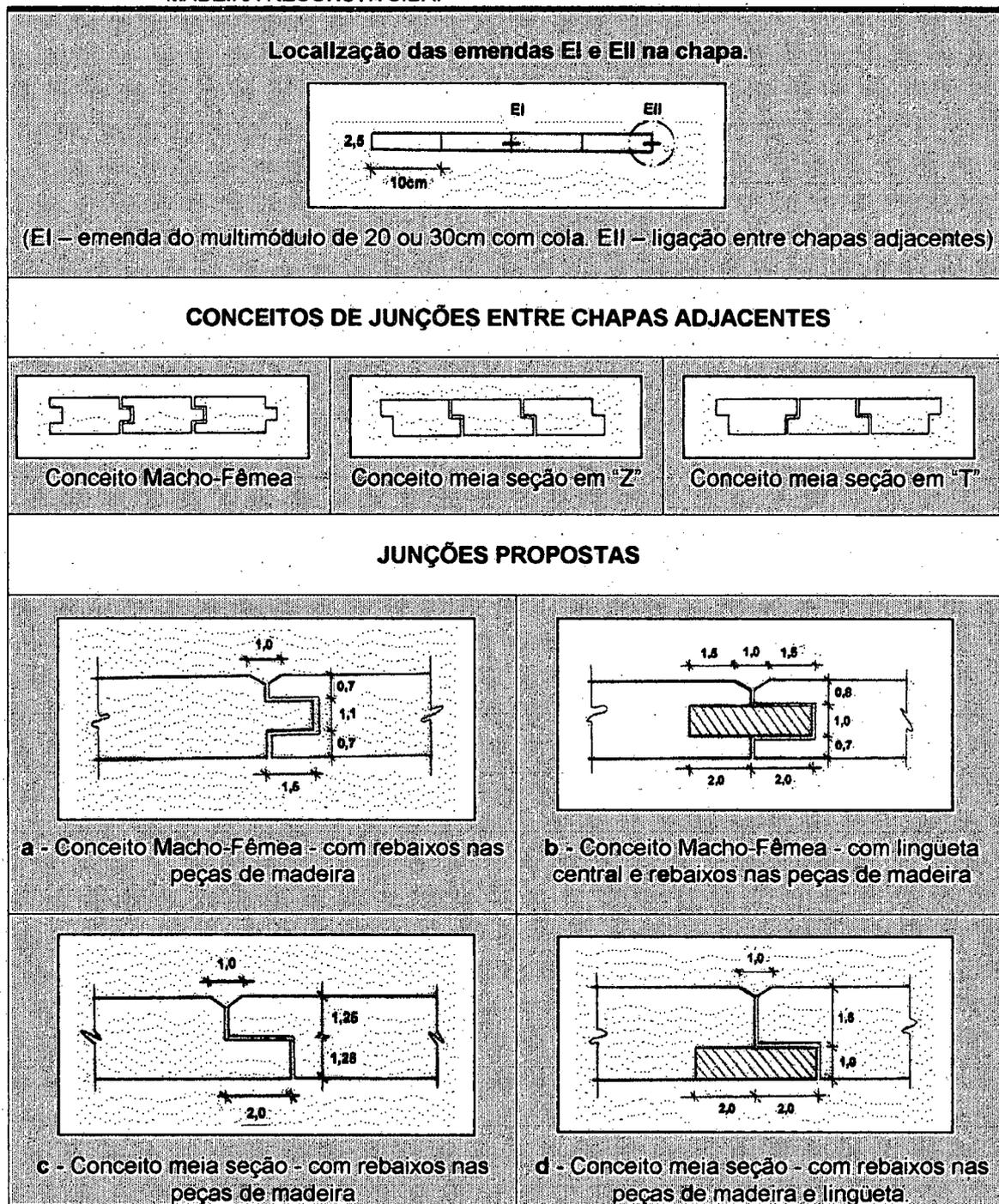
	<ul style="list-style-type: none"> O acabamento das extremidades das chapas com recortes chanfrados com 5mm de profundidade e 15mm de largura não proporcionou um acabamento satisfatório para as emendas das chapas, como foi observado no protótipo construído, pois o detalhe se mostrou grande para o local da emenda.
	<ul style="list-style-type: none"> O recorte da extremidade das chapas de madeira com cantos semicirculares, com profundidade de 5mm e largura de 10mm não proporcionou um acabamento capaz de disfarçar a emenda das chapas, como pode ser observado nos protótipos construídos na marcenaria, uma vez que o mesmo cumpriu parcialmente a função de camuflar a modulação demarcada nas emendas das chapas.
	<ul style="list-style-type: none"> O recorte da extremidade das chapas de madeira com cantos convexos, com profundidade de 5mm e largura de 10mm não proporciona um acabamento capaz de disfarçar a emenda das chapas, como pode ser observado nos protótipos construídos na marcenaria, e sim reforçou a emenda e modulação das chapas de madeira.

Fonte: Autor 2001.

Das seis propostas de acabamentos optou-se pela de letra "c", para ser inserida no projeto das chapas. Esta solução foi a escolhida, porque possibilitou um acabamento satisfatório, em relação às juntas das chapas, "camuflando" a linha formada pelo encontro das mesmas. Outro motivo que reforçou eleição desta proposta foi a possibilidade de utilizar esta solução estética a cada 20cm ou 30cm, a depender do multimódulo adotado para compor o componente de vedação vertical, sem comprometer a resistência, devido o rebaixamento da seção para produção do friso.

Outro ponto a ser trabalhado nesta proposta de projeto é a junção que ocorre entre chapas adjacentes. Para isto, elaborou-se o quadro 26, que apresenta algumas alternativas seguidas de comentários sobre as mesmas, enfocando os aspectos incentivadores e limitantes de cada uma.

QUADRO 26: CONCEITOS DE LIGAÇÃO PARA EXTREMIDADES DAS CHAPAS ADJACENTES DE MADEIRA RECONSTITUÍDA.



Fonte: Autor 2001.

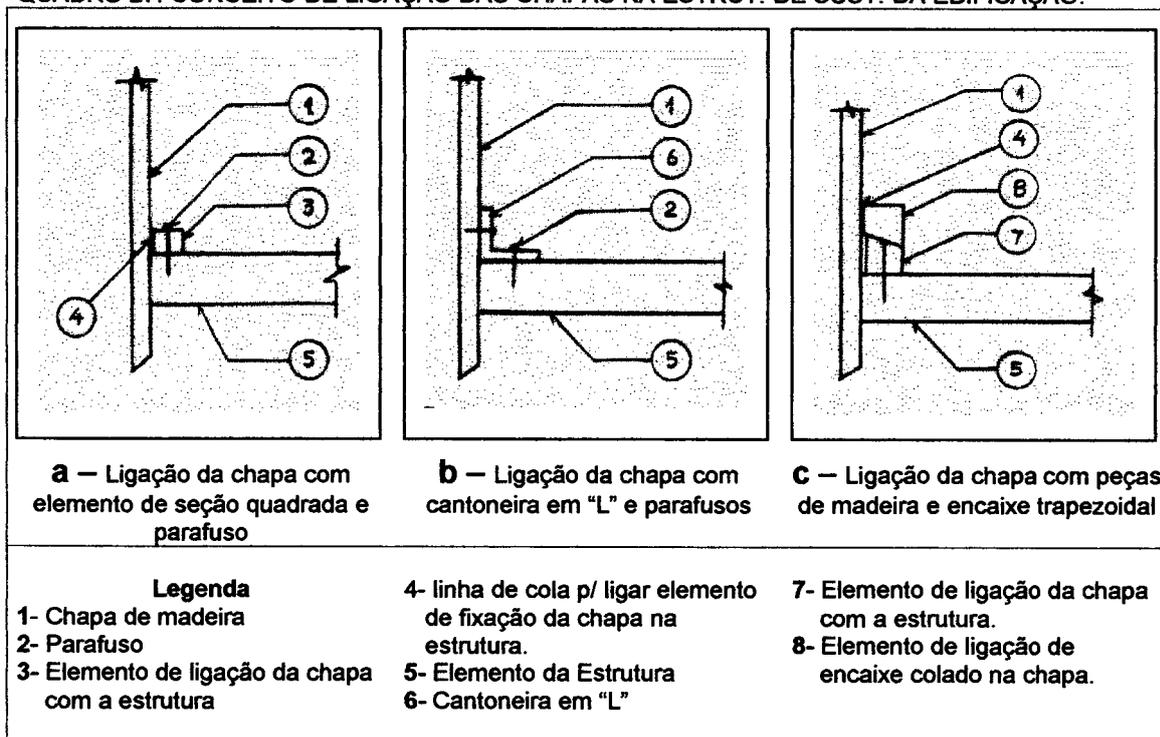
Observações

- A solução "a" apresenta como ponto positivo a facilidade de execução, porém a montagem e desmontagem na obra são de difícil execução, devido a variação volumétrica da madeira que ocorre em função da oscilação da umidade do ambiente.

- A solução “b” apresenta como ponto positivo o melhor aproveitamento de sobras de madeira para produção das lingüetas, porém a execução desta solução na linha de montagem requer um número maior de operações, quando comparado com a proposta da solução “a”. Apresenta as mesmas características da solução “a” em relação a variação volumétrica X umidade.
- A solução “c” tem como ponto positivo a facilidade de execução, a montagem e a desmontagem na obra. A variação volumétrica da madeira em função da oscilação de umidade do meio em que o componente for colocado não interfere nos encaixes das chapas adjacentes. Esta solução pode ser executada como o conceito de meia seção em “Z” ou em “T”. Com relação a essas duas possibilidades, considerando-se as tarefas de manutenção, a solução em “T” é mais interessante, uma vez que possibilita a retirada de um ou três componentes, enquanto que a em “Z” pode requerer a desmontagem de toda uma parede para realização desta tarefa.
- A solução “d” tem por aspecto negativo em relação a “c” o maior número de tarefas para produção, incluindo a lingüeta de sobreposição na chapa adjacente.

Pelo que foi exposto recomenda-se a solução “c” como o conceito de junção lateral em “T” para união das chapas adjacentes. Uma vez definido o tipo de acabamento e de junção lateral entre as chapas, parte-se para uma análise das possibilidades de fixação deste componente na estrutura de sustentação, como é mostrado no quadro 27.

QUADRO 27: CONCEITO DE LIGAÇÃO DAS CHAPAS NA ESTRUT. DE SUST. DA EDIFICAÇÃO.



Fonte: Autor 2001.

Das três soluções apresentadas no quadro 27, a adotada para produção dos protótipos será a do tipo "a". Esta foi escolhida pela sua simplicidade de execução, e por se ter disponível o material necessário para sua produção. Outras propostas podem ser feitas com a combinação de componentes em madeira e perfis metálicos, para auxiliar a fixação da chapa na estrutura de sustentação, tanto para chapas externas como também internas.

Uma vez definido o tipo de emenda longitudinal para formar as tábuas, as ligações laterais, tipo de frisos de acabamento, rebaixos para auxiliar a junção lateral das chapas e tipo de componente para facilitar a fixação destes componentes na estrutura de sustentação, tem-se na etapa seguinte a escolha da madeira e da cola a serem empregadas na construção dos protótipos do produto proposto.

6.2. Materiais Adotados

Para a constituição das chapas, é necessário utilizar dois materiais: a madeira e o adesivo. Dentre os adesivos, muitos são empregados atualmente na produção de chapas. No entanto, nem todos apresentam características para serem utilizados em componentes da construção civil que ficarão expostos ao intemperismo. Para seleção do mais adequado será feita uma apresentação das características dos produtos atualmente disponíveis no mercado, como é mostrado no subitem, a seguir.

6.2.1. Adesivo

FERREIRA et.al (1989) citando SKEIST define adesivo como sendo uma substância que tem a capacidade de aderir firmemente a um substrato e apresenta capacidade de manter vários substratos de um mesmo material ou de materiais diferentes unidos através de uma ligação superficial. Para isto ocorrer, tem que haver algumas condições para que a substância interaja com a superfície do aderente, uma vez que esta capacidade de ligação não é uma propriedade intrínseca do adesivo.

Em uma ligação com adesivos, outros termos também são empregados como "adesão" e "aderente", sendo importantes as definições dos mesmos para compreensão da ligação colada. Segundo FERREIRA et.al (op.cit.) adesão pode ser entendida como sendo a interação entre duas superfícies resultantes de um forte campo de forças atrativas decorrentes dos constituintes de cada superfície, podendo ser elas líquidas ou sólidas. O termo aderente é utilizado para identificar os sólidos que estão ligados pelos adesivos.

Os adesivos estão classificados de acordo com sua composição química, podendo ela ser inorgânica ou orgânica. Dentre os orgânicos, eles se subdividem em sintéticos e naturais. Os naturais são aqueles obtidos a partir da matéria prima de proteínas animais e vegetais, celulose, tanino, amidos, gomas naturais etc. Os sintéticos são classificados como termoestáveis e termoplásticos e são os mais importantes e utilizados pelas indústrias que trabalham com produtos a base de madeira reconstituída, por apresentarem grande resistência à ação da água e à degradação biológica por micro-organismos, conforme CARRASCO (1984).

JESUS et.al (1998) apresentam vários tipos de adesivos com sua utilização e condições de uso, conforme a metodologia sugerida pela norma NBR 7190, como é mostrado no quadro 28.

QUADRO 28: TIPO DE ADESIVOS, USO E CONDIÇÕES DE USO.

ADHESIVOS	TIPO	USO	CONDIÇÕES DE USO
Origem animal	Proteínas de peixe, de cartilagem, de ossos, de tendões.	Carpintaria de móveis.	Ambientes internos não agressivos.
Sangue	Albumina de sangue	Compensados	Ambientes internos não agressivos.
Caseína	Proteína do leite	Móveis, estruturas, compensados.	Ambientes internos não agressivos, boa resistência mecânica.
Soja	Amido, farinha de soja.	Compensados	Ambientes internos e externos, baixa resistência ao intemperismo.
Tanino	Acácia, quebracho.	Compensados, aglomerados.	Ambientes internos e externos, moderada resistência ao intemperismo.
Fenol formaldeído	Resinas termoestáveis, fenólicas.	Compensados, aglomerados.	Exteriores, boa resistência mecânica.
Uréia formaldeído	Resina termoestável, fenólica.	Compensados, aglomerados.	Ambientes interiores, boa resistência mecânica.
Resorcinol-Formaldeído Fenol-Resorcinol	Resina termoestável, fenólica.	Compensados, estruturas, madeira laminada.	Interiores e exteriores, boa resistência mecânica.
Isocianato	Resina termoestável, isocianato, metano.	Aglomerados	Interiores
Acetato de polivinil	Resina termoplástica	Uso não estrutural	Interiores
Poliuretano / mamona	Resina termoestável de mamona.	Uso estrutural (indicações preliminares)	Interiores e exteriores, resistente ao intemperismo, boa resistência mecânica (indicações preliminares).
Epóxi	Resina termoestável de multi – componentes	Reparos estruturais	Exteriores e interiores úmidos, boa resistência mecânica.

Fonte: JESUS, CALIL & CHIERICE (1998 pg. 339).

Para BOHN (1995), os principais adesivos orgânicos são: caseína, uréia – fenol e resorcina – formol. Desses três o mais utilizado, por ser mais resistente ao intemperismo, é o resorcina – formol, conhecido comercialmente pelo nome de CASCOPHEN, ou popularmente como “cola naval”, por ser uma resina impermeabilizante. Esta resina é constituída de duas partes: pela resina CASCOPHEN RS-216-M e pelo pó endurecedor FM-60-M, cuja mistura recomendada pelo fabricante é de 20g de pó endurecedor para cada 100g de resina, conforme SZÚCS (1998).

Dentre as características desta resina, conforme BOHN (op.cit.), pode-se citar em relação à:

- **DURABILIDADE:** é resistente às intempéries e à água quente. Pode ser empregada sob todas as condições de utilização;
- **APRESENTAÇÃO:** Resina líquida de cor marrom e endurecedor sob forma de pó;
- **DURAÇÃO DA MISTURA:** 3 a 9 horas.
- **TEMPERATURA DE ENDURECIMENTO:** 20 a 100°C.
- **CARGA DE Prensagem e Tempo de Pressão:** 7 a 10 kg/cm² / ± 19hs.
- **QUANTIDADE NECESSÁRIA:** 350 a 500 g/m². Aplicação: dupla face.
- **PERÍODO DE ESTABILIZAÇÃO:** 6 a 9 dias.
- **TIPO DE ENDURECIMENTO:** Policondensação.
- **UTILIZAÇÃO RECOMENDADA:** Todo tipo de emprego interior e exterior. Ideal para as estruturas de madeira laminada colada.

Estas características podem ser comparadas no anexo III, entre as resinas de caseína, Uréia-Fenol e Resorcina-Formol.

Dos tipos de adesivo apresentados no quadro acima, o RESORCINA - FORMOL é o mais indicado para a produção das chapas de madeira, uma vez que estes componentes serão expostos ao intemperismo.

Além da cola, outros fatores também interferem neste tipo de ligação adesiva. Dentre eles destacam-se: a espécie da madeira; a qualidade da superfície da madeira; o processo de colagem, o tipo de união, a condição de serviço, a umidade das lâminas, a presença de nós, a espessura das peças a serem emendadas, conforme FERREIRA et.al (1989) e CARRASCO (1989).

A utilização de adesivos para efetuar as ligações entre peças de madeira apresenta uma série de vantagens, conforme FERREIRA et.al (op.cit), tais como:

- Utilizar adesivo possibilita reagrupar fibras, partículas de madeira, que por terem pequenas dimensões, não podem ser unidas por outra técnica;
- Por serem as ligações adesivas constituídas por uma maior área, tem como resultado uma maior distribuição dos esforços, não sendo estes

concentrados como nas ligações por penetração (aquelas feitas por parafusos, pregos, cavilhas, chapas dentadas), o que proporciona mais leveza às estruturas;

- Pode-se melhorar a relação peso/força, a estabilidade dimensional dos materiais anisotrópicos, cruzando-se o direcionamento das fibras como acontece nas chapas de compensado, sarrafeado e de OSB;
- Outra vantagem da linha adesiva é que ela pode servir como uma barreira em relação à umidade, impermeabilizando vedações, como também servir de barreira para agentes degradadores xilófagos, quando são inseridos na substância ligante conservadores da madeira dos tipos fungicidas e inseticidas;
- Utilizar aditivos permite unir materiais não semelhantes, aumentando ainda mais seu campo de aplicação.

Segundo BOHN (1995), considerando que o adesivo tem função de estabelecer uma ligação química entre as peças de madeira, duas condições são fundamentais de serem observadas: a primeira é que o adesivo deverá ocupar toda a área a ser colada, a segunda, é que a película de adesivo seja a mais fina possível. Quanto mais fina, melhor é o desempenho da junta de colagem. Seguindo estas duas condições outras vantagens podem ser acrescentadas para a utilização deste tipo de ligação, sendo elas:

- A ligação química favorece a maior aproximação das cadeias de celulose;
- As tensões internas no adesivo serão menores;
- O efeito da diferença dos módulos de elasticidade dos materiais será minorado;
- A possibilidade de incorporação de bolhas de ar na ligação será menor.

Estes motivos incentivam a utilização da cola como material de ligação entre as peças de madeira para formar as chapas de vedação vertical propostas nesta pesquisa. Outro material a ser considerado é a madeira empregada, que será apresentada no próximo sub-item.

6.2.2. Espécies de madeiras recomendadas

A escolha da madeira a ser empregada na produção das chapas teve como parâmetros a utilização de madeira de reflorestamento com características físicas e mecânicas semelhantes às das espécies nativas utilizadas na construção civil brasileira. Sendo assim, optou-se pela madeira de Eucalipto, por ter qualidades que a torna substituta em potencial das espécies nativas do Brasil. Para auxiliar na escolha da espécie ou das espécies mais indicadas de

Eucalipto, utilizou-se o trabalho de OLIVEIRA (1997): "Caracterização da Madeira de Eucalipto para Construção Civil" e de NOGUEIRA (1991): "Indicações para o Emprego de Dezesesseis Espécies de Eucalipto na Construção Civil".

