

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE - UNIPLAC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR

**UTILIZAÇÃO DA MADEIRA REFLORESTADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

HELICIO TADEU NERY DE CASTRO

LAGES
2003

HELICIO TADEU NERY DE CASTRO

**UTILIZAÇÃO DE MADEIRA REFLORESTADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação (Convênio UFPR / UNIPLAC), como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Especialização em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador : Professor Jorge Matos.

LAGES, SC

2003

HELICIO TADEU NERY DE CASTRO

**UTILIZAÇÃO DE MADEIRA REFLORESTADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Especialista em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, e aprovada em sua forma final pelo Curso de Especialização em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais da Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC

**Professor Jorge Matos
Orientador**

Comissão Examinadora :

Professor

“Nossas preciosas matas vão desaparecendo, vítimas do fogo e do machado da ignorância e do egoísmo; nossos montes e encostas vão-se escalvando diariamente, e com o andar do tempo faltarão as chuvas fecundantes, que favorecem a vegetação e alimentam nossas fontes e rios, sem o que o nosso belo Brasil, em menos de dois séculos, ficará reduzido aos páramos do deserto da Líbia. Virá, então, esse dia terrível e fatal, em que a ultrajada natureza se ache vingada de tantos erros e crimes cometidos”.

JOSÉ BONIFÁCIO DE ANDRADE E SILVA

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O <i>EUCALYPTO</i>	4
1.1 Situação atual.....	6
1.2 Obstáculos.....	7
1.3 Tensões de crescimento.....	9
1.4 Madeira juvenil.....	10
1.5 Colapso.....	10
1.6 Nós.....	11
1.7 Empenamento.....	11
1.8 Bolsa de resina.....	12
1.9 Variabilidade.....	13
1.10 Oportunidades.....	14
1.11 Perspectivas.....	15
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O <i>PINUS</i>	18
2.1 As principais espécies plantadas.....	20
2.2 Valores comparativos e ilustrativos.....	20
2.3 Tópicos físico-mecânicos e tecnológicos.....	21
2.3.1 Umidade.....	21
2.3.2 Anisotropia.....	24
2.3.3 Massa específica.....	26
2.3.4 Valores comparativos em 20 anos.....	26
2.3.5 Módulo de elasticidade.....	27

2.3.6	Visco-elasticidade.....	28
2.3.7	Parâmetros higrotérmicos.....	28
2.3.8	Parâmetros sonoros.....	29
2.3.9	Comportamento ao fogo.....	30
2.3.10	Tratamento preservativo.....	31
3	CONSIDERAÇÕES SOBRE MADEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	34
3.1	Características da madeira que afetam seu desempenho.....	36
3.2	Espécies de madeira.....	36
3.3	Identificação de madeiras (nomes populares).....	38
3.4	Identificação botânica das madeiras.....	38
3.5	Grupamento de espécies.....	39
4	QUALIDADE DA MADEIRA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	42
5	APLICAÇÕES DE MADEIRA REFLORESTADA.....	44
5.1	Utilização de madeira serrada em estruturas.....	45
5.2	A madeira como alternativa para habitações.....	51
5.2.1	Principais sistemas construtivos em madeira.....	52
5.2.2	Vantagens e desvantagens em relação ao sistema de tijolos.....	53
6	MODELO DE HABITAÇÃO POPULAR EM MADEIRA.....	57
6.1	Metodologia projetual.....	57
6.2	Descrição do projeto.....	58
6.3	Etapas da construção.....	60
6.3.1	Locação e fundações.....	60
6.3.2	Estrutura de madeira.....	61
6.3.3	Cobertura.....	62
6.3.4	Vedações, forros e arremates.....	63
6.3.5	Instalações.....	64
6.3.6	Pintura e tratamentos.....	64
6.3.7	Acabamentos e manutenção.....	64
6.4	Conclusões.....	65
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	66
8	BIBLIOGRAFIA.....	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUTIVIDADE VOLUMÉTRICA DE MADEIRA.....	7
TABELA 2 - PRINCIPAIS DEFEITOS DAS MADEIRAS E POSSÍVEIS CAUSAS.....	8
TABELA 3- IMPACTO DA TECNOLOGIA NAS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA.	13
TABELA 4 - ÁREA PLANTADA COM REFLORESTAMENTO NO BRASIL.....	16
TABELA 5 - VALORES COMPARATIVOS.....	26
TABELA 6 - CONSUMO RELATIVO (%) DE PRODUTOS DE MADEIRA.....	35
TABELA 7 - BITOLAS PADRONIZADAS DE VIGAS EM MLC.....	46

LISTA DE FIGURAS

1 - COMPOSIÇÃO DO TRONCO DAS ÁRVORES.....	19
2 - DIREÇÕES PRINCIPAIS DE CORTE.....	24
3 - PROCESSO DE TRATAMENTO EM AUTOCLAVE.....	33
4 - PROCESSO DE MONTAGEM DE VIGA COLADA.....	47
5 - ESTRUTURA PARA TELHADO COM VIGAS DE MLC.....	48
6 - PASSARELA COM VIGAS DE MLC.....	49
7 - CÚPULA MISTA DE CONCRETO E MADEIRA.....	50
8 - ESTRUTURA DE COBERTURA DE PORTE MÉDIO.....	51
9 - CASA TOTALMENTE EM MADEIRA.....	51
10- VISTA EXTERNA DE HABITAÇÃO POPULAR EM MADEIRA.....	59
10.1 - Planta baixa.....	59
10.2 - A fundação.....	60
10.3 - Estrutura de sustentação do piso elevado.....	61
10.4 - Peças de sustentação da cobertura.....	61
10.5 - Estrutura da cobertura.....	62
10.6 - Cobertura com telhas cerâmicas.....	62
10.7 - Instalação dos painéis.....	63
10.8 - Instalação do forro.....	64

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos levantar as possibilidades da utilização de madeiras reflorestadas na área da construção civil, basicamente *pinus e eucalipto*, e especialmente como elementos estruturais e edificações pré-fabricadas. Até pouco tempo, os projetistas, arquitetos e engenheiros tinham à disposição uma enorme variedade de madeiras : louro, cedro, peroba, imbuia, jacarandá e muitas outras, chamadas "madeiras de lei", de grande e invejável qualificação. Sem esquecer a araucária, moribunda como as citadas anteriormente, e que foi a alavanca do progresso econômico da região sul.

Este ciclo chegou ao fim, e agora é necessário que tenhamos de dispor de uma variedade de essências florestais específicas para suprir nossas necessidades, como já ocorre nos países mais desenvolvidos. Para isso, será preciso muita investigação e muito aprendizado, trabalhos de pesquisa dos centros interessados, principalmente das universidades, geradoras de ciência e tecnologia.

Esses estudos já começaram ; há um conhecimento razoável à respeito das espécies de *pinus e eucalipto*, e conseqüentemente de suas utilizações, como são os casos do papel e celulose, moradias, decoração interna, móveis, chapas, laminados, caixarias, palets, e outros. No entanto, na parte estrutural ainda enfrentam uma série de preconceitos, principalmente pela falta de um conhecimento mais técnico e científico das características intrínsecas dessas madeiras. sabe-se que as madeiras podem ser aplicadas com racionalidade, estética , eficiência e durabilidade, mas para isso é necessário apenas que se leve em consideração suas características internas e seu comportamento físico-mecânico.

Este trabalho pode ser definido como de pesquisa exploratória, procurando levantar dados e experiências, tanto nas indústrias que produzem material para a finalidade estrutural e pré-fabricados, bem como nas universidades, de modo a que se possa contribuir, de alguma forma, com os profissionais da área da construção civil.

ABSTRACT

This work had the purposes to see the possibilities to use wood reflorestadas in areas of civil construction, basically *Pinus* and *Eucalyptu*, and specially like structural elements and edificações pré-fabricadas. Until sometime ago, the projetistas, arquitetos, engineers had na enormous variety of woods : louro, cedar, peroba, imbuia, jacarandá and other things, called “wood of law” of a big and envious qualification. Don’t forgetting the Araucária, moribunda like the others quoted before, and that lever of the economic progress of the south region.

This cycle ended and now is necessary that we need to have a variety of woodland essences specific to supply our necessities like in the developed countries. For this, it will be necessary a lot of investigation and learned, works of research of the interests centers, specially of the universities, the producers of science and technology.

These studies had already begun ; There is a reasonable knowledge about the kinds of *Pinus* and *Eucalyptus*, and their utilization like paper and cellulose, abodes, internal decoration, furnitures, plates, laminados, caixarias, palets and others. So, in the structural part, they still face a lot of prejudices, specially because the lack of the technical and scientific knowledge of the characteristics intrinsic of these woods. It is known that the woods can be applied with rationality, aesthetics, efficiency and durability, but it is necessary only to know their internal characteristics and their physical mechanic behavior.

