

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA
EDIFICAÇÕES UTILIZANDO COMPONENTES
DERIVADOS DA MADEIRA DE
REFLORESTAMENTO**

Devanir Cabral Lima Morikawa

Campinas, SP, 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA
EDIFICAÇÕES UTILIZANDO COMPONENTES
DERIVADOS DA MADEIRA DE
REFLORESTAMENTO**

Devanir Cabral Lima Morikawa

Orientador: Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo

**Dissertação de Mestrado apresentada à
Comissão de pós-graduação da Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Estadual de Campinas, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre na área de concentração em
Arquitetura e Construção.**

Campinas, SP, 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M825m Morikawa, Devanir Cabral Lima
Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento / Devanir Cabral Lima Morikawa.--Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Mauro Augusto Demarzo
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Edificações. 2. Casas de madeira. 3. Construção de madeira. 4. Madeira - Produtos. 5. Indústria madeireira. 6. Reflorestamento. I. Demarzo, Mauro Augusto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: The building methods for edifications by using reforestation wood derivative components

Palavras-chave em Inglês: Building methods, Wood reforestation, OSB plate

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Vitor Antonio Ducatti, Antonio Alves Dias

Data da defesa: 30/08/2006

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

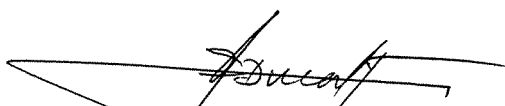
**MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA EDIFICAÇÕES UTILIZANDO
COMPONENTES DERIVADOS DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO**

Devanir Cabral Lima Morikawa

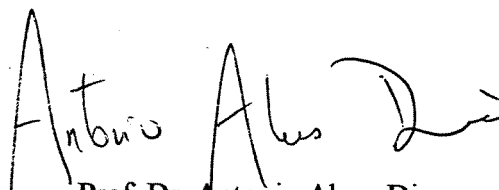
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo
Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Vitor Antonio Ducatti
Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Antonio Alves Dias
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo**

Campinas, 30 de agosto de 2006

20716693

DEDICATÓRIA

A família que me projetou, queridos pais e irmãos.

E aquela que projetei:

Esposo Mauro Satoshi (co - orientador)

E aos meus filhos Maraí, Laís e Érico.

“Sendo Arquitetura, tem um diálogo benéfico com a natureza. Sendo árvore, parece que sempre esteve ali”.

Francisco João Castro

AGRADECIMENTOS

À Família maior, Deus, Maria e Jesus por este momento especial em minha vida.

Aos companheiros de viagem:

Em especial ao Professor Doutor Mauro Augusto Demarzo o condutor principal desta viagem, que através de seus conhecimentos transmitiu-me segurança e aprendizado,

Aos colegas de trabalho do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo pela colaboração e compreensão.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo pelo auxílio financeiro,.

Aos Professores, Funcionários e colegas da Pós Graduação da Universidade Estadual de Campinas pela cooperação e amizade,

A todos aqueles que de alguma maneira colaboraram para a elaboração deste trabalho.

Renovo meus laços de amizade e companheirismo, dedico a todos vocês esta mensagem:

“Quem ouve aprende, quem fala doutrina, um guarda, outro espalha.

Só aquele que guarda, na boa experiência, espalha com êxito.”

Emmanuel

RESUMO

MORIKAWA, Devanir Cabral Lima - “Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento”, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2006, Dissertação de Mestrado, 100p.

No Brasil, a facilidade na obtenção de madeiras nativas a baixo custo, ocasionou algumas conseqüências, entre elas, o atraso tecnológico na indústria de processamento mecânico da madeira. A atual escassez de madeira nativa, aliada às pressões ecológicas e de legislação mais rigorosa, ajudam na busca de alternativas que se direcionem no desenvolvimento de plantios silviculturais, provocando assim uma revolução industrial na indústria madeireira, em particular, na de painéis de madeira reconstituída.

O objetivo deste trabalho é realizar preliminarmente o levantamento do Estado da Arte das edificações em estrutura de madeira, e avaliar qualitativamente métodos construtivos que utilizam a chapa OSB (*Oriented Strand Board*), constituída de madeira de reflorestamento.

O estudo em questão faz referências do ponto de vista geográfico, onde as habitações em madeira são avaliadas, analisadas e enfocadas em um âmbito espacial que é o Brasil, especialmente na região sudeste. Com a análise e interpretação dos dados, apresenta-se um relatório de estudo da arte sobre a durabilidade e eficiência das edificações em estrutura de madeira e seus componentes.

Com o desenvolvimento deste trabalho e análise de novos materiais e componentes acredita-se que a indústria madeireira, a indústria da construção e pesquisadores reavaliem os tradicionais métodos e processos construtivos em face das novas tecnologias desenvolvidas para obtenção de edificações em curto prazo, com o mínimo de desperdício, custos compatíveis com os tradicionais, gerando edificações de qualidade e conforto termo-acústico

Palavras-chave: métodos construtivos, madeira de reflorestamento, chapa OSB.

ABSTRACT

MORIKAWA, Devanir Cabral Lima - “The building methods for edifications by using reforestation wood derivative components”, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, State University of Campinas, SP, 2006, Master Science Dissertation, 100 pages.

The facility of obtains native woods at a lower price in Brazil brought as a result, among other things, the technological delay to processing wood industry. The current shortage of the native wood, together both the ecological pressures and rigorous legislation, are helping the search from alternatives that are going to the silviculturais plantation development, and one are causing so an industrial revolution in wooding industry, in particular, on the recycled wood plates.

The objective of this work is both carrying out a survey of the Edification Arts’ State in the wood structure and to value quality building method which use OSB (Oriented Strand Board) from reforestation wood.

This study takes geographical angle to reference, where the wood houses are valued, analyzed and is in focus at Brazilian space, especially in southeast. With the analysis and the interpretation, it shows an art report about the durability and efficiency from edifications in wood structure and your components.

With the developing of this work and the analyze from the new both materials and components, one believes that wood industry, the building constructions and researchers reconsider the traditional methodologies and the building processes in face to new technologies to obtain in short time, with the minimal waste, the compatible costs in comparing with the traditional, creating so quality and acoustic-term comforting in edifications.

Keywords: building methods, wood reforestation, OSB plate.

SUMÁRIO

página

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 HISTÓRICO.....	6
3.1.1 Estado da arte das edificações em estruturas de madeira.....	6
3.1.2 Construção industrializada de madeira.....	16
4 MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS.....	30
4.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	30
4.1.1 Conceitos.....	30
4.1.2 Propriedades e características da madeira.....	31
4.1.3 O potencial das madeiras de reflorestamento.....	33
4.1.4 A importância do reflorestamento.....	38
4.1.5 Chapa OSB (<i>Oriented Strand Board</i>).....	48
4.2 MÉTODOS CONSTRUTIVOS.....	51
4.2.1 <i>Wood Frame</i>	51
4.2.2 Madeira empregada.....	57
4.2.3 Casas com estrutura de madeira e paredes em OSB.....	59
4.2.4 <i>Steel Frame</i>	62
4.2.5 Edificações em <i>Steel Frame</i>	77
4.2.6 Projeto pioneiro em Bragança Paulista.....	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
6. PROJETOS FUTUROS.....	96
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura nº 1 – Casa de troncos (log house).....	7
Figura nº 2 – Detalhe interno da Casa de troncos (<i>log house</i>).....	7
Figura nº 3 – Detalhe dos encaixes.....	8
Figura nº 4 – Diferentes tipos de conexões utilizados.....	8
Figura nº 5 – Igreja ortodoxa Eslováquia/Ucrânia com placas verticais de revestimento (madeira).....	9
Figura nº 6 – Detalhe construtivo de “peças de madeira longas”.....	9
Figura nº 7 – Detalhe Construtivo de “peças de madeira curtas”.....	10
Figura nº 8 – Detalhe trama estrutural revestida externamente na horizontal ou vertical.....	11
Figura nº 9 – Sistema Balão.....	12
Figura nº 10 – Casa construída (Alemanha) no Sistema Balão.....	12
Figura nº 11 – Sistema Plataforma.....	13
Figura nº 12 – (a) Montagem da base (piso) sobre o radier, (b) Amarração das paredes internos e externos.....	14
Figura nº 13 – (c) e (d) Montagem das paredes.....	15
Figura nº 14 – (e) Montagem do telhado.....	16
Figura nº 15 – Montagem de casa “Schwaben” da empresa Galastoj’as (Eslováquia).....	17
Figura nº 16 – Detalhe dos painéis sanduíche.....	18
Figura nº 17 – Painel de cobertura estressada.....	19
Figura nº 18 – Casa de madeira pré-fabricada.....	20
Figura nº 19 – (a) Detalhe interno e (b) Detalhe escada.....	21
Figura nº 20 – Detalhe externo.....	22
Figura nº 21 – Detalhe das colunas e paredes.....	22
Figura nº 22 – Casa em estrutura mista.....	24
Figura nº 23 – Casa pré-fabricada modelo “Girassol”.....	25
Figura nº 24 – Casa pré-fabricada modelo “Papoula”.....	25
Figura nº 25 – Casa de eucalipto do IPT.....	26
Figura nº 26 – Sistema Icoma.....	27

Figura nº 27 – Sistema Pratica.....	27
Figura nº 28 –Protótipo (60m ²) - Casa contemporânea Brasileira, FEHAB 1999.....	28
Figura nº 29 –Protótipo (100m ²) - Casa contemporânea Brasileira, Feira CONSTRUIR 1999.....	28
Figura nº 30 - Cadeia produtiva da madeira.....	39
Figura nº 31 – Critérios para plantação florestal.....	45
Figura nº 32 – Chapas OSB (Oriented Strand Board).....	49
Figura nº 33 – Esquema do processo de fabricação de OSB.....	50
Figura nº 34 - Condomínio Porto Primavera, Curitiba.....	52
Figura nº 35 – Detalhe de montagem das peças estruturais com a chapa OSB.....	52
Figura nº 36– Detalhe do Radier.....	54
Figura nº 37– Detalhe da estrutura em <i>Wood Frame</i>	54
Figura nº 38– Fechamento externo em OSB.....	55
Figura nº 39– Revestimento de <i>siding</i>	55
Figura nº 40 - Detalhe de Instalações.....	56
Figura nº 41 - Detalhe das esquadrias.....	56
Figura nº 42 - Detalhe de piso de laje em OSB.....	58
Figura nº 43 – Utilizações da chapa OSB.....	60
Figura nº 44 – <i>Wood Frame</i>	62
Figura nº 45 Steel Frame.....	62
Figura nº 46 – Detalhe de montagem da estrutura em <i>Steel Frame</i>	63
Figura nº 47 – Detalhe da cobertura tipo <i>shingle</i>	63
Figura nº 48 – Detalhe do <i>siding</i>	63
Figura nº 49 – <i>Siding</i> (vinil, alumínio, pvc ou madeira).....	64
Figura nº 50 – <i>Siding</i> (argamassa).....	64
Figura nº 51 – <i>Siding</i> (tijolo à vista).....	65
Figura nº 52 – (a) e (b) Sequência de montagem do <i>Steel Frame</i>	66
Figura nº 53 – (c), (d) e (e) Sequência de montagem do <i>Steel Frame</i>	67
Figura nº 54 – (f), (g) e (h) Sequência de montagem do <i>Steel Frame</i>	68
Figura nº 55 – (i) Sequência de montagem do <i>Steel Frame</i>	69
Figura nº 56 – Detalhe da utilização dos perfis.....	69

Figura nº 57 – Detalhe do contraventamento em X em edificação de dois pavimento.....	70
Figura nº 58 – Detalhe da estrutura do telhado.....	70
Figura nº 59 – Corte esquemático da parede.....	71
Figura nº 60 – Esquema típico da estrutura em <i>Steel Frame</i>	73
Figura nº 61 – Película impermeável para cobertura.....	75
Figura nº 62 – (a) Detalhe externo da estrutura em aço.....	77
Figura nº 63 – (b) Detalhe externo e (c), (d) Detalhe interno da estrutura em aço.....	78
Figura nº 64 – (e), (f), (g) Detalhe interno da estrutura em aço.....	79
Figura nº 65 – (h), (i) Detalhe interno e (j) Detalhe de instalações.....	80
Figura nº 66 – (k), (l) Detalhe de instalações e (m) Detalhe interno acabado.....	81
Figura nº 67 – (n), (o), (p) Detalhe interno acabado.....	82
Figura nº 68 – (q), (r), (s) Detalhe interno acabado.....	83
Figura nº 69 – (t), (u), (v) Detalhe externo.....	84
Figura nº 70– (x), (y), (w) Detalhe externo acabado.....	85
Figura nº 71 (z) Detalhe externo acabado.....	86
Figura nº 72 – Pizza Hut – Restaurante Rua dos Pinheiros – São Paulo.....	89
Figura nº 73 – (a), (b) Edifício Colina das Pedras em <i>Steel Frame</i>	90
Figura nº 74 – (c) Edifício Colina das Pedras em <i>Steel Frame</i>	91

LISTA DE TABELAS

Tabela nº 1 – Desempenho das madeiras de reflorestamento.(Fonte: NBR7190/1997).....	35
Tabela nº 2 – Área reflorestada com espécies de eucalipto e pinus no Brasil (ha) até 2000.....	36
Tabela nº 3 – Exportação de produtos Florestais do Brasil.....	40
Tabela nº 4 – Propriedades do OSB.....	59
Tabela nº 5 – Tabela de espessuras.....	59
Tabela nº 6 – Subsistemas, características e vantagens do <i>Steel Frame</i>	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico nº 1 – Distribuição mundial da cobertura florestal.....	41
Gráfico nº 2 – Ecossistemas Brasileiros.....	41
Gráfico nº 3 – Florestas plantadas para uso industrial.....	42
Gráfico nº 4 – Reflorestamento existentes no Brasil em 2000.....	43
Gráfico nº 5 – Produtividade de florestas de folhosas.....	44
Gráfico nº 6 – Produtividade de florestas de coníferas.....	44

1. INTRODUÇÃO

A madeira representa para o Brasil um recurso abundante e renovável, com espécies de rápido crescimento, abrigando uma das maiores reservas florestais do mundo, sendo o 4º maior produtor de produtos florestais e o 14º em exportações no ranking mundial. Apresentando qualidades, como fácil trabalhabilidade, possibilidade de projetos altamente racionalizados que podem ser pré-fabricados, compostos de componentes para simples montagem no canteiro, até modelos tridimensionais, a madeira, no setor da construção civil no cenário mundial tem apresentado grande interesse em sua utilização, principalmente pelo seu alto potencial sustentável.

Um dos caminhos que pode ser visualizado é o incentivo ao uso de materiais à base de fontes renováveis, um deles a madeira de reflorestamento, que, em comparação ao aço e o concreto, representa uma alternativa mais viável do ponto de vista ambiental. A madeira é um importante exemplo de implantação de biotecnologias preventivas, ou seja, tecnologia que substitua materiais de alto impacto ambiental (MOREIRA, 1999).

A madeira desempenha um importante papel no estoque de carbono, e, por requerer menor consumo energético em seu processamento, contribui para reduzir a emissão de gases que contribuem ao efeito estufa (CO₂) - indicador importante para classificação dos materiais em relação ao impacto ao meio ambiente. Outro aspecto relevante é a possibilidade de reutilização ou reciclagem do material, no final do processo de produção, ou mesmo em cada uma das etapas da cadeia produtiva, resultando na menor quantidade de resíduos sólidos produzidos.

A utilização da madeira como produto da construção civil é amplamente difundida no exterior, principalmente nos países do Norte Europeu, Estados Unidos, Canadá e Japão, e sua

utilização está baseada em processos industriais consolidados, os quais asseguram a qualidade desde a matéria prima até o produto final (BITTENCOURT, 1995).

A história dos EUA mescla-se com o desenvolvimento de um sistema construtivo em madeira denominado “*Ballom Frame*”, que teve grande importância na conquista do oeste americano. Segundo GIEDION (apud ARAKAKI, 2000), desde Chicago até o Pacífico “tanto nas regiões de pradarias como nas grandes cidades, não apareciam casas na proporção como apareceram se não fossem por este tipo de construção”. Segundo BENEVENTE (1995), os Estados Unidos em 1995 apresentava 80% das casas em madeira.

Em relação ao Brasil, CRUZEIRO (1998) coloca que o uso reduzido do material pode ser explicado pela falta de tradição, caracterizado por aspectos históricos. O país foi colonizado pelos portugueses cuja cultura construtiva baseava-se na utilização de materiais como pedra ou terra (adobe e taipa).

Existe um aspecto muito importante no emprego da madeira: a energia solar responde pela formação da madeira, e a usinagem requer baixo consumo energético. Em relação à questão energética, KOCH, citado por BENEVENTE (1995), apresenta um estudo comparativo sobre o acréscimo de consumo energético e dióxido de carbono na atmosfera devido à substituição da madeira por outros materiais de construção.

Na Europa, 50% da madeira disponível é destinada à construção civil. Em 1999, o Brasil apresentou um de seus maiores volumes de vendas, incluindo madeiras brutas, serradas e industrializadas, sendo um total de US\$ 1,39 bilhão, o que representa um volume de exportações de 52,3% em relação ao ano de 2001. Um dos fatores que levaram a essa alta foi a desvalorização cambial e o incentivo do governo e de várias instituições privadas, visando orientar e preparar as empresas para a exportação.

As novidades inseridas no mercado estão permitindo a construção de casas de madeira cada vez mais sofisticadas. A construtora gaúcha Modern Homes (2002) lançou a primeira casa do país com a utilização de painéis OSB (*Oriented Strand Board*).

A casa foi construída através do método "*wood frame*" (ou estrutura de madeira), que é três vezes mais rápido do que o usual e utiliza vários produtos em uma mesma estrutura. A parede é um sanduíche de isopor, OSB, lã de vidro, madeira e gesso acartonado. Para erguer a construção da residência são necessários apenas quatro homens trabalhando no período de 70 dias.

Entre as vantagens deste método construtivo estão: preço competitivo, consistência e qualidade uniforme, ausência de espaços vazios no interior, de nós soltos ou quebrados e de laminação. Também há o total aproveitamento da placa além de ser resistente a impactos e ao fogo e possuir propriedades de isolamento termo-acústico.

Essa metodologia de "obra seca" não exige manipulação de cimento e água, e suas obras se reduzem à montagem de componentes modulares que chegam da fábrica nas quantidades e dimensões exatas. As instalações elétrica e hidráulica são executadas de forma industrial: elas são "embutidas" nos módulos, que têm espaço reservado para tanto, é feita, concomitantemente ao levantamento das paredes, como nos edifícios erguidos de maneira industrial.

Um dos métodos construtivos que está se impondo com grande rapidez no mercado por conta principalmente desta flexibilidade é o *steel frame*, uma estrutura de perfis leves de aço galvanizado com divisórias internas de gesso acartonado. Algumas empresas estruturam a laje de piso com painéis de OSB (placas de fibras orientadas), leves e resistentes, que também são empregados no fechamento, e usam telhas do tipo *shingle* (telhas mais longas e com encaixes), além de instalações hidráulicas de polietileno reticulado.

De acordo com CEOTTO (2005), a construção civil responde por uma fatia expressiva do PIB brasileiro – 16%, mas é o único setor da economia nacional que ainda não se industrializou.

“Alguns anos atrás, os setores que resistiam à industrialização no Brasil eram a agricultura, o têxtil e a construção civil. A agricultura se modernizou e hoje é responsável pelo superávit da balança comercial brasileira, o setor têxtil conseguiu preços internacionalmente

competitivos e hoje exporta seus produtos, já a construção civil continua utilizando métodos arcaicos e ultrapassados”, lembra CEOTTO (2005).

A necessidade de inovação tecnológica não está relacionada apenas à construção de mais habitações. Segundo o governo federal (2005), o Brasil tem um déficit de 5,4 milhões de habitações urbanas. No entanto, nas regiões centrais das cidades há cerca de 4,6 milhões de habitações vagas, que poderiam voltar a serem ocupadas.

Na Europa, cerca de 60% das atividades da construção civil estão direcionadas para a recuperação de imóveis. Apesar de ser uma tendência mundial, apenas 5% das construtoras brasileiras atuam neste mercado.

Segundo AGOPYAN (2005), “as construtoras brasileiras não perceberam que a recuperação de áreas degradadas é um filão de mercado, e, se não acordarem em tempo, essas oportunidades poderão ser exploradas por grupos estrangeiros”. De acordo com o pesquisador, “a sociedade está exercendo forte pressão para a construção civil diminuir o impacto de suas atividades no meio ambiente”.

Nesse contexto, a inovação tecnológica, seja em métodos ou produtos, é um elemento estratégico não só para o desenvolvimento do setor como do próprio país. “A construção civil está diante de uma grande oportunidade de avanço; caberá ao setor decidir por qual caminho irá trilhar”, diz CEOTTO (2005).

No desenvolvimento deste trabalho, nós realizamos no Condomínio Jardim das Paineiras em Cotia São Paulo, construído pelo método *steel frame*, uma avaliação técnica por observação; fizemos entrevistas com os usuários; pesquisas com fabricantes e construtoras objetivando a apresentação de relatório que relacionasse indicativos de manutenção, recomendações de projeto e produção, e que concluísse com uma avaliação qualitativa dos métodos e sistemas construtivos envolvidos.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é o de fazer preliminarmente o levantamento do Estado da Arte das edificações em estruturas de madeira.

A partir daí, elaborar uma avaliação qualitativa dos Métodos Construtivos que utilizam a Madeira de Reflorestamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO

3.1.1 Estado da arte das edificações em estruturas de madeira

A utilização da madeira na construção de casas permitiu a evolução das técnicas de montagem, culminando na industrialização de componentes ou de casas inteiras.

O uso da madeira na construção tem suas raízes históricas plantadas na Pré-História. As técnicas evoluíram durante a Antiguidade, em várias civilizações, passaram pela Idade Média, assistiram ao nascimento do capitalismo e chegaram até os dias atuais incorporando inovações proporcionadas pela indústria.

Na Idade Média, a madeira passou a ser utilizada mais sistematicamente, tornando-se o material de construção mais usado na Europa e dando origem a diversas formas de construção. Os sistemas construtivos artesanais da Idade Média serviram como base de desenvolvimento para as práticas construtivas recentes e estas, para a industrialização das construções em madeira.