NOGUEIRA (op.cit.), estudou dezesseis espécies de *Eucalyptus*. Em seu trabalho apresenta indicadores e requisitos necessários para a utilização das madeiras de Eucalipto e suas aplicações para construção civil, agrupando as espécies mais indicadas para construção civil leve externa e interna, construção civil pesada externa (estacas marítimas, trapiches, pontes, obras imersas, postes, cruzetas, estacas, dormentes e ferroviários) e interna (tesouras, treliças, estruturas, escadas e plataformas). Estes dois itens não serão detalhados por estarem fora do universo de estudo da pesquisa. A seguir serão apresentadas de forma mais detalhada as aplicações, requisitos técnicos e espécies recomendadas para construção civil leve externa e interna.

- **Construção civil leve externa:**

Aplicações: moirões, pontaletes, porteiras, andaimes, longarinas, calhas, elementos de coberturas, esquadrias em geral (portas, venezianas, caixilhos e batentes), tabuado em geral e vigas.

Requisitos Técnicos: massa específica e retratibilidade variando de média a baixa; resistência à flexão não inferior a média; duráveis ou tratáveis; fixação mecânica e trabalhabilidade regular a muito boa; dificuldade de desdobro moderada a muito fácil.

Espécies de *Eucalyptus* recomendadas: *Maculata*, *Paniculata*, *Citriodora*, *Punctata*, *Tereticornis*, *Camaldulensis*, *Triantha*, *Maidene*.

- **Construção civil leve interna:**

Aplicações: *Decorativa* (lambris, painéis, guarnições, molduras e perfilados); *Utilidade Geral* (Cordões, forros e rodapés); *Estruturas* (vigas, caibros e ripas).

Decorativas:

Requisitos Técnicos: retratibilidade média a muito baixa; fixação mecânica regular a boa; acabamento regular a bom; secagem ao ar moderadamente difícil a fácil; aparência e cor; condutividade média a baixa.

Espécies de *Eucalyptus* recomendadas: *Microcorys*, *Maculata*, *Paniculata*, *Citriodora*, *Grandis*, *Umbra*, *Punctata*, *Urophylla*, *Saligna*, *Cloeziana*.

Utilidade Geral:

Requisitos Técnicos: retratibilidade e acabamento de regular a bom; qualidade de desdobro de fácil a muito fácil; secagem ao ar moderadamente difícil a fácil; peso médio ou leve.

Espécies recomendadas: Microcorys, Maculata, Paniculata, Citriodora, Grandis, Umbra, Punctata, Urophylla, Saligna, Cloeziana.

Estruturas:

Requisitos Técnicos: massa específica média; resistência à flexão (MR e ME) e resistência ao cisalhamento de média a muito alta; fixação mecânica regular a boa; secagem de moderada difícil a muito fácil, desdobro de moderada a muito fácil.

Espécies recomendadas: Microcorys, Maculata, Propinqua, Paniculata, Citriodora, Grandis, Umbra, Punctata, Tereticornis, Urophylla, Camaldulensis, Triantha, Maidene, Saligna, Cloeziana, Alba.

A partir deste estudo, pode se ter uma gama de opções para utilização de madeira de Eucalipto para diversos setores da construção civil. Das Dezesseis espécies indicadas por NOGUEIRA, seis foram pesquisadas com maiores detalhes por OLIVIERA (1997). O trabalho deste último é composto pelo estudo de sete espécies de *Eucalyptus*, sendo elas: *citriodora*, *tereticornis*, *paniculata*, *pilularis*, *cloeziana*, *urophylla*, *grandis*. Das sete apenas a espécie de *E. pilularis* não consta na relação de NOGUEIRA (op.cit.). Das espécies abordadas por OLIVEIRA, a de *E. citriodora* tem larga utilização como postes e a de *E. tereticornis* é empregada na ausência da primeira para a mesma finalidade. A utilização de ambas na construção civil ainda é pequena. A madeira de *E. grandis* plantada para atender ao setor de celulose (em função do grande volume cultivado) vem sendo cada vez mais utilizada no mercado da construção civil. As demais espécies ainda são desconhecidas e por isso mesmo não tem praticamente nenhum ofício na construção civil brasileira.

OLIVEIRA (1997) elaborou um quadro de caracterização para essas espécies de *Eucalyptus* relativo a alguns parâmetros de estudo embasado em diversos trabalhos nacionais e internacionais, sendo eles: a densidade aparente (DA), a contração volumétrica total (CVT), o fator anisotrópico total (FAT), o módulo de elasticidade à flexão (MOE), o módulo de ruptura (MOR), a máxima resistência à compressão paralela às fibras (MRCP), a máxima resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (MRC). Considerou também a dureza de cada espécie, a durabilidade da madeira em relação ao ataques por fungos apodrecedores e cupins, a permeabilidade da madeira, a sua textura e a quantidade em porcentagem de alburno no tronco.

Com estes indicadores de OLIVIERA (1997), elaborou-se para esta pesquisa o quadro 29, que relaciona as espécies de madeira com as características e recomendações para o seu emprego na construção civil.

QUADRO 29: CARACTERÍSTICAS E RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO PARA SETE ESPÉCIES DE MADEIRA DE *EUCALYPTUS*.

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDAÇÕES
<i>E. citriodora</i>	-Módulo de elasticidade variando de médio a alto. -Resistente ao apodrecimento e cupins.	-Uso estrutural. -Utilização geral.
<i>E. tereticornis</i>	-Resistente ao apodrecimento e baixa resistência aos cupins. -resistência mediana e densidade elevada.	-Utilização com tratamento inseticida. Emprego em local com pouca incidência de cupins. -Ripas, caibros, vigas, andaimes, pontaletes, moirões.
<i>E. paniculata</i>	-Módulo de elasticidade variando de médio a alto. -Resistente ao apodrecimento e cupins. -Elevada proporção de alburno, média permeabilidade.	-Uso estrutural residencial. -Utilização geral. -Utilização estrutural – postes para rede de eletrificação - madeira preservada.
<i>E. pilulares</i>	-Resistente ao apodrecimento e resistência moderada em relação a cupins. -Difícil impregnação do cerne com produtos preservadores em relação às demais, pouco alburno. -Densidade pesada, valor baixo para propriedades de resistência e módulo de elasticidade mediana.	-Utilização com tratamento inseticida. -Recomendada para construção civil leve e interna.
<i>E. cloeziana</i>	-Resistente ao apodrecimento e resistência moderada em relação a cupins. -Difícil impregnação do cerne com produtos preservadores em relação às demais e pouco alburno. -Resistência mediana e densidade elevada.	-Utilização com tratamento inseticida. -Ripas, caibros, vigas, andaimes, pontaletes, moirões.
<i>E. urophylla</i>	-Resistente ao apodrecimento e resistência moderada ao ataque de cupins. -Propriedades de resistência e módulo de elasticidades baixas.	-Utilização com tratamento inseticida. -Utilização restrita em estruturas. Emprego protegido de umidade.
<i>E. grandis</i>	-Resistente ao apodrecimento e baixa resistência aos cupins. -Média densidade.	-Utilização com tratamento inseticida. -Uso não estrutural. Peças de pequenas larguras para revestimento interno e lambris. -Com tratamento adequado com substância preservante recomendada para revestimentos externos e esquadrias.

Fonte: Elaborado com base em OLIVEIRA (1997).

Das espécies apresentadas por NOGUEIRA (1991) e OLIVEIRA (1997), optou-se por construir os protótipos com madeira de *E. grandis*. Esta opção se deu uma vez que o componente proposto nesta pesquisa não tem função estrutural,

pode ser produzido com peças de pequenas dimensões transversais e longitudinais, por ser uma madeira produzida em larga escala no Brasil, cujo emprego começa a ser introduzido na construção civil. Por apresentar densidade mediana como pode ser observado na tabela 6, isto favorece sua utilização, uma vez que diminui o peso do componente para ser transportado manualmente por um operário, e por ser também uma das espécies de *Eucalyptus* mais estudada, até o momento.

Tabela 6: Valores médios usuais de resistência e rigidez do *Eucalyptus grandis*.

Nome Comum: <i>Eucalyptus grandis</i>						
Nome Científico: <i>Eucalyptus grandis</i>						
ρ_{ap} (12%) kg/m ³	f_{c0} Mpa	f_{t0} Mpa	F_{t90} Mpa	f_v MPa	E_{c0} MPa	N
640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813	103

ρ_{ap} (12%) kg/m³ - é a massa específica aparente a 12% de umidade.
 f_{c0} Mpa - é a resistência à compressão paralela às fibras.
 f_{t0} MPa - é a resistência à tração paralela às fibras.
 f_{t90} Mpa - é a resistência à tração normal às fibras.
 f_v Mpa - é a resistência ao cisalhamento.
 E_{c0} Mpa - é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão às fibras.
N - é o número de corpos-de-prova ensaiado.

Fonte: ABNT - NBR - 7190: 1997

Uma vez definido e justificado o emprego dos materiais a serem utilizados na produção do componente de vedação vertical para edificações, parte-se para a construção do protótipo.

6.3. Construção e teste do Protótipo

Geralmente os conceitos de protótipo, modelo, maquetes, são usados para designar um objeto. No entanto, cada um tem uma aplicação específica. BAXTER (1998), apresenta o conceito e aplicação para cada um destes termos. O termo modelo, do ponto de vista técnico é empregado para designar a parte física de um objeto ou sua parte matemática. No projeto do produto, o modelo pode representar um objeto como um todo ou apenas parte dele. De modo geral o termo modelo é empregado para representar modelos computacionais, como também para apresentar a aparência visual de um determinado produto. Os modelos podem ser feitos em escalas reduzidas ou ampliadas, podendo ser produzidos com os mais variados materiais como gesso, madeira, papelão espuma, etc...

Os modelos para representação visual também podem ser denominados de maquetes, palavra de origem francesa, ou *mock-up* na língua inglesa, podendo

este ser em escalas reduzidas, como acontece na arquitetura, quando se deseja demonstrar tridimensionalmente uma edificação.

No início da era industrial, o termo protótipo significava o primeiro de um determinado produto, o qual deveria ser produzido em série. Quando se trabalha com projeto de produto, a palavra protótipo refere-se a dois tipos de representação do objeto considerado. O primeiro sentido desta palavra está relacionado com a representação física do produto que poderá ser produzido industrialmente. O segundo sentido está relacionado com qualquer tipo de representação física construída com a finalidade de realizar testes físicos. Os protótipos são feitos em escala natural (1:1), com o mesmo material empregado no produto final. Desta forma, será adotado o termo protótipo para designar as chapas a serem produzidas e testadas nesta pesquisa.

6.3.1 Construção dos protótipos das chapas de madeira

O processo de produção das chapas de madeira realizado nesta pesquisa foi composto das seguintes etapas descritas a seguir, desenvolvidas na marcenaria do Senhor Manoel Nicolau Rogério, no Município de Palhoça-SC:

1º) Recebimento e estocagem da madeira de *Eucalyptus grandis*, serrada e seca com 12% de umidade, doada pela Empresa FLOSUL, estocada elevada do chão, em local protegido do sol e das águas pluviais.

2º) Classificação visual das peças, conforme os defeitos que elas apresentaram. Dentre os defeitos mais perceptíveis neste tipo de seleção foram identificados àqueles que são decorrentes da secagem da madeira como o arqueamento, abaulamento, rachaduras de topo, como mostra a figura 67 e aqueles que são relativos ao processo de formação da madeira como a presença de nós firme, furos decorrentes de nós soltos como pode se ver na figura 68.

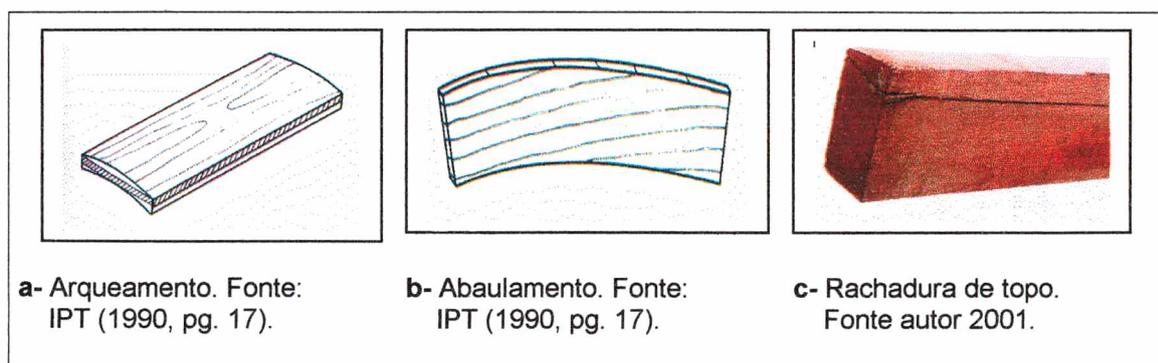


Figura 67: Defeitos de secagem verificados nas tábuas de madeira utilizadas para produção dos protótipos das chapas de vedação vertical.

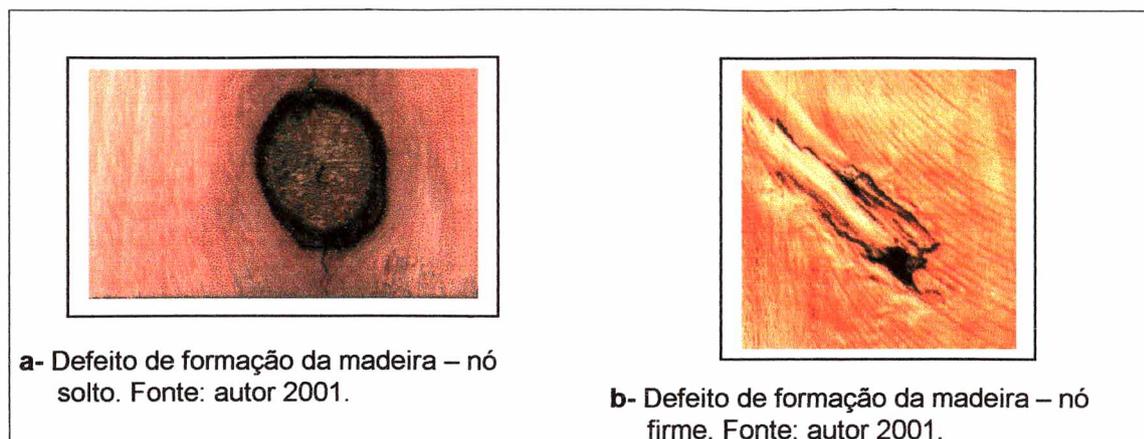


Figura 68: Defeitos de formação da madeira verificados nas tábuas de madeira utilizadas para produção dos protótipos das chapas de vedação vertical.

3º) Corte em serra circular das peças abauladas, resultando em peças de menor comprimento. Esta operação foi executada, quando as peças estavam abauladas, ou seja, se passássemos uma linha reta para unir as duas extremidades da peça com este defeito, ela apresentava em média, uma distância da linha até a tábua, no centro da peça, de até 5cm. Com a divisão da tábua em três peças de menores comprimentos, foi possível se obter elementos mais retilíneos. A figura 69, mostra a seqüência de etapas desta operação.

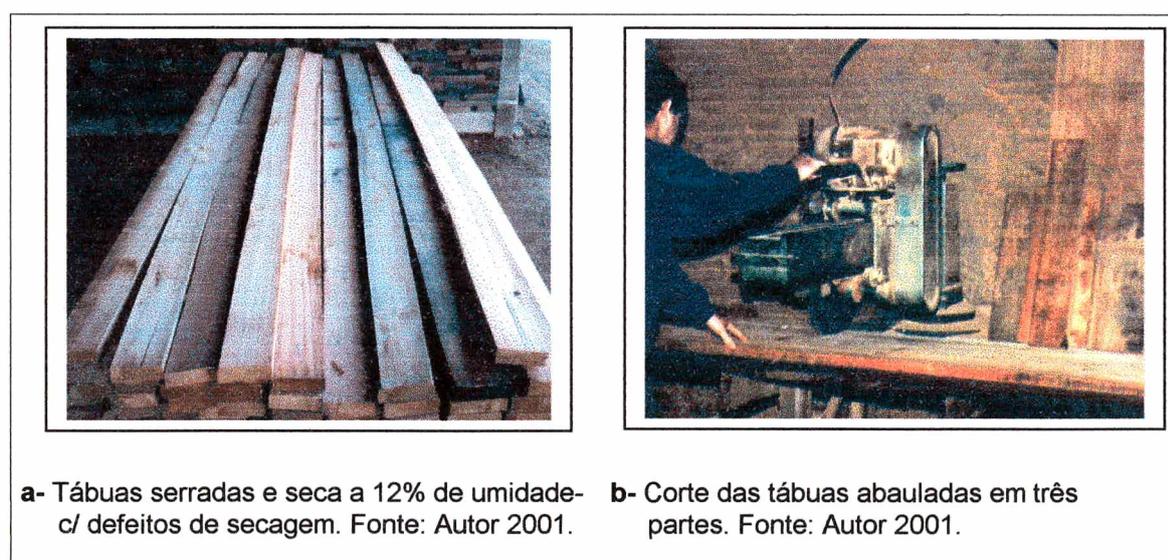


Figura 69: Corte das tábuas abauladas em peças menores para diminuir o raio de curvatura da tábua, gerado durante o processo de secagem.

4º) Aparelhamento de duas das faces das peças, utilizando-se a “desengrossadeira”, conforme mostra a figura 70a.

5º) Aparelhamento das outras duas faces para se obter a seção desejada das peças, conforme mostra a figura 70b.

6º) Separação das peças segundo as seções obtidas no aparelhamento e acabamento das mesmas.

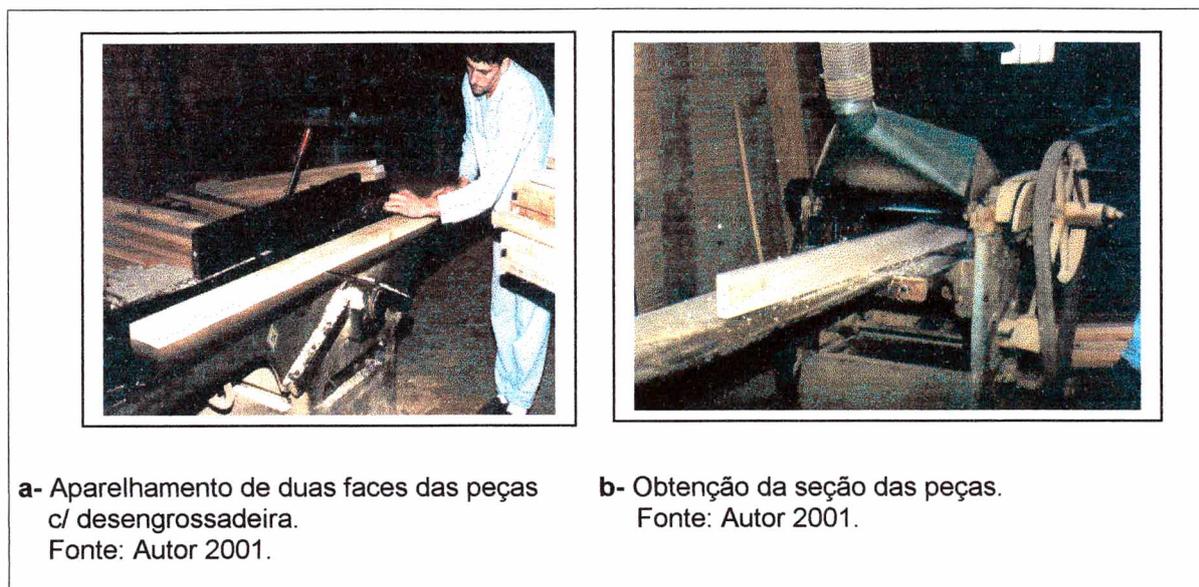
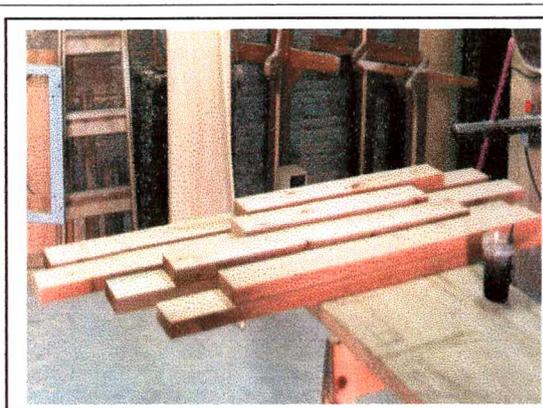


Figura 70: Processo de produção das peças aparelhadas e bitoladas conforme a seção desejada.