This work can be defined like the research explanatory, looking for companions and experiences in the industries that produce material to the structural purpose and pré-fabricados like in the universities, that can contribute to the professionals in the construction civil area.

INTRODUÇÃO

Os países desenvolvidos estão enfrentando dois desafios que causam impacto nos diversos setores da economia, cujos reflexos já se fazem sentir de forma acentuada em nosso País. Tais desafios dizem respeito à competitividade nos setores industriais e de serviços, e à questão ambiental.

A necessidade de se evoluir para a execução de produtos e serviços competitivos tem sido realçada no Brasil, tanto pela formação dos grandes blocos econômicos na Europa e na América do Norte, que afetam as exportações brasileiras, como também pela crescente exposição do nosso mercado interno à competição internacional.

Os elementos centrais da competitividade são a qualidade e a produtividade. Produzir com qualidade significa gerar produtos e serviços de acordo com as especificações e totalmente orientados para as necessidades dos clientes.

Na exposição de motivos do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade, lançado pelo governo federal em 1990, afirmou-se que a preocupação com a qualidade ainda era incipiente em nosso País e que as perdas por falta de qualidade poderiam atingir até 40% do produto industrial. Essas perdas acarretam produtos mais caros, e equivalem a dezenas de bilhões de dólares, podendo alcançar cifras ainda mais dramáticas na área de serviços.

Estima-se que na construção civil os desperdícios com materiais cheguem a 20% do total necessário para a execução da obra, estando a madeira entre esses materiais. (SZÜCS, Carolina) 2000.

O outro desafio está relacionado à mudança no enfoque das questões relacionadas ao desenvolvimento das nações. A crescente consciência dos efeitos ambientais provocados por um desenvolvimento que antagoniza progresso e ambiente, gerou a necessidade de busca de uma forma alternativa, onde o desenvolvimento se processe de forma adequada ao ambiente, atendendo às necessidades atuais sem comprometer o futuro.

É nesse contexto que a cadeia produtiva da construção civil se insere, refletindo de forma importante em um de seus componentes: *a madeira*.

Segundo BAUER (1985) a escolha da madeira de uma determinada espécie para um

determinado emprego somente poderá ser conduzida, com economia e segurança, conhecendo-se os valores estatísticos e a dispersão das propriedades que definem o seu comportamento físico e sua resistência às solicitações mecânicas.

Conforme OLIVEIRA (1997), um material tão complexo quanto a madeira do gênero *Eucalyptus* somente poderá ser utilizado em condições de igualdade com as madeiras tradicionais, ou substituí-las, caso se tenha um conhecimento científico de suas características, propriedades, bem como as variações destas, que são peculiares a cada espécie, condições de crescimento e principalmente a idade de corte das árvores.

A madeira possui diversas propriedades, que a tornam muito atraente frente a outros materiais. Dentre essas, são comumente citados, o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas.

O aspecto, no entanto, que distingue a madeira dos demais materiais é a sua renovabilidade, consubstanciada na possibilidade crescente de viabilização técnico-econômica da produção sustentada das florestas nativas (manejo florestal) e nas modernas técnicas silviculturais empregadas nos reflorestamentos, que permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso final desejado.

O fato da madeira ser o resultado do crescimento de um ser vivo, implica em variações das suas características em função do meio ambiente em que a árvore se desenvolve. A esta variabilidade acrescenta-se que a madeira é produzida por diferentes espécies de árvores, cada qual com características anatômicas, físicas e mecânicas próprias.

A madeira é um material higroscópico, sendo que várias de suas propriedades são afetadas pelo teor de umidade presente. Sua natureza biológica, submete-a aos diversos mecanismos de deterioração existentes na natureza. A essas características negativas acrescenta-se sua susceptibilidade ao fogo. Essas desvantagens da madeira podem ser eliminadas ou, ao menos minimizadas, bastando para tal o emprego de tecnologias já disponíveis e de uso consagrado nos países desenvolvidos.

No entanto, o desconhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a insistência em métodos de construção antiquados, são as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais.

Essa situação, aliada à tradição herdada dos colonizadores espanhóis e portugueses geraram na América Latina, um preconceito generalizado em relação ao uso mais intensivo da madeira na construção civil de edificações., principalmente com relação à madeiras oriundas de reflorestamentos.

Neste trabalho, buscou-se apontar as características das madeiras reflorestadas, principalmente *pinus e eucalipto*, como alternativas de uso na forma de elementos estruturais e pré-fabricados. Para tanto, estabeleceu-se as seguintes hipóteses :

- Pelas suas características físico-mecânicas, as madeiras de pinus e eucalipto são adequadas para serem utilizadas satisfatoriamente na construção civil ?
- Quais serão as vantagens ou desvantagens da utilização dessas madeiras em estruturas, com relação às outras espécies ?
- Qual o padrão tecnológico à ser adotado ?
- Quais são os fatores que impedem um desenvolvimento maior da utilização de madeira reflorestada no Brasil ?
- As empresas estão estruturadas (ou se estruturando) para desenvolver as novas tecnologias ?
- Quais são as políticas e estratégias que poderiam ser adotadas para o crescimento do setor ?

Tratando-se de um trabalho de pesquisa exploratória, nos valem de levantamentos de dados e levantamentos de experiências. Foram analisadas todas as bibliografias disponíveis em revistas, livros, trabalhos apresentados em palestras, seminários, simpósios, conferências, como também foram realizados contatos junto à empresas que já dispõem de alguma tecnologia no setor madeireiro, e instituições que, direta ou indiretamente, desempenham atividades relacionadas, como Associações, Sindicatos e Universidades.

1 - CONSIDERAÇÕES À RESPEITO DE *EUCALIPTO*

O setor madeireiro no Brasil tem sido marcado por um processo de utilização crescente de madeiras provenientes de reflorestamento. Tal fato tem se tornado mais evidente nos últimos anos, sobretudo em razão dos questionamentos existentes em relação à exploração das nossas florestas nativas, quer seja por razões ecológicas, quer seja pela elevação dos preços de suas madeiras, devido às dificuldades da exploração da floresta tropical e às grandes distâncias entre as zonas de produção e de consumo. Ademais, a indústria dos produtos à base de madeira tem-se defrontado com desafios que estão provocando drásticas mudanças.

Segundo SILVA (2001), o primeiro grande desafio é a crescente expansão dos mercados para a ‘madeira ambientalmente correta’, exemplificado pela crescente força mercadológica dos “selos verdes” em todo o mundo. Um segundo desafio é a globalização dos mercados consumidores, com a conseqüente necessidade de aumento na produtividade e o atendimento a padrões de qualidade cada vez mais exigentes. Este cenário tem estimulado a exploração da madeira de reflorestamento, principalmente das espécies do género *Pinus* e *Eucalyptus*.

São várias as razões para que o eucalipto possa ser indicado como a alternativa de oferta de madeira. O género tem ocupado um lugar preferencial na escolha de espécies para o estabelecimento de florestas plantadas em nosso País. Na região centro-sul brasileira, nas últimas décadas, observou-se um vasto e bem sucedido programa de reflorestamento com estas espécies. Apesar de a maior parte das florestas estar comprometida com a produção de madeira para os denominados “usos tradicionais” (celulose, papel, carvão vegetal, lenha e chapas de fibras), espera-se que uma parcela possa ser destinada a outras aplicações madeireiras. Para atender a tais demandas, uma primeira etapa envolveu uma seleção de espécies com programas de melhoramento para atender características de ordem silvicultural, como crescimento, forma do tronco, regeneração e resistência a pragas e doenças; numa segunda etapa, tais programas foram consolidados e complementados com o envolvimento de algumas propriedades da madeira, como densidade, dimensões de fibras, teores de casca e composição química.

Ao se pensar na utilização da madeira para fins mais nobres, como a produção de móveis e painéis, é necessária a incorporação dos procedimentos de ordem silvicultural já utilizados na formação das florestas tradicionais a outros programas complementares de manejo e condução da floresta, como o desbaste e a poda dos ramos, além de avaliar outros aspectos da madeira, como os níveis de tensões de crescimento, a estabilidade dimensional, a coloração, a presença de madeira juvenil, a relação cerne/alburno, a resistência mecânica, a trabalhabilidade e o seu comportamento em todas as fases do processamento primário (desdobro e secagem).

Até o presente momento, a grande experiência silvicultural brasileira se resume na produção de florestas jovens, de ciclo curto e de rápido crescimento. O resultado de qualquer análise sobre outras aplicações da madeira de eucalipto no Brasil (serraria, movelaria, marcenaria, lâminas, compensados e construção civil) demonstra que as experiências são muito pequenas. Toda a madeira de eucalipto atualmente disponível foi projetada para a utilização na produção de celulose, carvão vegetal e de chapas e, ainda, não se tem a madeira ideal para a indústria moveleira. Em vista da falta de controle da matéria-prima e dos parâmetros dependentes do processamento, as experiências na área de serraria tem-se mostrado muito restritas, quanto à possibilidade de suas extrapolações. Esse quadro tem grandes possibilidades de reversão na medida em que se romperem alguns preconceitos e se aprofundarem os estudos sobre as inúmeras alternativas de uso múltiplo, principalmente na indústria moveleira, construção civil e de embalagens.