De acordo com ROSÁRIO (1996), historicamente, entre os métodos mais utilizados durante a Idade Média Européia encontram-se:

- **Log-house** (Casa de troncos) - Consiste de troncos cilíndricos ou aplainados (Pinho Nórdico ou Abeto), vide Figuras nº 1 e 2, empilhados horizontalmente e encaixados nos cantos (Figura nº 3). As paredes possuem função portante, separação de ambientes e isolamento ambiental. Às frestas são preenchidas com adobe para evitar infiltrações. É um tipo de construção muito utilizada em áreas rurais na Rússia, na Europa Central, países escandinavos, e na América do Norte.



Figura nº 1 – Casa de troncos (*log house*).

(Fonte www.logdomus.pt - acesso em 20/05/2005).



Figura nº 2 – Detalhe interno da Casa de troncos (*log house*).

(Fonte www.logdomus.pt - acesso em 20/03/2005).

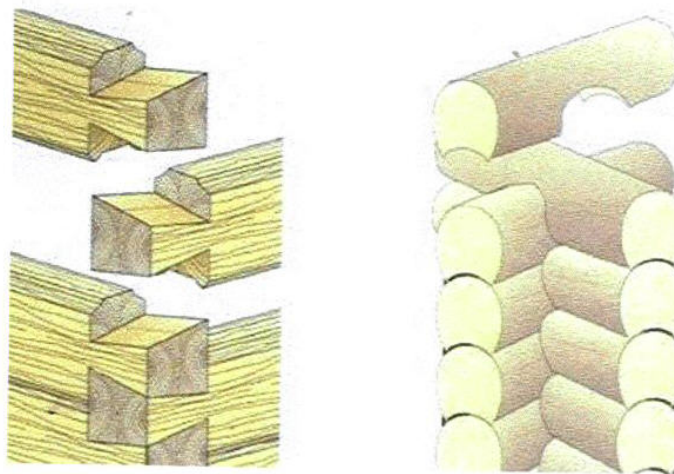


Figura nº 3 – Detalhe dos encaixes.

(Fonte www.logdomus.pt - acesso em 20/03/2005)

- **Casas estruturadas em madeira** - Técnica artesanal que exige a presença de marceneiros especializados na construção. A estrutura das casas é composta de panos portantes feitos de peças de madeira, montados com diferentes tipos de encaixes e conexões (Figuras nº 4 e 5). O vazio do esqueleto é preenchido posteriormente com alvenaria, adobe ou madeira maciça. É um tipo de construção rápida e flexível, possibilitando várias soluções e diversos andares. Ao final, a estrutura pode ser aparente ou revestida, ficando semelhante às edificações de alvenaria.

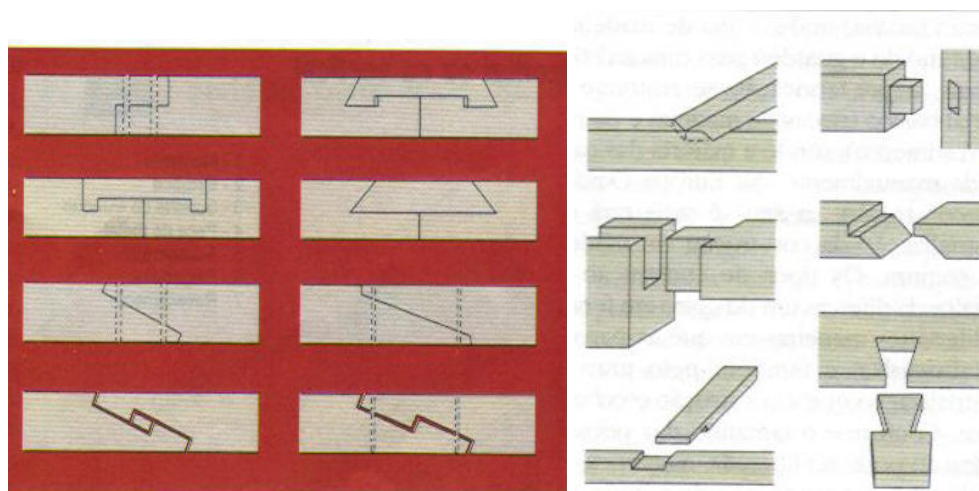


Figura nº 4 – Diferentes tipos de conexões utilizados.

(Fonte: Rosário, L. C., 1996).



Figura nº 5 – Igreja ortodoxa Eslováquia/Ucrânia com placas verticais de revestimento (madeira). Fonte: Rosário, L. C., 1996.

- **Peças longas** - A estrutura é feita por montantes (peças verticais) que sobem contínuos da fundação até o telhado (Figura nº 6). As peças horizontais são encaixadas entre si e os montantes, por conexões. O sistema apresenta o inconveniente de ser pesado, demandar troncos de grandes comprimentos, dificuldade de montagem entre as peças verticais e as peças horizontais de suporte do piso, difícil adaptação a lugares estreitos e limitações para a construção em diversos níveis.

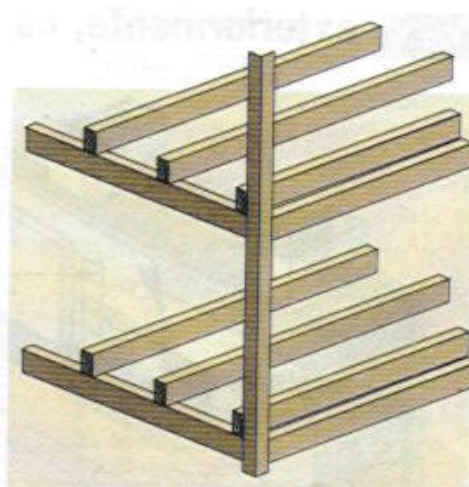


Figura nº 6 – Detalhe construtivo de “peças de madeira longas”.
(Fonte: Rosário, L. C., 1996).

- **Peças curtas** - As colunas dos cantos não possuem altura maior que um andar e se interrompem a cada nível, para a colocação das vigotas de suporte do piso (Figura nº 7).

Esta é uma construção mais leve que a anterior, e os encaixes entre as peças horizontais e verticais formam um esqueleto. Possui também a vantagem de poder utilizar peças de menor comprimento, menos retas e mais fácil de transportar. Essas duas variações de casas com estrutura em madeira são muito similares aos sistemas em trama de madeira (ou sistema 2x4), hoje utilizados na América do Norte e na Europa.

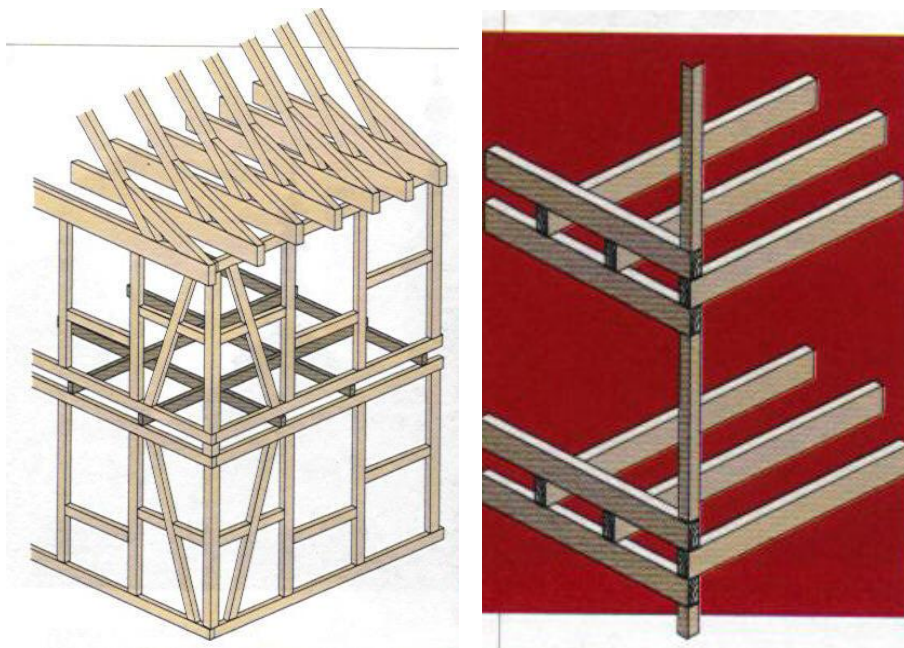


Figura nº 7 – Detalhe Construtivo de “peças de madeira curtas”.

(Fonte: Fonte: Rosário, L. C., 1996).

- **Trama de madeira** - Desenvolvida na América do Norte, é a tecnologia muito utilizada na construção de casas de madeira. As peças de madeira provenientes de serraria possuem uma seção mais reduzida (geralmente 2cm x 4cm ou 5cm x 10cm) e servem como base de apoio para as placas de recobrimento das paredes, suporte para os pisos, tetos e telhados. As peças são pregadas, coladas, grampeadas ou parafusadas entre si, dispensando a presença de marceneiros especializados. Inicialmente, a trama estrutural (Figura nº 8) era revestida apenas exteriormente por pranchas de madeira serrada.

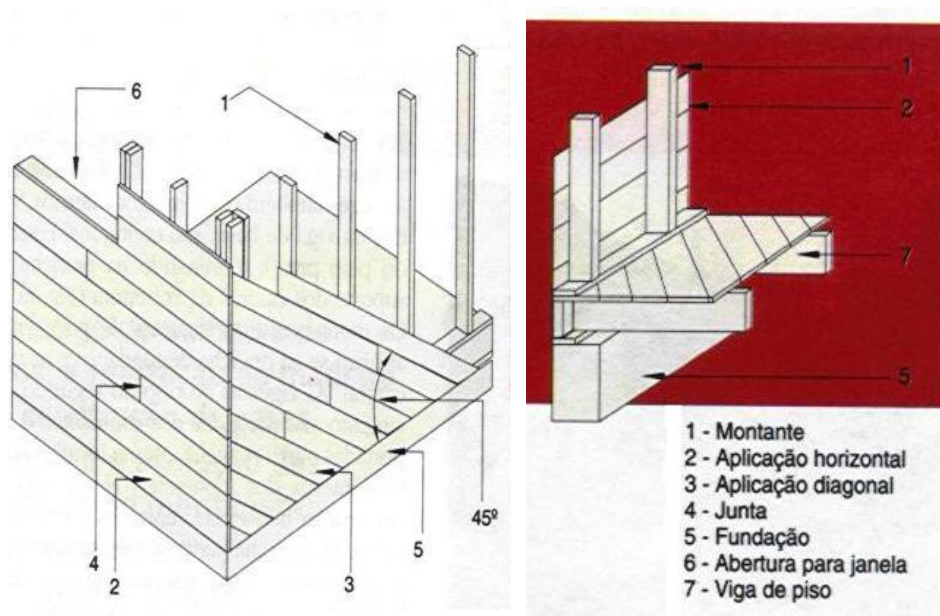


Figura nº 8 – Detalhe da trama estrutural revestida externamente na horizontal, vertical ou diagonal. (Fonte: Rosário, L. C., 1996).

Com o desenvolvimento tecnológico, o revestimento externo se aperfeiçoou e as construções passaram a receber também revestimento e acabamento interior (placas de compensado, de partículas de madeira aglomeradas, *Wafferboard*, OSB, placas de gesso, entre outros) e isolamento térmico entre as duas faces (lã mineral, lã de vidro, espuma de poliestireno e poliuretano, lã vegetal, entre outros) como resultado de uma maior preocupação com o conforto ambiental. A construção em trama de madeira possui versões:

- **Sistema Balão** (ou *Balloon Frame*) - Baseia-se no sistema de "peças longas", mas incorpora pregos no lugar de encaixes e peças com seções mais reduzidas, produzidas em serrarias. Nesse tipo de construção, os elementos verticais externos (montantes), e às vezes também os elementos internos, vindos da viga de base, são contínuos, passando pelo piso e terminando na prancha de suporte dos caibros da cobertura (Figuras nº 9 e 10). Os montantes e as vigotas de piso térreo apóiam-se na prancha de fundação e na viga central. As vigotas de piso do segundo pavimento são pregadas nos montantes e suportadas numa prancha interna localizada na face interna dos montantes internos. Nesse tipo de construção, não existe, entre os montantes, nenhuma prancha horizontal de suporte para as paredes, e o espaçamento entre os montantes não ultrapassa 60 cm.

- As características do "*Balloon Frame*" não permitem pré-fabricação da construção e a tornam mais difícil de ser montada no canteiro de obras. Por outro lado, esse sistema minimiza as mudanças dimensionais em consequência da altura das paredes, sendo preferido, portanto, quando a parede exterior é feita em alvenaria.

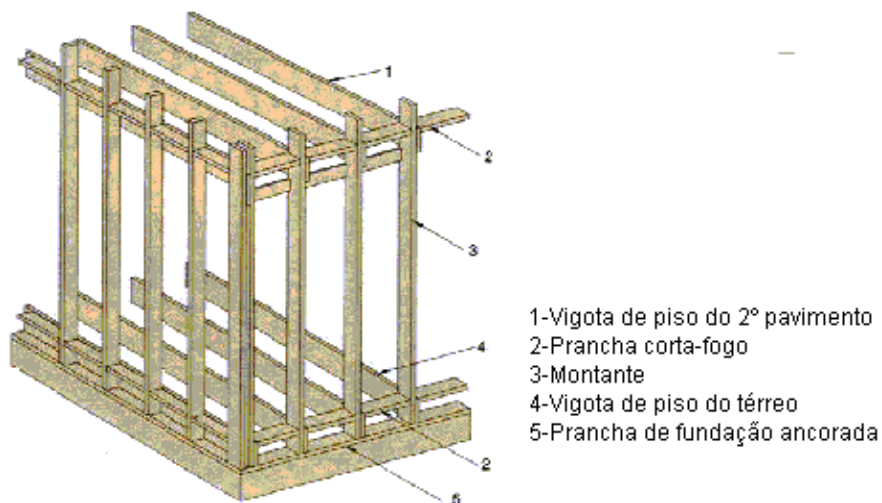


Figura nº 9 – Sistema Balão. (Fonte: Rosário, L. C., 1996).



Figura nº 10 – Casa construída (Alemanha) no Sistema Balão.
 (Fonte: Rosário, L. C., 1996).

Sistema Plataforma – É similar ao sistema de "peças curtas". Da mesma maneira que o Sistema Balão, as peças possuem dimensões mais reduzidas e são pregadas entre si.

Neste sistema, os montantes possuem a altura de um pavimento e as vigotas de piso são montadas independentemente das paredes (Figura nº 11). Dessa forma, é criada uma plataforma a cada nível de piso, onde as paredes e partições podem ser montadas e erigidas: o entramado de parede pode ser montado no piso do canteiro e erguido até o lugar de destino. As paredes são conectadas ao piso e à cobertura por pranchas de base e de topo. Essas pranchas, componentes do entramado de parede, também são o suporte dela no recobrimento e no acabamento. O sistema plataforma consome maior quantidade de madeira que o Sistema Balão, mas as suas características permitem a pré-fabricação das paredes fora do canteiro de obras, propiciando uma economia considerável no custo final da construção. Os dois sistemas, relativamente simples, mas com o predomínio do Plataforma, empregam materiais leves, não requerem uma equipe de trabalho altamente especializada e, conseqüentemente, podem ser executados por pequenas empresas. Normalmente, a trama estrutural não é pré-fabricada e a maior parte do trabalho de montagem, como pregar e erguer as paredes, é feita no canteiro de obras. O mais importante é que, por ser um sistema de construção a seco, ou seja, que não demanda água durante a montagem das paredes, o trabalho é contínuo e a construção se torna mais rápida.

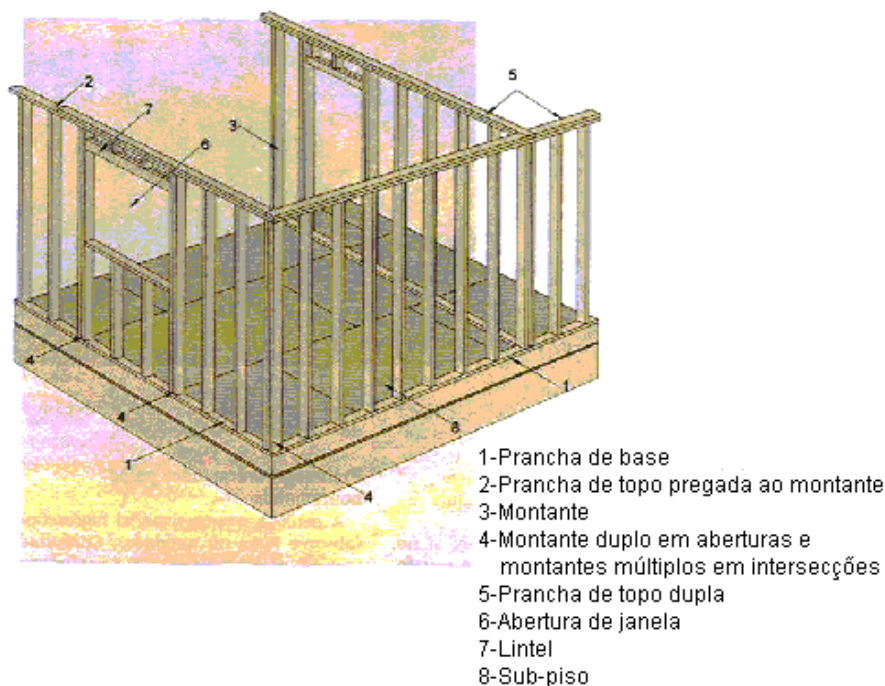
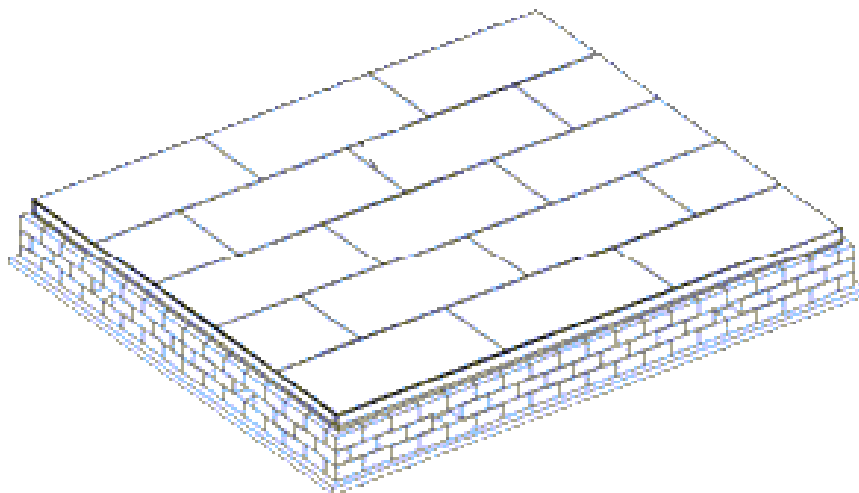
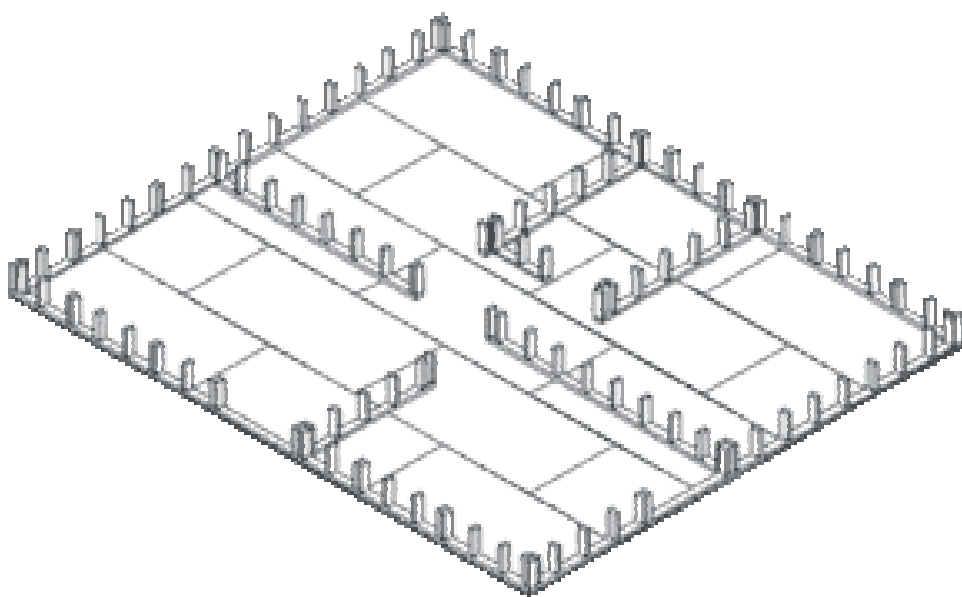


Figura nº 11 – Sistema Plataforma. (Fonte: Rosário, L. C., 1996).