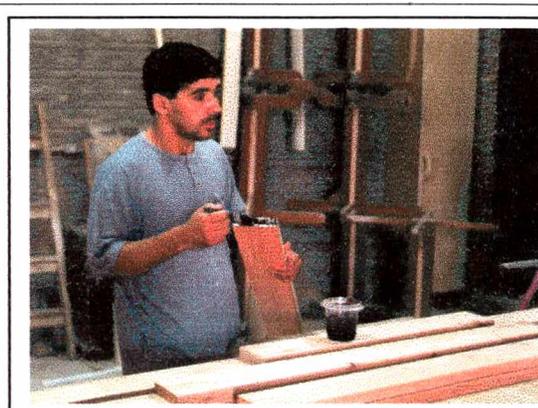
7º) Retirada das rachaduras, furos e nós. Para retirada dos nós adotou-se como critérios a exclusão de todos os nós soltos, como também dos nós firmes que ocupavam mais de 40% de uma das faces da tábua. Estes defeitos, presentes nas peças de madeira aparelhada, foram retirados utilizando-se serra circular.

8º) Para a reconstituição das tábuas de 260cm de comprimento no sentido longitudinal, empregou-se pedaços de tábuas de pequenos comprimentos. Utilizou-se a emenda de topo por apresentar simplicidade de execução, tanto do ponto de vista de preparo da superfície a ser colada como também na aplicação do adesivo e por gerar pouco resíduo de serragem para sua produção. Outro fator que condicionou a adoção deste tipo de emenda foram os equipamentos disponíveis como: serra circular, lixadeira, desempenadeira, furadeira de bancada e de tupa. A seguir é apresentada a etapa de produção, para reconstituição das tábuas:

- Destopo das peças em serra circular;
- Montagem em gabarito das peças de 260cm;
- Enumeração dos seguimentos de tábuas para marcar as peças que compunham as tábuas de 260cm, conforme mostra a figura 71a;
- Estocagem;
- Aplicação de cola (resorcinol cascophem) com pincel (figura 71b);
- Arrumação das peças na prensa, em pilha vertical, para serem prensadas de topo (figura 72);
- Prensagem por 24,00hs;
- Retirada das tábuas da prensa para serem estocadas.



a- Peças cortadas, numeradas e arrumadas p/ compor tábuas de 260cm.
Fonte: Autor 2001.



b- Aplicação de cola no topo das peças p/ formar tábuas de 260cm.
Fonte: Autor 2001.

Figura 71: Peças cortadas e numeradas para formar tábuas de 260cm e aplicação de adesivo no topo das peças.

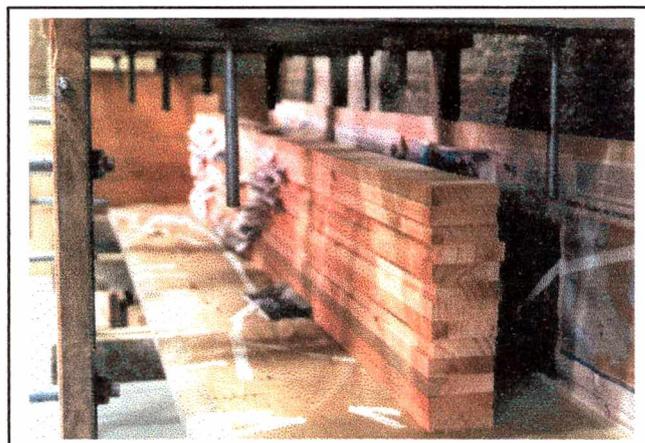


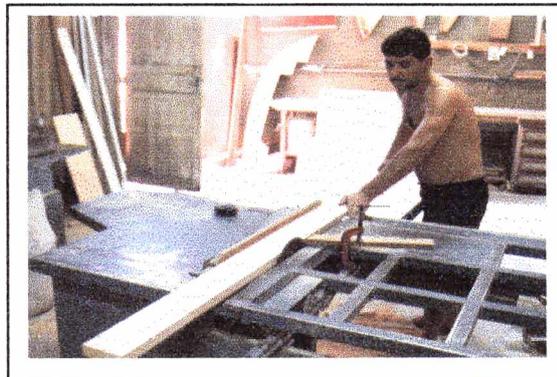
Figura 72: Arrumação das peças na prensa em pilha vertical para reconstituírem as tábuas de 260cm. Fonte: Autor 2001.

9º) Após a prensagem das peças, elas foram retiradas da prensa e aparelhadas nas duas faces de menor dimensão. Para execução desta tarefa, utilizou-se a desempenadeira para nivelar uma das faces e a outra face foi aparelhada na serra circular, obtendo-se assim a seção desejada para composição das chapas.

A tarefa de aparelhar as duas faces das tábuas foi realizada por ser este componente reconstituído por vários segmentos de madeira de diferentes comprimentos, resultando um produto com superfície irregular, o que poderia comprometer a emenda lateral das mesmas na etapa de colagem das chapas. A figura 73a mostra o aparelhamento de uma das faces das tábuas reconstituídas, para que a mesma sirva de guia para o aparelhamento da outra face oposta em serra circular (figura 73b). Na figura 74 podem ser observadas as tábuas reconstituídas prontas para serem introduzidas na seqüência de colagem lateral para a formação das chapas.



a- Tábua reconstituída sendo aparelhada em uma das faces na desempenadeira.
Fonte: Autor 2001.



b- tábua reconstituída sendo bitolada na seção desejada na serra circular.
Fonte: Autor 2001.

Figura 73: Aparelhamento das faces de menor dimensão das tábuas reconstituídas, para se obter a seção desejada.

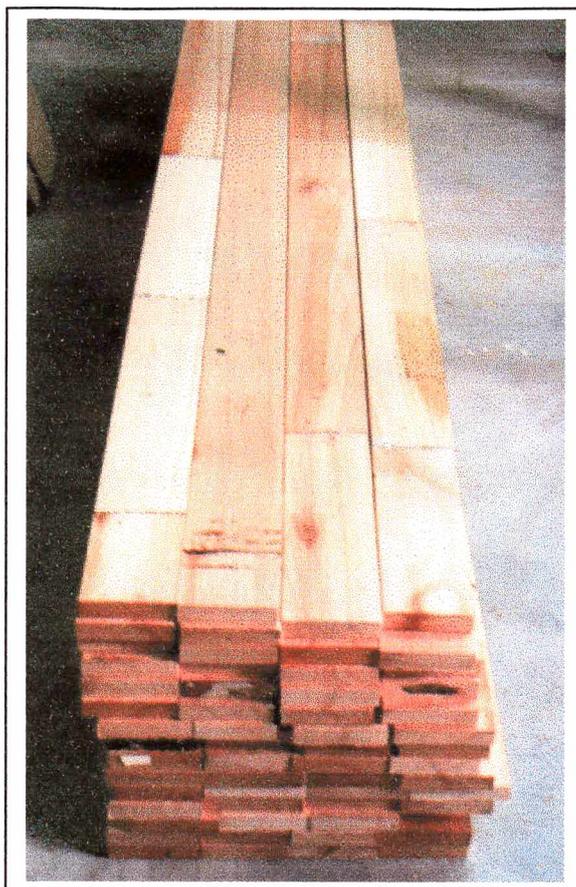


Figura 74: Tábuas reconstituídas, aparelhadas e bitoladas na seção desejada.
Fonte: Autor 2001.

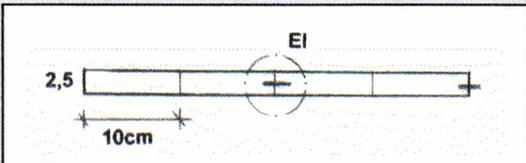
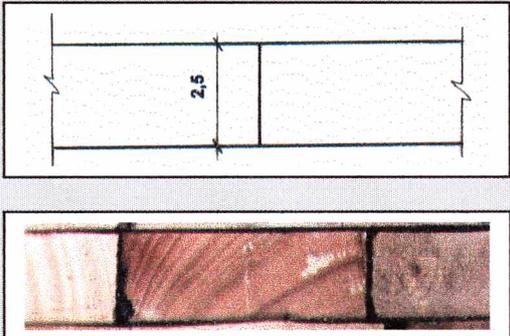
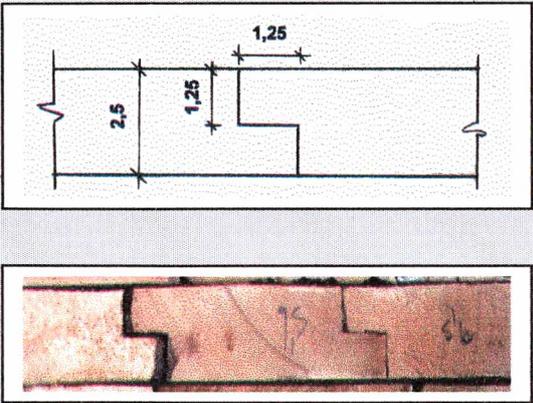
Até a etapa de número nove, o processo de reconstituição das tábuas é comum a todos tipos de chapas a serem produzidos. A partir desta fase, o processo de produção começa a se diferenciar, podendo cada um ter uma quantidade maior ou menor de operações a depender da solução gráfica adotada. Para a colagem lateral, as referências bibliográficas (nacional e estrangeira) apresentam uma série de possibilidades de composições, como foi mostrado no quadro 24. A viabilidade de cada solução está relacionada à disponibilidade de ferramentas para execução das mesmas.

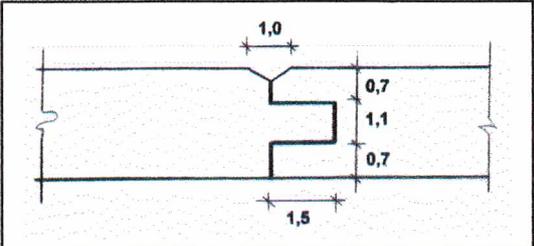
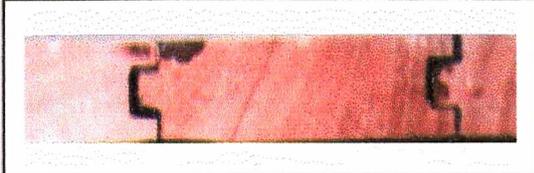
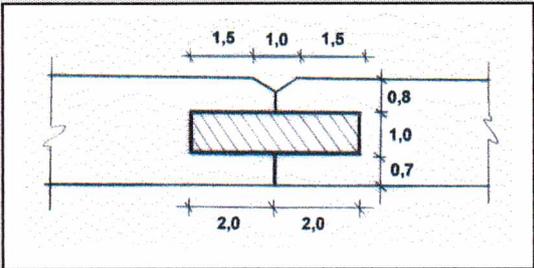
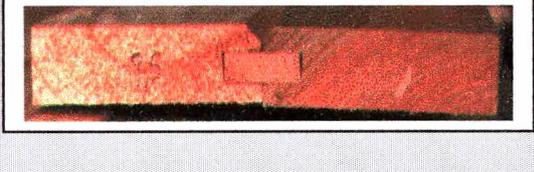
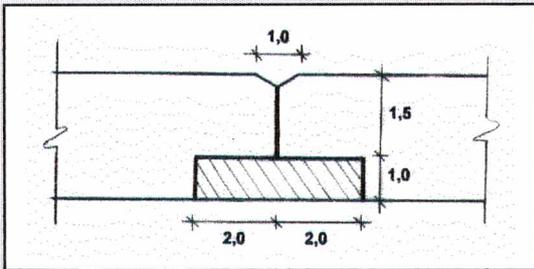
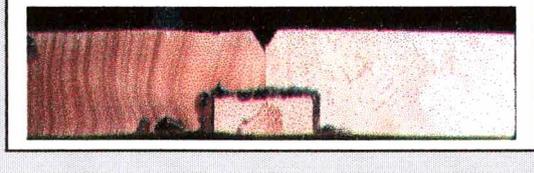
Uma vez selecionadas as soluções do tipo “A”, “D”, “H” e “M” para a produção das chapas verticais, conforme apresentadas no quadro 24, estas foram empregadas nos protótipos. Foram executadas as chapas com tábuas emendadas da seguinte forma:

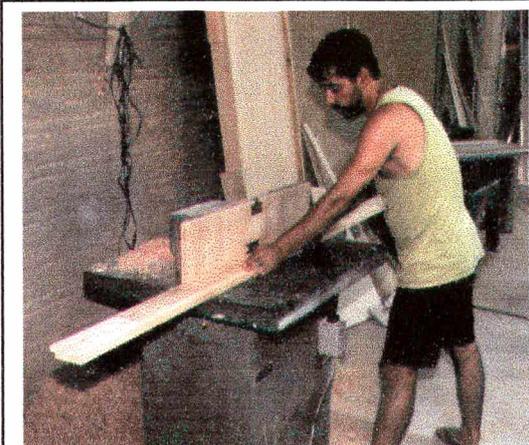
- Somente com emendas de topo;
- Somente com emendas de meia seção;
- Somente com emenda macho-fêmea;
- Emenda de topo alternando com emenda utilizando lingueta central;
- Emenda de topo alternando com emenda em uma das faces.

A depender das soluções adotadas, a produção das chapas teve um número maior ou menor de operações para a sua produção, como pode ser constatado no quadro 30. Para cada proposta foram executados 3 protótipos.

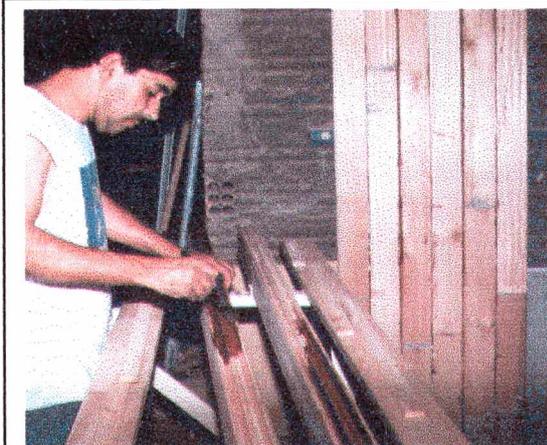
QUADRO 30: CONCEITOS DE LIGAÇÕES ENTRE TÁBUAS DE MADEIRA EMPREGADOS NAS COMPOSIÇÕES DAS CHAPAS DE MADEIRA COLADA.

LIGAÇÕES PROPOSTAS	
 <p>Ligações das tábuas que compõem as chapas. Unidade de medida empregada em cm.</p>	
Proposta Gráfica	Etapas de Produção
<p style="text-align: center;">a- Ligação de topo.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicação do adesivo na face a ser colada; 2. Arrumação das peças na prensa; 3. Aplicação de carga por um período de 24hs; 4. Retirada do painel da prensa; 5. Acabamento superficial da chapa com lixa; <p>Obs: solução utilizada em todas as emendas da chapa.</p>
<p style="text-align: center;">b- Ligação a meia seção</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção do rebaixo ½ seção em tupia, figura 75a; 2. Aplicação do adesivo na face a ser colada, figura 75b; 3. Arrumação das peças na prensa, figura 76a; 4. Aplicação de carga por um período de 24hs, figura 76b; 5. Retirada do painel da prensa; 6. Acabamento superficial da chapa com lixa, figura 77; <p>Obs: solução utilizada em todas as emendas da chapa.</p>

<p>c- Ligação macho-fêmea</p>  	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção dos rebaiços tipo macho-fêmea c/ tupa; 2. Aplicação do adesivo na face a ser colada; 3. Arrumação das peças na prensa; 4. Aplicação de carga por um período de 24hs; 5. Retirada do painel da prensa; 6. Acabamento superficial da chapa com lixa; 7. Produção do friso em "V" para marcar modulação estética da chapa a cada 20 ou 30cm. <p>Obs: solução utilizada em todas as emendas da chapa.</p>
<p>d- Ligação com lingüeta central</p>  	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção dos rebaiços tipo fêmea nas duas tábuas adjacentes, feitos com tupa; 2. Produção da lingüeta na serra circular; 3. Aplicação do adesivo na face a ser colada; 4. Aplicação da cola na lingüeta; 5. Colocação da lingüeta no rebaixo tipo fêmea; 6. Aplicação da cola na face da tábua sem rebaixo; 7. Arrumação das peças na prensa; 8. Aplicação de carga por um período de 24hs; 8. Retirada do painel da prensa; 9. Acabamento superficial da chapa com lixa; 10. Produção do friso em "V" para marcar modulação estética da chapa a cada 20 ou 30cm. <p>Obs: solução utilizada com alternância da ligação de topo, ou seja, uma ligação de topo e a seguinte com lingüeta, assim sucessivamente até a conclusão da chapa.</p>
<p>e- Ligação com lingüeta na face oposta ao friso de acabamento</p>  	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção dos rebaiços tipo meia seção nas duas tábuas adjacentes, feitos com tupa; 2. Produção da lingüeta na serra circular; 3. Aplicação do adesivo nas duas faces das tábuas a serem coladas; 4. Arrumação das tábuas na prensa; 5. Aplicação da cola na lingüeta; 6. Colocação da lingüeta no rebaixo das tábuas; 7. Arrumação das lingüetas na prensa; 8. Aplicação de carga por um período de 24hs; 9. Retirada do painel da prensa; 10. Acabamento superficial da chapa com lixa; 11. Produção do friso em "V" para marcar modulação estética da chapa a cada 20 ou 30cm. <p>Obs: solução utilizada com alternância da ligação de topo, ou seja, uma ligação de topo e a seguinte com lingüeta, assim sucessivamente, até a conclusão da chapa.</p>



a – Preparo do perfil da tábua na tupia.
Fonte: Autor 2001.



b – Aplicação da cola com pincel nas tábuas a serem emendadas lateralmente.
Fonte: Autor 2001

Figura 75: Etapas de produção das chapas de vedação vertical proposta.



a – Arrumação das tábuas na prensa de colagem. Fonte: Autor 2001.



b – Prensagem das tábuas por 24hs.
Fonte: Autor 2001.

Figura 76: Processo de prensagem das chapas.

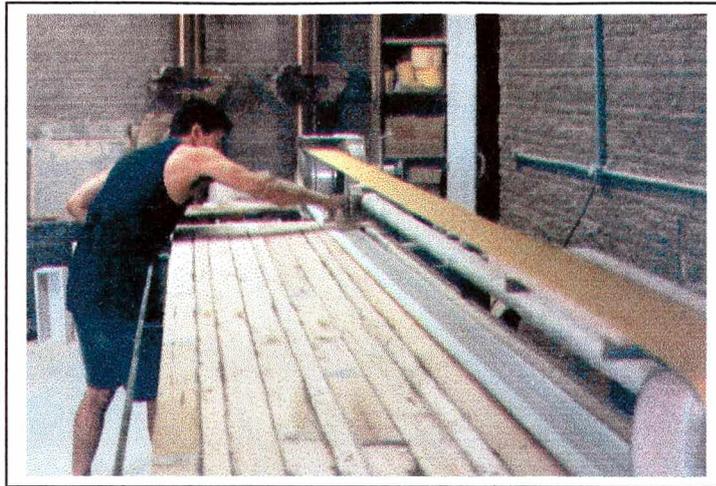


Figura 77: Lixamento das chapas para acabamento superficial.
Fonte: Autor 2001.