Apesar de existirem mais de seiscentas espécies já conhecidas, botanicamente, os plantios, em larga escala, no mundo, estão concentrados em poucas espécies. Em termos de incremento anual e das propriedades desejáveis da madeira, apenas doze tem sido utilizadas, com mais intensidade, para atender o setor industrial: *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. citriodora*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. robusta*, *E. viminalis*, *E. exserta*, *E. deglupta*. No Brasil, tem sido consideradas muito promissoras as espécies *E. cloeziana*, na região central, e o *E. dunnii*, na região sul. As várias espécies de eucalipto mencionadas apresentam uma velocidade de crescimento bastante alta, com um potencial elevado para o estabelecimento, em prazos relativamente curtos, de novos e adequados plantios para a obtenção de madeira para diversas finalidades. Quanto às florestas plantadas no Brasil, devem ser destacadas as inúmeras vantagens para produção de madeira, em larga escala: características edafoclimáticas, associadas a altos índices solarimétricos e elevadas temperaturas, possibilitando uma intensa atividade biológica e resultando em altas taxas de produtividade. A situação privilegiada de muitos países tropicais, como o Brasil,

atesta a grande vocação florestal que pode suportar a indústria de base, em termos competitivos.

1.1 SITUAÇÃO ATUAL

A madeira de eucalipto tem sido usada como madeira serrada em vários países: Austrália, África do Sul, Chile, Nova Zelândia, Uruguai e Argentina. No Brasil, o uso dessa espécie como madeira serrada é ainda bastante incipiente. Nenhuma serraria processa atualmente madeira plantada e manejada para esse fim. Algumas poucas processam madeira originária de floresta plantada e manejada para produção de lenha, fibra, carvão ou outra finalidade. A maioria das serrarias que serram eucalipto são pequenas unidades que processam toras produzidas em pequenos talhões ou em divisas e que ultrapassaram a idade e diâmetro para serem transformadas em lenha, carvão e não têm as características adequadas para postes.

Segundo PONCE (1994), a eucaliptocultura brasileira tem demonstrado ser uma das mais produtivas, avançadas e competitivas do mundo. Até agora essas vantagens têm sido aproveitadas somente pela indústria de celulose, de painéis e pelas indústrias siderúrgicas, através do carvão. O eucalipto ainda não participa ativamente da indústria da madeira serrada e da indústria de laminados e compensados. O autor estima que a produção anual de madeira serrada de eucalipto deve situar-se em torno de 80.000 metros cúbicos, cerca de 0.44% da produção nacional. São causas prováveis de tão baixa participação: falta de informação, tabus sobre a madeira e, até agora, abundante disponibilidade de outras espécies florestais.

Até o presente o eucalipto não foi seriamente visto como um recurso adequado para a produção de madeira serrada e de seus produtos, tais como móveis, componentes para edificações, material para embalagens e palets. Há uma crença bastante arraigada de que o eucalipto racha demasiadamente durante o processamento e mesmo depois, que a madeira deforma anormalmente e que por essas razões não pode ser economicamente aproveitável.

O eucalipto apresenta algumas características que realmente dificultam seu aproveitamento. Essas dificuldades não são, todavia, maiores do que as que apresenta a maioria das madeiras. O madeireiro brasileiro, acostumado a trabalhar com toras de grande diâmetro, de madeiras nativas, nas serrarias tradicionais, ainda não se habituou à idéia de processar toras de 15 a 20cm de diâmetro, das quais não pode obter tábuas de grande largura. O processamento dessas toras exige equipamentos específicos para que seja alcançada sua produtividade adequada.

Técnicos do IPT prevendo lacunas no fornecimento de madeira serrada para os vários setores industriais das regiões Sul e Sudeste do país, começaram a estudar alternativas para o aproveitamento das espécies reflorestadas. Em 1977, iniciou-se o desenvolvimento de usos para os *pinus*. Naquela época começavam a ser feitos os primeiros desbastes, e com toras de 12 a 15cm de diâmetro foram produzidas tábuas, depois transformadas em móveis através da produção de painéis de sarrafos colados nos cantos, “edge glued”, método muito usado para a produção de móveis nos países industrializados mas muito pouco usado na época no Brasil. Os resultados foram razoáveis, a despeito das características da madeira dos pinus produzidos no país, como baixa densidade e outras características limitantes para a produção de certos tipos de móveis e outros produtos

Em 1979 foram realizados testes de desdobro de toras de *Eucalyptus saligna* com resultados animadores. Em 1983, foi executado projeto tendo em vista estudar a viabilidade do uso de três espécies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*) para a fabricação de móveis, com resultados excelentes, principalmente o *Eucalyptus grandis*. Posteriormente foram experimentados materiais de várias espécies, de várias origens e procedências, trabalhos que possibilitaram a conclusão de que o gênero *Eucalyptus* tem perspectivas muito favoráveis para a produção de madeira serrada, a partir de florestas de curta rotação.

O Brasil apresenta grande potencial florestal, com produtividade média de madeira de 30 m³/há/ano.

Tabela 1 : Produtividade volumétrica de madeira em diferentes países.

PAÍSES	PRODUTIVIDADE (m ³ / há / ano)
Finlândia	5
Portugal	10
Estados Unidos	15
África do Sul	18
Brasil	30

Fonte : OLIVEIRA (1997)

1.2 - OBSTÁCULOS

Há uma série de características das madeiras que podem ocorrer nos eucaliptos. Essas características, apesar de serem geradas pela própria natureza e de não serem exclusivas dos eucaliptos, causam dificuldades no processamento e no uso da madeira. (PONCE, 1994).

O eucalipto, introduzido no país para a produção de lenha para alimentar locomotivas,

carrega até hoje o estigma de madeira de baixa qualidade, que racha demasiadamente e não deve ser usada como madeira serrada. Na verdade, a madeira dos eucaliptos é como as demais madeiras. Existem madeiras brasileiras com propriedades excepcionais, como : mogno, freijó, jacarandá, ipê, etc, que as fazem quase inigualáveis para muitos usos, até permitem em alguns casos que sejam processadas sem muitos cuidados quanto a secagem, por exemplo. Os eucaliptos, de maneira geral, comportam-se como as madeiras normais, devendo ser processados como a maioria das madeiras. À seguir serão apresentadas e discutidas as principais características que, de alguma maneira, dificultam o processamento e o uso do eucalipto. (Tabela 2)

Tabela 2 : Principais defeitos da madeira e suas possíveis causas :

DEFEITOS	CAUSAS DOS DEFEITOS			
	Intrínsecos à madeira	Desdobro	Secagem	Fatores externos
Rachadura de topo	X	X	X	
Rachadura de superfície			X	
Nós	X			
Medula	X			
Furo de insetos				X
Esmoado		X		
Empenamento		X	X	
Bolsa de resina	X			
Inclinação da grã	X			
Desbitolamento		X		
Podridão				X
Encruamento			X	
Colapso			X	
Cor	X			
Relação cerne/alburno	X			
Características físico/mec.	X			X

Fonte : KIKUTI et all (1996)

1.3 - TENSÕES DE CRESCIMENTO

Trata-se de um mecanismo apresentado pelas folhosas arbóreas para que permaneçam eretas, apesar da esbeltez de muitas delas. As tensões de crescimento são formadas no câmbio. As fibras, células do xilema, tem uma diminuta contração longitudinal logo após a divisão celular. Essas contrações fazem com que as novas camadas de células estejam em condição de tensão de tração. Essas tensões nas partes mais externas dos fustes fazem o papel da armadura de aço nas colunas de concreto, sendo fundamentais para que os fustes das árvores não se quebrem facilmente quando submetidas a ventos ou outros esforços laterais. Os fustes das folhosas apresentam então uma parte externa, em tensão de tração longitudinal, e a parte interna, em compressão. A tensão de compressão na parte interna pode ser tão alta que ultrapasse a tensão de ruptura, surgindo então as fraturas de compressão nas regiões centrais do corte transversal dos fustes. A consequência das tensões de crescimento são tendência ao rachamento radial nas toras e nas peças diametrais durante o desdobro, e encurvamento das peças desdobradas.