Seqüência da montagem do Sistema Plataforma (Figuras nº 12, 13 e 14):



(a)

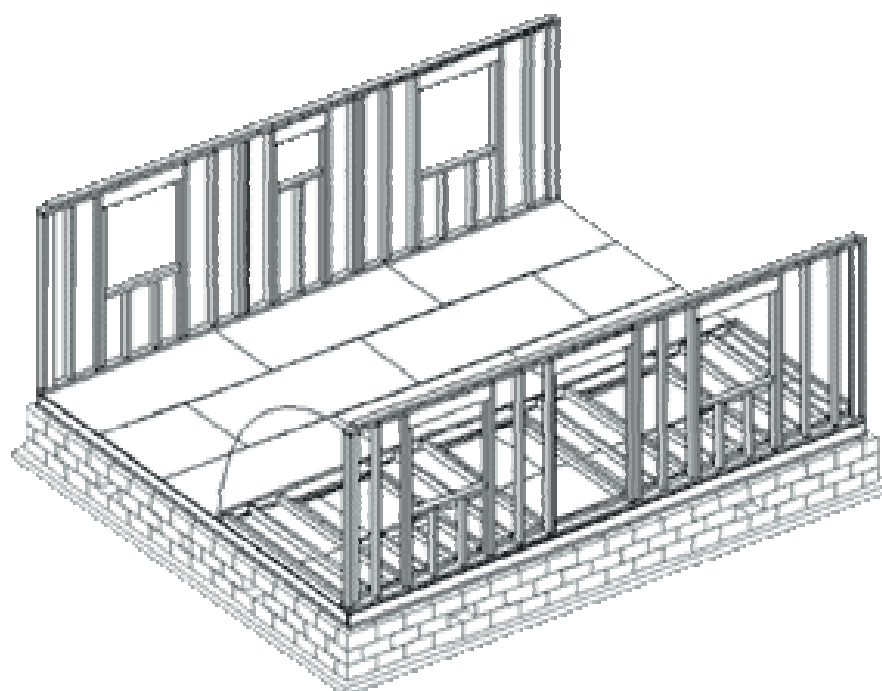


(b)

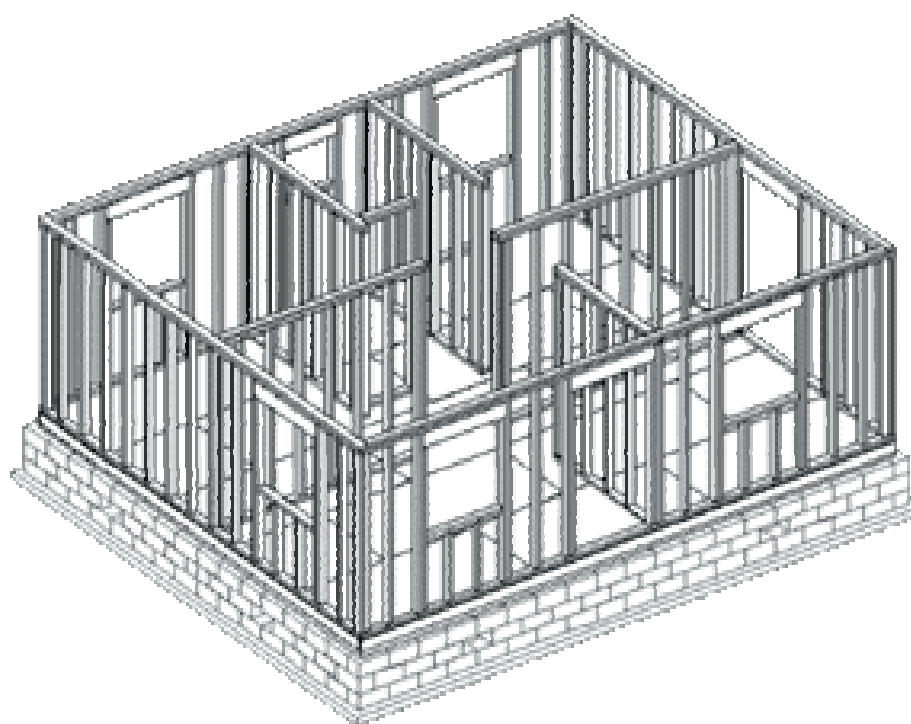
Figura nº 12 – (a) Montagem da base (pisos) sobre o radier.

(b) Amarração das paredes internos e externos.

Fonte: www.compensadosboqueirao.com.br/manual.htm - acesso em 13/07/2005.



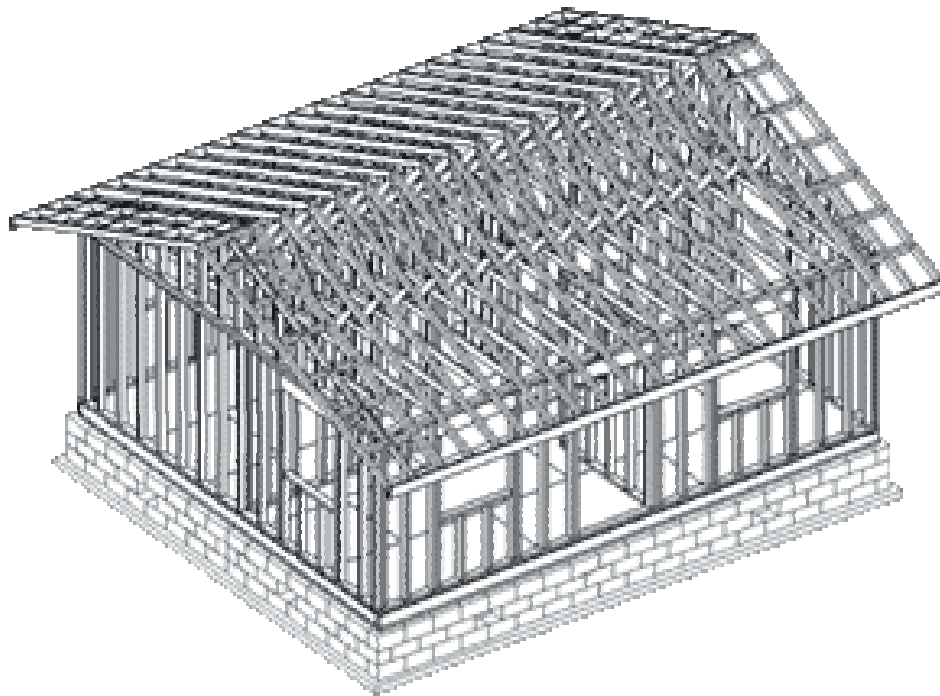
(c)



(d)

Figura nº 13 – (c) e (d) Montagem das paredes.

(Fonte: www.compensadosboqueirao.com.br/manual.htm - acesso em 13/07/2005.



(e)

Figura nº 14 – (e) Montagem do telhado.

(Fonte: www.compensadosboqueirao.com.br/manual.htm - acesso em 13/07/2005).

3.1.2 Construção industrializada de madeira

Segundo ROSÁRIO (1996), a industrialização das casas de madeira desenvolveu-se a partir do Sistema Plataforma, nos países da América do Norte e da Escandinávia, onde o uso é mais difundido e guardou suas características originais, de maneira que a pré-fabricação se restringe ao material básico (peças de madeira e painéis de revestimento), sendo a maioria das casas erguida manualmente. Na Europa Ocidental, a construção "*in situ*" é mais rara e a industrialização da construção em madeira, mais comum.

Os tipos de construção industrializada diferem um do outro em função das diferentes maneiras em que as paredes são fabricadas, e também pelo grau de industrialização que a construção recebe na fábrica. Conforme o tamanho das peças, a construção pode ser liberada, na fábrica, em módulos pequenos (painéis de parede cujo comprimento varia de 1,20 m a 1,80 m e

altura entre 2,50 m e 3,25 m) ou módulos grandes, quando metade ou o total do comprimento da parede é produzido em usina. Este último tipo demanda o uso de guindastes no canteiro de obras.

A construção pode ser liberada em módulos tridimensionais: três ou quatro "volumes" saem da fábrica completamente prontos, inclusive com acabamentos, e são apenas fixados na obra.

Em uma variação, a construção é uma mistura do Sistema de Módulos e do Sistema de Elementos (pequenos e grandes). As partes molháveis da construção (banheiros e cozinhas) formam uma unidade fechada única, e a construção se desenvolve ao seu redor, por meio da montagem dos demais componentes.

Em um outro tipo de variação, conhecido como Sistema por Dobradura, os painéis são montados em elementos tridimensionais (parede, piso e telhado), dobrados em forma de pacotes e assim transportados até o canteiro, onde o pacote é desdobrado por um guindaste e colocado no lugar, junto com as outras unidades do edifício (Figura nº 15).

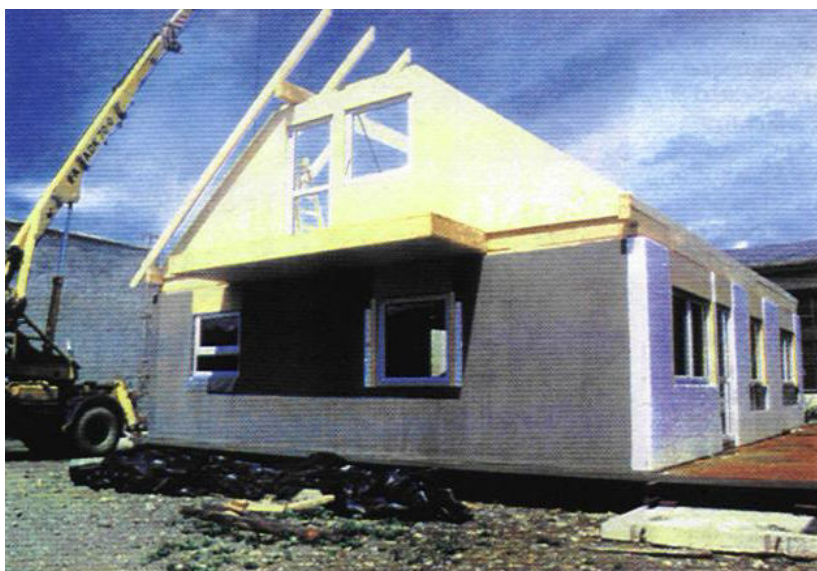


Figura nº 15 – Montagem de casa “Schwaben” da empresa Galastoj’as (Eslováquia).

(Fonte: Rosário, L. C., 1996).

O tipo de isolamento feito pelo Sistema Sanduíche consiste de um painel estrutural composto de um núcleo de isolamento leve (espumas de poliestireno ou poliuretano, entre outros)

com alta resistência à transmissão de vapor d'água, laminados entre duas faces finas e fortes - geralmente madeira compensadas ou aglomerados.

Freqüentemente faixas de madeira são colocadas ao longo do perímetro para reforçar o núcleo e facilitar a montagem junto dos painéis rígidos, o que permite obter uma camada isolante sem descontinuidade. Os painéis-sanduíche são mais leves que outros tipos e o núcleo de espuma é um bom isolante térmico, mas são mais caros e devem ser pré-fabricados industrialmente (Figura nº 16).

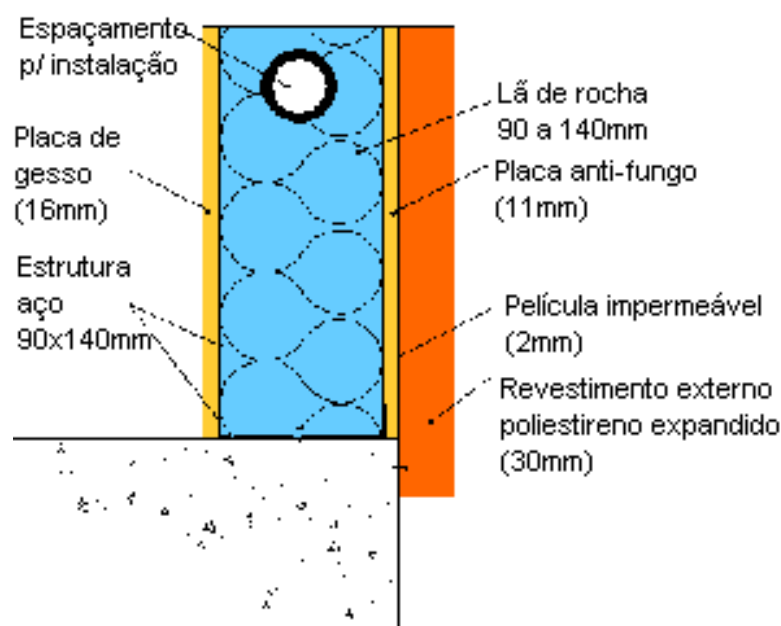


Figura nº 16 – Detalhe dos painéis sanduíche.

(Fonte: www.casasprefabricadas.net - acesso em 13/07/2005)

A tecnologia dos *stressed skin panels* (Figura nº 17) é classificada entre os sistemas de módulos pequenos. Ela se baseia na substituição do entramado de madeira das paredes por painéis pré-fabricados, feitos geralmente de peças de madeira montadas em uma estrutura em forma de caixa.

Os painéis são compostos de uma trama interna, com elementos horizontais (encabeçadores nas extremidades e bloqueadores no centro), verticais (montantes) e a própria

cobertura. Os encabeçadores e bloqueadores servem para alinhar os montantes, suportar a cobertura e ajudar a distribuir cargas concentradas.

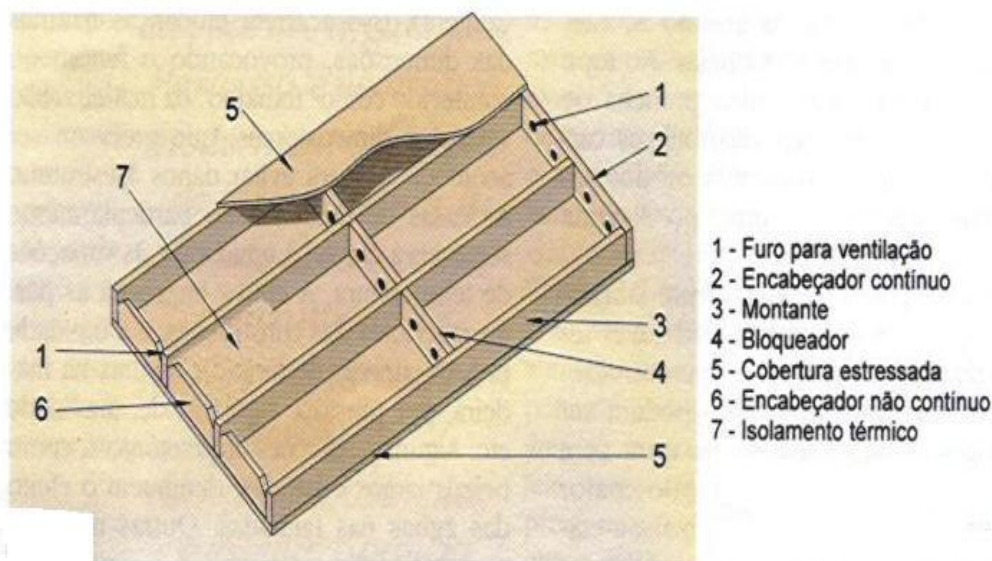


Figura nº 17 – Painel de cobertura estressada. (Fonte: Rosário, L. C., 1996).

A cobertura pode ser feita de diferentes chapas derivadas de madeira, como laminado compensado, chapas de partículas aglomeradas, OSB (*Oriented Strand Board*), entre outros. Os painéis podem apresentar, ou não, isolamento térmico internamente. A largura normal dos painéis fica em torno de 1,20 m e a espessura e altura dependem do uso pretendido.

Os painéis são conectados entre si no canteiro de obras por meio de um sarrafo de madeira, pelo sistema macho-fêmea ou por pregos, parafusos, entre outros. Finalmente, os elementos estruturais são completados por carpintaria tradicional, o mesmo acontecendo com as portas e janelas. No topo dos painéis é colocada uma prancha de madeira, que serve para distribuir as cargas provenientes da cobertura ou dos pavimentos superiores, como no Sistema Plataforma.

Os *stressed skin panels* são pré-fabricados, o que permite uma considerável redução do tempo de trabalho da construção. Podem ser manejados e posicionados na obra com relativa facilidade, propiciando maior velocidade ao trabalho. A etapa de montagem pode ser realizada por uma equipe reduzida, sem a necessidade de máquinas pesadas.

No Brasil, a industrialização está longe de ser completa, mas já é visível o ingresso dos kits de construção, a maioria deles de origem norte-americana. As empresas brasileiras já integram um movimento de nacionalização desses sistemas construtivos e tentam vencer as muitas barreiras apresentadas pelo mercado nacional - barreiras técnicas, econômicas e culturais. O modelo para a industrialização é norte-americano (nos EUA e Canadá, a grande parte das casas são pré-fabricadas). Ou seja, o sistema mostra competência em um mercado exigente.

No processo americano, as casas são compradas em catálogo e a construtora providencia o kit pronto (Figuras nº 18, 19, 20 e 21). A montagem é feita com o número determinado de itens de cada componente: Em um canteiro com pré-fabricados não há mistura nem desperdício de materiais. Isso dá uma previsibilidade total dos custos e completo controle sobre a obra. Para chegar a esse estágio, a empresa e seus fornecedores têm de conhecer os padrões dos sistemas em detalhes. “Algumas empresas avançaram muito nesse ponto, mas, no geral, ainda falta alguma coisa, planejamento e estratégia de produção ou de projeto”, diz THOMAZ (2000), pesquisador da Divisão de Engenharia Civil do IPT.



Figura nº 18 – Casa de madeira pré-fabricada.

(Fonte: www.ns2000.com.br - acesso em 04/02/2005).



(a)



(b)

Figura nº 19 – (a) Detalhe interno e (b) Detalhe escada.
(Fonte: www.ns2000.com.br - acesso em 04/02/2005).



Figura nº 20 – Detalhe externo.

(Fonte: www.ns2000.com.br - acesso em 04/02/2005).



Figura nº 21 – Detalhe das colunas e paredes.

(Fonte: www.ns2000.com.br - acesso em 04/02/2005).

Uma característica da construção industrializada é a determinação de cada passo do processo construtivo ainda na fase de projeto, sem que possa haver alterações com a obra em andamento. "O projeto deve estar bem especificado, pois o sistema é integrado e mudanças em alguns detalhes alteram tudo. Mas, arquitetônica e construtivamente, as possibilidades são grandes", afirma MARIUTTI (2000), arquiteto da Construtora Seqüência.

Para que os projetos sejam levados à risca, a mão-de-obra utilizada deve ser especializada. Por isso, as construtoras ou as empresas responsáveis pela instalação de cada sistema adotam trabalhadores treinados. O custo por trabalhador aumenta, mas o grupo é reduzido e trabalha menos tempo, já que a obra é mais rápida, tornando-se insignificante a diferença em gastos com pessoal, em comparação com os métodos tradicionais.

O mesmo não acontece com os materiais, pelo menos nesse momento. Como a demanda ainda é pequena, os fabricantes têm de elevar o preço do produto ou, em alguns casos, arcar com os custos do material importado.

Uma solução adotada pelas empresas para diminuir esse efeito é aumentar a escala de produção, mas o único meio viável é fazer várias casas e vendê-las depois. O preço só fica acessível quando envolvem maiores volumes (por exemplo: a partir de cinco unidades as residências passam a ter um valor competitivo).

Arquitetonicamente, muitas casas têm um "estilo estrangeiro"; isso não significa que não existam outras possibilidades. Como forma de contornar a resistência do mercado brasileiro, as empresas estão partindo para duas soluções.

A mais comum é oferecer sistemas industrializados que imitam alvenaria; outra é adotar sistemas mistos, incorporando materiais como tijolos de barro, ou etapas não industriais, em partes da edificação (Figura nº 22). Não há restrições técnicas para isso, tanto que alguns sistemas já pressupõem o uso arquitetônico de alvenaria ou lajes moldadas in loco, diz THOMAZ (2000).



Figura nº 22 – Casa em estrutura mista.

(Fonte: www.reidascasas.com.br/fcasas.htm - acesso em 18/08/2005).

Uma solução tradicional são as casas pré-fabricadas de madeira mostradas nas Figuras nº 23 e 24, que em algumas cidades sofrem preconceito pela suposta falta de durabilidade e de segurança, de acordo com FRANCO (2000), pesquisador da Divisão de Produtos Florestais do IPT.



Figura nº 23 – Casa pré-fabricada modelo “Girassol”.

(Fonte: www.reidascasas.com.br/fcasas.htm - acesso em 18/08/2005).



Figura nº 24 – Casa pré-fabricada modelo “Papoula”.

(Fonte: www.reidascasas.com.br/fcasas.htm - acesso em 18/08/2005).

A casa de eucalipto do IPT/IEE (Figura nº 25) foi construída (1995) para adaptar o sistema norte-americano "*light frame construction*" ao Brasil. O eucalipto do tipo *grandis* foi escolhido por ser reflorestado e permitir a industrialização. Antes da montagem dos painéis, a madeira passa por uma tanalização, tratamento para deixá-la resistente a insetos xilófagos e impermeável a água.



Figura nº 25 – Casa de eucalipto do IPT.

(Fonte: www.usp.br/jorusp/arquivo/1999/jusp482/manchet/rep_res/rep_int/pesqui3.html
Acesso em 18/07/2005).

As construções em madeira são mais utilizadas na praia e no campo, ou seja, como "segunda casa". A desconfiança com relação à durabilidade inibe os consumidores a adotarem a madeira como material para a moradia principal, à exceção do sul do país por causa da cultura trazida pelos imigrantes alemães e poloneses.

Um sistema adotado por empresas como a Icoma (Figura nº 26) e Casa Prática (2000), vide Figura nº 27, usam placas de concreto pré-moldado. Mais simples, o método possui painéis e peças de encaixe em concreto armado com EPS (isopor) em seu interior, o que dá maior isolamento térmico. O acabamento da casa pode ser feito com materiais tradicionais ou industrializados. O sistema não permite o uso de paredes curvas, segundo Luiz Roberto Kzan (2000), diretor técnico da Icoma.

As construtoras vendem as casas prontas ou disponibilizam um catálogo de projetos para os consumidores. A mão-de-obra é especializada e fornecida pelas empresas. Como nas casas de madeira, as construções em concreto pré-moldado são mais utilizadas para veraneio, embora o método tenha se desenvolvido bastante em habitações populares nos anos 70 e 80 do século findo.



Figura nº 26 – Sistema Icoma. (Fonte: www.bswcorp.com.br - acesso em 18/07/2005).



Figura nº 27 – Sistema Pratica. (Fonte: www.casapratICA.com.br - acesso em 18/07/2005).

Para mostrar ao público o desempenho e as possibilidades da construção industrializada, a empresa de Consultoria Soma idealizou o que vem sendo chamada de Casa Contemporânea Brasileira (CCB). O protótipo (Figura nº 28) de uma unidade que incorpora várias soluções

técnicas foi exposto pela primeira vez na FEHAB (10 e 14 de maio de 1999) e na feira carioca CONSTRUIR (24 a 28 de novembro de 1999) conforme Figura nº 29. A idéia é inspirada na "New American Home", criada em 1984 pela *National Association of Home Builders*.

Nessa feira, a CCB foi erguida em cinco dias, teve dois pavimentos com salas de estar e jantar, dois quartos, banheiro, cozinha, área de serviço e garagem para um veículo, dispostos em 100 m².



Figura nº 28 – Protótipo (60m²) - Casa Contemporânea Brasileira, FEHAB - 1999.