Durante o processo de construção dos protótipos das chapas, foi possível constatar alguns pontos que merecem atenção, pois os mesmos ainda não tinham sido percebidos no projeto gráfico do produto. Esta constatação se deu em diferentes etapas de produção do componente. Dentre os pontos, destacam-se:

- a) Separação dos seguimentos de tábuas por densidade;
- b) Separação dos seguimentos de tábuas por módulo de elasticidade;
- c) Corte das tábuas madeira serrada em peças menores;
- d) Variação da estabilidade das peças secas em estufa;
- e) Aplicação do adesivo e frisos de acabamento.

a) Separação dos seguimentos de tábuas por densidade.

Esta operação é sugerida uma vez que se constatou que os segmentos de tábuas apresentavam diferentes densidades. Segundo OLIVEIRA (1997), árvores de uma mesma espécie de madeira apresentam diferentes densidades entre si, como também as tábuas retiradas de um mesmo tronco de árvore também têm densidades diferenciadas, uma vez que esta propriedade varia em relação à posição que é retirada no tronco. Ocorre, por exemplo, que peças obtidas da região do cerne têm maior densidade em relação aquelas outras extraídas do alburno. Esta separação pode ser feita, empregando-se uma classificação visual:

- Pela cor das peças, onde as mais escuras se apresentaram com maior peso do que às claras, com é mostrado na figura 78;

- Pela textura das peças serradas perpendicularmente as fibras. Constatou-se que as de maior densidade depois de serradas, apresentavam superfície mais lisa ao tato e brilhantes como se tivessem sido polidas, enquanto que os seguimentos de tábuas de menor densidade apresentavam superfície áspera ao tato, irregular, e sem brilho (figura 78).

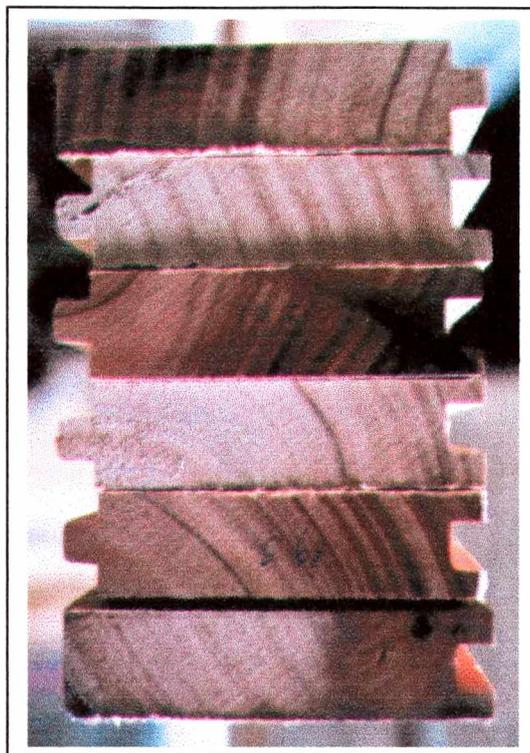


Figura 78: Características das peças de madeira – cor e textura
Fonte: Autor 2001.

Este critério de separação embora visual, pode auxiliar na produção deste tipo de componente, visto que, uma separação ainda que feita de forma simplificada auxilia na definição de onde empregar tais peças de madeira, como, por exemplo, as peças de menores densidades são mais fáceis de serem impregnadas com produtos preservadores e, portanto, depois de tratadas, estarão mais aptas para serem utilizadas em locais mais sujeitos a degradação por agentes biológicos. Desta forma, pode-se obter dois agrupamentos de madeira, as de alta e de baixa densidade, empregando este critério de separação, o que resultaria em uma melhor utilização do material para produção dos componentes.

Critérios de classificação visual de peças de madeira já foram testados de forma criteriosa por FAGUNDES e SZÜCS (1998), visando a composição racional de vigas de madeira laminada colada de *Pinus* para a empresa catarinense BATTISTELLA, onde se pretendia um melhor desempenho

estrutural do componente, como também estético. Neste trabalho os pesquisadores concluíram que:

- “O método de classificação visual das tábuas adotada pela empresa BATTISTELLA, em 1ª e 2ª, visando efeito estético contribui também para a melhoria da resistência mecânica da peça” (FAGUNDES e SZÜCS 1998, pg.288).
- “A pré-classificação visual realizada pela empresa BATTISTELLA foi considerada importante como primeira triagem do material. Portanto, pra melhoria das características mecânicas das lâminas, recomenda-se que esta atividade seja preliminar à fase de classificação por módulos” (FAGUNDES e SZÜCS 1998, pg.288).

b) Separação dos seguimentos de tábuas por módulo de elasticidade.

Este tipo de classificação pode ser utilizado na seqüência do processo de separação anterior. A classificação por módulo de elasticidade tem como vantagem determinar de forma mais precisa a resistência mecânica de cada peça de madeira. Esta tarefa pode ser desenvolvida, utilizando-se equipamento específico para isto. Sabe-se que cada espécie de madeira tem um módulo de densidade médio característico. Por ser médio este parâmetro, ele está distribuído em uma curva constituída de valores baixos, médios e altos. Propõem-se pelo menos dois agrupamentos das peças de madeira tendo como referencial o valor de 12813 (MPa) divulgado pela norma brasileira NBR 7190 (1997) para o *Eucalyptus grandis*, sendo um primeiro constituído por valores obtidos abaixo do referencial padrão (por isso denominado de baixa densidade), e o outro agrupamento por valores acima do referencial padrão como sendo de alta densidade.

Este critério também foi verificado por FAGUNDES e SZÜCS (1998, pg.288), cuja conclusão reforça a opinião dos autores em relação a este tipo de classificação:

- “A pré-classificação das lâminas quanto ao módulo de elasticidade deve ser feita em apenas duas categorias, visando a simplicidade de operações em uma linha de produção”.

A importância desta classificação consiste em indicar as peças de maior módulo de elasticidade em situação que exija maior resistência mecânica do material. E as peças de baixa densidade, por serem mais porosa, servem para impregnação com produtos preservadores inseticidas e fungicidas, para uso em locais com maior suscetibilidade de ataques biológicos.

c) Corte das tábuas de madeira serrada em peças menores.

Ao serem cortadas as tábuas para retirar os nós e outros defeitos de formação como também daqueles decorrentes do processo de secagem, resultou em seguimentos de tábuas de comprimentos variados (figura 71a). Este fato teve como aspecto positivo o controle das fendas e rachaduras que surgem no topo das peças. Este controle ocorreu, uma vez que a propagação deste tipo de problema ficou interrompido, quando a tábua passa a ser constituída por vários seguimentos menores de madeira, como foi mostrado na figura 74.

Isto ocorre porque na tábua reconstituída, as fibras da madeira dos seguimentos se tornam descontínuas e a linha de cola entre as faces adjacentes das peças coladas também favorece o impedimento de rachaduras de topo dos seguimentos de tábua. Sendo assim, ficou evidente que nas extremidades das chapas é conveniente a utilização de seguimentos de tábuas de comprimento em torno de 30cm de comprimento ou menor, sendo que os maiores ficam recomendados para parte central da chapa. Em relação a esta constatação, OLIVEIRA (1997) recomenda que as peças de *Eucalyptus grandis* sejam empregadas com pequena largura para evitar arqueamento das mesmas. O abaulamento que ocorre neste tipo de madeira também fica controlado ou minimizado com a divisão da tábua em segmentos menores. Depois de reconstituídas as tábuas se apresentaram estáveis a estes dois tipos de problemas.

d) Verificação da estabilidade das peças secas em estufa.

A madeira empregada na composição das chapas foi seca em estufa até se atingir um teor de umidade de 12%, ficando esta teoricamente estabilizada. No entanto, o que pôde ser verificado em algumas peças de maior comprimento depois de bitoladas na seção desejada é que, ao serem novamente cortadas para obtenção de peças mais estreitas, estas voltavam a apresentar abaulamento, como também rachaduras internas. Isto foi verificado nas peças em que as fibras não tinham sua direção paralela ao eixo principal longitudinal da tábua.

Segundo OLIVEIRA (1997), a secagem controlada é um procedimento recomendado por minimizar os defeitos decorrentes da mesma, e com isto diminuir as perdas decorrentes deste processo. Este comportamento é característico da madeira de *Eucalyptus grandis* por ter elevados valores de retratibilidade. Uma vez seca e estabilizada, as pequenas variações de umidade do meio em que madeira for colocada interferirão muito pouco na formação de novos empenamentos, abaulamentos e rachaduras.

e) Aplicação do adesivo e frisos de acabamento.

Um dos requisitos para elaboração da proposta das chapas era o de processar frisos nas tábuas reconstituídas, no momento da execução das tarefas de abertura dos entalhes tipo macho-fêmea e outros como é mostrado no quadro 25. Todavia, esta solução apresentou problemas no momento da aplicação da cola, uma vez que o adesivo tem cor castanha escura, ficando este aparente na madeira, quando ocorre sua aplicação (como mostra a figura 79). Desta forma, duas possibilidades para contornar este problema podem ser sugeridas:

- Manter a execução do friso, no momento de produção dos rebaiços da emenda. Aplicar a cola, sendo esta retirada com lixa, no momento de acabamento final do painel;
- Produzir o rebaixo de acabamento, depois da chapa colada.

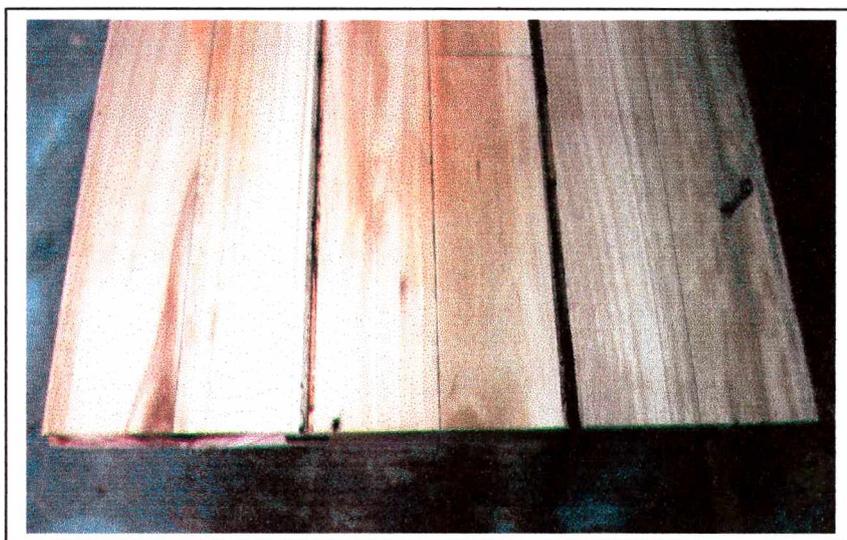


Figura 79: Frisos de acabamento da chapa a cada 20cm manchado pela cola.
Fonte: Autor 2001.

6.3.2. Teste do Protótipo

6.3.2.1. Fundamentação teórica para realização dos testes

METIDIERI FILHO (1998) coloca o termo **desempenho** como sendo o **comportamento em utilização**, ou seja, o produto para ser caracterizado como tal deverá apresentar certas propriedades para cumprir sua função, quando submetido a determinadas influências no decorrer de sua vida útil.

O comportamento de um componente de vedação sem função estrutural pode ser caracterizado através de diversos tipos de ensaios de laboratório. Para isto seu desempenho pode ser checado através de testes específicos embasados em instrumentos normativos da ABNT:

MB-3256 - ensaio de impactos de corpo mole e corpo duro;
MB-3259 - ensaio de ação de cargas provenientes de peças suspensas;
NBR-8054 - solicitações transmitidas por fechamentos bruscos de portas;

Estes ensaios são importantes para conhecer o comportamento do produto em situações similares às de uso. No entanto, a realização de todos estes ensaios, para determinar o comportamento mecânico estrutural das chapas de vedação vertical demandaria um grande número de experimentos, de custos e de tempo não compatíveis com os objetivos desta pesquisa. Foi realizada, portanto, uma verificação preliminar do desempenho das chapas propostas sob o impacto de corpo mole. Este tipo de ensaio foi eleito, uma vez que é um dos mais importantes dentre os demais por ser o de maior responsabilidade em relação à segurança do usuário relativa à intrusão no interior da edificação. A partir deste experimento, foi observado o comportamento das emendas de topo e das diversas possibilidades de emendas laterais que formam as chapas.

Esta avaliação não tem caráter definitivo de aprovar o projeto conceitual deste protótipo e sim coletar informações qualitativas sobre seu desempenho mediante este ensaio, como também verificar a validade de se continuar a pesquisar desta proposta com maior grau de profundidade do ponto de vista do seu comportamento técnico.

MITIDIARI FILHO (1998) conceitua impacto de corpo mole como a energia de impacto a ser aplicada em paredes internas e externas, podendo ser elas estruturais ou apenas desempenhar a função de vedação. Os impactos com menores energias apresentam a função de caracterizar o produto como estado de utilização e os de maiores energia referem-se ao estado limite último. Esta classificação está relacionada com a função do elemento de vedação como pode ser observado no quadro 31. Os impactos estão relacionados a choques acidentais que venham ocorrer durante a utilização do edifício ou a choques decorrentes de tentativas de intrusões intencionais ou não à moradia. Sendo assim, são considerados impactos gerados no interior como também no exterior da construção.

Estes ensaios podem ser realizados tanto em laboratórios com protótipos ou "*in loco*". Para sua real avaliação, o corpo-de-prova deverá incluir todos os componentes do sistema de utilização a ser empregado na prática. Os equipamentos utilizados para realização deste tipo de ensaio são:

- Suporte (quadro rígido) no qual é dependurado um saco cilíndrico de couro com altura de 900mm e diâmetro de 350mm contendo uma massa definida ($M=40\text{kg}$) composta de areia e serragem;

- Paquímetro de resolução de 0,1mm colocado no centro de gravidade da parede, na face oposta a que será atingida. Este equipamento tem a função de medir as deformações horizontais e residuais.

A realização do ensaio consiste em dependurar o saco de impacto de modo que ele fique tangenciando o corpo-de-prova. Para aplicação dos impactos, afasta-se o saco de couro até que seu centro de gravidade atinja a altura (H) que determinará a energia correspondente desejada, abandonando-o em movimento pendular contra a face do protótipo que receberá o impacto. Os valores recomendados da energia de impacto estão correlacionados com a função da parede, estrutural ou apenas de vedação, exterior ou interior. A figura 80 apresenta um esquema de realização deste tipo de ensaio. MITIDIARI FILHO (op.cit.) apresenta os seguintes valores recomendados para aplicação de impactos em paredes externas de fachadas, conforme é mostrado no quadro 31.

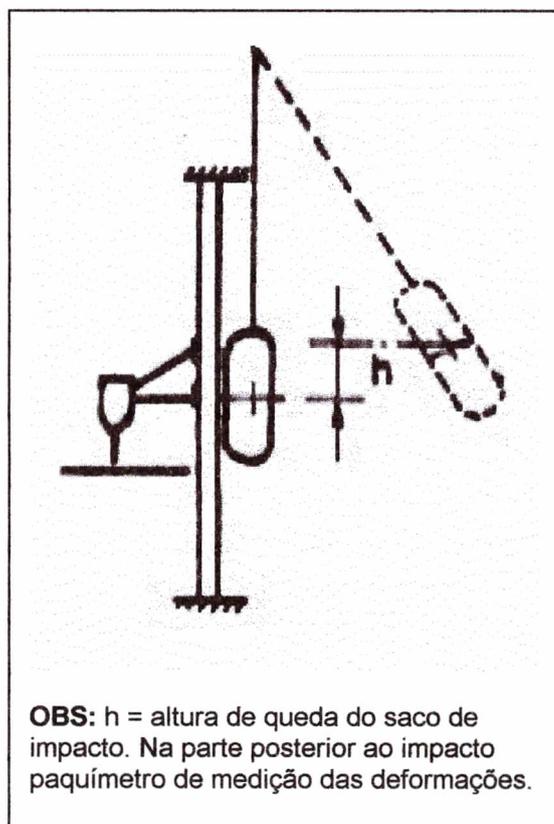


Figura 80: Representação esquemática do ensaio de corpo mole.
Fonte: ABNT / MB-3256 (1990, pg. 05).

QUADRO 31: VALORES RECOMENDADOS DE IMPACTOS PARA VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL.

Componente	Limitação para as energias de impacto			
	IMPACTO DE CORPO MOLE			
Paredes com função estrutural	Impactos externos (acesso externo ao público)	h(m) = 0,60 E = 240 J Não ocorrência de falhas $dh \leq h / 125$ $dhr \leq h/ 1250$	h(m) = 1,20 E = 480 J Não ocorrência de falhas	h(m) = 2,40 E = 960 J Não ocorrência de ruína
	Impactos internos (todos os pavimentos)	h(m) = 0,30 E = 120 J Não ocorrência de falhas $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/1250$	h(m) = 0,45 E = 180 J Não ocorrência de falhas	h(m) = 0,90 E = 360 J Não ocorrência de ruína
Paredes com função de vedação	Impactos externos (acesso externo ao público)	h(m) = 0,60 E = 240 J Não ocorrência de falhas $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	h(m) = 0,90 E = 360 J Não ocorrência de falhas	h(m) = 1,80 E = 720 J Não ocorrência de ruína
	Impactos internos (todos os pavimentos)	h(m) = 0,30 E = 120 J Não ocorrência de falhas $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	-----	h(m) = 0,60 E = 240 J Não ocorrência de ruína

Fonte: MITIDIARI FILHO (1998, pg. 100).

6.3.2.2. Montagem do ensaio

Para a realização dos ensaios de impacto de corpo mole, foi construída uma estrutura de madeira para fixação das chapas. Compunham esta armação montantes (barras verticais) de seção transversal 5x10cm espaçados a cada 57cm (de eixo a eixo). Estes elementos verticais receberam em suas extremidades, superior e inferior, uma barra horizontal de seção transversal de

2,5x10cm. A união entre as barras verticais e horizontais se deu através de dois pregos de diâmetro de 0,45mm x 75mm de comprimento, sendo colocado dois em cada ponto de ligação. A figura 81 mostra a montagem desta estrutura.

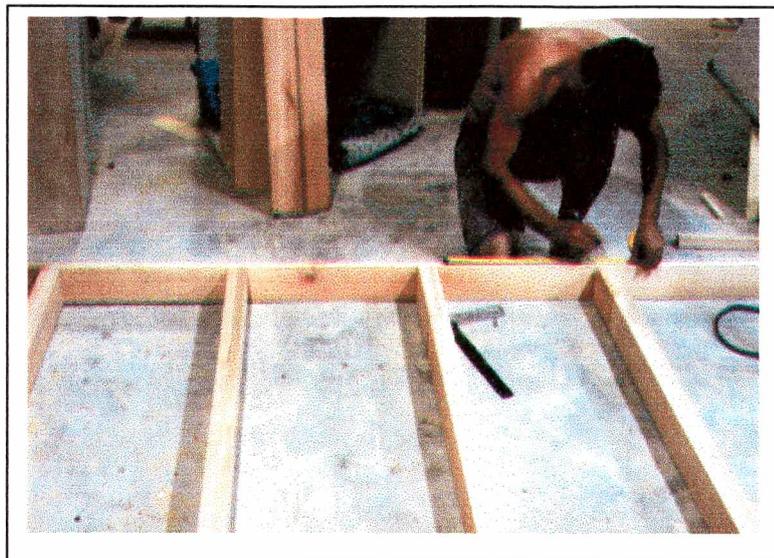


Figura 81: Montagem da armação de madeira para fixação das chapas a serem ensaiadas. Fonte: Autor 2001.

Depois de pronta, esta armação foi fixada em uma estrutura de concreto armado, composta de dois pilares, ligados entre si através uma viga e de outra viga denominada cinta de amarração localizada na base dos pilares. O elemento de conexão utilizado para fixar a estrutura de madeira com a de concreto armado foi o parafuso auto-atarraxante com bucha plástica S8, sendo utilizados 4 conectores deste tipo na parte inferior e 4 na parte superior, fixados próximos aos montantes.