As tensões de crescimento não são exclusivas dos eucaliptos, mas de todas as folhosas, contudo algumas espécies as têm mais intensas do que outras. PONCE (1994) observou sinais evidentes de tensão de crescimento no mogno (*Swietenia macrophylla*), jatobá (*Hymenaea* sp), andiroba (*Carapa guianensis*), cedro (*Cedrela* sp), tatajuba (*Bagassa guianensis*) e cupiúba (*Goupia glabra*) e, evidentemente, nos eucaliptos. Observou-se também que a tendência ao rachamento provocado pelas tensões varia nos eucaliptos de acordo com a espécie, e também entre árvores ou clones de uma mesma espécie. Fernandes, (1982), pesquisando toras de *E. urophylla*, concluiu que ocorrem grandes variações na intensidade das rachaduras nas extremidades das toras durante o desdobro, sendo que as variações dentro de progênies são maiores que entre progênies.

Existe uma tendência a se atribuir as tensões de crescimento e suas consequências nos eucaliptos às grandes taxas de crescimento, todavia não está provado que taxas maiores de crescimento induzem a mais tensão de crescimento. Deve-se entender, então, que tensão de crescimento não se trata de tensão de velocidade de crescimento.

Os efeitos das tensões de crescimento podem ser controlados de várias maneiras: anelamento do tronco da árvore, de modo que esta morra e continue em pé durante no mínimo seis meses. Este método tem sido usado com algumas modificações por algumas serrarias. Há vários inconvenientes: riscos de incêndio, ataque de brocas e dificuldades logísticas nas operações.

A solução mais simples, adequada tanto para pequenas como para grandes indústrias, é o corte simultâneo de duas costaneiras através de serras duplas, sejam de fita. circulares ou alternativas. Em seguida, o bloco restante é desdobrado em urna serra múltipla, em vários cortes simultâneos. Deste modo têm-se obtido bons resultados, com rendimentos próximos de 50% em madeira serrada, para toras de 15 a 30cm de diâmetro. Outra característica deste sistema é a alta produtividade. É possível, com equipamentos nacionais, o processamento de até cinco toras por minuto.

1.4 - MADEIRA JUVENIL

Trata-se da madeira formada nos primeiros anos da secção transversal de um fuste. O número de anos é ainda discutido por vários autores, variando geralmente de cinco a 10. A madeira juvenil apresenta geralmente fibras mais curtas e menor densidade que a madeira normal. Conseqüentemente, tem propriedades mecânicas inferiores às da madeira normal. A madeira juvenil ocorre tanto nas folhosas como nas coníferas, sendo que nas coníferas as diferenças entre madeira normal e madeira juvenil são maiores que nas folhosas. Nestas a madeira juvenil não é considerada um problema significativo; segundo ZOBEL (1981), toras jovens de *E. grandis*, com idades de seis a 14 anos, têm apresentado conseqüências relativamente leves na madeira serrada, manifestadas principalmente em pequenas deformações e gretamentos devido a colapso nas faces de peças expondo medula. A madeira juvenil é também quebradiça e frágil, não devendo ser usada onde essa característica pode significar riscos.

1.5 - COLAPSO

Trata-se de uma tendência manifestada por algumas espécies. ou por indivíduos de algumas espécies, de deformar anormalmente durante a secagem, prejudicando a qualidade e o rendimento da madeira beneficiada. O colapso é provocado por diferenças de permeabilidade entre os anéis da madeira, onde faixas menos permeáveis e saturadas, perdendo umidade dos lumens das células, entram em tensão em virtude da capilaridade, ultrapassando a resistência das paredes celulares. O autor encontrou em madeira serrada de *E. grandis* diferenças de intensidade de colapso entre clones. Observou também diferenças de intensidade de colapso entre madeiras de diferentes florestas de uma mesma espécie.

O colapso é um grande limitante ao uso da madeira, sendo que espécies com essa

tendência apresentam menor rendimento e exigem programas de secagem muito mais elaborados que os demais, quando secas em estufa, necessitando tratamentos de condicionamento com vapor. No caso de secagem ao ar, o acondicionamento é impossível. Nos eucaliptos, em geral, parece haver mais tendência a colapso nas espécies de média densidade e menor tendência naquelas de baixa e alta densidades.

1.6 - NÓS

O nó é a base de um galho que está encaixado no tronco de uma árvore ou em outro galho maior. O nó tem início na medula e cresce do centro para a periferia. Os nós vivos são aqueles cujos galhos estavam vivos quando era formada a madeira em seu redor; mortos são os nós cujos galhos já não eram ativos quando era formada a madeira em seu redor. Em um corte radial, a parte interna, mais próxima à medula, corresponde ao nó vivo, a parte mais próxima da periferia contém alguma parte morta se o galho não está vivo ou já caiu.

Em uma árvore normal de *Eucalyptus* o tamanho dos nós aumenta de acordo com a altura. Os menores estão na base e os maiores, nas partes mais altas.

O tamanho e a quantidade de nós na madeira serrada dependem de sua posição na tora e das características da tora. As toras, por sua vez, dependem de fatores genéticos das árvores que lhes dão origem, do espaçamento da floresta e do manejo a que foi submetida.

Os nós vivos, quando pequenos em relação à secção da peça serrada, não prejudicam alguns usos (lambris, forros, paredes, móveis, etc.). Os nós mortos, dependendo de sua posição nas tábuas, têm a tendência a soltar-se quando a madeira é seca, desvalorizando-a para aqueles usos.

Em algumas espécies - *E. grandis*, por exemplo, os nós estão relacionados com exsudação de resinas em várias fases, na árvore, durante a secagem das peças serradas.

Nos eucaliptos, quando as florestas não são adequadamente formadas e manejadas, geralmente os nós são muito numerosos. Florestas destinadas à produção de madeira serrada ou laminada devem ser submetidas a podas sucessivas a partir do momento em que os galhos inferiores começam a morrer, até a altura desejada.

1.7 - EMPENAMENTO

Os empenamentos ocorrem na madeira durante o desdobro e secagem. O desdobro provoca encurvamento das peças em virtude das tensões de crescimento. Durante o desdobro,

há uma tendência de as peças se distanciarem do centro da tora. Nesse momento é importante selecionar que tipo de encurvamento se pretende, desde que ele é inevitável. Assim, prefere-se o encurvamento tipo “bow”, evitando-se o tipo “crook”. Um bom entendimento da natureza das tensões de crescimento evita esse tipo de empenamento. Geralmente os cortes tangenciais produzem menos “crook” do que os cortes radiais.

Durante a secagem podem surgir vários tipos de empenamento. Em algumas espécies de eucalipto é comum o encanoamento, devido à grande diferença entre a contração radial e a contração tangencial, o que pode ser contornado através do empilhamento adequado durante a secagem. Outro tipo de empenamento que pode ocorrer durante a secagem, o torcimento, tem como causa a grã espiralada contida nas árvores. Algumas espécies de eucalipto apresentam indivíduos com essa característica, que o autor encontrou em clones híbridos de *E. grandis*. Além do torcimento, essa característica ocasiona sério fendilhado nas peças de madeira, ficando, nos casos mais sérios, a madeira inutilizada. A grã espiralada é uma característica genética e pode ser identificada nas árvores. As que têm essa característica não devem ser usadas para produção de madeira serrada, para produção de sementes ou de propágulos para enraizamento. (PONCE, 1994)

1.8 - BOLSA DE RESINA

São formações anormais na madeira, geralmente uma descontinuidade no lenho, formando setores anelares de comprimento e formas variadas. A forma mais encontrada é anelar, com cerca de 2,0 a 3,0mm de espessura e tem como característica estar cheia de um tipo de resina escura, a qual exsuda. As bolsas de resina, “resin veins” em inglês, são um dos defeitos mais frequentemente mencionados como causa da degradação na madeira de eucalipto na Austrália (HIELS, 1978). Quando pequenas, desclassificam a madeira a ser usada para fins nobres, tais como móveis e painéis decorativos. Quando grandes, podem enfraquecer peças estruturais. Têm-se observado variações na ocorrência de acordo com a espécie. Por exemplo, é pouco freqüente em *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, mas freqüente em *E. citriodora* cultivados no estado de SP. Tanto a freqüência como o tamanho das descontinuidades eram tão grandes, que comprometiam o uso estrutural das peças.

O grande obstáculo para um melhor aproveitamento dos eucaliptos existentes atualmente é a inadequação da maioria das florestas para esse uso. A quase totalidade das florestas foi implantada e manejada para a produção de fibra, lenha ou carvão, com espaçamentos geralmente muito pequenos, fato que prejudica o crescimento diametral. Podas

inexistentes, em muitos casos; na rebrota são conduzidos vários fustes, resultando em fustes curvos e de diâmetros reduzidos.

1.9 - VARIABILIDADE

Uma característica muito valorizada para madeira utilizada na indústria é a uniformidade. O processamento mecânico é facilitado e é atingida melhor qualidade quando a madeira é uniforme nas várias propriedades. Na madeira há variações devido à espécie. Cada espécie tem suas próprias características.

No entanto, com aplicação de novas tecnologias, pode-se alterar algumas características das madeiras. (Tabela 3).