(Fonte: www.arcoweb.com.br - acesso em 08/03/2005).



Figura nº 29– Protótipo (100m²) - Casa Contemporânea Brasileira, Feira CONSTRUIR, 1999.

Fonte: Revista Técnica nº 44 (2000).

No Brasil, as casas industrializadas têm seu grande público, atualmente (2004), nas classes média e alta. Mas essa é uma situação atípica no caso de produtos padronizados. A tendência é de que a produção em maior escala resulte na redução de custos e os sistemas atendam justamente às faixas populares.

Como uma das vantagens é construir várias unidades em pouco tempo, o Brasil possui um dos maiores mercados para a construção pré-fabricada, justamente para habitação popular. Entretanto, é exatamente esse fato que denigre o material, pois dá a sensação que, pelo uso social, a madeira é um material de qualidade inferior.

Segundo as empresas envolvidas na construção industrializada, o processo é caro, em boa parte, pelo gasto em materiais importados como a chapa OSB e a película impermeável. Se criada uma demanda, os materiais passariam a ser produzidos aqui, barateando a casa.

Um problema para o uso de sistemas industrializados na habitação popular é a falta de certificação dos materiais. Por falta de iniciativa das empresas, não são feitos ensaios e não há conhecimento do desempenho de muitos componentes dos sistemas, tornando difícil a aprovação dos métodos pelos programas habitacionais. As empresas argumentam que os órgãos responsáveis por esses programas são conservadores por que a lei estaria defasada e ignoraria as diferenças entre os métodos pré-fabricados e as especificações de cada um.

Sistemas industrializados já foram utilizados para a construção de casas populares no final de 1970 e no início de 1980 por incentivo do BNH (Banco Nacional da Habitação). Com a extinção do programa em 1986, diversas construtoras do setor fecharam e outras passaram a construir casas para a classe média-alta, sobretudo de veraneio.

4 MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

4.1.1 Conceitos

De acordo com CÉSAR (2002), os conceitos de sistemas construtivos empregados de uma forma direta ou indireta de técnica, método, processo e sistema construtivo, corno também de subsistemas, elementos e de componentes, verifica-se a necessidade de apresentar estes conceitos, para então abordar os métodos construtivos utilizados.

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;
- Método Construtivo - é o conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (sub-sistema ou elemento) de uma edificação;
- 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 do edifício;
- 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.

Para 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”, segundo o “*Conseil International du Bâtiment*” (CIB-1972), o termo “Material” se aplica para materiais misturados que adquirem sua forma final e características quando moldados e aplicados. Um material sempre terá muitos tipos de uso. A partir destes conceitos têm-se subsídios para melhor entendimento do que vem a ser abordado em termos de métodos construtivos empregados nas edificações de madeira.

4.1.2 Propriedades e características da madeira

A madeira é um material higroscópico (absorve água ou umidade). Para as condições locais de umidade relativa do ar e da temperatura ambiente, ela apresenta um coeficiente conhecido como Umidade de Equilíbrio (*Equilibrium Moisture Content*). Devido à variação de umidade existem mudanças naturais das dimensões, provocando o fenômeno conhecido como "trabalho" da madeira. São variações dimensionais, que precisam ser acomodadas para evitar danos à estrutura. Por isso, as casas de madeira são particularmente sensíveis à chuva, à umidade e às variações de temperatura.

A chuva impregna as partes exteriores das construções, e a umidade penetra através de juntas, fissuras e elementos constitutivos do material (vasos traqueídeos, parênquimas, etc.) por pressão, capilaridade, gravidade, entre outros. Algumas soluções arquitetônicas, como beirais largos e bandas, diminuem o efeito das águas nas fachadas. Outras medidas necessárias são:

- utilizar madeira e derivados secos a uma umidade próxima à de serviço;
- evitar estoques não protegidos dentro dos canteiros;

- proteger o material em relação a fungos, insetos, fogo e umidade;
- estudar a geometria dos elementos exteriores, assim como as conexões, de maneira que a água seja sistematicamente removida, utilizando-se superfícies inclinadas, drenos, entre outros;
- proteger a madeira externa com pintura, vernizes, entre outros. Renovar periodicamente a proteção;
- utilizar revestimentos exteriores e interiores não diretamente dependentes da estrutura subjacente;
- fazer com que as peças de madeira repousem em uma fundação no mínimo 20 cm a 30 cm acima do nível do solo.
- evitar pontes de condução de umidade utilizando ventilação e detalhes construtivos adequados.

Adotados esses cuidados, as construções em madeira podem alcançar durabilidade e bom desempenho, como provam alguns edifícios tradicionais existentes na Europa e Oriente.

Dentre os fatores de restrição em relação ao uso da madeira na habitação, INO et al (1998) 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 primeira 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.

4.1.3 O potencial das madeiras de reflorestamento

É comum escolher-se uma madeira por aparência, textura ou tons. Propriedades como resistência à compressão, durabilidade e massa específica variam de acordo com a espécie botânica. São esses aspectos que devem pautar o projeto de uma edificação de madeira. Em princípio, todas as espécies são adequadas desde que as características de desempenho sejam

respeitadas (Tabela nº 1), como ocorre na especificação de cimentos ou concretos com propriedades diversas. A norma brasileira NBR7190/1997 adota o conceito de classes de resistência justamente para permitir a utilização de várias espécies de propriedades similares em um mesmo projeto.

Pela disponibilidade e facilidade de desdobro, as madeiras de reflorestamento são as mais empregadas em edificações. A industrialização permite peças prontas para cada utilização, reduzindo o tempo de execução. Além das propriedades mecânicas, o projeto deve considerar aspectos de durabilidade, como o nível de exposição da madeira e o tipo de ambiente com que o material mantém contato. “Há recomendações de tratamento para cada classe de risco”, “Um projeto bem detalhado pode evitar problemas de umidade ou exposição solar demasiada, por exemplo”, afirma CALIL (2003).

Uma das vantagens do uso de madeira reflorestada é o grande conhecimento a respeito das propriedades e o controle na produção. Nesse aspecto, destaca-se a possibilidade de tratamento contra ataques biológicos, como cupins e fungos.

Tabela nº 1 – Propriedades de madeiras de reflorestamento.(Fonte: NBR7190/1997).

Madeira	pap(12%) (kg/m³)	fc0,m (MPa)	ft0,m (MPa)	ft90,m (MPa)	fv,m (MPa)	Ec0,m (MPa)
Eucalipto						
Alba	705	47,3	69,4	4,6	9,5	13409
Camaldulensis	899	48,0	78,1	4,6	9,0	13286
Citriodora	999	62,0	123,6	3,9	10,7	18421
Cloeziانا	822	51,8	90,8	4,0	10,5	13963
Dunnii	690	48,9	139,2	6,9	9,8	18029
Grandis	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813
Maculata	931	63,5	115,6	4,1	10,6	18099
Maidene	924	48,3	83,7	4,8	10,3	14431
Microcorys	929	54,9	118,6	4,5	10,3	16782
Paniculata	1087	72,7	147,4	4,7	12,4	19881
Propinqua	952	51,6	89,1	4,7	9,7	15561
Punctata	948	78,5	125,6	6,0	12,9	19360
Saligna	731	46,8	95,5	4,0	8,2	14933
Tereticornis	899	57,7	115,9	4,6	9,7	17198
Triantha	755	53,9	100,9	2,7	9,2	14617
Umbra	889	42,7	90,4	3,0	9,4	14577
Urophylla	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13166
Pínus						
Caribea	579	35,4	64,8	3,2	7,8	8431
Bahamensis	537	32,6	52,7	2,4	6,8	7110
Hondurensis	535	42,3	50,3	2,6	7,8	9868
Elliottii	560	40,4	66,0	2,5	7,4	11889
Oocarpa	538	43,6	60,9	2,5	8,0	10904
Taeda	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13304

Fonte: NBR 7190:1997

pap(12%) = massa específica aparente a 12% de umidade

fc0,m = resistência à compressão paralela às fibras, valor médio

ft0,m = resistência à tração paralela às fibras, valor médio

ft90,m = resistência à tração normal às fibras, valor médio

fv,m = resistência ao cisalhamento, valor médio

Ec0,m = módulo de elasticidade longitudinal em ensaio de compressão paralela às fibras, valor médio

As maiores "armas" são o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o amoniacal (ACA), que penetram na madeira, tornando-a resistente à lixiviação (que é a retirada dos sais por meio de lavagem). A aplicação se dá por vácuo-pressão, no qual a madeira é seca e tem todo o ar interior retirado. Depois, o material protetor é colocado sob pressão, preenchendo cada espaço no interior da madeira (processo de célula vazia). Além de evitar o ataque contra insetos xilófagos e fungos, o tratamento aumenta a durabilidade da madeira no contato com a umidade.

A madeira de reflorestamento (Tabela nº 2) conta com duas características que facilitam a produção em larga escala.. A adoção de pinus e eucaliptos se dá pelo crescimento rápido da árvore (a partir de 12 anos é possível cortar) e por se adaptarem bem ao clima e solo brasileiros.

Tabela nº 2 – Área reflorestada com espécies de eucalipto e pinus no Brasil (ha) até 2000.

(Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005).

Estado	Área Eucalipto (ha)	Área Pinus (ha)	Área Total (ha)
Minas Gerais	1.535.290	143.410	1.678.700
São Paulo	574.150	202.010	776.160
Bahia	213.400	238.390	491.790
Espírito Santo	152.330	-	152.330
Rio Grande do Sul	115.900	136.800	252.700
Mato Grosso do Sul	80.000	63.700	143.700
Paraná	67.000	605.130	672.130
Pará	45.700	14.300	60.000
Santa Catarina	41.550	318.120	359.670
Amapá	12.500	80.360	92.860
Outros	128.060	37.830	165.890
Total	2.965.880	1.840.050	4.805.930

Como a madeira é um material de origem orgânica, não possui a uniformidade de desempenho de materiais industrializados. Em muitos casos a melhor solução técnica é utilizar

mais de uma espécie no projeto. Caso a estética ainda seja determinante, tratamentos podem alterar a aparência da madeira.

Segundo HELLMEISTER e BITTENCOURT (1995), respeitar o meio ambiente antes, durante e após a construção é tarefa complicada e exige atenção do empreendedor. Cada instância do poder executivo se concentra em diferentes questões relacionadas ao impacto ambiental causado pela construção civil.

Considerada uma das grandes poluidoras do ramo industrial, segundo a *Civil Engineering Research Foundation* (CERF), ligada ao *American Society of Civil Engineers* (ASCE), dos Estados Unidos, a construção civil responde por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos; utiliza cerca de dois terços da madeira natural extraída (muitas vezes sem manejo adequado) e, para cada tonelada de clínquer (material que entra na composição do cimento), 600 kg de CO₂ são lançados na atmosfera.

Fundamental compreender se os significados atribuídos à habitação em madeira são universais ou fazem parte de determinadas culturas e níveis de desenvolvimento tecnológico. Sabe-se que os padrões construtivos de conforto e segurança da habitação em madeira dos países como USA, Japão e do Norte Europeu, não deixam nada a desejar às habitações tradicionais em alvenaria.

Portanto, se estas respondem às exigências habitacionais e de conservação, acredita-se que a perenidade da construção adquire um valor secundário, levando em consideração principalmente a qualidade de vida e o poder aquisitivo destas populações. A dificuldade para entender tal posicionamento está na compreensão da habitação como um “valor de uso” e um “bem de consumo”.

Conforme YUBA (2002), o processo de desdobro, secagem, beneficiamento e tratamento preservativo também influenciam fortemente a qualidade do produto final, ou seja todo o seu processo de produção desde a escolha de mudas para o plantio florestal até durante o

seu uso nas edificações, lembrando que o projeto das edificações em madeira contribui muito para determinar a maior ou menor durabilidade das edificações.

De acordo com INO e SHIMBO (2002), a madeira tem a vantagem de ser renovável, contribuindo para absorção de CO₂ da atmosfera. Atualmente a preocupação ambiental é uma questão muito mais ampla do que o desmatamento para extração de madeira. A associação entre árvore e madeira é muito mais direta do que entre árvore e aço. Por exemplo, para a produção do aço, utiliza-se carvão vegetal que vem da madeira.

Sobre o aspecto ecológico, a madeira é uma fonte limpa, pois sua extração não requer derivados de petróleo e nem a escavação do solo, o que já não acontece no caso da areia, da pedra e de outros recursos minerais. Ela é renovável, bastando uma atuação direta do homem neste sentido.

Aqui, a legislação de acordo com o Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – só pode explorar a madeira aquele que apresentar (e cumprir) um plano de manejo sustentável da floresta – repondo mais do que se tira - o que pode significar uma luz no fim do túnel e apontar uma tendência à preservação ambiental no Brasil, sem prejuízo ao desenvolvimento.

4.1.4 A importância do reflorestamento

A questão florestal no Brasil, em geral, é abordada parcialmente através dos diversos setores que utilizam a madeira como insumo principal – freqüentemente o de celulose e papel – ou sob a perspectiva ambiental. O setor florestal e a atividade de extração de madeira possuem uma dinâmica específica, determinada pela oferta de madeira e pela produtividade das florestas.

Um outro ponto é a dimensão econômica do setor florestal. As florestas, mais do que matéria-prima, são um ativo de alta liquidez. O Brasil, além de possuir a segunda maior cobertura florestal do mundo, desenvolveu tecnologia avançada para a exploração de florestas e para a transformação industrial da madeira.

Para efeito de análise e adotando o conceito utilizado por muitas organizações internacionais, a atividade florestal será definida como a extração de madeira para fins industriais e de geração de energia, excluindo-se os produtos não madeireiros. A cadeia produtiva da madeira, conforme a Figura nº 30, contempla a produção de madeira para energia (carvão vegetal e lenha), serrados, painéis e polpa para a produção de papel e outras finalidades.

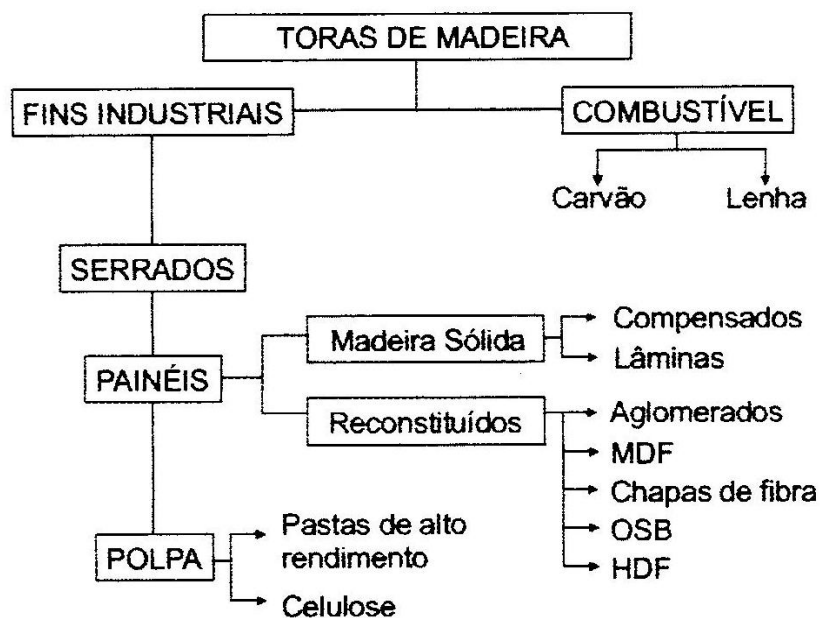


Figura nº 30 - Cadeia produtiva da madeira.

(Fonte: O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento, 2002).

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of United Nations* (FAO), em 1999, a produção mundial do setor florestal atingiu US\$ 450 bilhões sendo o setor da celulose e papel responsável por 62% desse valor. No Brasil, a atividade florestal é de grande importância, não só pela extensa cobertura de florestas existentes no país, mas também pela capacidade de geração de emprego e renda no setor.

Dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) indicam que, em 2001, o PIB florestal brasileiro atingiu R\$ 21 bilhões e as exportações, US\$ 4 bilhões, com a geração de 2 milhões de empregos diretos e indiretos (Tabela nº 3).

Tabela nº 3 – Exportação de produtos Florestais do Brasil

(Fontes: Bracelpa, Abipa, Abimci, e Abimóvel, 2001).

(Em US\$ Milhões)

PRODUTOS	1997	1998	1999	2000	2001
Sólidos de Madeira	1130	967	1275	1361	1349
Madeira Serrada	411	410	483	519	532
Painel de Compensado	264	134	345	374	360
Lâminas	97	64	54	49	37
Chapa de Fibra Comprimida	79	64	56	54	62
Outros Produtos de Madeira	279	295	337	365	358
Móveis	366	338	385	489	484
Celulose	947	970	1192	1603	1248
Papel	966	924	901	941	942
Total	3409	3199	3753	4394	4023

A cobertura florestal do território brasileiro, associada às excelentes condições edafoclimáticas (solo e clima) para a silvicultura, confere ao país grandes vantagens comparativas para a atividade florestal. Esses fatores, aliados ao desenvolvimento tecnológico no plantio de florestas, transformam as vantagens naturais em competitividade real.

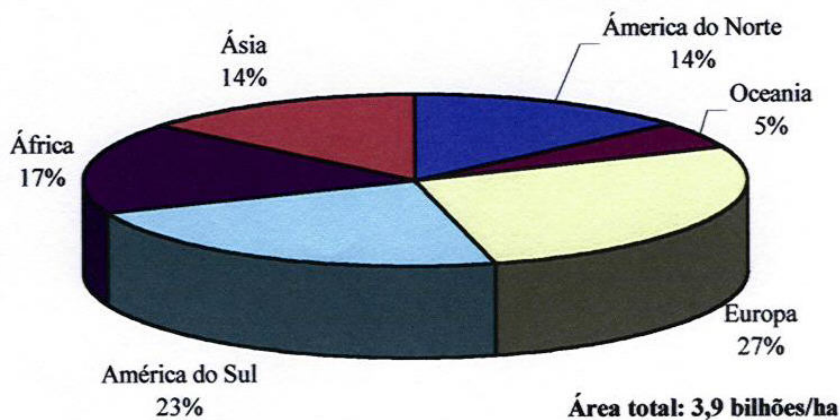
Esse quadro favorável é ameaçado pelo iminente déficit de oferta interna de madeira, conhecido como "apagão florestal", que atingirá mais drasticamente as regiões sul e sudeste e os segmentos de serraria e laminação, incluindo a indústria moveleira.

A situação no sul/sudeste/nordeste é diferenciada por ter sido a cobertura florestal original dessas regiões explorada à exaustão e por ter se reduzido o ritmo dos reflorestamentos. Na região norte, onde ainda há uma grande extensão de florestas nativas, o problema que se coloca é a exploração sustentável dessas florestas, envolvendo proteção às espécies ameaçadas, métodos de exploração menos invasivos e aumento de produtividade no processamento industrial.

A cobertura florestal no mundo soma 3,9 bilhões de hectares (2002), dos quais 47% correspondem às florestas tropicais, 33% às boreais, e 11% às temperadas e 9% às subtropicais. Considerando-se a distribuição regional, Europa e América do Sul concentram 50% das florestas

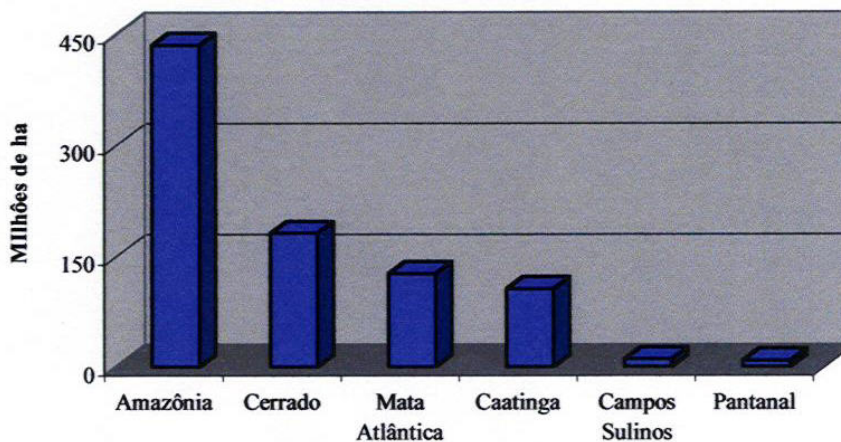
mundiais, sendo a outra metade dividida entre África, Ásia, América do Norte e, com pequena participação no total da Oceania, conforme Gráfico nº 1.

Gráfico nº 1 – Distribuição mundial da cobertura florestal (Fonte: FAO, 2002).



Dos 886 milhões de hectares que estão no continente latino-americano, 61% encontram-se no Brasil tornando o país o segundo em cobertura florestal no mundo, superado apenas pela Rússia. Os principais ecossistemas existentes em território brasileiro são a amazônia, a caatinga, a mata atlântica, o cerrado, o pantanal e os campos sulinos conforme Gráfico nº 2. A amazônia, alvo freqüente de denúncias de devastação, possui 85% de cobertura original.

Gráfico nº 2 – Ecossistemas Brasileiros (Fonte: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2000).



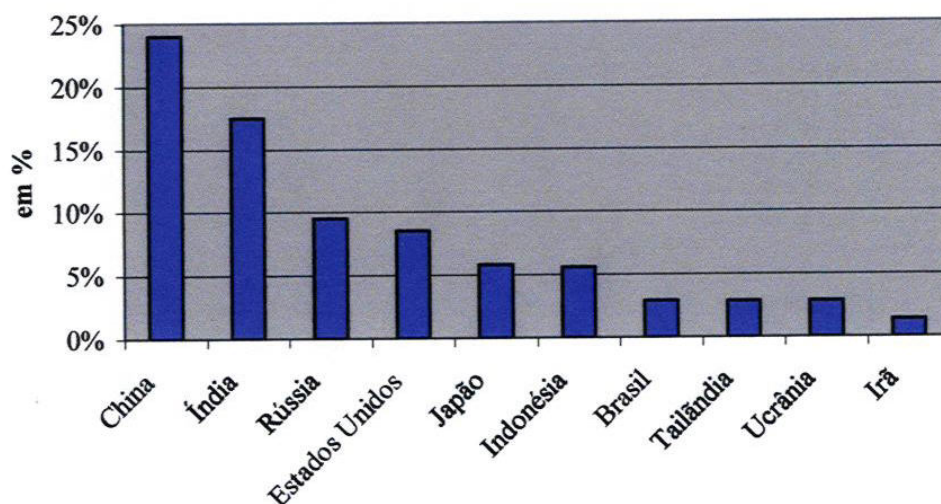
As regiões norte, sul e sudeste, onde estão concentrados 85% da população brasileira, foram as mais atingidas por desflorestamentos provocados pelas necessidades de urbanização e crescimento econômico.