Uma vez terminada a montagem da estrutura de sustentação das chapas, estas foram aparafusadas na armação de madeira, na parte superior e inferior, por meio de três parafusos de diâmetro de 4mm por 75mm de comprimento. Depois de colocadas as chapas em seus respectivos lugares na estrutura, foi colocado o paquímetro, na parte posterior da face a ser aplicada o impacto, para medir o deslocamento dos protótipos. Estes foram ensaiados um a um, como mostra a figura 82.

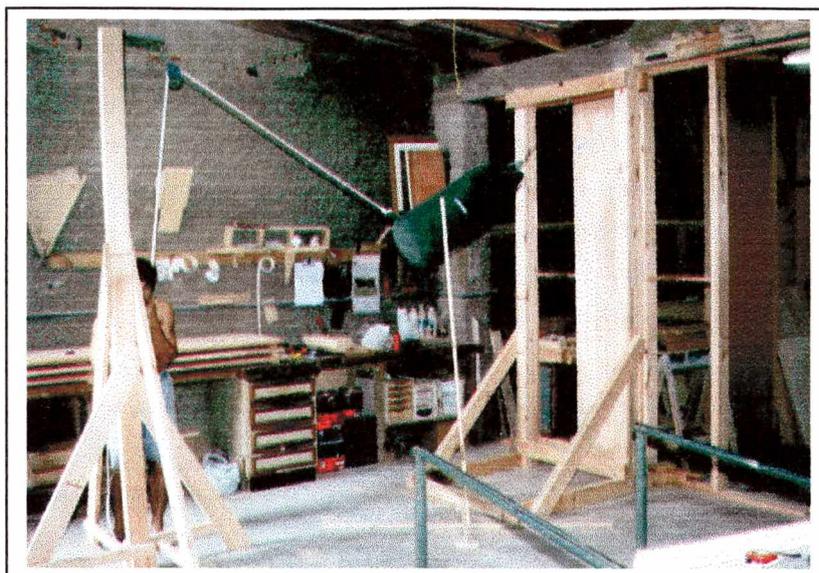


Figura 82: Ensaio de corpo mole das chapas de vedação vertical.
Fonte: Autor 2002.

Para a realização dos ensaios foi adotada a energia de impacto decorrente da altura de 0,60m ($E=240J$). Segundo MITIDIARI FILHO (1998), para a finalidade que se propõe o produto parede externa sem função estrutural, não deverão ocorrer falhas, após o término do ensaio. Após cada impacto, foi realizada a leitura da deformação registrada em papel milimetrado, como também a chapa foi inspecionada visualmente.

Quinze protótipos foram construídos para a realização dos ensaios, sendo três de cada tipo, conforme foi apresentado no quadro 30 (p.208). Dos cinco modelos construídos e ensaiados, os resultados dos deslocamentos horizontais como também a constatação de falhas nas chapas estão apresentados no quadro 32.

QUADRO 32. Desempenho das chapas, conforme falhas decorrentes de impactos de corpo mole.

Modelo	Desloca- -mentos em mm	Desempenho Das Chapas	OBS. Dimensões das chapas em mm
TIPO "A" Emenda de topo	24,3	A1 não ocorrência de falhas A2 ruína parcial da chapa (tábua soltou) A3 não ocorrência de Falhas	E. 25mm, L. 575mm, C.2600mm. A1 colagem perfeita A2 colagem descontinua A3 colagem perfeita
TIPO "B" Emenda a meia seção	24,0	B1 não ocorrência de falhas B2 não ocorrência de falhas B3 não ocorrência de falhas	E. 25mm, L. 585mm, C.2600mm. B1 extremidade superior c/ pequena falha de colagem B2 colagem perfeita B3 extremidade superior c/ pequena falha de colagem
TIPO "C" Emenda macho-fêmea	26,6	C1 não ocorrência de falhas C2 não ocorrência de falhas C3 não ocorrência de falhas	E. 25mm, L. 585mm, C.2600mm. C1 colagem perfeita C2 colagem perfeita C3 falha de colagem - as tábuas não ficaram completamente encostadas
TIPO "D" Emenda c/ lingüeta central	25,6	D1 não ocorrência de falhas D2 não ocorrência de falhas D3 não ocorrência de Falhas	E. 25mm, L. 575mm, C.2600mm. D1 colagem perfeita D2 colagem perfeita D3 colagem perfeita
TIPO "E" Emenda c/ lingüeta	30,6	E1 não ocorrência de falhas E2 não ocorrência de falhas E3 não ocorrência de Falhas	E. 25mm, L. 575mm, C.2600mm. E1 colagem perfeita E2 colagem perfeita E3 colagem perfeita
Média das médias das deformações	26,22		

Fonte: Autor 2001. Obs: E= espessura, L= largura, C= comprimento das chapas.

6.4. Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos nos ensaios com os protótipos, podem ser feitas as seguintes considerações quanto:

- Deslocamentos registrados nas chapas;
- Falhas ocorridas nos protótipos;
- Sistema de fixação das chapas na armação de madeira;
- Fixação da estrutura de madeira na de concreto armado;

a) Quanto aos deslocamentos registrados nas chapas.

Um dos parâmetros para a avaliação de desempenho de componentes apresentado por MITIDIARI FILHO (1998), é a deslocamento verificado nos protótipos, após o impacto de corpo mole. As chapas de vedação vertical sem função estrutural para serem utilizadas externamente deverão resistir a impactos de 240J sem apresentar falhas e deslocamentos menores que $h/125$, sendo “h” a altura do componente.

As chapas propostas nesta pesquisa têm 25mm de espessura, largura variando de 575mm a 585mm e 2600mm de comprimento. Pela recomendação de MITIDIARI FILHO (op.cit.), o deslocamento máximo para estas chapas é de 20,8mm. No entanto, a média dos deslocamentos registrados nos ensaios foi de 26,22mm, com o componente fixado apenas nas extremidades superior e inferior. Um dos fatores que pode ter influenciado para esta deformação é a largura das chapas (575mm a 585mm) considerando sua pequena espessura 25mm.

Apesar de ser um pouco acima da máxima deformação permitida pelas recomendações de MITIDIARI FILHO (op.cit.), dos 15 protótipos produzidos, 14 não apresentaram qualquer tipo de falha visual devido aos impactos aplicados, exceto um denominado de “A2”, onde uma das tábuas se soltou. Este problema será apresentado no subitem a seguir.

Quando se faz um ensaio em que são registrados os deslocamentos ocorridos, um dos problemas que podem ocorrer é o erro de leitura devido à imprecisão do instrumento utilizado, sendo esta imprecisão para mais ou para menos. Portanto, o fato dos valores registrados serem maiores do que o recomendado, não chega a comprometer o desempenho dos componentes ensaiados. Estes valores foram obtidos com a finalidade de se ter uma idéia preliminar dos deslocamentos destes protótipos, quando submetidos a este tipo de ensaio.

b) Falhas ocorridas nos protótipos.

Dos protótipos ensaiados apenas um rompeu, a chapa A2 como mostra a figura 83, quando foi testado com um impacto de 240J. O problema registrado consistiu de um dos seguimentos de tábuas ter se descolado das demais que formavam a chapa (figura 83b). Cabe dizer que este componente em especial não apresentava uma colagem uniforme, na região de rompimento, onde a linha de cola era descontínua, devido a um problema de prensagem que ocorreu durante a produção do mesmo. Sendo assim pode-se dizer que, em relação a este fato e considerando o resultado dos demais protótipos, o problema está relacionado à execução da chapa.

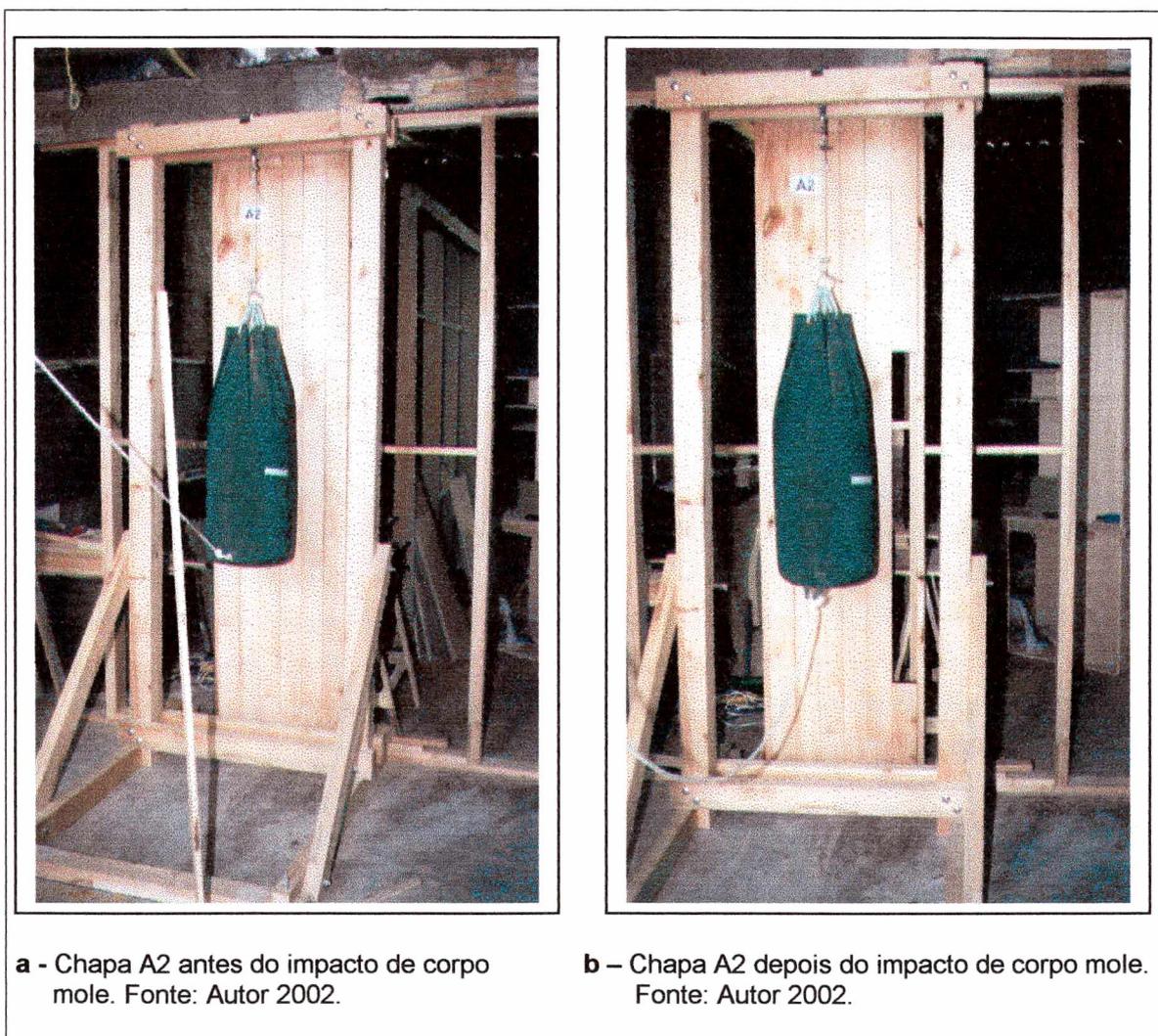


Figura 83: Ensaio de impacto de corpo mole com a chapa A2 Antes de depois do teste.

Não foi verificada ruptura em nenhum dos seguimentos de tábuas que formavam as chapas, e nem tão pouco nas emendas de topo utilizadas para ligar entre si os diversos pedaços de madeira de pequeno comprimento. Este resultado, verificado neste tipo de ligação, incentiva a realização de outros tipos de testes de avaliação de desempenho deste componente.

Pode-se dizer que parte do sucesso verificado nos testes dos demais componentes se deve ao fato da madeira ter maior resistência a impactos de cargas rápidas, do que as cargas permanentes de longa duração. Também a cola utilizada, apresentou desempenho satisfatório como indicado na bibliografia consultada, sendo ela resistente aos impactos aplicados nas chapas.

c) Sistema de fixação das chapas na armação de madeira.

O sistema de fixação das chapas na estrutura de madeira consistiu de dois parafusos na parte inferior e dois na parte superior, com dimensões de 4mm de diâmetro por 75mm de comprimento. Com este sistema de fixação, realizou-se a primeira série de ensaios cuja média final foi de 26,22mm, que é somatória das médias dos ensaios dos cinco conjuntos testados.

Por ter sido feito o sistema de fixação das chapas na armação de madeira através parafusos, é considerado como semi-rígido, “apresentam resistência ao giro relativo, mas não possuem rigidez suficiente para impedir todo deslocamento entre as peças” VALLE (1998, pg. 403). A vantagem de se utilizar ligações semi-rígidas é que elas têm menor custo quando comparadas com as ligações rígidas.

d) Em relação à fixação da estrutura de madeira na de concreto armado.

Em relação à fixação da estrutura de madeira na estrutura de concreto armado, os conectores empregados (parafusos e bucha plástica S8) se mostraram insuficientes para a fixação da armação de madeira nos elementos de concreto armado, uma vez que, após 8 impactos de 240J os conectores superiores romperam por cisalhamento. Sendo assim, foi necessário aumentar o número de parafusos de quatro para oito para fixar a parte superior e inferior da estrutura de madeira na de concreto armado. Foram também utilizadas cunhas na parte superior para aumentar o aperto das estruturas de madeira, uma vez que a viga de concreto não era retilínea de forma uniforme. Com estas medidas de fixação não ocorreu mais o cisalhamento dos parafusos.

7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo serão apresentadas discussões sobre a metodologia do projeto conceitual, conclusões relacionadas a hipóteses da pesquisa e recomendações sobre pesquisas que poderão ser desenvolvidas a partir desta.

7.1. DISCUSSÕES:

a) Sobre a Metodologia do Projeto Conceitual

A metodologia de projeto apresentada por BAXTER (1998) para desenvolvimento de novos produtos forneceu subsídios teóricos que auxiliaram no desenvolvimento do projeto conceitual das chapas de vedação vertical para edificações de madeira. Sua contribuição para esta pesquisa consistiu da apresentação de uma seqüência de etapas que foram cumpridas, no decorrer do desenvolvimento do projeto do produto proposto. Essas etapas nem sempre são consideradas, quando se trabalha com componentes projetados por profissionais da área de engenharia civil e da arquitetura. Os “*designers*” de modo geral procuram trabalhar o desenvolvimento de produtos industrializados, adotando um conjunto de variáveis durante o processo de desenvolvimento do mesmo, verificando de que forma elas irão indicar o sucesso e ou insucesso do produto.

A metodologia composta da aplicação do funil de decisões, da análise dos princípios de estilo, da análise da tarefa, da análise da função do produto, da seleção do conceito referência para eleição do melhor conceito para o produto proposto e da configuração do projeto é um conjunto de etapas que possibilita apontar os aspectos mais importantes para diferenciar o produto dos demais concorrentes no mercado. Ao aplicar esta metodologia de BAXTER (op.cit.) para o produto “vedação vertical de madeira”, constatou-se a sua eficiência na identificação dos aspectos para se atingir a inovação tecnológica, através da ligação lateral colada de peças de pouca espessura.

Através da delimitação do espaço do problema apresentada por esta metodologia, foi possível delimitar e destacar a importância da:

- Fronteira do problema, constituída pela disponibilidade de matéria prima a ser adotada, qualificação da mão-de-obra, e tecnologia disponível;
- Soluções existentes no mercado, em relação às chapas de madeira industrializada;
- Soluções existentes no mercado, em relação às vedações verticais feitas em madeira.
- Meta do problema – proposta do produto, embasada no levantamento e análise dos três itens acima citados.

Orientado por esta metodologia, o passo seguinte foi levantar os tipos de chapas de madeira disponíveis no mercado e sua utilização. Esta busca possibilitou constatar a falta de um componente de vedação vertical produzido industrialmente que pudesse ser utilizado externamente em uma construção e apresentasse simultaneamente resistência ao intemperismo, rapidez de montagem, servindo como acabamento final da edificação.

A partir da análise das características técnicas das chapas levantadas, constatou-se a falta de um produto feito à base de madeira sólida oriunda de florestas plantadas de rápido crescimento, direcionado para a construção civil. Esta constatação impulsionou a elaboração da proposta de um componente embasado nos conceitos de sistemas construtivos abertos e de construtividade.

O produto proposto pode ser considerado como aberto, uma vez que ele não faz parte de um sistema construtivo fechado nele mesmo e apresenta possibilidades de ser utilizado conjuntamente com outros componentes produzidos por outros fabricantes. Este conceito se complementou com os critérios de simplicidade, repetição e normalização do conceito de construtividade.

Quanto ao critério da simplicidade, pode-se dizer que este foi alcançado, uma vez que os detalhes do produto foram propostos de forma a simplificar o processo de montagem do componente na obra, visando a facilidade de execução, como também a de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Em relação aos critérios de repetição e normalização, inerentes ao conceito de construtividade, também foram contemplados, uma vez que foi proposto um componente que pode ser repetido quantas vezes for necessário para formar a parte externa da edificação, facilitando o aprendizado dos operários e conseqüentemente acelerando a execução, reduzindo o tempo de construção e de mão-de-obra e ainda os desperdícios devido a cortes nos componentes.

Em relação à matéria-prima disponível, o estudo das características, das potencialidades e das limitações da madeira possibilitou destacar as vantagens de se trabalhar com a madeira industrializada. A industrialização da madeira utiliza processos que procuram excluir defeitos de formação da madeira, de secagem e diminuem os problemas de degradação por agentes biológicos e não biológicos do material com a aplicação de tratamentos preventivos que aumentam a sua resistência natural.

A análise da tarefa foi uma técnica fundamental para levantar as operações que implicavam em problemas relativos aos sistemas de vedação do mercado analisados, fornecendo, ao final, alguns indicadores de projeto. A técnica serviu para confirmar as tarefas mais lentas de cada sistema, indicando a utilização de componentes mais largos para diminuir o tempo de deslocamento dos mesmos em vários locais na obra, bem como auxiliar as tarefas de montagem.

A análise das funções divididas em principal, básica, secundárias e de uso foi decisiva na definição da chapa a ser proposta. A correlação destas funções com o benefício básico do projeto da chapa de vedação determinou que as funções ligadas à segurança ao fogo, ao conforto térmico e ao conforto acústico fossem associadas à utilização de outros materiais em conjunto com a chapa de vedação a ser proposta.

O benefício básico definido a partir da grande vida útil, redução do tempo de construção e variada modulação determinou a prioridade de algumas exigências funcionais em relação a outras. Para alcançá-lo, foi determinante o estabelecimento de pouca espessura das chapas para contemplar os indicativos de projeto relacionados com o tempo de execução e a facilidade de montagem dos elementos de madeira. Esse detalhe (pouca espessura) não é garantia de atendimento de todas as funções destacadas. Nesse sentido, a técnica da análise das funções foi válida para mostrar que o benefício básico está de acordo com o caráter aberto da chapa de vedação, admitindo a associação de outros materiais e/ou componentes construtivos.

As etapas de geração dos conceitos, de eleição do conceito de referência e de seleção do melhor conceito se mostraram técnicas práticas para exprimir o conceito final da chapa de vedação vertical e sua especificação. Destaca-se a eficiência da técnica de seleção do melhor conceito, por reunir nos critérios de seleção dos conceitos todos os aspectos para a posterior especificação do produto.

b) Em relação à Configuração do Projeto e à Produção dos Protótipos

A metodologia de BAXTER (1998) não se limita só ao conceito do produto. Ela continua com a configuração do projeto em nível conceitual, possibilitando detalhar soluções recomendadas a partir do conceito e da especificação do produto. Assim é que, essa etapa permitiu levantar as possibilidades de emendas das peças de madeira para compor as tábuas componentes da chapa de vedação, as emendas laterais das tábuas para compor as chapas, as emendas entre chapas, as ligações das chapas na estrutura de sustentação, as combinações modulares, as possibilidades de acabamento nas juntas das chapas, além das especificidades dos materiais a serem adotados.