Tabela 3 : Impacto da Tecnologia nas características da madeira

Característica da matéria-prima	Melhoramento Florestal	Manejo Florestal	Processo Industrial
Diâmetro das toras	XX	XX	-
Circularidade das toras	X	XX	-
Conicidade das toras	X	XX	-
Ausência de nós	X	XX	-
Retidão das toras	XX	XX	-
Tensões internas de crescimento	XX	-	XX
Trabalhabilidade	-	-	XX
Resistência mecânica	XX	-	X
Massa específica aparente	XX	X	X
Estabilidade dimensional	XX	-	XX
Aparência (cor)	XX	-	X
Facilidade de serrar e laminar	-	-	XX
Facilidade de secar	X	-	XX
Facilidade em colar	X	-	XX
Acabamentos (tintas e vernizes)	-	-	XX
XX : Grande influência X : Média influência (-) : Pouca influência			

Fonte : MARQUES (1998)

1.10 - OPORTUNIDADES

Os estudos feitos não só pelo IPT, mas também por outras instituições, têm demonstrado que madeira serrada de eucalipto pode ser usada em muitas aplicações, em substituição das espécies nativas. Aqui serão relatadas as mais importantes:

- Móveis - No IPT foram produzidos móveis tipo gabinete (armários, estantes, gaveteiros), escrivaninhas e mesas com *E. grandis*, com desempenho que pode ser considerado muito bom. O desempenho varia de acordo com as características genéticas, havendo diferenças de qualidade entre clones da mesma idade provenientes da mesma região. Foram produzidos também protótipos de vários tipos de móveis com *E. saligna*, com bom desempenho, sendo esta espécie adequada para a produção de móveis estruturados: cadeiras e mesas, que demandam mais resistência mecânica do que os móveis tipo gabinete.
- Estruturas para telhados. - Foram produzidas comercialmente estruturas de telhados com até 12m de vão livre, com bom desempenho. Uma delas no próprio IPT, com 15 anos, em perfeitas condições, e com *E. saligna* de 25 anos procedente de Capão Bonito, estado de São Paulo. Outras espécies foram também usadas em estruturas de telhados: *E. grandis* em estruturas leves, *E. citriodora* e *E. tereticornis* em estruturas mais pesadas.
- Palets - Foram produzidos com várias espécies, com desempenho plenamente satisfatório.
- Casa pré-fabricada - Foi construído protótipo no IPT aparentemente com bons resultados, todo em *E. grandis*.
- Componentes de edificações - Já foram produzidos de várias espécies: assoalhos, lambris, forros, batentes, escadas, etc., com resultados variáveis de acordo com a espécie, floresta, procedência, etc.
- Cruzetas para postes de transmissão - Produzidas de várias espécies, com resultados variáveis de acordo com a espécie.
- Foi construída uma passarela para pedestres com estrutura em *E. citriodora*. A passarela

treliçada, instalada em uma avenida em São Paulo, tem um vão de 32,4m. Formando o conjunto, quatro rampas treliçadas de 16m.

Avaliando a madeira proveniente de várias florestas, observou-se diferenças importantes nas madeiras com idades aproximadas (em torno de 13 anos). As principais fontes de variação são: nós, tamanho e número; tendência a colapso da madeira; tendência a empenamento; tendência a rachamento. De acordo com RUDNOS 1969, DORAN 1974 e DAVIDSON 1974, citados por ZOBEL 1981, as oportunidades de mudar as qualidades da madeira do *Eucalyptus* na direção desejada, através da manipulação genética, são boas. Apesar da relativa estabilidade da madeira dentro das espécies de *eucalipto*, ela pode ser efetivamente manipulada por mudanças no ambiente através de tratamentos silviculturais combinados, efetuando melhoramentos na direção desejada (ZOBEL, 1981).

A grande produtividade dos eucaliptos em várias regiões brasileiras, associada com disponibilidade de terras necessitando cobertura florestal e de mão-de-obra não ou pouco qualificada, necessitando de empregos, representam uma boa oportunidade de criação de um recurso extremamente útil para a vida moderna.

1.11 - PERSPECTIVAS

A retomada do desenvolvimento econômico e social do país exigirá a construção de milhões de habitações, aumento da produção industrial, importações e exportações. Esse crescimento implica aumento da demanda de materiais e matérias-primas, entre elas a madeira.

Contudo uma economia mais competitiva, fator fundamental para o desenvolvimento, exigirá produtos com melhor qualidade e preços equivalentes ou inferiores aos do mercado internacional. Nesse contexto, a indústria florestal brasileira tem uma missão a cumprir para evitar que o país, em alguns anos, se transforme em um país importador de madeira. Atualmente as importações e exportações de madeira se equivalem. Considerando-se o potencial representado pelos *Eucalyptus*, há condições ambientais e conhecimentos silviculturais para dar ao país vantagem comparativa na produção de matéria-prima florestal. Isso, porém, não é suficiente. É necessário produzir com qualidade e nisso ainda não se é competitivo. Com relação à madeira serrada, muito ainda deve ser feito para que o eucalipto ocupe o lugar fundamental que lhe confere o alto desempenho silvicultural. As perspectivas são favoráveis: o conhecimento já acumulado sobre a silvicultura em manejo de várias espécies do gênero, sua maleabilidade e resposta ao manejo e ao melhoramento genético, a

grande variabilidade e diferenças inter e intra-específicas, que o tornam aplicável em um grande espectro de usos, e a possibilidade de rotações curtas, fundamental no ambiente econômico de falta de política de financiamentos a longo prazo.

Tabela 4 : Área plantada com reflorestamento no Brasil (há)

Área plantada com reflorestamento no Brasil (há)			
Estado	Eucalyptus	Pinus	TOTAL
Minas Gerais	1.551.377	144.757	1.696.134
São Paulo	581.029	204.363	785.392
Paraná	56.038	609.683	665.721
Santa Catarina	41.291	350.823	392.114
Bahia	197.609	86.854	284.463
Rio Grande do Sul	115.025	137.945	252.971
Demais estados	407.015	168.600	575.615
TOTAL	2.949.384	1.703.025	4.625.410

FONTE : FAO (1999).

A produção de madeira serrada de qualidade (madeira livre de nós, colapso, fendas, empenamento) é possível em rotações curtas, algo entre seis e 10 anos. Para isso é necessário um grande esforço de investigação em várias regiões do país. Abaixo são representadas as estratégias para obtenção, em alguns anos, de material adequado para processamento industrial da madeira sólida de eucalipto para substituir as espécies nativas.

- Caracterização: identificação, através de pesquisa de campo e de laboratório, de espécies, procedências, progênie, clones ou indivíduos com características silviculturais e tecnológicas adequadas à produção de toras para madeira serrada. Os principais aspectos a serem determinados são: forma, comportamento da desrama, densidade e outras propriedades físicas, tendência ao rachamento, a colapso e a empenamentos.
- Testes e ensaios silviculturais e de manejo objetivando estabelecer principalmente: método de propagação, espaçamento, cronograma de podas e duração da rotação, tendo em vista a obtenção, no mínimo prazo de tempo, de toras adequadas para serraria.
- Investigação dos melhores métodos de colheita, tratamento de toras, desdobro, secagem,

usinagem, colagem e acabamento adequados para os vários materiais selecionados.

- Desenvolvimento de produtos adequados para as madeiras, considerando suas características e aptidões. Os produtos devem orientar-se inicialmente para aqueles que demandam maiores quantidades de madeira, por exemplo, construção civil, componentes para edificações, embalagens e móveis.

Concluindo, pode-se dizer que o eucalipto tem tudo para ser a principal madeira de serraria do país. Para isso é necessária investigação intensiva, tanto sob o ponto de vista tecnológico como silvicultural. Sem emprego intensivo de pesquisa, os resultados serão lentos e medíocres. Com um trabalho sistemático e arrojado de investigação poder-se-á atingir uma importância econômica comparável à da celulose de eucalipto. Sem investigação, no futuro importaremos madeira serrada para nossas necessidades básicas. PONCE (1994)

2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O “PINUS”

A cobertura florestal do mundo gira em torno de 40 milhões de Km², ou seja, 4 bilhões de hectares. Quase cinco vezes o território brasileiro. As coníferas formam 45% desse total, 18 milhões de Km², sendo a maior parte destas madeiras macias de acículas, constituídas por *pináceas*, algo como 13 milhões de Km². As maiores das coníferas localiza-se no hemisfério norte, a partir da latitude 40 até o limite da vegetação. São famosos os “mares” das coníferas da Taiga Siberiana, do Alasca, do Canadá, dos EUA, da Europa Central e Norte. A diversidade botânica é reduzida : grandes áreas de florestas com relativamente poucas famílias e espécies. Fala-se de uma relação de 1/ 400, comparado com as florestas de folhosas, especialmente tropicais e subtropicais. (CADERNO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS UNISINOS – 1977)

Botanicamente, locamos as pináceas como segue :