Ocupadas originalmente pela mata atlântica, pela caatinga e pelos campos sulinos, atualmente (2000), a vegetação nativa remanescente nessas regiões está protegida, sendo a exploração legal restrita aos reflorestamentos. Dados do Ministério do Meio Ambiente (2000) indicam que 69% (374,6 milhões de hectares) da cobertura florestal do território nacional tem potencial produtivo.

Essas florestas encontram-se em sua maior parte sob o domínio privado, 67% do total, o que enseja a necessidade de uma regulamentação consistente com a exploração produtiva e a preservação. As florestas privadas constituem-se basicamente de florestas nativas, mas existem 6,4 milhões de hectares de florestas plantadas.

O Brasil situa-se entre os dez maiores países em florestas plantadas do mundo, contando com 6,4 milhões de hectares, conforme Gráfico nº 3. A maior parte da área reflorestada existente no país formou-se nas décadas de 1970 e 1980, quando da vigência do Fiset (Fundo de Incentivo Setorial).

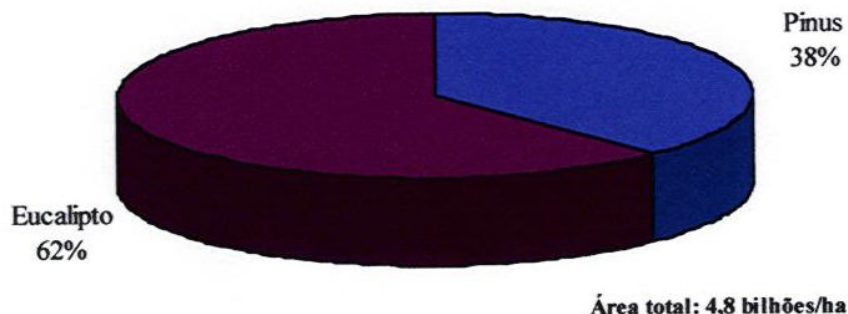
Gráfico nº 3 – Florestas plantadas para uso industrial (Fonte: FAO, 2001).



Cerca de 80% (4,8 milhões de hectares) das florestas plantadas brasileiras são de pinus e eucalipto, conforme Gráfico nº 4.

Gráfico nº 4 – Reflorestamento existentes no Brasil em 2000.

Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), 2001.



O eucalipto (inserido na categoria das folhosas), principal matéria-prima do processo de produção da celulose de fibra curta, ocupava em 2001, aproximadamente 3 milhões de hectares, localizados em sua maior parte na região sudeste e no Estado da Bahia.

Já o pinus (inserido na categoria das coníferas), utilizado como insumo para a produção de celulose de fibra longa, painéis de madeira e na indústria moveleira, entre outros, tem 78% de seu plantio nas regiões sul e sudeste do país, onde o clima é mais favorável. Atualmente, o corte raso de eucalipto para celulose ocorre com sete anos e o desbaste de pinus com o mesmo fim começa a ocorrer entre nove e dez anos.

Para a indústria moveleira, esses prazos são maiores: a exigência mínima é de que o eucalipto tenha doze anos e o pinus, entre quinze e dezoito anos, para que a tora possa ter bom aproveitamento. É possível observar nos Gráficos 5 e 6 que o diferencial de produtividade das florestas brasileiras de folhosas, frente às européias, é muito significativo, evidenciando a adaptação dessa espécie ao território brasileiro e o sucesso dos experimentos de melhoria genética.

No caso das coníferas, a produtividade brasileira é superior à dos demais países do mundo, mas a diferença não é tão acentuada, principalmente se comparada com a do Chile e Nova Zelândia.

Gráfico nº 5 – Produtividade de florestas de folhosas.

Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), 2001.

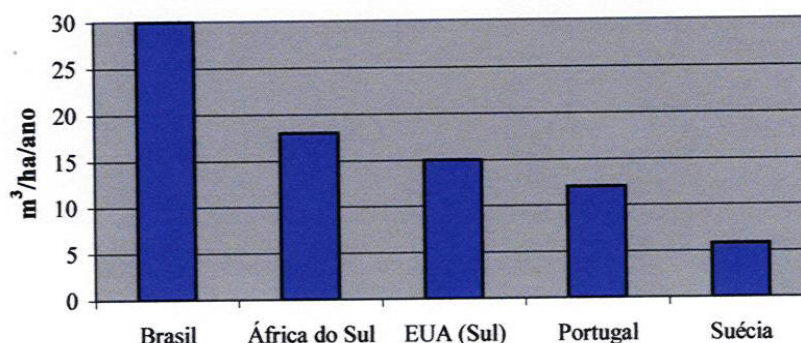
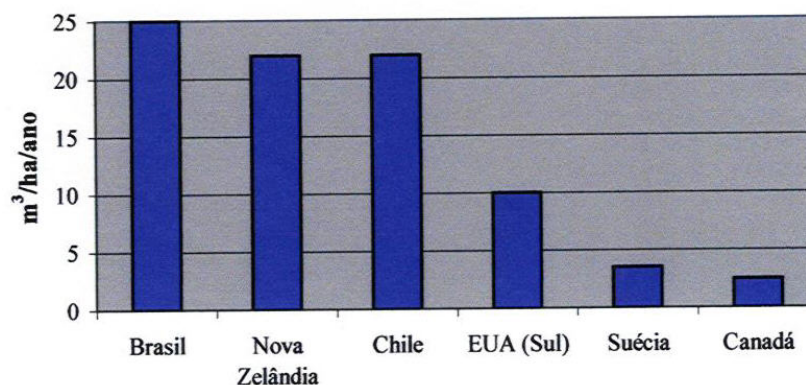


Gráfico nº 6 – Produtividade de florestas de coníferas.

Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), 2001.



Um outro fator de grande importância para a melhoria da tecnologia de exploração das florestas plantadas e nativas foi a exigência da certificação ISO 14001 e de bom manejo florestal.

A percepção de que o selo FSC (Conselho de Certificação Florestal) não pode ser a única alternativa para assegurar a sustentabilidade da atividade florestal levou outros países do mundo a criarem seus próprios sistemas de certificação e a buscarem o reconhecimento internacional. Finlândia, Noruega, Suécia, Indonésia e Malásia são alguns dos países que

investem em urna certificação nacional, sendo que algumas dessas já são reconhecidas internacionalmente.

O Brasil também tem caminhado nessa direção, através da estruturação de um sistema de certificação e criação de um selo de manejo florestal sustentável, o Cerflor. Iniciativa das entidades de classe ligadas à produção, comercialização e consumo de produtos florestais, além de universidades, instituições de pesquisa e órgãos governamentais, o Cerflor foi lançado no segundo semestre de 2002, com a seguinte estrutura (Figura nº 31):

Inmetro - Estabelece os critérios para credenciamento de organismos de certificação. ABNT - Estabelece os princípios, critério e indicadores do manejo florestal e da cadeia de custódia. SCT (Certificação Florestal) - Estabelece regras específicas para a operacionalização da certificação pelo organismo credenciado a realizá-la.
PRINCÍPIOS, CRITÉRIOS E INDICADORES PARA PLANTAÇÕES FLORESTAIS ABNT/CEET - 00:001.39-001
Princípio 1 Cumprimento da Lei - 3 critérios e 11 indicadores
Princípio 2 Busca da sustentabilidade dos recursos florestais e racionalidade no uso a curto, médio e longo prazos - 4 critérios e 11 indicadores
Princípio 3 Zelo pela diversidade biológica - 6 critérios e 27 indicadores
Princípio 4 Respeito às águas, solo e ar - 4 critérios e 24 indicadores
Princípio 5 Desenvolvimento ambiental, econômico e social das regiões em que se insere a atividade florestal - 2 critérios e 14 indicadores

Figura nº 31 – Critérios para plantação florestal.

(Fonte: O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento, 2002).

Observe-se que várias empresas brasileiras buscaram a certificação ISO 14001 para suas florestas, a qual garante o cumprimento de normas técnicas de produção/exploração. Existem, atualmente, cerca de 912 mil hectares de florestas em conformidade com essa norma, entre as quais estão as de propriedade das maiores empresas de celulose e papel.

Visando atender às necessidades de implantação, exploração e conservação de florestas, foi lançado em 2000, através de Decreto Presidencial, o Programa Nacional de Florestas (PNF). Esse programa nasceu com a preocupação de inserir o planejamento do uso das florestas brasileiras no âmbito do planejamento macrorregional.

Estão explícitos na formulação do PNF, que propõe:

- estimular o uso sustentável de florestas nativas e plantadas;
- fomentar as atividades de reflorestamento, notadamente em pequenas propriedades rurais;
- recuperar áreas de preservação permanente, de reserva legal e alteradas;
- apoiar as iniciativas econômicas e sociais das populações tradicionais e indígenas que vivem nas florestas;
- reprimir desmatamentos ilegais e a extração predatória de produtos e subprodutos florestais;
- prevenir e conter queimadas e incêndios florestais.

Alguns resultados já podem ser atribuídos a essa iniciativa:

- a instalação do Fórum de Competitividade da Cadeia Madeira-Móveis, coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio ;
- a criação do Cerflor , sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, mas envolvendo, também, outros Ministérios e a iniciativa privada;
- a criação do Pronaf-Florestal, em uma parceria do MMA com o Ministério da Reforma Agrária, os Ministérios da área econômica e o BNDES;
- a inclusão da silvicultura no crédito rural, pelo Ministério da Agricultura.

O Estado de Santa Catarina merece destaque pela criação de um programa de incentivo ao reflorestamento para pequenos produtores rurais, que já beneficiou cerca de 14.000 famílias de

68% dos municípios do Estado. Estima-se que já tenham sido plantados 9.614 hectares. O programa consiste na concessão de recursos para implantação e custeio por quatro anos e na garantia de assistência técnica; os recursos são concedidos sob a forma de crédito e a amortização é feita em produto, ou seja, em madeira, em três pagamentos, aos 12, aos 16 e aos 21 anos.

Os dados apresentados evidenciaram que o Brasil detém avançada tecnologia no plantio de florestas e um imenso maciço florestal nativo com potencial de exploração econômica. Outras indústrias, como a de painéis de madeira, também se beneficiaram da tecnologia de plantio de florestas, expandindo sua produção e, foram estimuladas pela elevada produtividade, internalizando novas tecnologias industriais de processamento de madeira.

É o caso, por exemplo, da introdução de painéis como MDF e o OSB no mercado brasileiro. Geradoras de receitas e com destaque na pauta de exportações do Brasil, as atividades de base florestal são importantes também para o desenvolvimento regional.

Os vários produtos pertencentes à cadeia produtiva da madeira estão ligados a diferentes estruturas de produção, as quais requisitam padrões diferenciados de capital e mão-de-obra. Nesse sentido, a importância do setor florestal não está apenas na geração de renda e de emprego em termos agregados, mas também na irradiação dos benefícios de seu crescimento por todas as regiões do país e por várias camadas sociais.

A grande ameaça à competitividade do setor florestal, contudo, é a oferta de sua principal matéria-prima, a madeira. Os produtores que exigem florestas homogêneas para a obtenção de qualidade e produtividade adequadas a seus mercados têm investido, ao longo dos últimos trinta anos, no reflorestamento e no desenvolvimento de tecnologia florestal.

Esse é o caso das indústrias de celulose, papel e painéis de madeira, especialmente reconstituída. A maior parte das empresas produtoras desses produtos possui florestas próprias e tem seu abastecimento garantido pela reforma e expansão de suas áreas reflorestadas.

A ausência de um mercado florestal que desvincule a produção de florestas da transformação industrial da madeira impede que produtores rurais e investidores em geral vislumbrem as possibilidades de retorno da aplicação de recursos no plantio de florestas.

4.1.5 Chapa OSB (*Oriented Strand Board*)

No mercado mundial desde 1978, o *Oriented Strand Board* (OSB) nasceu nos Estados Unidos como uma segunda geração do *waferboard*, produto desenvolvido em 1954 pelo Dr. James Clarke. Enquanto no *waferboard* as tiras eram menores e aplicadas em todas as direções, o OSB utiliza tiras maiores e orientadas. A partir da sua introdução no mercado americano, a chapa estrutural foi rapidamente aceita, substituindo os demais painéis no segmento de construção residencial.

Os países que mais utilizam estas chapas são os Estados Unidos e o Canadá, com destaque para o uso na construção civil, devido às suas características físicas e mecânicas que possibilitam seu emprego para fins estruturais. Nestes países, a partir da década de 90 do século findo, o OSB passou a competir em larga escala com as chapas de compensado.

Este avanço se deve principalmente a quatro fatores:

- melhor aproveitamento das toras de madeira (OSB utiliza 96% contra 56% do compensado), otimizando o custo e proporcionando um produto ecologicamente mais eficiente;
- possibilita a utilização de toras mais finas (6 anos para o OSB contra 14 anos para o compensado) e de menor valor comercial;
- produtividade maior devido ao processo de fabricação totalmente automatizado e de grande escala (a fábrica existente no Brasil, utiliza 24 pessoas em 3 turnos para operar uma linha de produção de 350.000 m³/ano. Uma fábrica de compensado necessita de mais de 200 pessoas para produzir em torno de 80.000 m³/ano);
- o processo de produção em grande escala e automatizado proporciona às chapas qualidade absolutamente uniforme.

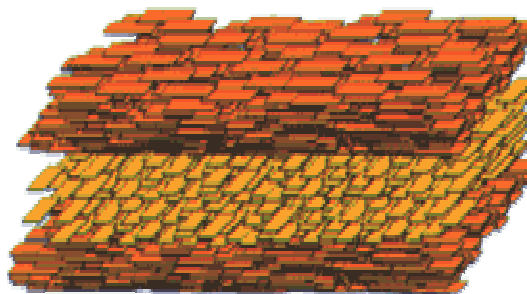
A chapa OSB é um painel de madeira reflorestada com uma liga de resina sintética, feita de camadas prensadas com tiras de madeira ou “strands”, alinhados em escamas, de acordo com a EN300 OSB (Norma Européia). Dependendo do tipo da liga, o Eurostrand OSB pode ser usado em condições secas (OSB/2) ou úmidas (OSB/3 e OSB/4) de acordo com o DIN 68800-2 (Norma Alemã) – preservação da madeira.

O OSB (Figura nº 32) é produzido a partir de toras que são descascadas e cortadas em tiras ao longo de sua fibra. Estas tiras são secas, peneiradas e misturadas com a composição de resinas de colagem à prova d’água, parafina e cupinicida.

Seguem para as formadoras onde serão produzidas as camadas orientadas, depois para a prensagem em alta temperatura e pressão, onde serão formados os painéis e, finalmente, para o corte definitivo. Todo este processo é totalmente automatizado, com a monitoração de câmeras e computadores.



(a)



(b)

Figura nº 32 – Chapas OSB (Oriented Strand Board).

(Fonte: (a)www.portalosb.com.br e (b)www.osb-info.org – acesso em 12/04/2005).

A aplicação de cola líquida assegura um equilíbrio do conteúdo de umidade similar à umidade predominante de $8\pm3\%$. Vide processo de fabricação (Figura nº 33).

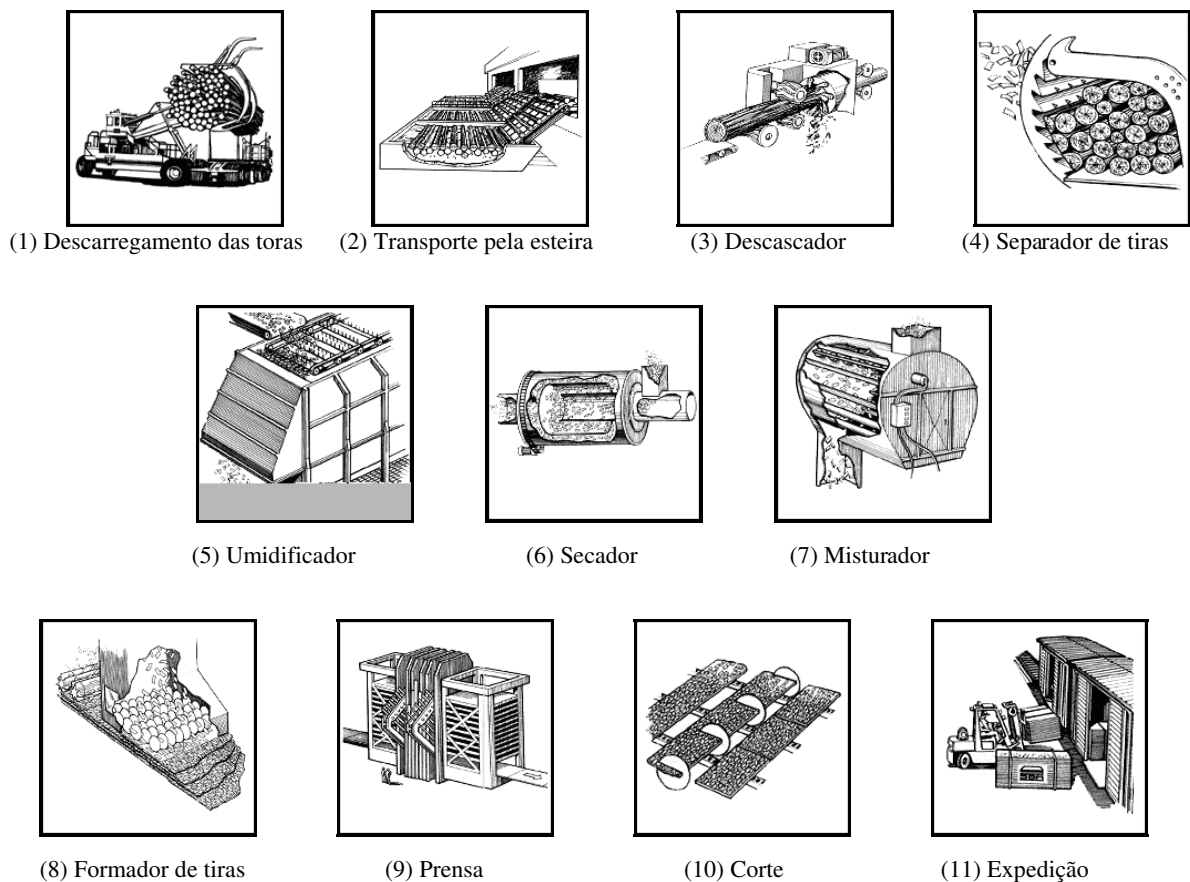


Figura nº 33 – Esquema do processo de fabricação de OSB.

(Fonte: www.osbguide.com/osbtour.html - acesso em 12/04/2005).

A utilização de chapas OSB vem crescendo e ocupando espaço antes exclusivo de compensados, em virtude de fatores como:

- redução da disponibilidade de toras de qualidade para laminação;
- o OSB pode ser produzido de toras de qualidade inferior e de espécies de baixo valor comercial;
- a largura das chapas OSB é determinada pela tecnologia de produção e não em função do comprimento das toras como no caso de compensados.

A geometria das partículas “*strand*”, a sua orientação e formação em três camadas (face-centro-face) conferem às chapas OSB maior resistência mecânica (flexão estática) e melhor estabilidade dimensional, diz CLOUTIER (1998).

A utilização de madeiras de baixa densidade resulta em chapas de alta razão de compactação e maior área de contato entre as partículas, resultando em melhores propriedades de flexão estática e ligação interna, segundo pesquisadores MOSLEMI (1974); MALONEY (1993); KELLY (1997).

O OSB oferece as seguintes vantagens:

- ausência de espaços vazios em seu interior;
- ausência de nós soltos;
- sem problemas de fendilhamento;
- sem problemas de laminação;
- qualidade consistente e uniforme;
- espessura perfeitamente calibrada (menos perdas);
- resistência a impactos;
- excelentes propriedades de isolamento termo-acústico;
- preço competitivo;
- estabilidade de oferta esteticamente atrativa a arquitetos e designers.

Em 2000, a primeira e única fábrica nacional, a Masisa do Brasil, começou a ser instalada em Ponta Grossa (PR). Finalizada em dezembro de 2001, a produção nacional iniciou-se em janeiro de 2002.

4.2 MÉTODOS CONSTRUTIVOS

4.2.1 *Wood Frame*

O conceito e a tecnologia vieram dos Estados Unidos. O *Wood Frame* chegou ao Brasil como uma alternativa em sistemas construtivos industrializados, sobretudo para habitação de interesse social. O método foi empregado (2002) no Condomínio Porto Primavera (Figura nº 34) em Curitiba.



Figura nº 34 - Condomínio Porto Primavera, Curitiba. (Fonte: Revista Técnica nº 59, 2002).

Os materiais são predominantemente nacionais; apenas o OSB não foi produzido no Brasil (Figura nº 35). Como a produção do composto resistente a cupins não havia começado na época em que se iniciou as obras do segundo módulo, a Construtora Malacon foi obrigada a usar o material importado da Alemanha. O OSB anticupim só passou a ser produzido no Brasil no início de 2002. Com insumos *made in Brazil*, o custo relativo do sistema cai e se torna mais competitivo em comparação à construção de alvenaria. "Estimo que tenha saído 20% mais barato do que em alvenaria", afirma MALAFAIA (2002).



Figura nº 35 – Detalhe de montagem das peças estruturais com a chapa OSB.
(Fonte: Revista Técnica nº 59, 2002).

Divididos em dois módulos, os oito apartamentos possuem 50 m² distribuídos em dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. O bairro de Vila Hauer, a 8 km do centro de Curitiba, tem um padrão econômico de classe média.