A produção dos protótipos das chapas de vedação e os testes qualitativos de desempenho foram fundamentais para demonstrar a validade das várias possibilidades de configuração do projeto, pois, através dessas etapas, foram levantadas as dificuldades e as facilidades técnicas no processo concreto de manufatura das chapas.

Em relação aos conceitos de emendas longitudinais para unir seguimentos de madeira de pequenos comprimentos para formar as tábuas de 260cm que compõem as chapas de vedação, foi possível concluir que:

- A emenda de topo proporcionou grande facilidade para ser executada, uma vez que esta necessitou de equipamentos de fácil operação como serra circular para regularizar as pontas dos seguimentos de tábuas e a aplicação do adesivo foi feita apenas com pincel em superfície plana. Os demais tipos de emendas apresentadas no levantamento de possibilidades de ligações longitudinais apresentavam execução complexa, por requererem muitas tarefas para sua produção ou por necessitarem de equipamentos sofisticados não disponíveis na oficina onde foi desenvolvido o trabalho de montagem dos protótipos.
- O processo utilizado para prensagem das peças que formavam as tábuas reconstituídas, por ser improvisado com um aparelho montado em oficina de marcenaria, pode ter contribuído para o insucesso de algumas ligações de topo, as quais se rompiam ao serem retiradas da prensa, ou quando eram transportadas de um lado para outro. Na maioria das vezes que este problema ocorreu, as peças emendadas tinham densidades bem diferentes (madeira de cerne colada com madeira de alburno). No entanto, este problema também foi observado em poucas ligações feitas entre peças de alburno com outras de alburno e de cerne com outras de cerne.

Em relação às emendas laterais das tábuas componentes das chapas, foram selecionados cinco tipos de junções, para a produção de três protótipos de cada tipo, os quais foram submetidos a ensaios de corpo mole. Através destes ensaios, não foi possível verificar qual das cinco propostas de emendas era a melhor do ponto de vista de impactos de corpo mole de 240J. Isto se deu porque apenas um feito com emenda de topo se rompeu dos quinze protótipos produzidos. O protótipo rompido apresentava uma colagem descontínua entre as tábuas adjacentes que se soltaram ao ser testado. Este problema de colagem foi consequência de uma prensagem mal conduzida, no momento da produção do corpo de prova.

Foi observado através dos outros dois corpos-de-prova feitos com ligação lateral de topo que é possível obter um produto capaz de resistir a carga aplicada de 240J. Isso ocorre quando a colagem é bem feita, ou seja, duas superfícies a serem emendadas ficam totalmente recobertas com o adesivo e a prensagem ocorre de forma uniforme ao longo de toda área a ser colada, mesmo que a área seja de 2,5cm de largura por 260cm de comprimento. Também se constatou que esta energia de impacto não é capaz de romper a madeira de *Eucalyptus grandis* de média densidade isenta de defeitos, sejam eles de formação ou de secagem.

Os demais protótipos feitos com as outras quatro opções de emendas laterais não romperam com a mesma carga aplicada, ainda que em alguns protótipos, a prensagem das tábuas componentes da chapa não proporcionasse um contato contínuo entre elas ao longo do seu comprimento. O fato demonstra que as emendas do tipo meia-seção, do tipo macho-fêmea, com lingueta central e com lingueta lateral proporcionam um aumento da área a ser colada em relação à emenda de topo. Esta solução favoreceu o desempenho das chapas, como pode

ser verificada naquelas em que a colagem das emendas laterais não foi bem executadas, não rompendo em função do aumento da linha de cola.

Os encaixes proporcionados pelas ligações do tipo macho-fêmea e de lingüeta central contribuíram para o desempenho verificado. Estes aumentam a área de contato entre as peças a serem emendadas.

Em relação ao processo de produção das cinco propostas de emenda lateral, é possível eleger a melhor proposta de chapa. A emenda de topo apresentou mais facilidade de execução, tanto pelo equipamento necessário para beneficiamento das tábuas como também pela facilidade de aplicação do adesivo e colocação das tábuas na prensa.

Em relação às chapas compostas de emendas laterais do tipo meia seção, também se verificou a facilidade nas seguintes etapas: execução deste tipo de rebaixo, aplicação do adesivo e colocação das tábuas na prensa. Esta proposta se diferencia da anterior, por apresentar uma tarefa a mais na etapa de beneficiamento da madeira para produção dos rebaiços de meia seção feitos em tupia. Outro aspecto que diferencia este tipo de ligação é o aumento da largura da linha de cola.

Seguindo um aumento de complexidade para a execução das emendas laterais dos protótipos das chapas, têm-se as emendas do tipo macho-fêmea, que necessitam dois tipos de fresas diferentes para a execução dos rebaiços das seções dos encaixes. A aplicação da cola, neste caso, é um pouco mais difícil de ser efetuada do que no caso anterior, por causa do rebaixo do tipo fêmea, que exige maior atenção no recobrimento com a cola, requerendo um maior tempo para a execução desta tarefa. Outro aspecto observado se refere à arrumação das peças na prensa, onde ocorreu dificuldade de encaixar o dente tipo macho no friso tipo fêmea.

Com relação às chapas que apresentam emenda com lingüeta central e lateral, verificou-se como aspecto positivo o aproveitamento de sobras de madeira para execução das lingüetas. Todavia, a produção das mesmas é minuciosa, por apresentar uma pequena seção transversal e grande comprimento, demandando maiores cuidados no uso dos equipamentos por parte do operador. A aplicação da cola na peça da lingüeta é trabalhosa porque é necessário cobrir todas as faces com o adesivo, para, então, introduzi-las nos encaixes.

A produção dos rebaiços tipo fêmea-fêmea (na ligação com lingüeta central) e do tipo meia-seção (na ligação com lingüeta lateral) necessita apenas de um tipo de fresa para cada operação, não sendo, portanto muito complexa. Todavia, a etapa de aplicação de cola no rebaixo tipo fêmea-fêmea exige maior atenção para evitar superfícies sem cola. Já a aplicação da cola na emenda com lingüeta lateral é semelhante à da emenda do tipo meia-seção, por se visualizar melhor as superfícies a serem coladas. Do ponto de vista de economia de adesivo, a lingüeta lateral é mais vantajosa porque recebe menos cola do que a lingüeta central, porque uma de suas faces de maior dimensão não recebe cola.

Para ligar as duas tábuas que compõem a emenda com lingüeta central, ocorre o mesmo tipo de dificuldade encontrada nas emendas do tipo macho-fêmea. A arrumação das peças ligadas com lingüeta lateral na prensa é mais fácil do que a das peças emendadas com lingüeta central. Essa facilidade se deve ao fato da lingüeta lateral ser encaixada por sobreposição.

Do exposto, conclui-se que a ligação menos complexa é a de topo e a mais complexa é a de lingüeta central. A solução que melhor combina os fatores de produção de rebaixos, de aplicação de cola e de arrumação na prensa, sem muita dificuldade nas tarefas é a emenda lateral do tipo meia seção. Esta também se configura como uma boa solução por aumentar a área de cola das peças a serem unidas. Apesar da facilidade de execução das emendas de topo, estas não se configuram a solução ideal, quando a prensagem não possibilita um contato uniforme em toda a sua extensão, levando a falhas na continuidade da linha de cola.

Quando ocorrem falhas na etapa de regularização das faces das peças que receberão cola, a emenda de topo fica mais comprometida em relação ao seu desempenho de resistência a impactos em comparação com as outras quatro soluções. Significa dizer que a linha de cola é um dos aspectos mais relevantes no conjunto das etapas de produção e no desempenho final da chapa resultante.

Com relação às emendas entre chapas adjacentes, observou-se que as melhores propostas se referem às emendas de meia seção e com lingüeta lateral. As demais não se mostraram recomendáveis, por irem contra princípios de construtividade adotados para a execução das chapas com relação à rapidez de montagem e simplicidade de encaixe, como foi observado nas emendas laterais feitas com encaixes tipo macho-fêmea.

Nos testes verificados para emendar duas chapas adjacentes, ocorreram mais dificuldades na união entre chapas com a proposta de emenda do tipo macho-fêmea e lingüeta central. A variação de umidade na madeira pode comprometer o encaixe das chapas, nestes casos, podendo apresentar folga ou diminuição da sua seção. Isto pode dificultar tanto as tarefas de montagem como a de retirada das peças para futura manutenção ou desmonte da edificação. O inchamento da madeira, contudo, não interfere na rapidez de execução da montagem das chapas emendadas com encaixes de meia seção.

Com relação a futuras necessidades de manutenção e/ou desmontagem parcial das vedações para ampliação da edificação, as chapas com perfis de meia seção em T para composição das vedações (vide quadro 26 do capítulo VI) são mais indicadas, por possibilitarem a remoção de apenas uma chapa, no caso de uma manutenção pontual, ou de três chapas no máximo.

Quanto ao acabamento nas juntas das chapas, seis propostas foram testadas em modelos (vide quadro 25 do capítulo VI). Destas, a que apresentou o melhor resultado em relação ao acabamento das extremidades destes componentes foi a

proposta referente ao detalhe de rebaixo com cantos retos chanfrados e 10 mm de largura e 3mm de profundidade. Nesta solução, a linha vertical formada pelo encontro de duas chapas adjacentes é mais bem absorvida na composição estética do produto, que se repete a cada vinte ou trinta centímetros.

Em relação à modulação estética das chapas, foram montados modelos que apresentavam multimódulos compositivos a cada 20cm ou a cada 30cm em uma das faces, sendo a outra face lisa sem frisos de acabamento. Esta pesquisa formal foi feita preliminarmente com modelos reduzidos. A partir deste estudo, optou-se por fazer os módulos de 20cm para todas as chapas construídas em escala real.

Limitar em apenas uma proposta foi a solução encontrada, uma vez que o volume de madeira disponível não era suficiente para um número maior do que 15 corpos de prova, como também reduzia o número de variáveis a serem consideradas no estudo. Todavia, o resultado estético obtido foi dado como agradável pelas pessoas que puderam observar as chapas, comparando a face lisa com a de frisos espaçados a cada 20cm, independente do nível cultural do indivíduo. Elas foram submetidas à avaliação de profissionais com nível superior e de pessoas com formação escolar de primeiro grau, que visitaram a marcenaria na etapa de construção dos protótipos. Esta avaliação não foi proposital e decorreu de maneira qualitativa, através de manifestações verbais espontâneas. Mesmo com seu caráter não científico, essas avaliações demonstraram indícios de satisfação em relação aos aspectos estéticos do produto final.

Do ponto de vista de flexibilidade de composição para formar vedações com as mais variadas dimensões de paredes, a proposta de se produzir multimódulos de 20cm e de 30cm para compor chapas com larguras múltiplas destes multimódulos possibilitou uma grande gama de possibilidades para os projetistas de edificações.

A solução de combinar multimódulos de 20cm com os de 30cm aumentou ainda mais esta variedade de composição (como mostra a tabela 4 do capítulo VI). Contudo, o condicionante de projeto que sugere componentes leves que possam ser transportados por no máximo duas pessoas limita a variação das larguras dos componentes no processo de produção, ficando compreendida num intervalo de 20cm até 100cm.

Com relação às possibilidades de fixação das chapas na estruturas de sustentação, foi adotada a solução de ligar a chapa através de um elemento de seção retangular, utilizando parafuso como conector. A partir desta medida de projeto, foi possível concluir que o elemento de madeira de seção retangular deve ser maior do que o utilizado (3cm de largura por 5cm de altura). Foi observado que a largura desta peça dificultou a furação da mesma para fixação do parafuso, como também este ficou muito próximo da borda externa do elemento em que a chapa foi aparafusada (viga), sendo, então, necessário aumentar para 6cm de largura. Quanto à altura, esta pode ser menor do que 5cm e não inferior a 3cm.

As tarefas de retirar os defeitos de formação da madeira, como os nós, furos e outros decorrentes de secagem se mostraram necessárias, uma vez que o projeto do produto tinha como requisito servir também de acabamento externo, que valorizasse o material madeira como também o projeto da edificação. Outro aspecto importante a ressaltar nesta tarefa é o aproveitamento de partes sem defeitos das tábuas cuja classificação pode estar enquadrada como madeira de terceira categoria ou de refugo.

A solução de emendar as peças de pequeno comprimento, para formar outras de grandes dimensões, também pode ser considerada como válida, devido o grande aproveitamento de segmentos de tábuas, que geralmente não são aproveitados. Nesta solução, foi possível utilizar segmentos de madeira de até 10cm de comprimento para complementar outros pedaços de tábuas empregados para formar uma tábua de 260cm.

Um dos aspectos importantes constatados na produção dos protótipos foi o fato destes serem constituídos por segmentos de madeira. A importância desta medida de projeto consiste do fato de que a madeira de *Eucalyptus grandis* tem grandes tensões de crescimento e estas não são totalmente equilibradas, mesmo depois da madeira ter sido seca em estufa, onde o processo de retirada da água da madeira é controlado. Portanto, a utilização de segmentos de madeira para formar uma outra peça de grande comprimento é positiva, uma vez que os problemas de rachaduras e empenamentos estarão restritos ao segmento de madeira e não ocorrendo na tábua como um todo.

Outra constatação verificada nas peças de madeira de grande comprimento que apresentavam defeitos de secagem do tipo abaulamento foi no beneficiamento das mesmas para se obter peças retilíneas. Estas assim permaneciam, desde que não fossem cortadas novamente. Quando se fazia necessário o corte destes elementos para desdobramento de outros de comprimento menor, o problema de encurvamento ao longo do eixo longitudinal voltava a aparecer. Secar peças de madeira de *Eucalyptus grandis* com fibras inclinadas nem sempre é garantia de que a mesmas permaneceram conforme o esperado, depois de beneficiadas.

Quanto à tarefa de aparelhar as tábuas reconstituídas, constatou-se que ela é de importância fundamental para o sucesso das outras etapas no processo de produção das chapas. Através desta operação, é possível aparelhar as faces de 2,5cm, para, então, disponibilizá-las para executar os entalhes e rebaiços necessários e, em seguida, aplicar o adesivo e prensá-las, formando o produto proposto.

Outra tarefa detectada como necessária é a de lixar a superfície das chapas de madeira, depois da sua colagem e prensagem. Este trabalho de retirar o excesso de cola que migra para a superfície, na hora da prensagem, é muito importante, tanto para a utilização da madeira na cor natural, como também para aplicação de outros tipos de acabamento.

A separação dos seguimentos de madeira por densidade e pelo módulo de elasticidade, também foi observada como importante etapa a ser considerada, uma vez que verificou-se problemas de colagem entre peças de densidades diferentes. Outro fato que incentiva esta medida na linha de produção é que as peças de menor densidade (madeira de alburno) estão mais sujeitas à degradação por agentes biológicos, o que requer um tratamento mais rigoroso, caso elas sejam empregadas em lugares mais expostos a este tipo de problema.

Outro aspecto observado nas chapas compostas com madeira de *Eucalyptus grandis* é a necessidade de um tratamento fungicida que atue em relação aos fungos manchadores, pois foi observado que os componentes que ficaram estocados em lugares com maior índice de umidade ambiente foram afetados pela presença destes agentes.

Em relação aos frisos de modulação estética das chapas, constatou-se que, na etapa de produção dos rebaixos, na fase de aplicação do adesivo, estes ficavam manchados com a cola. Por ter uma cor castanha escura, a cola acentuava os frisos, ao ser aplicada com pincel, pintando também o detalhe de acabamento. Também, durante a prensagem, o excesso de cola migrava para a cavidade do rebaixo de acabamento estético, comprometendo a estética do detalhe. Sendo assim, foi necessário repensar este detalhe de projeto, considerado de grande importância para a aparência do produto. A partir disto, pensou-se em fazer os frisos depois da colagem da chapa, o que demandaria grande precisão para execução dos mesmos. Dessa forma, manteve-se a proposta de fazer o friso de acabamento, durante a produção dos rebaixos, para, em seguida, aplicar a cola, tendo o cuidado de retirar o excesso que viesse a manchar a peça, através do uso de uma lixa especial para ser aplicada em pequenas superfícies como as dos frisos, depois da chapa ter sido prensada.

Quanto aos resultados dos ensaios realizados, não se acreditava, em princípio, que solução da emenda lateral de topo entre as tábuas componentes das chapas fosse resistir à carga aplicada pelo impacto de corpo mole. Os resultados foram considerados satisfatórios, uma vez que, de três protótipos, apenas um se rompeu. As demais propostas de ligação lateral também foram consideradas satisfatórias, o que é um incentivo para continuar a pesquisa sobre o desempenho relativo à resistência mecânica das chapas.

A ligação de topo empregada para reconstituir as tábuas individualmente também foi capaz de resistir ao impacto de 240J. Constatou-se um bom comportamento deste tipo de ligação, quando associada a outros tipos de emendas laterais como as que foram adotadas nesta pesquisa. Outro fator, que também contribuiu para o bom resultado dos protótipos, foi a adoção da medida de projeto que priorizou dispor de forma alternada as emendas dos seguimentos das tábuas. Com esta medida, as tábuas adjacentes que formaram as chapas não apresentaram emendas horizontais em uma mesma linha. Este desencontro entre as emendas dos seguimentos ocorreu com uma distância sempre maior que 10cm. Desta forma evitou-se formar uma linha horizontal de emenda dos seguimentos entre tábuas adjacentes.

Quanto às deformações registradas, durante o ensaio dos protótipos, estes apresentaram deformação média de 26,22mm, ficando acima da admissível (20,8mm). No entanto, esta constatação não pode ser considerada como um parâmetro que venha a reprovar o produto proposto, uma vez que ele não apresentou qualquer tipo ruptura na madeira como também na linha de cola, exceto um dos casos da chapa com ligação de topo.

Ao analisar o valor numérico desta deformação, devem também ser consideradas a espessura da chapa de 25mm, o sistema de fixação (quatro parafusos auto atarraxantes, sendo dois na parte inferior e dois na parte superior do componente), como também o espaçamento entre montantes de 575mm e 585mm, a madeira com módulo de elasticidade médio de 640kg/m³ e o sistema de fixação da estrutura de madeira no pórtico de concreto armado. A combinação deste conjunto de variáveis contribuiu para este resultado. Portanto, como todas estas variáveis não foram investigadas, mesmo porque não faziam parte desta pesquisa, não será possível recusar a proposta destas chapas, respaldando-se apenas nos valores de deformação registrados. Entretanto, este resultado serve para estimular outras pesquisas de caráter experimental que venham checar estas variáveis com maior rigor.

Em relação ao conector utilizado para fixar as chapas na estrutura de sustentação, pode ser considerado como um referencial para outras investigações, uma vez que ele não rompeu e nem apresentou deformação, após a aplicação do impacto de 240J.

Quanto à relação projeto conceitual e “*design*” também se confirmou a importância desta complementação, uma vez que, através do projeto conceitual estruturou-se uma seqüência de parâmetros de projeto de vieram subsidiar o “*design*” do produto.

7.2. CONCLUSÕES:

A inovação tecnológica para o produto industrializado de chapas de vedação vertical de madeira foi conseguida pela aplicação da metodologia do projeto conceitual do produto, através do conceito de ligação lateral de peças de pouca espessura. Isto se deu através da colagem lateral de tábuas de 2,5cm de espessura para formar chapas de grande largura.

A partir dos testes realizados de corpo mole, foi possível verificar a viabilidade de peças de pequena espessura coladas lateralmente para formar chapas para compor o sistema de vedação vertical de edificações.

Através da etapa de produção dos protótipos, foi possível verificar de forma pragmática as limitações da madeira, como também apresentar soluções para

contorna-las. Sendo assim, validou-se a hipótese de que, ao considerar as limitações e características da madeira adotada e do adesivo, é possível colar peças esbeltas lateralmente e longitudinalmente para formar componentes de vedação vertical.

A pesquisa de caráter aplicado mostrou a conveniência de sistematizar a concepção de um produto na etapa de seu projeto para atingir a satisfação e o interesse do consumidor, como também melhorar o seu processo de produção.

O benefício básico apontado nesta pesquisa para o produto proposto foi um fator determinante na escolha das soluções propostas na configuração do projeto, durante a análise do processo de produção do produto.