- Divisão : Gimnospermae
- Classe : Coniferopsida
- Ordem : Coniferae
- Família : Pinaceae
- Outras famílias : Taxodiaceae (Sequóia); Cupressaceae (Cipreste); Podocarpaceae (Pinheirinho Bravo); Araucaraceae (Pinheiro);
- Gêneros de Pináceas : Abies ; Picea; Larix; Psedotsuga; Tsuga; Pinus
- Espécies do Gênero Pinus : total de 95 (elliottí, taeda, caribéa,etc)

As *pináceas* são árvores com “folhas” em forma de lança, chamadas acículas ou agulhas, que variam de 10 a 150 mm de comprimento e com frutos em forma de pinhas. No âmbito da língua inglesa, são chamadas de *softwood*, madeira macia. Os germânicos chamam-nos de *Nadelholz* , madeira de agulhas. Com raras exceções, não perdem as agulhas na pausa vegetativa. No corte transversal apresentam anéis de crescimento, também chamados anéis anuais, nítidos e bem distintos. Na fase de crescimento primaveril são pouco densos e largos,

chamados lenho primaveril. Sua função é de condução de água e seiva. No fim do período vegetativo, gera-se um anel marcante, estreito e muito denso, chamado lenho tardio, cuja função é de sustentação

Esta característica confere às madeiras das pináceas um aspecto estético característico e muito apreciado (Pinus de Ríga). Pelos anéis pode-se averiguar a idade da árvore, pois cada conjunto de anéis representa um ano de vida. A estrutura anatômica das coníferas é bem simples e primitiva, comparada com madeiras de folha larga. 95% do tecido lenhoso é formado por condutores e sustentadores, chamados *traqueóides*. Parte das pináceas apresenta canais resiníferos. A resina pode ser extraída e serve de matéria prima para tintas e outros produtos químicos A massa específica do material lenhoso compacto gira em torno de $1,5 \text{ g/cm}^3$. A massa específica da madeira, incluídos os vazios, varia de $0,3$ a $0,6 \text{ g/cm}^3$, uma faixa bastante estreita, onde a média das pináceas deve ficar por volta de $0,45$. O teor de lignina situa-se em torno de 30%, tecido mais compacto que a celulose, principal componente lenhoso. As pináceas apresentam mais lignina que as madeiras de folha larga. A casca é espessa, de cor escura e bastante rugosa. Se decompõe facilmente, formando material húmico.

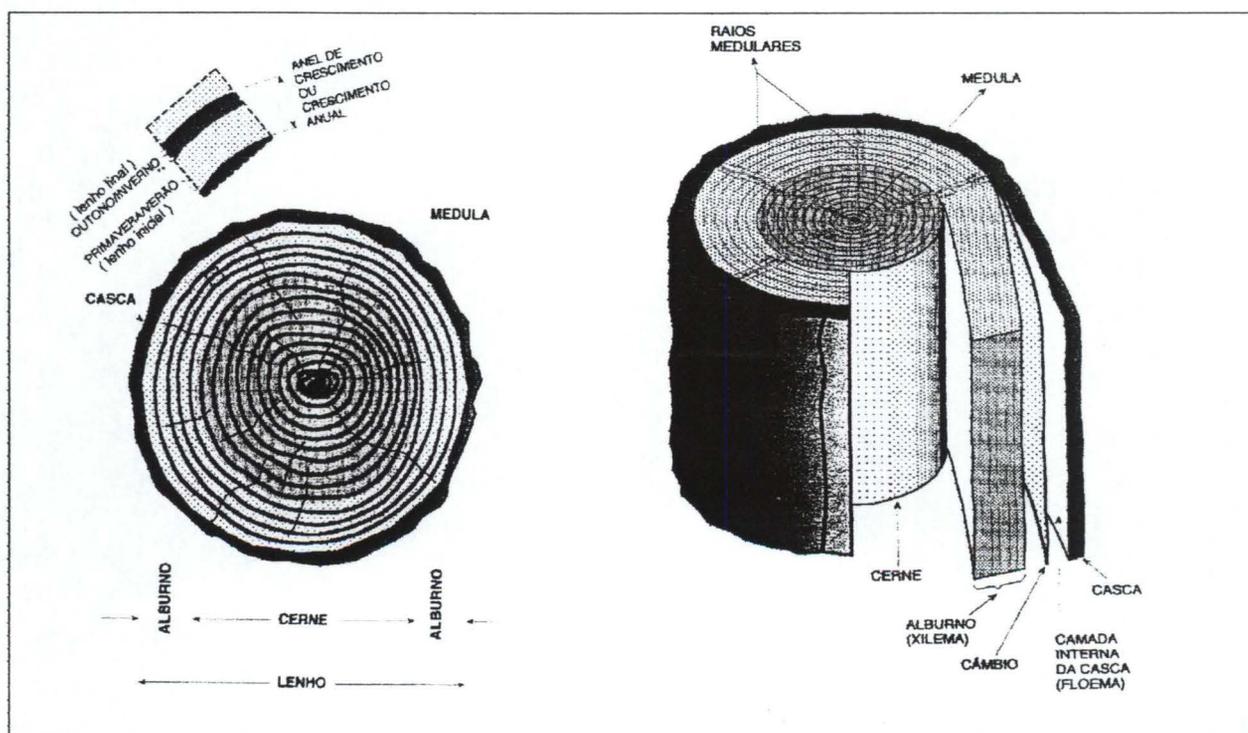


Figura : Composição do tronco das árvores

2.1 – AS PRINCIPAIS ESPÉCIES PLANTADAS.

Pinus caribéa e outros do tipo tropical. Uma impressionante e empolgante experiência foi realizada nas proximidades de Agudos, SP, num reflorestamento- modelo. Neste complexo florestal-madeireiro, foi aplicada tecnologia de ponta : florestal, de serraria, de chapas e de outras aplicações. Excelentes produtos a partir de uma excelente madeira, apta para qualquer tipo de estrutura. Ótima adaptação aos diferentes tipos de solos e climas.

Pinus elliotti (Slashpine). Talvez o pinus mais plantado e doador do nome popular dos pinus no sul do Brasil. Excelente adaptação a solos e climas. Originário do sul dos EUA, é reflorestado universalmente em grande escala. Tem rápido crescimento, com ciclos de 22 anos no Brasil. Alturas de até 35 m com um diâmetro de 45 cm em média. Bom teor de resina, cor branca, anéis marcantes e boa estética. Durabilidade natural média. Fácil de preservar. Baixa retração e excelente estabilidade dimensional. É utilizado em : estruturas internas e externas, forração interna, assoalhos, decoração, laminados, chapas, resinagem, casas pré-fabricadas, celulose com restrições pelo alto teor de resina.

Pinus taeda (Loblolypine). Rapidíssimo crescimento. Ótimo para celulose pelo baixo teor de resina. Muito usado em móveis maciços. Exportado em painéis colados. Viável para finalidades estruturais. Grande espectro de adaptação a solos e climas. Fornece 30% mais volume de madeira que o pinus elliotti em 20 anos, e diâmetro médio de 50 cm. Durabilidade natural média. Excelente trabalhabilidade, baixa retração e ótima estabilidade dimensional.

Pinus oocarpa, Pinus pátula, Pinus radiata e outros, porém em pouca quantidade. Todos são comercializados e aplicados na esteira do Pinus elliotti

2.2 VALORES COMPARATIVOS E ILUSTRATIVOS

Conforme dados extraídos do CADERNO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS UNISINOS – 1997.

- Balanço material na geração de uma tonelada de madeira absolutamente seca :
Entradas (input) : dióxido de carbono 1850 Kg - água 1082 Kg.
Saídas (output) : madeira 1000 Kg - água 541 Kg - oxigênio 1392 Kg.

- Gasto energético para a produção de uma tonelada de matéria-prima pronta para o uso em obra, em Kwh :

Barro.....	0 – 2,5
Madeira.....	100
Concreto.....	250 – 300
Tijolos.....	450
Cimento.....	1000
Vidro.....	6000
Plástico.....	8200 – 20000
Alumínio.....	72000

- Consumo energético em Kwh para a construção de um pavilhão de 1000 m³ de volume :

Madeira.....	330.000
Aço.....	630.000
Concreto armado.....	826.000

- Entradas por tonelada de madeira posta na serraria :

	Pináceas	Folhosas
Energia fóssil (MJ)	315	205
Energia solar (MJ)	19.300	18.100
CO ₂ (Kg)	1.851	1.851
H ₂ O (Kg)	1.082	1.082

- Poder calorífico por tonelada de madeira absolutamente seca : (Megajoules)

Pináceas.....	19.300 MJ
Folhosas.....	18.100 MJ

2.3 TÓPICOS FÍSICO-MECÂNICOS E TECNOLÓGICOS

2.3.1 UMIDADE

- A **umidade existente** dentro do tecido lenhoso é uma mistura de vapor d'água com açúcares, ácidos, óleos, sais minerais, resinas e outras substâncias. Pode ser contida no

lúmem , isto é, nos vazios celulares como água livre, também chamada de água capilar, ou nas paredes intercelulares como água vinculada ou água higroscópica.