O modelo de comercialização do empreendimento já procura se adequar ao público com renda mais baixa. Por isso, as unidades não foram vendidas inicialmente. "Ainda há uma certa resistência no Brasil a casas de madeira e, se eu tentasse vender, poucos comprariam e eu teria de baixar muito o preço", diz MALAFAIA (2002). Por isso, a construtora preferiu alugar as unidades. Como forma de controlar o desempenho da edificação, o contrato de aluguel prevê a vistoria periódica por parte da empresa.

O conceito básico do *Wood Frame* existe há cerca de 150 anos nos Estados Unidos. De lá para cá, as mudanças limitaram-se a pequenos aperfeiçoamentos e modernização de alguns materiais. O principal motivo da longevidade do sistema seria a solidez das edificações, levando-se em conta que as condições ambientais - como variações de temperatura, ventos e terremotos - são mais agressivas nos Estados Unidos do que no Brasil.

Além disso, a flexibilidade do projeto daria uma certa polivalência ao método construtivo, que poderia ser empregado em edificações de diversos formatos e estilos. "O projeto é simples de encomendar, há programas de computador ou *sites* da *internet* que fazem isso rapidamente", comenta MALAFAIA (2002). "O importante, na verdade, é executar certo". Como em boa parte das casas industrializadas, o único elemento moldado *in loco* é o radier da fundação (Figura nº 36), a peça possui 10 cm de espessura com concreto de 18 MPa e baldrame com 30 cm de largura, 15 cm de altura e armados com vergalhões de 20 mm na parte inferior.

Sob o radier foi utilizada lona vinílica, como barreira de umidade e uma camada de pedra britada. Toda a estrutura e os fechamentos são constituídos por madeira. A estrutura é composta por *frames* de conífera (araucária) e os fechamentos externos são chapas de compensado de pinos no módulo 1 e OSB no módulo 2. Todas as peças de madeira foram tratadas em autoclave com preservativo CCA (arseniato de cobre cromatado) para torná-las resistentes a cupins e umidade.



Figura nº 36– Detalhe do Radier. Fonte: www.metalica.com.br, acesso 01/07//2005.

A estrutura de cada sobrado foi erguida em quatro dias, o contraventamento é realizado por chapas de OSB (Figura nº 37) pregadas na parte externa dos montantes e por fitas de aço galvanizado constituindo tirantes em forma de "x". O fechamento externo é de chapas de compensado ou OSB (Figura nº 38) pregadas à estrutura e revestidas com *siding* (fechamento externo) de madeira nas fachadas frontal e posterior. Nas laterais, externamente ao *frame*, adotou-se alvenaria aparente de tijolos apenas para efeito estético (Figura nº 39). A impermeabilização das paredes externas é constituída por papelão alcatroado, grampeado sobre a chapa OSB antes do revestimento final.



Figura nº 37– Detalhe da estrutura em *Wood Frame*.

(Fonte: www.cwc.ca, acesso 01/07/2005).



Figura nº 38– Fechamento externo em OSB.
(Fonte: www.cwc.ca, acesso 01/07/2005).



Figura nº 39– Revestimento de *siding*.
(Fonte: www.cwc.ca, acesso 01/07/2005).

As instalações elétricas e hidráulicas (Figura nº 40) são introduzidas nos vãos internos aos montantes. Foi utilizado PVC em vez de polietileno reticulado, porque não há tubulação de água quente, já que as casas contaram com chuveiro elétrico. A mudança no tipo de calha foi motivada

por questão estética. “O produto com desenho típico das casas norte americanas é de alumínio, não de PVC, diz MALAFAIA (2002). Outro componente alterado foi a cobertura originalmente de *shingles* que elevariam o preço da obra; foi alterada para telha asfáltica.



Figura nº 40 - Detalhe de Instalações (Fonte: www.cwc.ca, acesso 01/07/2005).

As esquadrias são de PVC (Figura nº 41), pouco comuns em empreendimentos de baixo e médio padrão. As janelas de PVC são fixadas com conectores metálicos aparafusados nos montantes do *frame* às portas, já com as guarnições, são preliminarmente grampeadas à parede e depois travadas com espuma expansiva.



Figura nº 41 - Detalhe das esquadrias (Fonte: www.cwc.ca, acesso 01/07/2005).

Por contar com madeira na estrutura e nos fechamentos, o cuidado com a proteção ao fogo deve ser redobrado no projeto. O OSB só pode entrar em combustão depois de exposto a chamas entre uma hora e uma hora e meia, de acordo com as normas norte americanas.

Um artifício simples freia o desenvolvimento do fogo num eventual incêndio: a colocação de barreiras contra fogo entre os montantes. As peças horizontais entre os pilares diminuem a velocidade de propagação das chamas e funcionam como barreira. O princípio é simples: o fogo rompe o OSB ou gesso acartonado e ataca a parte de baixo da estrutura. Com as barreiras, todo oxigênio é consumido dentro da parede antes que o fogo danifique gravemente a estrutura. A edificação só corre risco de ruir quando o incêndio se alastrar por toda a casa, incluindo a parte de cima dos pilares.

“A idéia dos norte-americanos não é deixar a casa inteira intacta, mas permitir que os moradores saiam ilesos e o corpo de bombeiros tenha tempo de chegar e apagar o incêndio”, afirma MATOS (2002), que trabalhou na montagem desse tipo de casas nos Estados Unidos e presta consultoria no Brasil. “Não adiantaria a casa ter materiais resistentes a várias horas de incêndio se o método favorecesse a rápida propagação do fogo” enfatiza o consultor.

4.2.2 Madeira empregada

Material composto de fibras de madeira faz os fechamentos e tem função estrutural. Apesar de sua aparência lembrar chapas de aglomerado, a resistência do OSB permite o uso até em elementos estruturais. Em lajes, as chapas de 18 mm com espaçamento entre vigas de 40 cm (Figura nº 42) têm capacidade de suportar 950 daN/m². Em paredes e revestimento de telhados, usando-se o material com 12 mm de espessura e espaçamento entre suportes de 61 cm, a capacidade de suporte atinge 90 daN/m².

O processo de produção é o principal responsável por essas características (Tabelas nº 4 e 5). Depois de descascadas, as toras são alinhadas e seguem para a viruteira, que formará as

tiras. Estas tiras vão para o umedecedor, que homogeneiza a quantidade de água em cada uma, já que cada tora tem um índice diferente.

As tiras, secas com umidade entre 3 e 5%, seguem para o misturador, onde são envolvidas por resinas sintéticas, parafina e cupinícida. O formador de camadas coloca a primeira e a quarta camadas no sentido longitudinal e a segunda e a terceira no sentido transversal. A peça é transportada para a prensa contínua de 44 m, onde é prensada a quente (temperatura de 190°C) em espessuras que podem variar de 6 a 40 mm; o resultado é um material compacto.



Figura nº 42 - Detalhe de piso de laje em OSB (Fonte:Revista Técnica nº 59, 2002).

Os maiores cuidados relativos ao OSB devem aparecer na fase de execução. O risco maior é do material não estar completamente isolado da umidade, o que poderia provocar a proliferação de fungos.

Deve-se “envelopar” a casa, ou seja, instalar papelão alcatroado em todas as paredes externas", recomenda MORAIS (2002), supervisor técnico de produto da Masisa. Segundo ele, um cuidado no uso é não lavar pisos desprotegidos, como os das salas e quartos, com água.

"Utilizamos as dosagens verificadas na preparação das placas que se prestaram a esses ensaios para uma produção inicial, até o momento em que as empresas chegassem às suas próprias dosagens de veneno", explica MORAIS (2002). Os cupinícidas são adicionados à resina de colagem.

Como o OSB não possui camadas de cola como o compensado, pois a substância é misturada e prensada com as tiras, os insetos xilófagos ficam mais expostos ao veneno.

Tabela nº 4 – Propriedades do OSB (Fonte Masisa, 2002).

Espessura da chapa (mm)	Retilidade (mm/m)	Densidade (kg/m ²)	Umidade (%)	Resistência à flexão (N/mm ²)		Resistência À tração (N/mm ²)	Inchamento 24h
				Maior eixo	Menor eixo		
6 a 10	1,5mm/m	640±40	9±4	4,8	1,9	0,34	12%
11 a 18						0,32	
19 a 25						0,30	
26 a 40		580				0,30	

Tabela nº 5 – Tabela de espessuras (Fonte: Masisa, 2002).

Aplicação	Espaçamento entre montantes	Espessuras das chapas OSB
Horizontal	40 cm	18 mm
Vertical	40 cm	11 a 12 mm
Horizontal	60 cm	18 mm
Vertical	60 cm	12 mm
Para revestimento com reboco		
Horizontal	40 cm	12 mm
Vertical	40 cm	12 mm
Horizontal	60 cm	128 mm
Vertical	60 cm	15 mm

4.2.3 Casas com estrutura de madeira e paredes em OSB

Conforme MALAFAIA (2002), a pré-fabricação de elementos construtivos é cada vez mais adotado para provimento de moradias nos países industrializados. Este sistema construtivo pode empregar, além de materiais ainda pouco tradicionais em edificações residenciais,

elementos comumente encontrados em qualquer canteiro de obras do país, como cimento, tijolos, madeira, aço e telhas. O uso de alguns materiais tradicionais tem mais o intuito de satisfazer o desejo do consumidor (os consumidores ainda vinculam solidez ao uso de materiais tradicionais ou "pesados").

Neste sistema construtivo, o OSB é utilizado de várias formas (Figura nº 43):

- a) Vigas I – a chapa de OSB pode servir como a alma da viga I, enquanto as flanges podem ser de madeira maciça;
- b) Pisos - colocado em cima do vigamento, o painel dá suporte para o revestimento final;
- c) Telhado - o painel serve de base de fixação no caso de se utilizar cobertura de telhas *shingles*;
- d) Fechamento de fachada - utilizado no exterior – *structural sheathing* – ou seja, fechamento externo estrutural.



Figura nº 43 – Utilizações da chapa OSB.

(Fonte: www.portalosb.com.br - acesso em 12/04/2005).

A maioria dos fabricantes de OSB se baseiam nas especificações da APA (*América Association*), que classifica o produto para três usos:

- cobrimento para pisos, paredes e telhados (*APA Rated Sheathing*);
- laje (*APA Rated Sturd-I-Floor*);
- uso externo (*APA Rated Siding*).

Esse critério de classificação foi estabelecido pelas seguintes características: adequação estrutural, estabilidade dimensional e durabilidade do adesivo. O critério de desempenho de cada uma das categorias foi estabelecido por códigos norte-americanos de construção:

- UBC (*Uniform Building CodeTM*) for prefabricated wood I - joists, 1997;
- AC 14 (ICBO ES) *Acceptance Criteria for Prefabricated Wood I-joists*, July 2000;
- IBC (*International Building Code®*) Seção 2303.1.2 e R502.1 of the IRC (*International Residential CodeTM*) 2000;
- ICBO PFC-5317. Performance Rated I-joist.

Uma segunda classificação com respeito à exposição do painel às intempéries categoriza-os em dois grupos:

- Exterior: fabricado com cola à prova d'água – pode ser utilizado permanentemente em ambientes úmidos ou exposto ao tempo;
- Exposição 1: fabricado com cola à prova d'água, mas deve prever algum revestimento.

Aproximadamente 95% dos painéis são fabricados com esta designação. A utilização de líquidos pouco densos e de fácil percolação por substratos porosos na limpeza cotidiana do imóvel deve ser restrita. O sistema foi dividido em áreas molháveis e não-molháveis. Na parte externa, geralmente são utilizados materiais que não requerem repintura, pois já vêm coloridos de fábrica e apresentam grande durabilidade. Em alguns países existem construções cujos elementos estruturais possuem mais de 300 anos.

As estruturas em *frame* (madeira ou aço) podem ser executadas em escala ou *in loco*. No sistema de *frames* de madeira (Figura nº 44), a estrutura é quase sempre feita *in loco* devido à dificuldade de manipulação (peso) de paredes pré-montadas. Portanto, para esses casos, os materiais componentes são entregues na obra e ali são utilizados. Já, nas casas com *frame* de aço (Figura nº 45), normalmente são produzidas em seções pré-fabricadas transportáveis.



Figura nº 44 – *Wood Frame*. (Fonte: www.cwc.ca – acesso em 30/05/2005).



Figura nº 45 *Steel Frame*. (Fonte: www.article.com.br – acesso em 30/05/2005).

4.2.4 *Steel Frame*

O *Steel Frame* é um método construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio (Figura nº 46), projetados para suportar as cargas da edificação e trabalhar em conjunto com os outros sub-sistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação. Por sua versatilidade, permite variações na arquitetura, a escolha da cobertura (tipo *shingle*, metálica ou convencional) conforme Figura nº47, a utilização de diferentes acabamentos externos (*siding*, tijolo aparente, argamassa, etc – vide Figura nº 48, 49,

50 e 51), e a inclusão de opcionais como ar condicionado central ou *spleet*, automação dos controles, entre outros.



Figura nº 46 – Detalhe de montagem da estrutura em *Steel Frame*.
(Fonte: www.construtorasequencia.com.br - acesso em 02/07/2005).

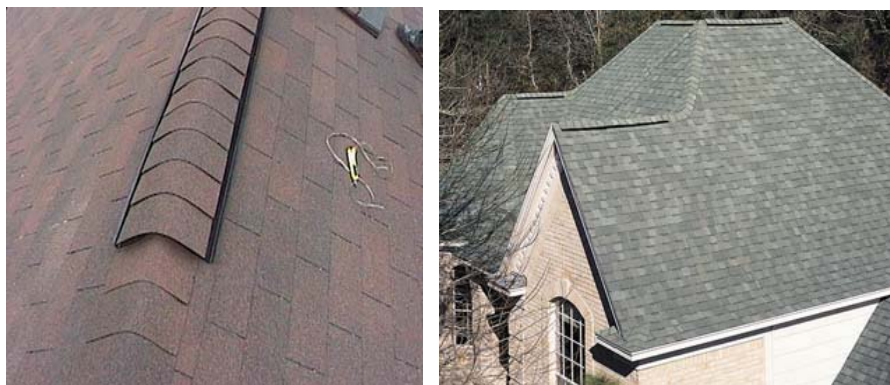


Figura nº 47 – Detalhe da cobertura tipo *shingle*.
(Fonte: www.construtorasequencia.com.br - acesso em 02/07/2005).



Figura nº 48 – Detalhe do *siding* (acabamento em pvc)
(Fonte: www.construtorasequencia.com.br - acesso em 02/07/2005).

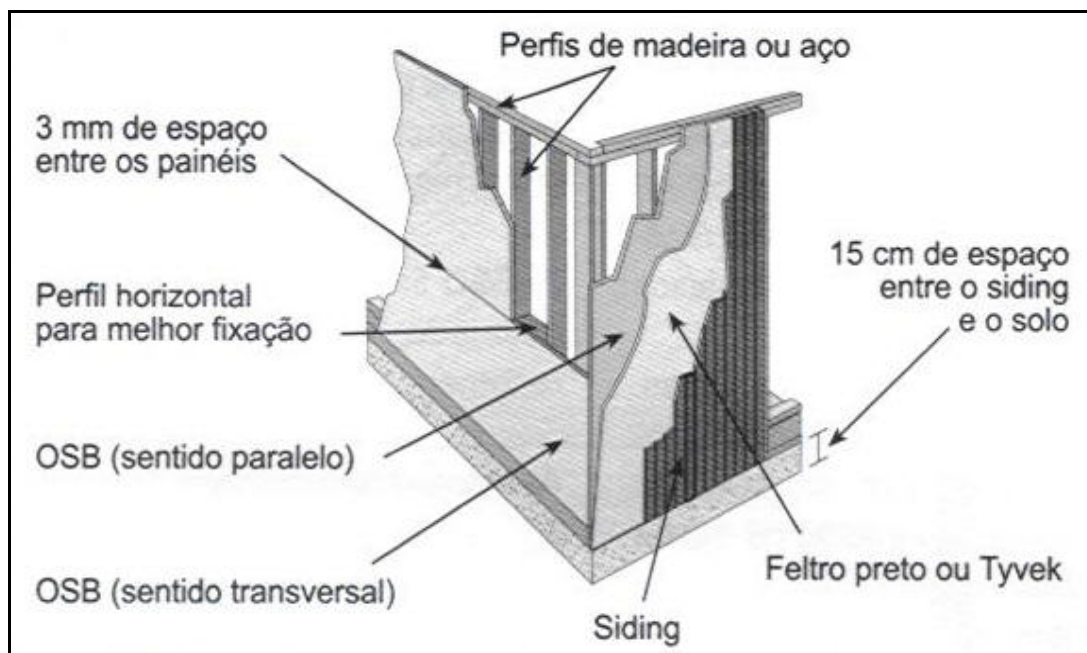


Figura nº 49 – *Siding* (vinil, alumínio, pvc ou madeira).

Fonte: Catálogo Masisa, 2004.

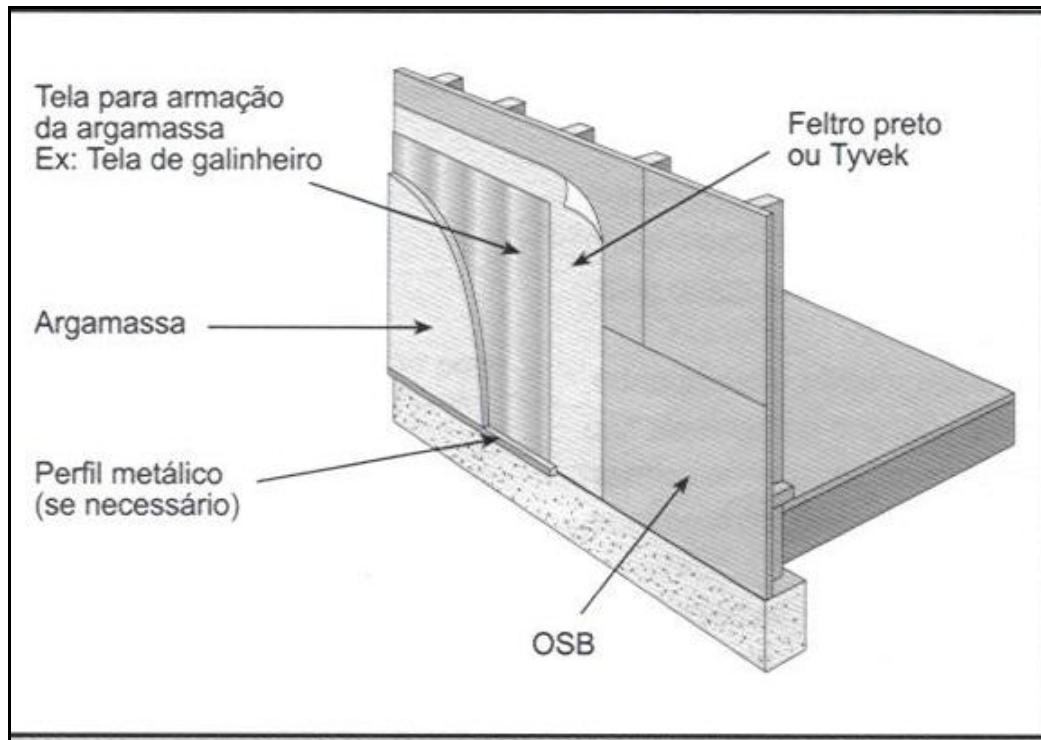


Figura nº 50 – *Siding* (argamassa).

Fonte: Catálogo Masisa, 2004.

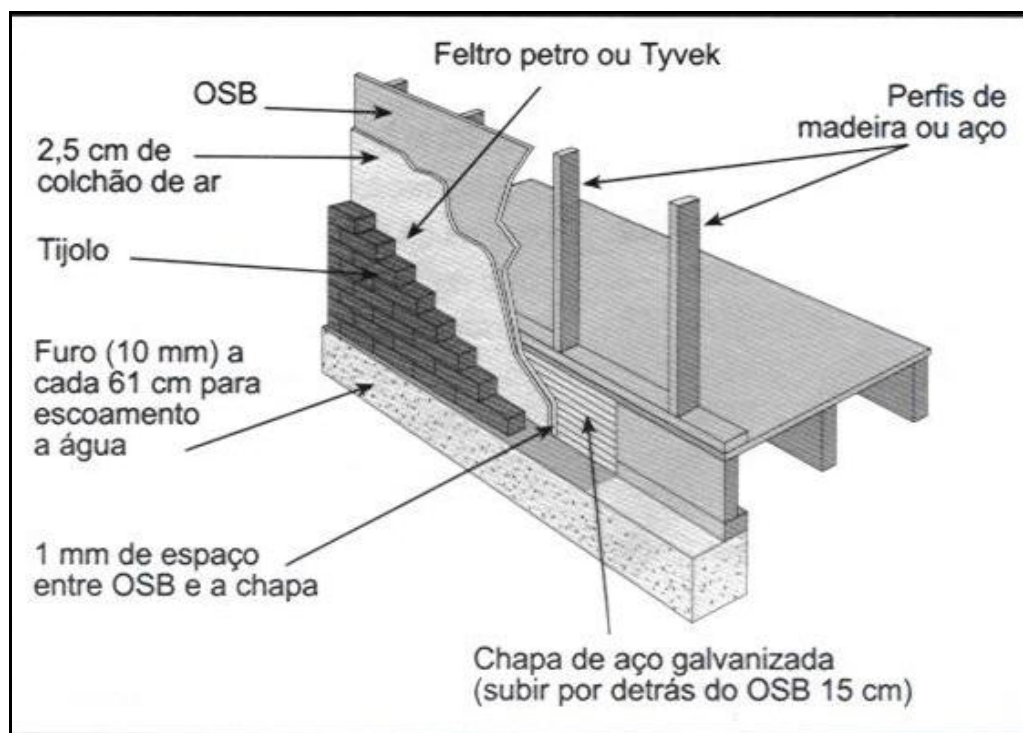


Figura nº 51 – *Siding* (tijolo à vista)

Fonte: Catálogo Masisa, 2004.

Os aços utilizados na fabricação dos perfis devem ser obtidos através do processo de imersão a quente ou por eletrodeposição, podendo ser do tipo revestidos com zinco ou liga alumínio-zinco, e, portanto, resistentes à corrosão atmosférica. Para o limite de escoamento dos aços foram considerados os valores de 230 MPa e 345 MPa, tendo as chapas espessuras de 0,95 mm a 2,46 mm.