O conceito gráfico mostrou-se insuficiente para validar as propostas, sendo fundamental a manufatura de protótipos (como propõe o próprio BAXTER, 1998), para avaliar o processo produtivo das chapas e apontar fatores de sucesso e insucesso do produto, levando-se em conta os requisitos do melhor conceito selecionado para o produto.

A maior parte da bibliografia existente ainda trata o produto casa de madeira como um produto destinado à habitação social ou casa de segunda moradia, limitando o conceito de casa de madeira. Ao mesmo tempo em que esta pesquisa busca com o estudo da inovação do elemento de vedação romper com velhos paradigmas, através da melhoria do produto, percebe-se que a indústria da construção civil em madeira ainda possui estrutura arraigada nos conceitos tradicionais.

O elemento proposto teve como alguns dos referenciais de projeto, exemplos de elementos de vedação e de sistema bastante antigos e de caráter até vernaculares, como também de elementos industrializados como os empregados nas construções de casas do sistema plataforma. Confrontar as soluções vernaculares com as soluções de vedações industrializadas em processos mais avançados como as de gesso acartonado tornou-se uma tarefa complexa. As grandes diferenças entre chapas mais complexas compostas de vários elementos diferentes para solucionar problemas diversos como nas vedações do sistema plataforma também foi outro obstáculo, mas não impedimento para a pesquisa. O fato é que a seleção dos sistemas e das vedações existentes no Brasil envolveu uma certa defasagem de tecnologia entre os mesmos.

A construção dos protótipos em escala real demandou apoio de profissionais da área de marcenaria de fora da universidade, devido à falta de técnicos de laboratório para realização destas tarefas.

O ensaio das chapas também foi outro obstáculo uma vez que alguns dos equipamentos para realização dos testes tiveram que ser construídos, pois os ensaios foram realizados fora da universidade, no local de produção dos mesmos.

7.3. RECOMENDAÇÕES:

- Continuação de estudos para aplicar a metodologia de projeto de novos produtos aplicados a outros tipos de chapas de vedação e/ou outros componentes construtivos de madeira de florestas plantadas.
- Pesquisas que avaliem as características de outras madeiras para serem utilizadas na proposta de chapas de vedação externa, levando-se em conta as funções de isolamento térmico e acústico, não contempladas na presente pesquisa.
- Estudos para explorar novas propostas de fixação das chapas de vedação de madeira na estrutura de sustentação.
- Pesquisas de aprofundamento de aspectos técnicos relativos aos ensaios de resistência mecânica das chapas, fazendo novos ensaios de corpo mole para verificar a carga de ruptura das chapas, ensaios de Impacto de corpo duro (MB-3256) e ensaios de ação de cargas provenientes de peças suspensas (MB-3259) e ensaios de solicitações transmitidas por fechamento brusco de portas (NBR-8054).

8. BIBLIOGRAFIA

8.1 Referências Bibliográficas

- ABIMCI, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. *Madeira Processada mecanicamente*. Out., 1999. 54p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada** - NBR 9532. São Paulo: 1986. 6p. set.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapa dura de fibras de madeira** NBR 10024. São Paulo: 1987. 15p. out.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Divisórias leves internas moduladas - verificação da resistência a impactos** – MB-3256. Rio de Janeiro: 1990. 6p. set.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Painel Modular Vertical** - NBR-5714. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira** – NBR – 7190. Rio de Janeiro, 1997.
- ADAMS, S. **Construtividad**. Barcelona: 1ª Edição. Ediciones CEAC, 1990. ISBN: 84-329-2014-2. 129p.
- ALBUQUERQUE, C.E.C.de & MENDES, L.M. Painéis II - fabricação de produtos florestais Ainda é lenta no Brasil. **Revista da Madeira**. Ano 9, Curitiba, N.º52. p. 27-28, out. 2000.
- ALBUQUERQUE, C.E.C.de. OSB alternativa para uso estrutural. **Revista da madeira**. Ano 9, Nº50. p.60 - 66. 2000.
- ARNHEIM, R. **A arte & percepção visual**. Uma psicologia da visão criadora. 4ª ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1988. 503p.
- ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO**. Acabamento para piscinas, casas de madeira reflorestadas, forros e sancas de gesso. Ano 14, Nº 9, 1998.
- ARRUDA, M.P. & INO, A. Análise de kits de *pinus* spp oferecidos no mercado de florianópolis para baixa renda quanto aos princípios de autoconstrutibilidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7, 12-14 de julho/2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: IBRAMEM, 2000. CD-ROM. Seção artigos.
- BARING, A. et al. **La Madera**. Barcelona. Editorial Blume. 1986. 271p.

- BARTH, F. **Las fachadas de hormigon arquitectonico y grc em Cataluna:** Aplicación y comportamiento de los cerramientos prefabricados. Barcelona : 1997. 353p. Tese (Doutorado) Universitat Politècnica de Catalunya.
- BATTISTELLA INDÚSTRIA & COMÉRCIO LTDA. **Stella shingle**, Boletim Técnico BT – 002/99 O.S. Curitiba: 2000, 4p.
- BAXTER, M. **Projeto de produto;** guia prático para desenvolvimento de novos produtos. 1ª ed. São Paulo : Edgard Blücher Ltda, 1998. 261p.
- BENDER, R. **Una visión de la construcción industrializada.** Barcelona : Gustavo Gili, 1976. 167p.
- BENEVENTE, V. A. **Durabilidade em construções de madeira – uma questão de projeto.** São Carlos. 1995. 231 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura) EESC - USP.
- BERNSEN, J. **Design: defina primeiro o problema.** Trad. Fernando Vugman e Dulce Márcia Cruz. Florianópolis : SENAI / LBDI, 1995. 120P.
- BIANCHINA, P. **Builder's guide to new materials and techniques.** New York, **Mcgraw-Hill.** 1997. 337p.
- BITTENCOURT, R. M. **Presidente Prudente;** a habitação de madeira e o desenvolvimento do oeste paulista. São Paulo.1987.176 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Urbana) POLI, USP.
- BITTENCOURT, R.M. Avaliação do sistema construtivo em madeira de paredes portantes: re-estudo de casos após dez anos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7, 12-14 de julho/2000, São Carlos. **Anais.** São Carlos:IBRAMEM, 2000. CD-ROM. Seção artigos.
- BITTENCOURT, R.M. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira.** São Paulo. 1995(a). 257p. Tese de Doutorado POLI, USP.
- BITTENCOURT, R.M. Aprendendo a projetar a edificação de madeira - 1ª parte (Um novo produto da prática arquitetônica). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA. V. 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Gráfica do CEFET/MG, 1995(b). 171-180p.
- BLACHÈRE, G. **Tecnologias de la construcción idustrializada.** Barcelona, Gustavo Gilli S.A., 1977. 168 p.
- BOHN, A. R. **Influencia da espessura das lâminas e da cola na madeira laminada colada.** Florianópolis. 1995. 75p. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Engenharia Civil) UFSC.
- BRETTS. **Building in timber – handbook for home builders.** Brisbane: Forest Products Promotions, 1991. 188p.

- CALIL, C. Jr. O potencial do uso da madeira de Pinus na construção civil. **Revista da Madeira**. ano 9, Curitiba, n. 52. p. 60 - 64, out. 2000.
- CALIL, C. Jr.et. al. Tipologia de habitação popular de madeira em mato grosso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7, 12-14 de julho/2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: IBRAMEM, 2000. CD-ROM. Seção artigos.
- CANADA MORTGAGE and HOUSING CORPORATION (CMHC). **Canadian wood-frame house construction - second metric edition**. Canada, Public Affairs Centre - CMHC, 1991. 238 p.
- CARNOS, B. **Madeira Aglomerada: conceito e utilização**. 1ed. Porto Alegre, Sagra.1988.
- CARRASCO, E.V.M. **Ligações estruturais de madeira por adesivos**. São Carlos. 1984. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia).EESC-USP.
- CARRASCO, E.V.M. **Resistência, elasticidade e distribuição de tensões nas vigas retas de madeira laminada colada (MLC)**. São Carlos. 1989. 311p. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia). EESC-USP.
- CARTER HOLT HARVEY PLYWOOD (C.H.H. PLYWOOD). **Construction plywoods – Product range and technical specification: Australia**. 1992. 4p.
- CASEMA. **Manual de Montagem: Bom Jesus dos Perdões**: 1998. 47 p.
- CASEMA. **Uma história de tecnologia natural. Catálogo de Propaganda. Bom Jesus dos Perdões**. SD. 10p.
- CASTRO, E.M.de. **Processos de fabricação de chapas**. In: GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da madeira**. Bauru: Document Center Xerox - USC, 2000. Cap. 7. P.233 -236.
- CAULDWELL, Rex. **Wiring a house; The wiring system**. 3.ed. USA: The Tauton Press, 1997. p.90-111.
- CECCARINI, I. **A composição da casa – projeto modular**. 1ª ed. Lisboa : Editorial Presença, 1988. 193p.
- CERRUTI, C; ZAMBELLI, E; GIULIANA,S. **Industrialized technologies for "easy assembled construction" and self-construction**. I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A PRODUÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM HABITAÇÃO, HABITEC 87. 1. 1987, São Paulo. **Anais**. 1987.
- CLAUDIO, E. R. **Montagem de paredes de gesso acartonado e sistemas complementares**; In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS

INTEGRADAS - Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais**. São Paulo, PINI, 2000, p. 71-73.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT. **A checklist on tolerances** CIB Report Nº. 28, w49, Rotterdam, 1974.

CONSTRUTURA TATI & TAEI, (2000). Construção Racional Tati & Tael. In: VI Seminário de Soluções Tecnológicas Integradas - paredes de Gesso Acartonado e Sistemas Complementares. São Paulo, 12 a 13 de abril, 2000. p.74 - 75.

DANDEVANTE, U., SANDERS, E.B-N., and Stuart, S., 1996, **Emotions matter: user empathy in the product development process**. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting* 1996. (Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica) pp.415-418.

DATTOMI, A. Compensados estruturais. **Vetas** – Revista internacional da indústria da madeira para a América Latina . Ano XXI, n.224. p.18-28.

DEL RIO, V. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento**. São Paulo, ed. Pini, 1990.

DELLA NOCE, L.G. Parâmetros para projeto e controle da fabricação e montagem em canteiro de painéis de madeira. São Carlos. 1996. 162p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura) - EESC USP.

DIÁLOGO CONSTRUTIVO: Conheça o processo de produção das chapas knauf. Queimados, RJ. Nº 13, Dez. 2000, 15 p.

DURATEX. **Folheto técnico – madeira aglomerada**. São Paulo: 2000. 4 p.

DURATEX. **Folheto técnico MDF**. São Paulo: 2000. 4 p.

DUROCK. **Folheto Técnico – Durock placa de cimento**. São Caetano do Sul: 2000, 2p.

EINSFELD, R.A., et al.; Manufatura e características das chapas OSB (oriented strand board). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 22 a 24 julho de 1998. Florianópolis: **Anais**. Florianópolis: IBRAMEM.

EINSFELD, R.A., et al. Construção de unidades residenciais no sistema de Estruturas leves de madeira (Light Wood Framing). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 22-24 de julho/1998, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: IBRAMEM.

ESCOLHER & CONSTRUIR. Disponível: site ESCOLHER e CONSTRUIR (23 dez.2000). URL: <http://escolher-e-construir.eng.br/>. Palavra-chave:

Construção a seco. Consultado em 24 maio 2001.

- FAGUNDES, G. A. R. & SZÜCS, A. C. Composição racional de vigas de madeira laminada colada de pinus. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 1. 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: LEE / UFSC. p.279-288.
- FERREIRA, A. B. de O. **Novo dicionário Aurélio**. 2 ed. Ver. aum. Rio de Janeiro : Nova Fronteira, 1986. 1838p.
- FERREIRA, C.E.M.; CARRASCO, E.V.M.; HELMEISTER, J.C. Tecnologia da adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3, 26 a 28 de julho/1989, São Carlos. **Anais**. São Carlos: IBRAMEM.
- FONSECA, P.C.B. Aglomerados de eucalipto sobre sistema de prensagem contínua. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS E DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E 1º ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, dez. 1998, Belo Horizonte. **Anais**. Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, UFV. p.157-161.
- FUSCO, P.B. **Estruturas de concreto**, Fundamentos do projeto estrutural; São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo - Editora McGraw-Hill do Brasil, 1976. 298p.
- GARLIPP, R. C. **Oferta e demanda da madeira de florestas plantadas**. Curitiba: FEMADE 2000 - Workshop: Madeira e Mobiliário, 2000. 12 transparências 25 x 20cm.
- GOUVEIA, F.N. Painéis de madeira situação atual. **Revista da Madeira**. Ano 8, Nº 49. p.20 -21. 1999.
- GROHMANN, S.Z. **Vigas de madeira laminada colada com lâminas pré-classificadas de eucalyptus grandis**. Florianópolis.1998. 118p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) ECV, UFSC.
- HELLMEISTER, L.A.V. **A Casa Racionalizada**. São Carlos, 1995. 84p. Dissertação de mestrado (Mestre em Arquitetura) EESC. USP.
- HOLZ - DAMMERS (HDM). Revestimento de parede e tecto. Concepção para parede e tecto. São Paulo. 2000. 6p.
- HOOR, D. et al. **Construire en bois**. Presses Techniques Romandes, Lausanne, 1987, 283p.
- INO, A, SHIMBO, I, DELLA NOCE, L.G. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. **Produção de casas de**

madeira - controle de qualidade na cadeia produtiva. ENTAC-1998.
Florianópolis: 1998. 56p.

INO, A. **Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação;** São Paulo, 1992. 212 p. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – POLI, USP.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) Divisão de madeiras. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo, 1989. 418p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION - ISO 6240
Performace Standadrs in Buildings: contents and presentation. First Edition, Switzerland 1980.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION - ISO 6241
Performace Standadrs in Buildings: Principles of preparation and factors to be considered. First Edition, Switzerland 1984.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. PONCE, R.H. & WATAI, L.T.
Secagem da madeira – Manual. São Paulo, ITP. 1990. 69p.

ISOLVER, COMPANHIA VIDRARIA SANTA MARIA – DIVISÃO ISOLAÇÃO. Wall felt
– Isolação para paredes de gesso. São Paulo, 2000. p.04

JESUS, J. M. H; CALIL. C.Jr.; CHIERICE, G. O. Adesivos Poliuretano a base de mamona: alternativas para uso em MLC. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 22 a 24 de julho/1998, Florianópolis. **Anais.** Florianópolis: IBRAMEM.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. **Cartilla de construcción con madera.**
1ª ed. Lima : Ed. Talleres Gráficos de Carvajal S.A., 1980.

KONCZ. T. Reflexiones sobre la industrializacion. In: _____. **Construcción Industrializada** 1ª ed. Madrid : Hermann Blume Ediciones, 1977. 1, p.5 - 17.

LUCA, C. R. de. Panorama sobre a produção de gesso acartonado no Brasil e no Mundo; In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais.** São Paulo, PINI,2000, p. 07-19.

MACEDO, A.N., CALIL, C. Jr. Emendas dentadas em madeira laminada colada (MLC): Avaliação de método de ensaio. VI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADIERAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. **ANAIS.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1998. p.183 – 192.

MENDES, L. M., & ALBUQUERQUE, C.E.C.de. Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e de partículas. **Revista da madeira**. Ano 9, Curitiba Nº53. p.14-22. 2000.

MITIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitação** – Proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. São Paulo. 1998. 218p. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) Poli-USP.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4ª reimpressão. São Paulo : Edgard Blücher Ltda, 1988. 419p.

NOGUEIRA, M. C. de J. A. **Indicadores para o emprego de dezesseis espécies de Eucalipto na construção civil**. São Carlos. 1991. 116p. Dissertação de mestrado (Mestre em Arquitetura) EESC – USP.

NUTSCH, W. **Tecnologia de la madera y Del muble**. Barcelona: Ed. Editorial Reverté, S.A., 1992. 509p.

OLIVEIRA, J. T. da S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo. 1997. v1 e v2. 429p. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia) POLI-USP.

OLIVEIRA, R.de. Viabilidades da madeira para habitação. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4, 1998, Florianópolis, **Anais...** 22 a 24 de julho. UFSC. p. 237-246.

OLIVEIRA, F.L. de. **Avaliação do desempenho estrutural de sistemas construtivos inovadores: estudo de caso**. São Carlos. 1996. 107 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas) EESC - USP.

PAPANEK, V. **Arquitetura e design, Ecologia e ética**. Lisboa: Edições 70, 1998. 275p.

PELLICCIOTTI, A. Placas cimentícias; In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais**. São Paulo, PINI, 2000, p. 67 - 70.

PEX DO BRASIL. **Racionalizando a construção – Tecnologia em produtos plásticos a serviço de construção civil**. São Paulo, 2000. 2p.

PLACO DO BRASIL. Folheto. Uma empresa do grupo BPB. SD. 02p.

PLACO DO BRASIL. Manual sistema placostil: Diadema: SD. 47p.

PLACO, BPB. Sistema placostil – um banho de tecnologia. São Paulo: 2000. 6p.

- SABBATINI, F. H. (1989). **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo. 321p. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia) – Poli – USP.
- SACCO, M. de F. Sistema construtivo "Plataform Framing",
In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais**. São Paulo, PINI, 2000.
- SACCO, M. de F. Madeira tratada nos sistemas de construção seca;
In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais**. São Paulo, PINI, 2000, p. 36-39.
- SÁNCHEZ, J. E. P., et al. **Casas de madeira - Los sistemas construtivos a base de madera aplicados a las viviendas unifamiliares**. AITIM. 1995. 699 p.
- SAYEGH, S. Visual americano. O acabamento de fachadas com painéis de PVC dispensa etapas do revestimento convencional. **Téchne**. Nº50. p.50 – 51. 2001.
- SBA, STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION. **OSB Performance by design**. Oriented strand board in wood frame construction. Toronto. 2000. 28p.
- SILVA, E. L.da, MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000. 118p.
- SILVA, J. de C. Características da madeira de eucalipto. **Revista madeira**. Ano 9, Curitiba, Nº 52. p.30–36, Out. 2000b.
- SILVA, J. de C. Os conceitos de qualidade e de uso múltiplo para a madeira de eucalipto. **Revista madeira**. Ano 9, Curitiba, Nº 53.p. 48 – 50, Dez. 2000a.
- STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION (SBA). **OSB Performance by design – Oriented Strand Board in wood frame construction**. Canada. 2000. 28p.
- SUDDARTH, S.K. **Research needs in light-frame construction**. Research Bulletin Nº. 903, Wood research Laboratory, Dept. of Forestry and conservation, Purdue University, West Lafayette-Indiana, 1973, p.57.
- SVENSSON, F. **Arquitetura criação e necessidade**. Brasília: Edunb, 1991. 263p.
- SZÜCS, C. A. Influencia da diluição do adesivo na composição da madeira laminada colada reforçada. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6. V1. 1998. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: LEE / UFSC. p.327-334.