Define-se o **teor de umidade** mediante a fórmula :

$$U = [(m_u - m_o) / m_o] * 100 \text{ em } \%$$

Onde : m_u = massa em estado úmido qualquer, e

m_o = massa absolutamente seca.

- **Umidades médias de algumas madeiras em estado verde :**

Araucária.....	110 %
Folhosas.....	80 – 100 %
Eucaliptos.....	100 – 120 %
Pináceas Europa.....	100 %
Pinus radiata no Chile.....	120 %
Pinus ssp. RS.....	200 %

- **A umidade de equilíbrio : ueq.** é a umidade de uma madeira após contato prolongado com um determinado clima, de temperatura T e umidade relativa do ar U rel. do ar. Esta varia, portanto, conforme a região e situação do momento. Devido à inércia na absorção ou dessorção, a umidade de equilíbrio anda defasada, em relação ao clima, de horas ou dias. Esta defasagem nas madeiras das pináceas é menor que em folhosas, por serem bem mais permeáveis, isto é, o vapor d'água tem trânsito mais livre.

Exemplos :

Para T = 20° e Ur = 65 %, a ueq. fica em torno de 12% (Alemanha)

Para T = 19° e Ur = 80 % a ueq. fica em torno de 14% (RS)

Para T = 22° e Ur = 45 % a ueq. fica em torno de 10% (Brasília).

Deve-se ter o cuidado de verificar a ueq. das regiões de exportação, para não se ter problemas de rejeição de mercadorias.

- **Umidades de uso viáveis para os diversos tipos de estruturas :**

Estruturas brutas.....	20 %
Construção naval.....	20 %

Estruturas internas.....	16 %
Estruturas internas acabadas.....	14 %
Móveis.....	13 %
Exportação de móveis.....	10 %
Instrumentos musicais.....	9 %
Madeira compensada.....	9 %

- **Migração da umidade dentro do tecido lenhoso : MIG** . Ocorre quando existe um gradiente de pressão (dp), também chamado gradiente de umidade (du), dentro do próprio lenho para o ar circundante. Além disso, a migração também depende da maior ou menor permeabilidade de uma madeira. As pináceas são consideradas madeiras permeáveis, onde a migração ocorre sem muitos obstáculos. A permeabilidade também é indicador de maior ou menor facilidade de secagem. Madeiras pouco permeáveis, como é o caso da imbuía, por exemplo, são difíceis de secar e levam três vezes mais tempo no processo, comparado com *Pinus spp.* O gradiente de pressão é uma função da temperatura T e da umidade U, matematicamente expresso :

$$\text{MIG} = f(\text{dp}) \quad \text{e} \quad \text{dp} = f(\text{dT}, \text{dU}) , \text{ onde :}$$

dp = diferencial ou gradiente de pressão ;

dT = diferencial ou gradiente de temperatura ;

dU = diferencial ou gradiente de umidade.

Observa-se uma peça de pinácea num determinado ambiente. Existe migração de dentro para fora, ou “secagem”, quando : $p_1 > p_2$, onde :

p_1 = pressão interna na peça com temperatura T1 e umidade U1 ;

p_2 = pressão existente no ar ambiental com temperatura T2 e umidade U2.

Do estado verde até o ponto de saturação da fibra (PSF), a umidade U1 é sempre maior que a umidade do ar circundante U2, portanto sempre haverá migração de dentro para fora da peça, com pouco consumo de energia. Isto é válido para a secagem natural e artificial em estufas. Abaixo do PSF a diferença de umidade diminui e o gradiente de pressão também. A migração torna-se mais lenta, e o consumo de energia maior.

A madeira está equilibrada quando $p_1 = p_2$ e, portanto, $T_1 = T_2$ e $U_1 = U_2$. Termina a migração e estabelece-se a umidade de equilíbrio u_{eq} . As pináceas podem ser consideradas madeiras muito permeáveis, devido a sua estrutura anatômica e arranjo dos vasos condutores. Igualmente as pináceas apresentam pouca tendência ao colapso celular durante o processo de secagem artificial em estufas. Abaixo do PSF a diferença de umidade diminui e o gradiente de pressão também. A migração torna-se mais lenta, e o consumo de energia maior.

2.3.2 ANISOTROPIA

É o comportamento físico-mecânico diferenciado do lenho nas diversas direções de sua estrutura anatômica. Distinguem-se primordialmente três direções :

- **Axial**, isto é, ao longo do eixo principal das fibras lenhosas ;
- **Radial**, isto é, ao longo do eixo dos raios medulares ;
- **Tangencial**, isto é, ao longo do eixo que tangencia os anéis anuais.

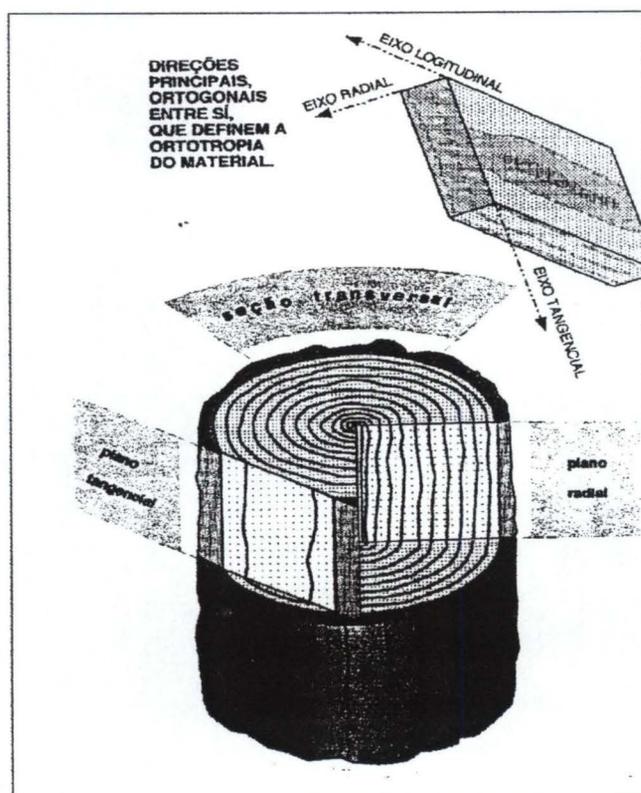


Figura 2 : Direções principais de corte

Nestes sentidos realizam-se as respectivas retrações do ponto de saturação da fibra ao estado absolutamente seco :

- R axial , para pináceas ao redor de 0,7 %
- R radial , para pináceas ao redor de 4,0 %
- R tangencial, para pináceas ao redor de 7,0 %

Na faixa higroscópica, pode também ocorrer dilatação, quando uma madeira recebe um acréscimo de umidade novamente. Uma pintura ou um envernizamento reduz consideravelmente a tendência de uma nova dilatação e estabiliza a componente em questão .

Costuma-se também indicar a retração ou dilatação por alteração de 1 % de unidade de madeira :

$$R_{1\%} = R_{\text{total}} / \text{PSF} - \text{EAS}.$$

Para pináceas em geral, seria : $R_{\text{tg } 1\%} = 7 / 30 = 0,233 \% / \%$ e,

$$R_{\text{rd } 1\%} = 4 / 30 = 0,133 \% / \%$$

Um quociente abaixo de 1,8 entre retração tangencial e radial é tido como bom indicador de estabilidade dimensional de um artefato de madeira :

$$q = R_{\text{tg}} / R_{\text{rd}} < 1,8. \quad \text{Para pináceas em geral : } 7 / 4 = 1,75$$

Baseado nestes dados, pode-se calcular a retração linear de uma peça pela fórmula :

$$R = (\text{IR} / \text{du}_1) * \text{du}_2 * b / 100 \quad , \quad \text{onde :}$$

IR = Índice de retração

du₁ = diferença de umidade do PSF ao EAS

du₂ = diferença do PSF ao estado a ser verificado

b = largura da peça

Exemplo : calcular a retração tangencial em centímetros de uma tábua de pinho a 12% de umidade.

$$R = 7 / 30 * (30 - 12) * 30 / 100 = 0,84 \text{ cm.}$$

Convém ressaltar que a anisotropia não diz respeito apenas à dilatação ou retração de uma peça. Deve ser levada em consideração também para os valores mecânicos, como módulos de elasticidade E ou de cisalhamento G , também nas tensões admissíveis, espaçamentos mínimos entre elementos de ligação e outros comportamentos diferenciados.

2.3.3 MASSA ESPECÍFICA

A massa específica é definida : $m_e = m / V$

Onde : m = massa verificada em gramas ;

V = volume em cm^3 .