O método *Steel Frame* também é empregado em edificações de dois ou mais pavimentos (Figuras nº 52, 53, 54 e 55). No entanto, nestes casos, o dimensionamento deve ser realizado empregando-se as normas brasileiras específicas para os perfis formados a frio, por profissional que tenha os conhecimentos necessários ao projeto de estruturas em perfis leves de aço revestidos.



(a)



(b)

Figura nº 52 – (a) e (b) Sequência de montagem do *Steel Frame*.

(Fonte: Sistema Construtivo em *Steel Framing* –
www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005).



(c)



(d)



(e)

Figura nº 53 – (c), (d) e (e) Sequência de montagem do *Steel Frame*.

(Fonte: Sistema Construtivo em *Steel Framing* –
www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005).



(f)



(g)



(h)

Figura nº 54 – (f), (g) e (h) Sequência de montagem do *Steel Frame*.

(Fonte: Sistema Construtivo em *Steel Framing* –
www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005).



(i)

Figura nº 55 – (i) Sequência de montagem do *Steel Frame*.

(Fonte: Sistema Construtivo em *Steel Framing* – www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005).

Os perfis formados a frio (Figura nº 56) estão sendo amplamente adotados nas construções metálicas brasileiras, sendo tradicionalmente empregados como barras de estruturas treliçadas de coberturas, tal como em edifícios industriais, postos de gasolina, entre outros.

Só recentemente estão sendo empregados em novas soluções para construções residenciais. Para isto, algumas siderúrgicas e fabricantes de estruturas têm-se encorajado em desenvolverem novos conceitos de soluções construtivas simples e de custo relativamente baixo, podendo ser aplicados também em larga escala em programas habitacionais de interesse social.

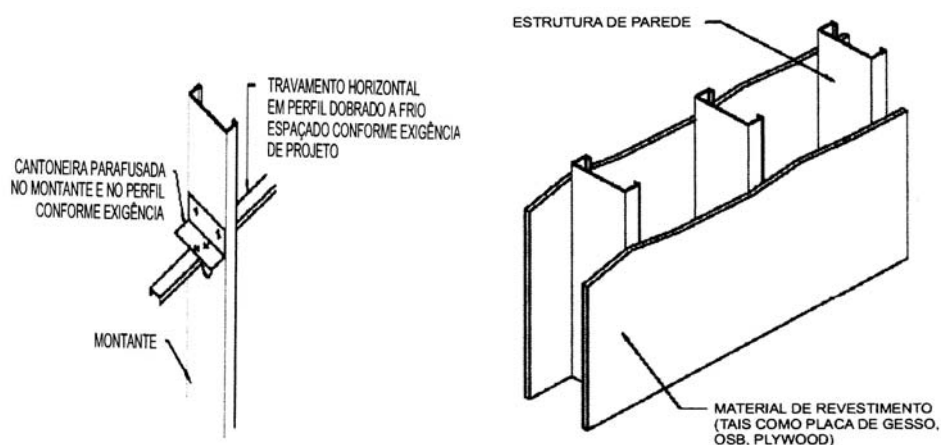


Figura nº 56 – Detalhe da utilização dos perfis.

(Fonte: Manual *Steel Frame* - CBCA, CAIXA e SINDUSCON/SP, 2003).

O *Steel Frame* tem uma concepção racional, para fabricação e montagem industrializada e em grande escala, quase todo a seco, onde os perfis formados a frio (Figura nº 57) em chapa de aço zincado de bitola leve, são utilizados para a composição das paredes (estruturais ou não), vigas de piso e vigas secundárias, servindo ainda apenas como forma-laje em pisos de concreto armado ou como armadura positiva nas lajes mistas com forma de aço incorporada ("*steel decks*"). Estes perfis são também empregados nas estruturas dos telhados (Figura nº 58).

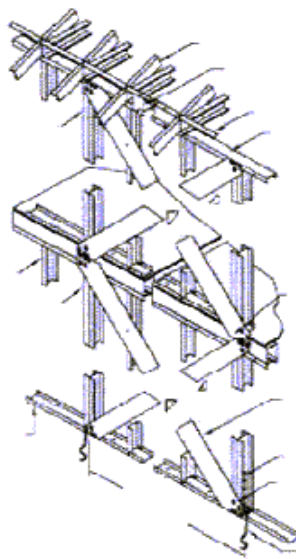


Figura nº 57 – Detalhe do contraventamento em X em edificação de dois pavimento.

(Fonte: Manual *Steel Frame* - CBCA, CAIXA e SINDUSCON/SP, 2003).



Figura nº 58 – Detalhe da estrutura do telhado.

(Fonte: www.construtorasequencia.com.br - acesso em 02/07/2005).

As vedações e o sistema de acabamento utilizam um método que combina uma alta capacidade isolante com uma aparência atraente, com o emprego de variadas soluções construtivas (Figura nº 59), entre elas:

- tela expandida de aço zincado com argamassa projetada, para paredes internas e externas;
- chapa de OSB (*Oriented Strand Board*) com barreira de vapor e tela de poliéster aplicadas sobre a mesma, e revestida com argamassa projetada, para paredes internas e externas;
- placa cimentícia revestida com argamassa projetada ou outros revestimentos convencionais de cobertura, para paredes internas e externas.

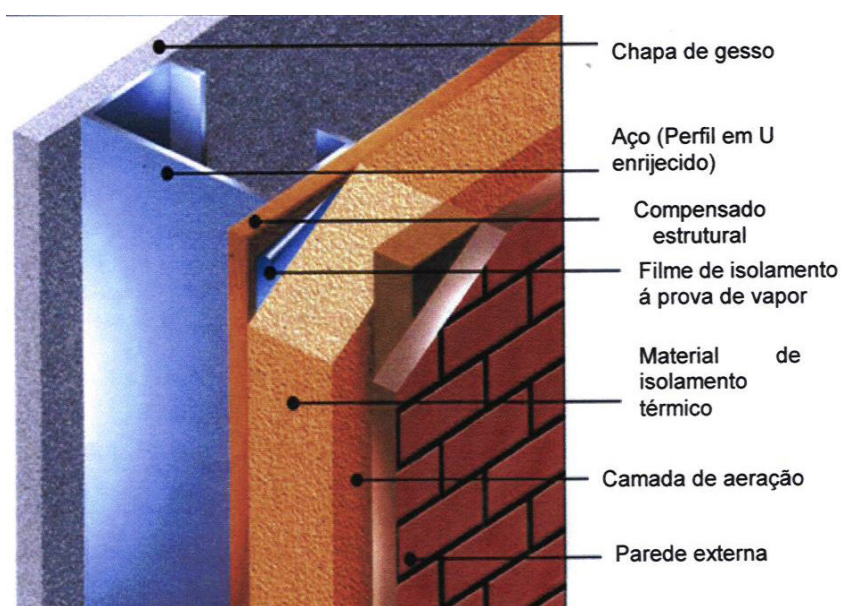


Figura nº 59 – Corte esquemático da parede

(Fonte: Aplicação do Sistema Steel Framing na Construção Residencial –
www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005)

Apresenta ótima resistência à incêndio, pois é revestida por placas de gesso acartonado, material com elevada resistência ao fogo. A utilização do aço galvanizado ZAR230, zincado de alta resistência, com 230 Mpa, com 180 g/m² de liga de zinco para ambientes não marinhos e com 275 g/m² para ambientes marinhos, garante um ótimo desempenho contra corrosão.

A preparação do mercado nacional para a chegada do sistema construtivo *Steel Frame* passa, necessariamente, por três vertentes de desenvolvimento, são elas: a cadeia produtiva, o agente financiador e a normatização, direta ou indiretamente, na construção, por exemplo, perfil

de aço, fechamento interno e externo, parafusos, isolamento térmico e acústico, revestimento externo, esquadrias, instalações e acabamentos. A cadeia produtiva é formada por todas as empresas que possuem produtos que são aplicados

Por interesses do governo americano, na década de 80 passaram-se estudos para a normatização técnica do uso do aço na construção civil, em particular o segmento das construções residenciais.

No Brasil, após um trabalho de 18 meses (2003) onde participaram integrantes da cadeia produtiva, Caixa Econômica Federal, entidades como IBS, Astic, Abragesso, CBCA, junto ao Sinduscon/SP foi elaborado e aprovado o documento “Sistema Construtivo Utilizando Perfis Estruturais Formados a Frio de Aço Revestido – Requisitos Mínimos”, que possibilita a destinação de recursos financeiros federais para construções que utilizam o sistema *Steel Frame* juntamente com um manual do mesmo nome, que regulamenta a forma de construção desse sistema.

Os aços estruturais aplicados no segmento *Steel Frame* utilizam materiais com controles da qualidade através do suporte das Normas e especificações AISI e ASTM e os perfis galvanizados leves são produzidos a partir da matéria prima na forma de bobinas laminadas. O consumo de perfis leves, pressupõem a utilização de processos de conformação contínua, com altas produtivas e atuando em escalas adequadas.

Em 1998 começou a ser implantado no Brasil, as primeiras construções no processo *Steel Frame*, dando prosseguimento à necessidade de um produto industrializado e as vantagens intrínsecas desse processo construtivo frente ao sistema tradicional.

Estrategicamente, os primeiros grandes projetos em *Steel Frame* enfocaram as construções residenciais de médio e alto padrão, para romper conceitos culturais, formar opinião e adequar as possibilidades de financiamento existentes.

A estrutura é composta de perfis leves de aço galvanizado, denominados de montantes e guias, que formam os painéis autoportantes das paredes e estrutura de telhado e constituindo no final um conjunto monolítico leve e resistente conforme apresentado na Figura nº 60.

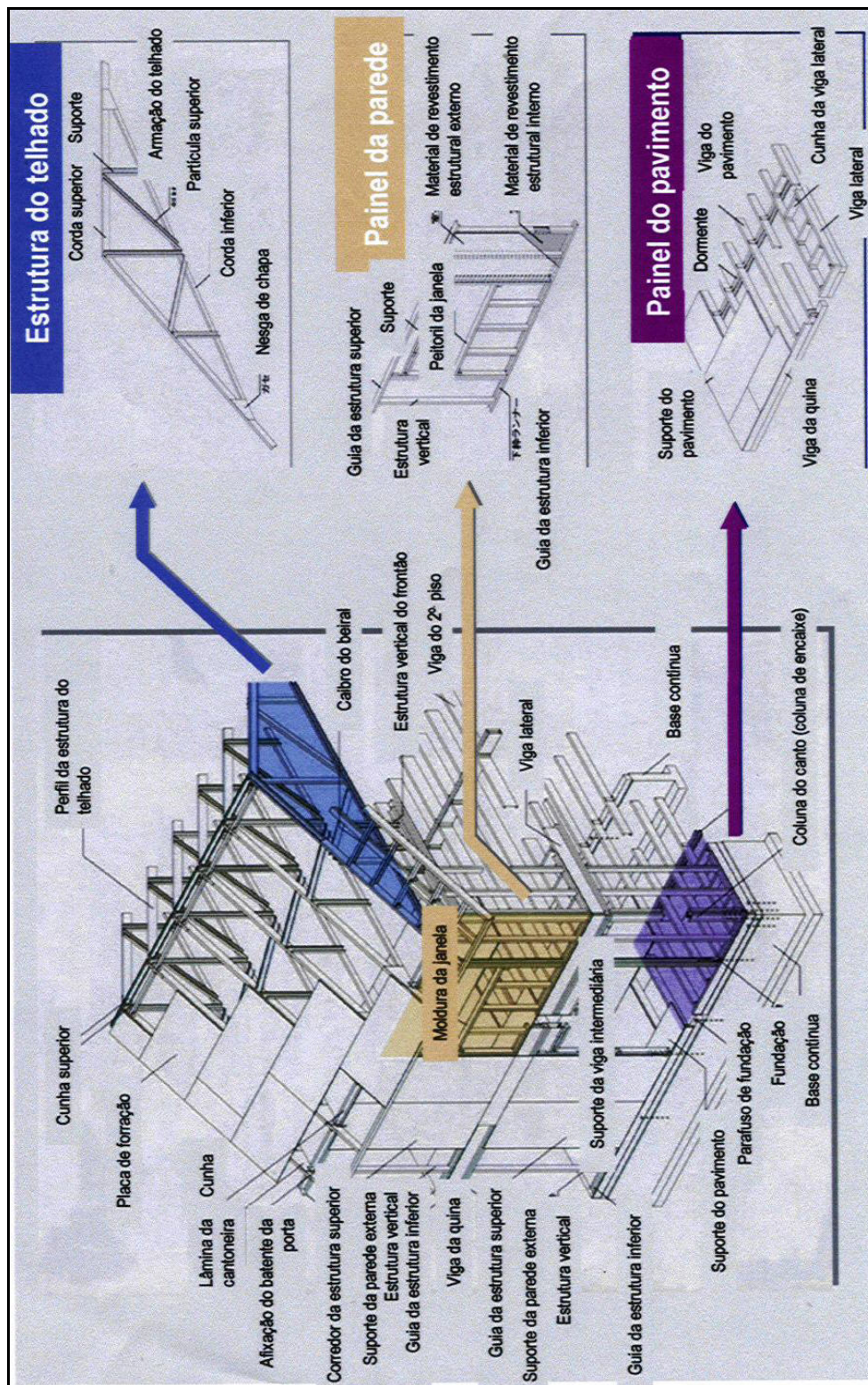


Figura nº 60 – Esquema típico da estrutura em *Steel Frame*.

(Fonte: Aplicação do Sistema *Steel Frame* na Construção Residencial –

www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_apresentacoes.asp - acesso em 13/07/2005).

De acordo com o manual “Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos – *STEEL FRAME*” editado pela Caixa Econômica, Sinduscon-SP e CBCA (disponível no site: www.cbca-ibs.org.br - acesso em 01/07/2005), a estrutura da edificação é constituída de painéis metálicos, composto de perfis de aço de 0,95 mm de espessura, com revestimento anticorrosivo zincado por imersão a quente.

Os perfis são fixados entre si, através de parafusos autobrochantes, compondo painéis de paredes, lajes de piso/forro e estrutura de telhado. Constituindo dessa forma, um conjunto monolítico de grande resistência e apto a absorver as cargas e esforços solicitados pela edificação e agentes da natureza (vento, chuva, etc). O dimensionamento e espaçamentos padronizados dos perfis estruturais seguem uma normatização internacional e são definidos conforme necessidade do projeto arquitetônico e estrutural. Os demais elementos estruturais como cantoneiras e fitas de aço, utilizados para rigidez e contraventamento são compostos do mesmo tipo de aço dos perfis. A estrutura de aço é ancorada junto à fundação com parafusos e pinos específicos.

A fundação da edificação é constituída de uma laje de concreto armado, tipo "radier" (vide Figura nº 36) apoiado sobre terreno nivelado e compactado. Outros tipos de fundação podem ser utilizados dependendo do tipo de solo e necessidades do projeto estrutural.

As paredes de elevação, lajes e estrutura do telhado que compõem a estrutura da edificação, são completadas com chapas de fechamento, que contribuem de forma importante no contraventamento da estrutura.

Na parte externa dos painéis das paredes externas, são utilizadas as chapas cimentícias, compostas de cimento, fibras e agregados; de dimensões variadas e espessura de 10 mm e/ou 12 mm. As chapas são fixadas diretamente nos perfis estruturais com parafusos, sobre manta impermeável justaposta ao perfil, as juntas das chapas são tratadas com produtos especificados pelo fabricante.

Outra forma de se realizar o fechamento das paredes externas é a projeção manual ou mecânica de argamassa de cal, cimento e areia sobre telas aço expandida, ou chapas de OSB. Na parte interna do painéis das paredes externas e nos painéis das paredes internas e forros, são utilizados as chapas de gesso acartonado, constituídas de massa de gesso e agregados confinados superficialmente pelo cartão de papelão *kraft*, de dimensões variadas e espessura de 12,5 mm, fixadas diretamente nos perfis com parafusos; as juntas das chapas são tratadas com produtos especificados pelo fabricante.

As paredes externas tem normalmente espessura final de 165 mm. As paredes internas tem espessura final de 120 mm. As bases inferiores que compõem os painéis de aço galvanizado são revestidos por mantas impermeabilizantes auto adesivas de polietileno, como interface ao concreto da laje de fundação.

As faces externas dos perfis que compõem a estrutura das paredes de elevação externas, e a estrutura do telhado são revestidos com manta impermeável com característica de evitar condensação interna (Figura nº 61), garantindo estanqueidade contra presença de gua ou umidade.

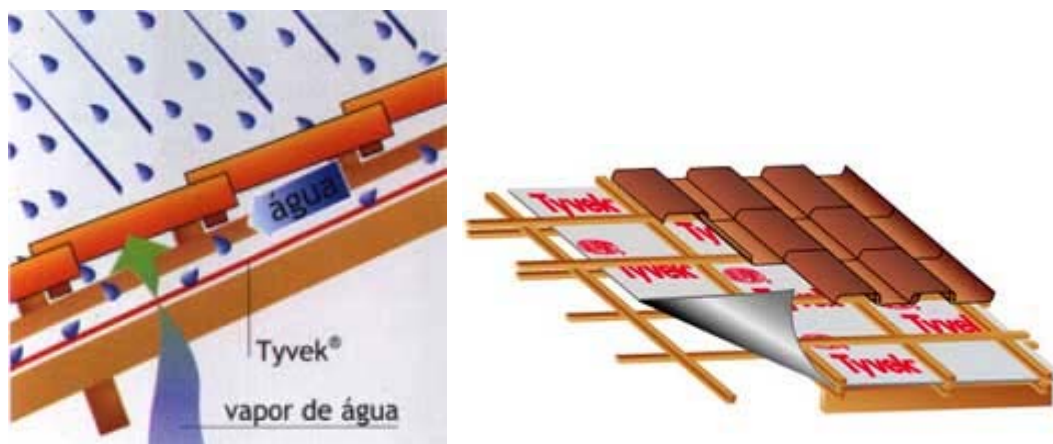


Figura nº 61 – Película impermeável para cobertura.

(Fonte: www.metalica.com.br - acesso em 02/07/2005).

Após a composição da fundação, superestrutura, impermeabilização e fechamentos os demais componentes utilizados nos revestimentos e acabamentos são os habituais da construção como: pintura (texturizadas, lisas), revestimentos cerâmicos (pisos, azulejos, tijolo à vista), telhado (telha cerâmica de barro, concreto, metálica, asfáltica).

Algumas vantagens deste método construtivo, segundo RODRIGUES (2003):

- redução em 1/3 os prazos de construção quando comparada com o método convencional;
- ao reduzido peso e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes, proporciona custo de 20% a 30% por metro quadrado inferior ao convencional nas fundações;
- desempenho acústico através da instalação da lã de rocha e lã de vidro entre as paredes e forro;
- facilidade na manutenção de instalações de hidráulica, elétrica, ar condicionado, gás, etc.;
- custos diretos e indiretos menores, devido aos prazos reduzido e inexistência de perdas comuns nas construções convencionais;
- devido à sua comprovada resistência, o aço é capaz de vencer grandes vãos, eliminando colunas e paredes intermediárias. Oferece maiores espaços e confere flexibilidade na concepção e execução de projetos;
- além da resistência à corrosão, os perfis de aço galvanizado exibem maior estabilidade dimensional.

A durabilidade dos perfis de aço zincados depende do tempo de exposição do material à umidade e da composição química do meio ambiente atmosférico. Nas construções de residências com o Sistema Construtivo em *Steel Frame*, os componentes estruturais estão geralmente revestidos e envolvidos em ambientes secos, e conseqüentemente a taxa de corrosão do zinco deverá ser muito baixa.

De acordo com as especificações de revestimento mínimo exigidos pelo sistema, o zinco pode facilmente garantir a proteção do aço para toda vida útil da habitação, considerando que a edificação esteja dentro das normas e não sujeita a vazamentos constantes de água ou excessiva umidade que possa atingir o interior das paredes, que danificam não apenas o aço, mas qualquer outro tipo de material construtivo.

Recomenda-se em geral a utilização nas paredes das construções de uma barreira de vapor feita com materiais "não-tecidos", principalmente para as regiões marinhas, devido à sua ação de filtração, que não permite a passagem de vapores e névoa de cloretos, contribuindo de maneira direta para aumentar a durabilidade das edificações nestes ambientes.

O processo de corrosão no aço acontece quando o mesmo fica exposto à intempérie sem qualquer proteção. O revestimento de zinco confere ao aço uma forma econômica de proteção, providenciando uma barreira física, bem como proteção catódica ao aço, pois quando o aço base é exposto por qualquer motivo, como cortes, riscos ou arranhões, o aço é protegido catodicamente pelo sacrifício da camada de zinco adjacente.

4.2.5 Edificações em *Steel Frame*

A Construtora Seqüência situada em São Paulo, adotando o método construtivo em *Steel Frame* a partir de 2001, executa edificações residenciais e comerciais. Situada em Cotia o Condomínio Residencial Jardim das Paineiras constituídos de casas com estilo americano de 2 pavimentos em um terreno de aproximadamente 500,00 m², com área construída de 200 a 300,00 m², conforme Figuras nº 62 a 71.



(a)

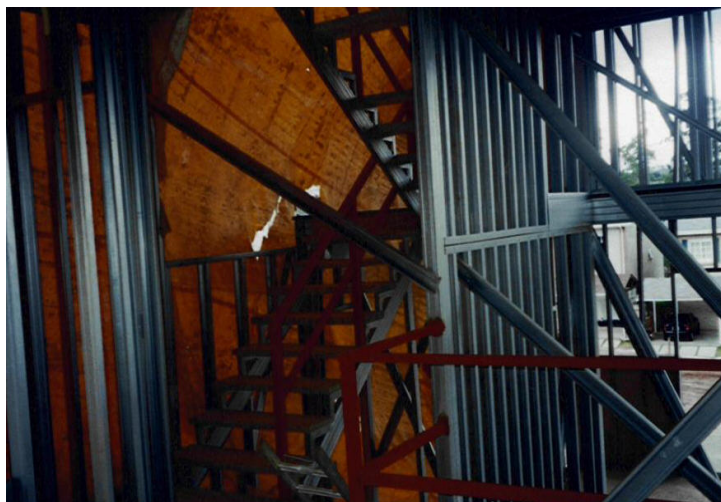
Figura nº 62 – (a) Detalhe externo da estrutura em aço.
Condomínio Jardim das Paineiras. (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(b)



(c)



(d)

Figura nº 63 – (b) Detalhe externo e (c), (d) Detalhe interno da estrutura em aço.