- SZÜCS, C.P. Critérios de projeto para a autoconstrução em madeira.
In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4. 1992, São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM / EESC / USP. p.235-245.
- SZÜCS, C.P. **Système Ouvert de Construction en Bois Pour la Maison populaire Appliqué à une suystematique Autoconstructive, comme una réponse à la demande d'habitions dans la Région Sud-brésilienne.** Metz : 1991. 152 p. Tese (Sciences du Bois) - L'UNIVERSITÉ DE METZ.
- TATI & TAEL, C. R. Depoimento. In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais.** São Paulo, PINI,2000, p. 74 -75.
- TÉCHNE. **Revista de tecnologia da construção – Engenharia plástica.**
Ano 10, Nº 50. jan.- fev. 2001. pg.51.
- THALLON, Rob. **Graphic guide to frame construction - details for builders and designers.** USA: The Tauton Press, 1991. 225 p.
- TIBURCIO, U.F.deO. & GONÇALVES, M.T.T.; Descrição dos processos Produtivos de chapas de madeira compota e suas tendências tecnológicas.In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA,VI, Florianópolis, 22 a 24 julho de 1998. **Anais.**
- TOMASELLI, I. A indústria de painéis no Brasil e no mundo: Tendências de mudanças do perfil de produção e usos. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS E DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E 1º ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRAMENTO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, dez. 1998, Belo Horizonte. **Anais...**Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, UFV. P.55-64.
- UNESCO. Convenção sobre a proteção do patrimônio mundial, cultural e natural. **Revista da unesco.** Nova cultura. Dez. 1977. p.17.
- USEPLAC. Apostila de apresentação e instruções básicas de utilização;
In: SEMINÁRIO DE SOLUÇÃO TECNOLÓGICAS INTEGRADAS - Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares, VI, São Paulo, 12 e 13 de abr. 2000, **Anais.** São Paulo, PINI,2000, p. 1/5-5/5.
- VALENÇA, A.C. de V.; ROQUE, C.A.; SOUZA, P. Z. Caracterização e usos do MDF. **Revista da madeira.** Ano 9, Nº51. p.24 - 30. 2000.
- VALLE, do A., ROVERE, H.L. la, FUSCO, P.B.; Influência da rigidez das ligações no Comportamento de estruturas de madeira laminada colada. ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 22 a 24 julho de 1998. Florianópolis: **Anais.** Florianópolis: IBRAMEM.

WANESTSCHEK, H. et al. **Recubrimientos de madera em paredes y techos.**
Trad. Juan J. Garrido. 2. ed. Ed. Editorial Blume. 1969. p.09.

WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION – WWPA. Choices. Australia.
1993. 11p.

WONG, W. **Princípios de forma e desenho.** 1ª ed. São Paulo: Martins Fontes,
1998. 352p.

ZANI, A.C.(1989). **Repertório arquitetônico e sistemas construtivos das casas de Madeira de Londrina - PR.** São Carlos. 296p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura) - EESC - USP.

ZUGMAN, I. C. Estrutura das indústrias e comércio de madeira compensada e laminada no Brasil e o mundo. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS E DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E 1º ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, dez. 1998, Belo Horizonte. **Anais...**Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, UFV. P.49-54.

8.2 Obras não Referenciadas

BENADUCE, C. **Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden E *Pinus caribea* Morelet var. *Hodurensis* Barret e Golfari.** Piracicaba : 1998. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciências Tecnologia de Madeiras) – LQ – USP.

BRANDÃO, D. Q.; **Flexibilidade, viabilidade e participação do cliente em projetos residenciais multifamiliares: conceitos e formas de aplicação em incorporações.** Florianópolis : 1997. 245p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSC.

BREYER, D.E.; FRIDLEY K.J.; COBEEN, K.E. **Design of wood structures** - ASD. 4. ed. New York : McGraw-Hill, 1999, 756p.

CANTO, D. I. S. do. **Avaliação pós-ocupação de residências unifamiliares pré-fabricadas com pinus, com possibilidades de uso no RIO Grande do Sul.** Porto Alegre : 1996. 103p. Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS.

CARNOS, B. **Madepan. a nova madeira.** 2. ed. Rio de Janeiro : 1976. 91p.

CASAS INTERNACIONAL. Hariri & Hariri. Asppan : Kliczkowski Publisher, cp67, 48, Ab., 1997.

CASAS. **Obra de arquitectos chilenos contemporâneos** – Introduccion ann Pendleton. Santiago de Chile, Vol.1. Fyrma Gráfica Ltda. octubre, 1997. 233p.

CECCARINI, I. **A composição da casa – Projeto modular.** Lisboa ; Editorial Presença, 1988. 193p.

CROSBIE, M. J. **Centerbrook; Reinventing American Architecture.** Massachussts : Rockport Publishers, 1993. 191p.

ENTAC 98 – VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – Qualidade no processo construtivo. 1998, Florianópolis. **Anais...** 2V. Duplic Copiadora Color, 1998.

FERRATER, CARLOS. **Cf - text ignasi de solà – morales.** Barcelona. Col-legi d'Arquitectes de Catalunya. 1995. 119p.

FOREST 2000 - SIXTH INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FORESTRY, 2000, Porto Seguro – Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro – Instituto Ambiental Biosfera, 2000.

IPT – INSTITUTO de PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação.** São Paulo. Páginas & Letras – Editora e Gráfica Ltda, 1998. 167p.

IPT – INSTITUTO de PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo. PINI. 1988. 708P.

IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador – Brasil. **Anais...** 4V. Colombo – EMBRAPA, 1997.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. **Manual de diseño para maderas del grupo andino** – Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el area de los recursos forestales tropicales PACT-REFORT. Lima : 1984. 602p.

JURAN, J.M. **Juran na liderança pela qualidade** – um guia para executivos. 3ª Ed. São Paulo: Pioneira, 1995. 386p.

LEÃO, R. M. **A Floresta e o homem**. São Pulo : Edusp, 2000. 434p.

LIMA, W. de P.; **Impacto ambiental do Eucalipto**. São Paulo ; Edusp, 1996. 301p.

LUCINI, H.C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo ; Pini, 2001. 101p.

MALDONADO, T. **El futuro de la modernidade**. Madrid, Editora Ediciones Júcar. 1990. 263p.

NATTERER, j.; HERZOG, T.; VOLZ, M. **Construire en bois 2**. Lausanne : Presses Polytechniques et universitaires romandes, 1994. 338.

OLIVEIRA, J. T. da S. **Caracterização da madeira de Eucalipto para a construção civil**. São Paulo : 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – EP – USP.

PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade no processo** - A qualidade na produção de bens e serviço. São Paulo : atlas, 1995. p.286.

PALADINI, E.P. **Qualidade total na prática** - Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. 2ª Ed. São Paulo : Atlas, 1997. 217p.

PAULA, J. E. de & ALVES, J. L. de H., **Madeiras nativas** – Anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília : Empresa Gráfica Gutenberg Ltda. 1997. 543p.

PETC - PACIFIC TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, 1994, Gold Coast – Australia. **Anais...** Queensland, 1994.

PICARELLI, M. (1982). **Desenho industrial e tecnologia**. São Paulo. Tese de Livre Docência. FAU – USP.

RANDOLFO, A. **Produção de habitação** – a qualidade percebida pelo usuário. (trabalho de disciplina) Florianópolis, UFSC, 1997.

ROSSO, T. **Teoria e Prática da coordenação modular**. São Paulo; FAU-USP, 1976, 224P.

SANTOS, V. M. V. **Análise da função de planejamento e controle da produção Em uma empresa produtora de sistemas industrializados para construção Civil**. João Pessoa : 1997. 188p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFPB.

STUNGO, N. **The new wood architecture**. London : Calmann & King Ltd. 1998. 240p.

SUGINOHARA, C.O. **Habitação em madeira no norte do mato grosso: Proposta e resultados experimentais**. 1989. 147p. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) – FAU – USP.

SZÜCS, C. P. **O ARQUITETO e a AUTOCONSTRUÇÃO: Uma reflexão sobre o mercado de trabalho**. Florianópolis : 1994. 42p. Monografia.

SZÜCS, C. P. **Utilização da madeira na construção da habitação**. São Carlos : 1979. 129p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – EESC – USP.

TAGUCHI, G. **Engenharia da qualidade em sistemas de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. pg.

TEIXEIRA, J. de A. **Design & materiais**. Curitiba : Editora CEFET – Pr. 1999. 324p.

TEN HOUSES. Miler | Hull Partnership. Cincinnati : Rockport Publishers, 1999.

TEN HOUSES. Wheeler Kearns Architects. Cincinnati : Rockport Publishers, 1999.

THALLON, R. **Graphic guide to frame construction – Details for builders and designers**. Newtown : The Taunton Press, 1991, 225p.

THALLON, R. **Graphic guide to interior details – for builders and designers**. Newtown : The Taunton Press, 1997, 208p.

XI SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTES FLORESTAL, 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba, Imprensa Universitária da UFPR, 2000.

ANEXO I

QUADRO 33: EMPRESAS QUE CONSTROEM CASAS DE MADEIRA PRÉ-FABRICADAS NO BRASIL.

<u>ACR</u>	Casas de madeira pré-fabricadas, projetos de arquitetura, instalações elétricas e hidráulicas, serviços de recepção para eventos, feiras e congressos.	http://www.yellow-web.com.br
<u>Aldeia Casas Pré-Fabricadas</u>	Casas, chalés e sobrados em madeira e alvenaria, na praia, no campo e na cidade. Curitiba, PR	http://www.casasaldeia.com.br
<u>Arujá Casas Pré-Fabricadas</u>	Casas pré-fabricadas / pré-moldadas e kits para madeiramento.	http://www.acpf.com.br
<u>Bella Morada</u>	Casas de madeira maciça. Projetos especiais em madeira maciça: salão social para empresas, cozinha industrial, restaurantes, chalés, projetos de engenharia elétrica residencial personalizado.	http://www.bellamorada.com.br
<u>Bem Morar</u>	Fabricação, venda e montagem de casas pré fabricadas em madeira. Possui escritório de vendas próprio. Guarulhos, SP.	http://www.bemmorar.neomarkets.com.br
<u>Block Haus</u>	Casas especiais em madeira, mais que uma paixão, um projeto de vida. Gramado, RS.	http://www.blockhaus.com.br
<u>Boitucasas</u>	Construção de casas pré-fabricadas em madeira maciça. São Paulo, SP.	http://www.boitucasas.hypermart.net
<u>Boncasa</u>	Casas, salões de festas e chalés de madeira pré-fabricados. Campinas, SP.	http://www.boncasa.com.br
<u>Canteiro Construções Racionalizadas</u>	Empresa especializada na construção de edificações pré-fabricadas leves em madeira e aço.	http://www.canteiro.com.br

<u>Casa de Campo</u>	Especializada na construção de casas pré-fabricadas de madeira. Belo Horizonte, MG.	http://planeta.terra.com.br
<u>Casa de Madeira Paraná</u>	Empresa de casas pré-fabricada em madeira nobre. Projeto, kit madeira, material de acabamento e construção. Penápolis, SP.	http://www.vizonimoveis.com.br
<u>Casa Fácil</u>	Casas pré-fabricadas em madeira ou alvenaria, kit completo para a construção de sua casa na cidade, praia ou campo. Kit em pinus ou concreto. Curitiba, PR.	http://www.newslines.com.br/casafacil
<u>Casabella</u>	Casa de madeira roliça pré-fabricada, com madeira de reflorestamento tratada em autoclave. São Carlos, SP.	http://www.casabella.etc.br
<u>Casas Curitiba</u>	Empresa no ramo de construções Pré-fabricadas com Madeireira própria em Rondônia. Madeiras de lei maciças. São Paulo, SP.	http://www.casascuritiba.com.br
<u>Casas Madenobre</u>	Casas pré-fabricadas. São José, SC.	http://www.madenobre.com.br
<u>Casas Magioli</u>	Casa pré-fabricada de madeira, conheça os modelos de casas e chalés para pousadas. Campos do Jordão, SP.	http://www.magioli.cjb.net
<u>Casas Paraná</u>	Casas pré-fabricadas em madeira para o campo, praia ou cidade, chalés suíços e casinhas de boneca.	http://www.casasparana.com.br
<u>Casas Pré-fabricadas Battistella</u>	Construídas em painéis de madeira tratada por autoclave, montadas em 90 dias em qualquer parte do país.	http://www.otero.com.br
<u>Casema</u>	Casas de madeira maciça, soluções construtivas para: canteiros de obras, hotéis, restaurantes, salões, igrejas, etc...	http://www.casema.com.br

<u>Comafe Pré Fabricados</u>	Casas pré fabricadas em madeira de lei. Execução de projetos, escadas e madeira para cobertas. Fortaleza, CE.	http://www.casasdemadeira.com.br
<u>Comptoir</u>	Especializada na construção de casas em madeira de lei. São Paulo, SP.	http://cpr-casamadeira.neomarkets.com.br
<u>Construtora CTA</u>	Venda de casas pré-fabricadas de madeira. Projetos e construção de casas de alvenaria tradicional. Atibaia, SP.	http://www.ctabr.com
<u>Da Costa Construções</u>	Casas de madeira nobre para construção na praia, campo ou cidade. Catálogo com plantas, fotos, descrição e perspectivas de nossos modelos. Gravataí, RS.	http://www.casasdacota.com.br
<u>Diamond House - Casas de Madeira</u>	Fabricação de casas pré-fabricadas em madeira maciça com paredes de 4,5 cm de espessura, construção em todo o Brasil e exterior, casas de madeira, piscinas, pré-moldadas, condomínios e sítios.	http://www.diamondhouse.com.br
<u>JR Casas de Madeira</u>	Casas pré-fabricadas em madeira maciça e blocos cerâmicos auto-portantes. Projetos gratuitos e personalizados. Jundiaí, SP.	http://www.jrcasas.com.br
<u>Km 7 Casas de Madeira</u>	Representações, comércio e serviços. Casas pré-fabricadas em madeira, chalés, serviços elétricos, iluminação de jardins etc... Lauro de Freitas, BA	http://www.km7.com.br
<u>Madecenter</u>	Casas pré-fabricadas em madeiras. Projeta e constrói no Brasil, além de exportação. Florianópolis, SC.	http://www.casasmadecenter.com.br
<u>Madreira M. M.</u>	Especializados em casas pré-fabricadas, casas de madeira, quiosques de piaçava e Santa Fé, além de coberturas de palha. São Paulo, SP.	http://www.madeireiram.com.br

<u>Madesul Casas Pré-Fabricadas</u>	Casas pré-fabricadas em madeira de ímbuia, com paredes duplas. Construção em todo o estado. Exportação. Joinville, SC.	http://clientes.brasilnet.net/samade
<u>Maison</u>	Casas pré fabricadas construídas em maçaranduba. São Paulo, SP.	http://maison.neomarkets.com.br
<u>Monte Branco Pré-Fabricadas</u>	Empresa de casas pré-fabricadas em madeira de lei. S. José dos Pinhais, PR.	http://www.netpar.com.br/montebranco
<u>NS2000</u>	Casas de especiais de madeira seca em estufa, um ou dois pavimentos, modelos de 50 até 320 m ² .	http://www.ns2000.com.br
<u>Pré-Casa</u>	Empresa de casas pré-fabricadas em madeira. Projetos direcionados tanto para os terrenos na cidade como nas fazendas com domínios fechados e nas beiradas de praia.	http://www.precasa.com.br
<u>Santana Casas Pré-Fabricadas</u>	Construções de casas de madeira e casas de alvenaria. Executamos projetos personalizados sem custo adicional. São Paulo, SP.	http://www.santanapre.com.br
<u>Só Lazer</u>	Piscinas de vinil e casas pré-fabricadas em madeira maciça. Atibaia, SP.	http://www.solazerpiscinas.com.br
<u>Vivere</u>	Construção de casas pré-fabricadas em madeira de lei e em sistemas modulado e clap-board no estado do Rio de Janeiro. Petrópolis, RJ.	http://www.vivere99.cjb.net
<u>Weekend's House</u>	Comércio de casas de madeiras e alvenaria. Contém show room, informações, fotos de fases de obras etc.. São Paulo, SP.	http://www.weekendshouse.com.br

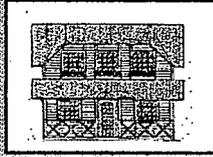
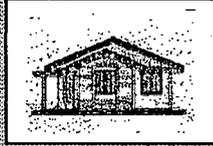
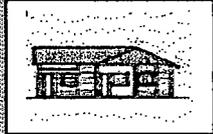
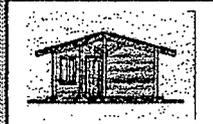
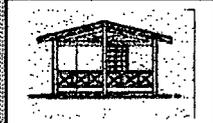
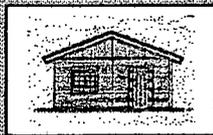
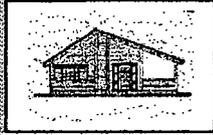
<u>Wunder Haus</u>	Casas de madeira de alto padrão, ideais para campo, cidade ou praia. Conheça alguns projetos. Show Room onde é possível navegar e conhecer seus espaços internos.	http://www.wunderhaus.com.br
--------------------	---	---

Fonte: pesquisa realizada na Internet em 24 – 05 – 2001

.....
.....

ANEXO II

QUADRO 34: EMPRESAS QUE CONSTROEM CASAS DE MADEIRA NO SISTEMA DE PAREDE PORTANTE.

Marca	Modelo	Imagem
BLOCK HAUS (Curiúba - PR) Atende Brasil e Exterior	Sem nome Área 63,50m ² a 247,56m ² Parede dupla e parede simples. Madeira: Taauari	
CASAS & CHALÉS (Niterói - RJ) Atende a todo país	MIAMI Área 61,47m ² Paredes maciças, espessura 3,5cm Madeira: Grápia	
CASAS FERRAZ (São Paulo - SP) Atende a todo país	Sem Nome Área 73,67m ² Paredes maciças, espessura 4,5cm Madeira: Grápia	
CASAS PARANÁ (Curiúba - PR) Atende a todo país	PARANÁ EXPORTAÇÃO Área 58,84m ² Paredes maciças, espessura 3,5cm Madeira: Grápia, Cambará, Angelim-Pedra	
CASEMA (São Paulo - SP) Atende a todo país	LINHA EXTRA Área 54m ² Paredes maciças, espessura 3,5cm Madeira: Maçaranduba	
COMAFE (Fortaleza - CE) Atende Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco	CHALÉ III Área 33,75m ² Paredes maciças, espessura 4,0cm Madeira: Maçaranduba	
CONDOR CASAS DE MADEIRA (São Paulo - SP) Atende a todo país	Sem Nome Área 63m ² Paredes dupla Madeira: Imbuia	
PRECASA CONSTRUÇÕES RÁPIDAS (Belo Horizonte - MG) Atende a todo país	CONTAGEM Área 55m ² Paredes maciças, espessura 3,5cm Madeira: Maçaranduba, Angelim-Pedra	
SANTANA PRE-FABRICADAS (São Paulo - SP) Atende a todo país	LUXO Área 58,27m ² Paredes maciças, espessura 3,5cm Madeira: Grápia, Angelim-Pedra	

Fonte: Revista Arquitetura & Construção Mar. 2001.

ANEXO III

QUADRO 35: CARACTERÍSTICAS DE COLAS CASEÍNA, URÉIA-FENOL E RESORCINA-FORMOL.

	CASEÍNA	URÉIA-FENOL	RESORCINA-FORMOL
Durabilidade	No interior - não resiste à umidade e ao ataque de microorganismos. Empregar c/h ≤ 18%	Resiste à umidade desde que não seja a temperatura elevada.	Resiste às intempéries e à água quente. A ser empregada sob todas as condições de utilização
Apresentação	Pó branco a ser misturado com água	Sob forma de um xarope viscoso e endurecedor líquido ou em pó	Resina líquida de cor marrom e endurecedor sob forma de pó
Período de estocagem	12 meses	Xarope - 3 a 6 meses / pó 1 a 2 anos	Resina - 12 meses Pó - indefinidamente
Duração da mistura	7 horas	± 48 horas	3 a 9 horas
Temperatura de endurecimento	Temperatura ambiente	Temperatura ambiente ≥ 10°C	20 a 100°C
Tempo de pressão	4 a 17 kg/cm ² ± 24 horas	7 a 11 kg/cm ² depende do endurecedor	7 a 10 kg/cm ² ± 19hs
Quantidade necessária	350 a 500 g/m ² dupla face	350 a 600 g/m ² dupla face	350 a 500 g/m ² dupla face
Período de estabilização	24 a 48 horas	± 7 dias	6 a 9 dias
Tipo de endurecimento	Migração e evaporação da água	policondensação	Policondensação
Utilização recomendada	Estruturas de interior, móveis, marcenaria, interior- compensado, pode apresentar manchas na madeira	Estruturas de interior desde que em temperatura pouco elevada compensados para uso interior	Todo tipo de emprego interior e exterior. Ideal para as estruturas de madeira laminada colada.

Fonte: Bohn (1995, pg.09)