Condomínio Jardim das Paineiras. (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(e)

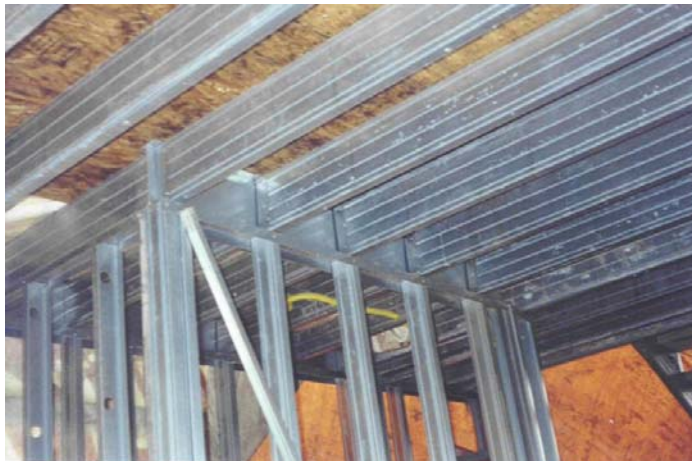


(f)



(g)

Figura nº 64 – (e), (f), (g) Detalhe interno da estrutura em aço.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(h)



(i)

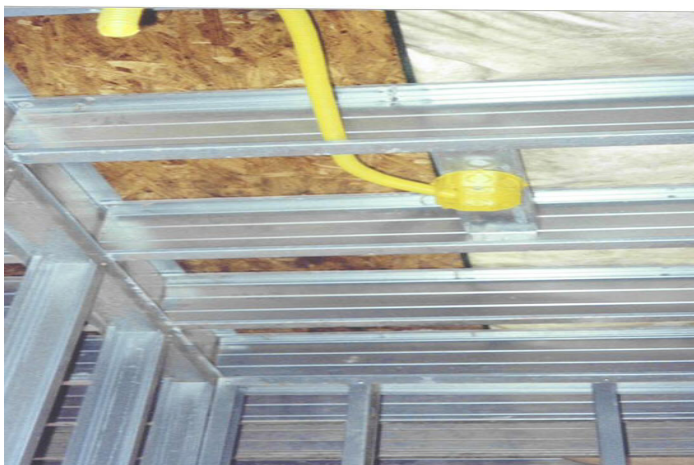


(j)

Figura nº 65 – (h), (i) Detalhe interno e (j) Detalhe de instalações.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(k)



(l)



(m)

Figura nº 66 – (k), (l) Detalhe de instalações e (m) Detalhe interno acabado.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(n)



(o)

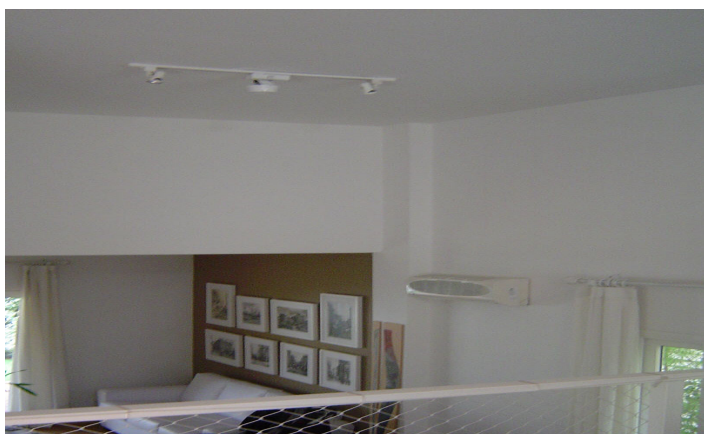


(p)

Figura nº 67 – (n), (o), (p) Detalhe interno acabado.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(q)



(r)



(s)

Figura nº 68 – (q), (r), (s) Detalhe interno acabado.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(t)



(u)



(v)

Figura nº 69 – (t), (u), (v) Detalhe externo.

Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(x)



(y)



(w)

Figura nº 70– (x), (y), (w) Detalhe externo acabado.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).



(z)

Figura nº 71 (z) Detalhe externo acabado.
Condomínio Jardim das Paineiras (Fonte: Devanir Cabral Lima Morikawa).

Algumas opiniões relatadas por moradores deste condomínio:

- A contratação, definição da planta e de materiais, prazos e custos, são muito simples, direto, sem malabarismos”.
- “A obra é limpa, objetiva, organizada, pouco ou nada poluente”.
- “A casa além de térmica é também acústica, sendo construída em menos de quatro meses, do alicerce ao acabamento”.
- “O método *Steel Frame* utilizado, permitiu inovações na parte elétrica e hidráulica, que simplificam a manutenção quando necessária”.
- “O condomínio abriga casas funcionais, que foram equipadas com armários, fechaduras, sistema de alarme, conjunto de ar condicionado, máquina de lavar, freezer, geladeira, fogão, sistema central integrado de aspiração, lareira e aquecimento central a gás”.
- “Desde o projeto até o final da obra, a casa ofereceu condições de segurança contra incêndio, através dos materiais utilizados”.
- “A casa é aconchegante no inverno e agradável no verão”.

- “O ruído externo não é percebido, e o interno somente na propagação do som do pavimento superior”.

Podemos notar que o *Steel Frame* empregado neste condomínio de cinco anos de vida possibilitou a 90% dos moradores investigados um sonho realizado. Temos um saldo positivo quanto à viabilidade de resistência, segurança, conforto, comparado aos itens que são esperados pelos usuários em obras de métodos tradicionais (vide Tabela nº 6).

A construtora Seqüência realizou através deste método ampliações e restauração de obras na cidade de São Paulo, residenciais e comerciais em 2003. As lojas do Restaurante Pizza Hut (2004) foram executadas em *Steel Frame* (Figura nº 72).

A loja na Rua dos Pinheiros foi executada em 45 dias, com uma área de 320,00 m², em contrapartida à alvenaria, que levaria em média 120 dias.

A utilização da estrutura à base de perfis de aço possibilitou, ainda, outros benefícios, como o emprego de radier, mais ágil e barato. “Caso a obra fosse de alvenaria, os gastos nessa etapa seriam de R\$ 40 mil.

Com o radier, ficaram em R\$ 28 mil, compara o engenheiro Mariutti Filho (2003) da Construtora Seqüência, que executou a obra.

Tabela nº 6 – Subsistemas, características e vantagens do *Steel Frame*.

(Fonte: www.construtorasequencia.com.br - acesso em 05/07/2005)

Subsistemas	Características	Vantagens
Projeto	- Previsibilidade total - Versatilidade	- Execução com pequenas margens de erro - Fácil adaptação às linguagens arquitetônicas
Fundação	- Tipo Radier	- Execução veloz, baixo custo
Estrutura	- "Light Steel Framing"	- Precisão de execução
Vedações	- Seca, gesso acartonado isolamento de lã de vidro e placas cimentícias	- Conforto, acabamento e velocidade
Instalações	- Livres dentro das paredes - PEX (*)	- Facilidade de instalação e manutenção - Velocidade de execução
Revestimentos	- Subcobertura tipo "Tyvek" (**) - Materiais inovadores (vinil) e convencionais	- Impermeabilização adaptável - Facilidade de instalação e manutenção
Esquadrias	- PVC, moduladas, vidro duplo - "kits portas prontas"	- Isolamento termo-acústico - Facilidade e rapidez na instalação
Coberturas	- Estrutura metálica, revestida com manta asfáltica tipo <i>shingle</i>	- Leveza, estanqueidade e precisão

(*) PEX (Polietileno Reticulado) Tem resistência a altas temperaturas; à dilatação de água congelada, à corrosão química e a impactos. O Sistema Pex é um conjunto de produtos constituído de tubos de polietileno reticulado flexível e conexões metálicas rosqueáveis, para execução completa de instalações hidráulicas.

(**) A membrana permeável Tyvek é um “não tecido” produzido por fibras contínuas extremamente finas de polietileno de alta densidade que não contém aditivos, corantes ou resinas em sua composição. É utilizado como camada de proteção da vedação vertical e subcobertura.



Figura n ° 72 – Pizza Hut – Restaurante Rua dos Pinheiros – São Paulo.

Fonte: www.construtorasequencia.com.br acesso em 18/08/2005.

4.2.6 Projeto pioneiro em Bragança Paulista

Em uma experiência inovadora, a empreendedora e distribuidora de aço Kofar, em parceria com as construtoras Haltec (Bragança Paulista) e US Home (Curitiba), especializada neste tipo de construção, apostou na construção do condomínio Colina das Pedras (SP), com a utilização do método *Steel Frame* para a execução de edifícios de quatro andares. Pela primeira vez, toda a parte estrutural dos 13 blocos, com 16 apartamentos de 42 m² cada, foi realizada, com fechamentos em painéis de OSB, conforme Figuras n° 73 e 74.

“Não existe, no Brasil inteiro, nenhuma construção em *Steel Frame* de prédio de quatro andares. A novidade também está no fato de ser uma construção voltada para baixa renda”, enfatiza Antônio Carlos Cortez (2005), presidente da Kofar.

Iniciados em abril de 2005, os 208 apartamentos ficaram prontos nesse mesmo ano. A construção em apenas oito meses só foi possível devido à utilização desse método. “Havia um

projeto ao lado do nosso, idêntico, construído no método convencional e finalizado em quatro anos”, compara Cortez.

O sistema construtivo *Steel Frame*, caracterizado pela utilização de aço e painéis OSB, apresenta uma série de vantagens quando comparado aos sistemas tradicionais. A velocidade e padronização da construção, desempenho termo acústico, facilidade na manutenção, menor incidência de patologias como trincas, umidade, e durabilidade foram fatores decisivos para a sua especificação em Bragança Paulista.

Entretanto, apesar da versatilidade, a execução do condomínio Colina das Pedras só foi possível pelo uso em escala. “A produtividade da obra se reflete em economia. No caso de uma casa popular, o custo não é competitivo”, ressalta Malafaia (2005), diretor geral da Construtora US Home.



(a)



(b)

Figura nº 73 – (a), (b) Edifício Colina das Pedras em *Steel Frame*.

(Fonte: www.portalosb.com.br - acesso em 15/07/2005).



(c)

Figura nº 74 – (c) Edifício Colina das Pedras em *Steel Frame*.

(Fonte: www.portalosb.com.br - acesso em 15/07/2005).

Os painéis, formados por perfis metálicos e chapas de OSB, foram fabricados in loco. O conjunto foi içado até o local e, com o posicionamento dos painéis e pavimentos, os prédios foram erguidos e, em seguida, cobertos. A parte interna está revestida com lã de vidro e gesso acartonado nas paredes e tetos. Só para a construção dos 13 prédios, cada um com quatro pavimentos de 80 m², foram utilizados 10 mil m² de chapas de OSB.

A MASISA do Brasil forneceu cerca de 40 mil m² de chapas de OSB para o projeto do condomínio Colina das Pedras; os painéis foram usados nos fechamentos de paredes, lajes,

telhados e instalações do canteiro. Além de estruturarem os painéis para esforços horizontais, as chapas também promoveram a vedação desses elementos. O diretor Malafaia, explica a opção pelo OSB: “Trata-se do material mais utilizado em escala mundial para esse tipo de uso”.

Outros painéis não são ‘desenhados’ para esta aplicação e, portanto, geram inconsistência no conjunto”. Hélsio Hernandez (2005), engenheiro civil da KOFAR, lembra também que as chapas de OSB são referenciadas pelo *American Iron and Steel Institute* para contraventamento das estruturas em *Steel Frame*. “Também possuem boa trabalhabilidade”, conclui. Todas essas vantagens, aliadas a preços competitivos e ao desempenho termo- acústico entre os painéis de parede foram argumentos importantes para a sua especificação. A baixa densidade das chapas proporcionou uma maior produtividade na obra.

Entretanto, durante a instalação, os pontos que exigirão mais cuidados foram os espaçamentos de juntas e o número e correta disposição das fixações. “Desde a implantação do sistema *Steel Frame* no Brasil, em 1998, as chapas de OSB tem sido utilizadas com frequência em diversas obras da KOFAR pela facilidade do uso do produto, que se estende aos aspectos de logística, transporte e armazenagem. Nesta obra, até o nosso canteiro foi executado em OSB”, ressalta Hernandez. No condomínio Colina das Pedras, em Bragança (SP), o OSB não ficará exposto em nenhuma de suas faces, servindo como material de suporte para o acabamento final de fachada e de piso.

Embora o material aceite acabamentos vinílicos como *siding*, por exemplo:- cimentícios, cerâmicos, metálicos, argamassa armada, entre outros, para revestimento das chapas, optou-se pelo *clapboard* (ripa) vinílico pela facilidade de instalação, manutenção, durabilidade e preço acessível. “Mas já estamos desenvolvendo aplicação de texturas flexíveis diretamente sobre o painel, segundo Hernandez. O produto não precisou sofrer nenhuma adaptação na obra pois, sua concepção já foi direcionada ao uso final. A sua armazenagem em obra, entretanto, requer alguns cuidados especiais. “Basta seguir as recomendações do fabricante”, comenta Malafaia (2005). O local deve ser seco e bem ventilado e os painéis armazenados na horizontal devem ficar afastados do solo por meio de suportes secos e retos.

Também é recomendável a colocação de uma proteção na parte superior das pilhas, evitando o empenamento das chapas. O painel estrutural OSB é um dos principais materiais

usados no sistema construtivo denominado *Light Wood Frame Construction*, surgido por volta de 1830 nos EUA. No início eram usadas, ao invés das chapas estruturais, madeiras maciças para o contraventamento e vedação da estrutura da edificação. Mais tarde, surgiu a chapa estruturada em lâminas de madeira prensada e colada, chamada comercialmente no Brasil de “compensado”.

O compensado foi utilizado durante muito tempo com grande sucesso nesse sistema construtivo, mas o material apresenta algumas características que fragilizam a aplicação, como, por exemplo, o processo de delaminação, a instabilidade dimensional, irregularidade de padrão entre fabricantes, entre outros problemas. O OSB substituiu esse material com muitas vantagens. Além da estabilidade dimensional, já sai da fábrica com tratamento anticupim, possui padronização internacional e o fornecimento é garantido. Essas características fazem do OSB o produto mais indicado para compor um excelente conjunto construtivo com o aço.

O sistema *Wood Frame*, com a utilização de madeira como elemento estrutural, vem sendo substituído pelo *Steel Frame*, onde o aço cumpre papel estrutural. “O OSB é o material mais indicado para painéis de parede, laje e telhado. Outros produtos, como chapas cimentícias, não foram concebidos primordialmente para este uso”, lembra Malafaia (2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados evidenciaram que o Brasil detém tecnologia no plantio de florestas e um maciço florestal nativo com potencial de exploração econômica. Outras indústrias, como a de painéis de madeira, também se beneficiaram da tecnologia de plantio de florestas, expandindo sua produção e, estimuladas pela elevada produtividade, internacionalizando novas tecnologias industriais de processamento de madeira. .

Por exemplo, a introdução de painéis, como MDF e o OSB no mercado brasileiro. A grande ameaça à competitividade do setor florestal, contudo, é a oferta de sua principal matéria-prima, a madeira. Os produtores que exigem florestas homogêneas para a obtenção de qualidade e produtividade adequadas a seus mercados têm investido, ao longo dos últimos 30 anos, no reflorestamento e no desenvolvimento de tecnologia florestal.

Esse é o caso das indústrias de celulose, papel e painéis de madeira, especialmente reconstituída. A maior parte das empresas produtoras desses produtos possui florestas próprias e tem seu abastecimento garantido pela reforma e expansão de suas áreas reflorestadas.

Em contrapartida, 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, mesmo que 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.

A rapidez de montagem da casa de madeira, dentro de um processo racionalizado 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 à mão-de-obra, por ser feita em menor tempo do que uma casa de alvenaria convencional, conforme depoimentos de produtores, empresários, técnicos e usuários relatados neste trabalho.

6. PROJETOS FUTUROS

Sucessivos aperfeiçoamentos na aplicação da madeira de reflorestamento em sistemas e métodos construtivos tem permitido o desenvolvimento de uma tecnologia adequada a novas moradias, como o *Steel Frame*, que vem sendo bem empregado e aceito por técnicos e usuários conforme foi visto ao longo dessa dissertação.

No Brasil, a incorporação de normas técnicas nos códigos de obras, poderia promover o aperfeiçoamento de edificações em madeira auxiliando a análise entre os sistemas e os métodos construtivos oferecidos no mercado nacional. Isto fomentaria a competitividade, asseguraria um produto melhor especificado, reduziria o desperdício de matéria prima, e proporcionaria o controle do processo de produção, padronização dos componentes, equipamentos, e

principalmente respaldo ao uso mais intenso da madeira, sem abrir mão da necessária proteção aos usuários com respeito à capacidade estrutural, segurança, e conforto.

Visando aperfeiçoar as edificações com sistemas e métodos construtivos em madeira, e um maior aprofundamento em pesquisas buscando atender às necessidades brasileiras, é preciso ter-se ciência de que a adoção de exigências de desempenho acarretará a curto prazo um aumento de custos referentes a adequações, pesquisas, ensaios, entre outros.

Deve-se viabilizar uma metodologia de projeto quanto à avaliação pós-ocupação destas edificações, uma vez que essa técnica inserida no espaço urbano uma nova tecnologia no modelo de morar com conforto, segurança, estabilidade, o que promoveu a eficácia do métodos construtivos enfocados neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA – The Engineered Wood Association disponível em www.apawood.org

ARAKAKI, E. M. **Avaliação de durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial. Estudo de caso: Conjunto Habitacional Pedra'90**, São Carlos, Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, 2000.

ARCOWEB disponível em www.arcoweb.com.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7190/97**, Projeto de estruturas de madeira.

AGOPYAN, V. **Um setor que não avança**, Suplemento Qualidade na Construção – Notícias da Construção, Sinduscon-SP, nº 34, ano 4, maio/2005, p. 15-17

BARBOSA, V. **A casa seca**, Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 44, jan-fev/2000, p. 34-36.

BENEVENTE, V. A. **Durabilidade em construções de madeira: uma questão de projeto**, Dissertação (Mestrado), 1995, Universidade Federal de São Carlos, SP. , 231p.

BITTENCOURT, R. M.; HELLMEISTER, J. C. **Concepção Arquitetônica da Habitação em Madeira** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/155, 1995, 24p

BITTENCOURT, R. M. **Concepção Arquitetônica da Habitação em Madeira** Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995, 257p.

CANADIAN WOOD COUNCIL disponível em www.cwc.ca

CARLITO JÚNIOR, C. **O potencial das madeiras de reflorestamento** Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 70, jan/2003, p55-57.

CATÁLOGO TÉCNICO – KONESUL Sua casa de madeira, 1p.

CATÁLOGO TÉCNICO – MASISA, Características técnicas, 2004, 2p.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO disponível em www.cbca-ibs.org.br

CEOTTO, L. H. **Um setor que não avança**, Suplemento Qualidade na Construção – Notícias da Construção, Sinduscon-SP, nº 34, ano 4, maio/2005, p. 15-17.

CESAR, S. F. **Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente – Projeto Conceitual**, Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, UFSC, 2002, 294p.

CLOUTIER, A. **Oriented strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials.** In: 1º International Seminar on Solid Wood Products of High Technology, Belo Horizonte, MG, 1998, p173-185.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA disponível em www.construtorasequencia.com.br

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT, **A checklist on tolerances**, CIB Report nº 28, w49, Rotterdam, 1974.

CRUZEIRO, E. C. **Produção e Construção de Casas em Madeira de Reflorestamento-Sistema IF**, Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 1998, 283p.

FRANCO, N.; MARIUTTI, A.; THOMAZ, É **A casa seca** Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 44, jan-fev/2000, p34-36.

INO, A. M.; SHIMBO, I.; YUBA, A. N **Uma alternativa para habitações populares** Revista CREA SP, (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo), São Paulo, nº 6, , set./out. 2002, . p 24-27.

INO, A.; SHIMBO, I.; DELLA NOCE, L. G. **Produção de casas de madeira –controle de qualidade na cadeia produtiva**, ENTAC-1998, Florianópolis, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, 1998, 66p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION – ISO 6241 **Performace Standadrs in Buildings: Principles of preparation and factors to be considered**, First Edition, Switzerland, 1984.

KELLY, M.W. **A Critical Literature Review of Relationships between Processing Parameters and Physical Properties of Particleboards**, U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, 1977, 66p.

MALAFAIA, M. T.; MATOS, I. J.; MORAES, A. **Popular com tecnologia** Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 59, fev/2002, p26-31.

MALAFAIA, M. T. **Casa com *frame* de madeira e paredes de OSB** Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 69, dez/2002, p67-70.

MASISA disponível em www.masisa.com.br

METÁLICA disponível em www.metalica.com.br

MITIDIERI FILHO, C. V. **Casa direto da fábrica** Revista OESP (O Estado de São Paulo) Construção, junho/2003, 4p.

MITIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitação – Proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural**, Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998, 218p.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing**, São Francisco: Miller Freeman Inc., 2ed. 1993, 689p.

MOREIRA, C. A. F. **Biotechnology e meio ambiente**, Ciclo de palestra – Fala USP. Desenvolvimento Sustentável, SP, USP, jun/1999.

MOSLEMI, A., A. **Particleboard vol. II**, Technology Southern Illinois University Press, London – Amsterdam, 1974, 245p.

PORTAL OSB disponível em www.portalosb.com.br

RODRIGUES, F.C. **Tabelas de Dimensionamento Estrutural para Edificações com o Sistema Construtivo em *Steel Framing***, Manual Sistema Construtivo Utilizando Perfis Estruturais Formados a Frio de Aços Revestidos *Steel Framing*, CBCA, SINDUSCON, CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, julho/2003, 39p.

ROSÁRIO L. C. **Artesanato & Indústria – Construções em madeira** Revista Técnica – Revista da Tecnologia da Construção nº 20, ano 4, jan-fev/1996, p22-26.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**, Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989, 321p.