Normalmente é dada para uma umidade de equilíbrio da madeira de 12% a 15%. Anota-se simplesmente m_{12} ou m_{15} . As pináceas variam entre 0,3 e 0,6 g/cm^3 . Conforme os especialistas, a massa específica do lenho tardio de pináceas é em média 2,4 vezes maior que o lenho primaveril. A m_e absoluta do tecido lenhoso compacto, isto é, sem vazios e sem ar, situa-se ao redor de 1,5 g/cm^3 . A lignina, composto mais velho do lenho, tem massa específica maior que a celulose.

2.3.4 VALORES COMPARATIVOS DE VOLUME EM 20 ANOS

Para podermos avaliar as vantagens, ou não de economia, procedemos uma comparação de obtenção de volume de madeira em vinte anos. Os *Pinus spp.* Plantados na região suportam um duelo com o pinheiro ? Comparamos Araucária (Ar), *Pinus Sylvestris* (Psyl), *Pinus elliotti* (pell) e *Pinus taeda* (Ptae).

TABELA 5 : Valores comparativos

Nome	largura anéis (mm)	diâmetro (mm)	volume(m^3)	relação
Ar	6	240	0,045 x h	1,0
Psyl	5	200	0,031 x h	0,7
Pell	10	400	0,125 x h	2,8
Ptae	12	480	0,181 x h	4,0

Fonte : Caderno de Estudos Unisinos – 1997

Onde : O diâmetro do tronco (DAP) é a altura do peito, ou a 1,5 m do solo.

Volume (V) = A * h (alturas constantes para todos) ;

Área (A) = (DAP² * 3,1416) / 4

Conclusão : tomando a Araucária (Pinheiro) como parâmetro = 1, constata-se que o Pinus Sylvestris na Europa fornece 0,7 vezes o volume de madeira em 20 anos, portanto, menos que a Araucária. O Pinus elliotti, no RS fornece 2,8 vezes mais volume e o Pinus taeda no RS 4,0 vezes mais madeira que a Araucária.

Esta enorme diferença de volume a mais dos Pinus spp. No RS explica, por si só, a preferência das empresas florestais e dos empresários pelos Pinus.

2.3.5 MÓDULOS DE ELASTICIDADE.

São as referências mais importantes para designar a resistência mecânica de uma madeira, isto é, a resistência que contrapõe à sua deformação ou destruição. De uma forma geral, é :

$E = \text{tangente } \alpha = \text{Tensão} / \text{deformação}$

Para madeira, distinguem-se dois módulos de elasticidade :

E longitudinal ou **axial** e **E normal** ou **transversal**, que gira em torno de 5% a 10% do E axial. Os valores do módulo de cisalhamento G são iguais ao E normal.

O Módulo de Elasticidade é definido por ensaio de compressão axial (E_c) de uma peça sem defeitos, conforme as respectivas normas nacionais. A norma DIN prescreve um corpo de prova de 2cm x 2cm x 6cm. a 12% de umidade. Também pode ser definido por ensaio a flexão (E_f) de um corpo de prova de 2cm x 2cm x 36 cm. O pesquisador deve indicar o tipo de ensaio. Conforme Vorreiter et all, (1948) existe a seguinte relação para pináceas :

- $E_c = 1,5 E_f$ (indica que o ensaio de compressão axial fornece valores 50% mais elevados que o ensaio de flexão estática. O método brasileiro MB26 prescreve ensaios com madeiras verdes e corpos de prova sem defeitos.
- $E_{12} = 1,25_{\text{verde}}$ (valores médios para E axial a 12% de umidade em N/mm²).

2.3.6 VISCO – ELASTICIDADE (ELASTO – PLASTICIDADE)

É a capacidade da madeira de admitir sob carga uma deformação instantânea (fi) elevada, sem deixar deformação residual (fr) após a descarga. A carga ou tensão pode chegar a 85% (ou mais) da carga de ruptura. No aço 24 chega em média a 66%. As pináceas se enquadram perfeitamente nesses valores e se destacam nessa área.

Esta característica confere as estruturas de madeira de pináceas e de madeira em geral utilização preferencial de componentes em situações típicas, tais como:

- Abalos sísmicos : Na Itália, foram construídas vilas ao sul dos Alpes. No Japão usam-se estruturas deste tipo. No sul da Alemanha, no epicentro de Ebingen, constata-se excelente comportamento de edificações em enxaimel à base de pináceas, comparadas com alvenaria pura.
- Edificações em zonas de alto risco de recalques diferenciados com solos de baixa capacidade de carga ;
- Absorção e amortização de ondas sonoras;
- Amortização de impactos. Muito bom para pavilhões esportivos.

2.3.7 PARÂMETROS HIGROTÉRMICOS

- **Dilatação térmica** : alguns coeficientes de dilatação térmica linear – alfa (α).

Pinus strobus.....	3,65 * 10 ⁶
Picea abies.....	5,41 * 10 ⁶
Nogueira.....	5,55 * 10 ⁶
Alumínio.....	24,00 * 10 ⁶

Na prática, a dilatação térmica é sem relevância, pois é contrabalanceada pela retração com a perda de umidade, devido a mesma energia térmica.

- **Isolamento térmico** : funciona como gerador de conforto térmico em ambientes Alguns valores do coeficiente de condutibilidade λ (lambda), em Kcal/m*h* °K. A condução é função da massa específica da madeira e aumenta com a mesma. Isto indica que a capacidade de isolamento de um material é função de sua capacidade de acumulação de micropartículas de ar, excelente isolante. O ar acumulado deve estar em repouso e sem

convecção. Os valores de comparação são dados a 10% de umidade das respectivas massas específicas das madeiras.

Para pináceas, pode-se adotar 0,12, considerando a umidade em torno de 15%.

Relações :

- tijolo/pinácea = $0,48 / 0,12 = 4$, ou seja, 1 cm de madeira isola o equivalente a 4 cm de tijolo maciço.
- Concreto/pinácea = $0,9 / 0,12 = 7,50$, ou seja, 1 cm de madeira isola o equivalente a 7,5 cm de concreto.

2.3.8 PARÂMETROS SONOROS.

O conforto acústico-sonoro tornou-se uma exigência constante para uma edificação moderna, seja de madeira ou não. Fundamentalmente interessa a **absorção** de energia sonora e o **isolamento**, ou impedimento de passagem de energia de um lado para outro.

Uma boa absorção de uma divisão, parede ou similar significa baixa reverberação, ou ecos, importante para salas de aula, anfiteatros, igrejas, residências e outros. Revestimentos de madeiras leves (pináceas) têm excelente comportamento a este respeito.

Alguns valores de absorção de energia incidente :

▪ Madeira de pináceas.....	15 %
▪ Placas macias isolantes de madeira.....	25 %
▪ Fibras minerais acústicas.....	30 %
▪ Concreto.....	1 %
▪ Alvenaria.....	2%

Para melhorar o efeito, colocam-se forros de madeira macia com frestas de 15 a 20 mm sobre um ripado a 50 mm da parede. Pode-se, ainda, colocar entre parede e forro uma manta de fibras acústicas.

A capacidade de isolamento sonoro depende fundamentalmente de três fatores :

- da massa do material isolante ;
- da elasto-plasticidade da placa ou placas ;
- da homogeneidade do material.

O nível de energia sonora é medido em decibéis (dB), que indica a pressão das ondas sonoras. Alguns níveis de comparação : conversa normal = 40 dB ; barulho diurno de rua = 80 dB ; ruído de fábrica = 85 dB ; motociclo = 100 dB; turbina à jato = 120 dB ; limite fisiológico (rompimento do tímpano) = 130 dB. Valores precisos de isolamento de uma divisão podem ser determinados em laboratórios especializados, ou por cálculo aproximado utilizando a seguinte expressão :

$$I = 20 * \log (0,004 * f * m)$$

onde : f = frequência em Hertz

m = massa da placa em Kg por metro quadrado.

Admitindo-se uma placa homogênea de pinus de 8 cm de espessura a 1000 Hertz, obtém-se :

$$I = 20 * \log (0,004 * 1000 * 0,08 * 500) = 44 \text{ dB.}$$

Uma parede de alvenaria de tijolos de 30 cm tem isolamento em torno de 50 dB. Conforme a teoria das placas elasto-plásticas, espaçadas entre si de 6 a 10 cm, típicas de residências de madeira, melhora consideravelmente o poder de isolamento. Uma parede dupla de madeira apresenta valores iguais às de alvenaria. Assim sendo, um sono tranquilo noturno é garantido nas seguintes condições :

$$I = 50 + 30 = 80 \text{ dB. Portanto, o ruído externo pode chegar até 80 dB.}$$

Aplicam-se também placas anti-ruído de madeira de pináceas ao longo de auto-estradas, ruas, ferrovias e outros locais com nível elevado de ruído. Existem modelos de cálculo que oferecem uma boa aproximação.

2.3.9 COMPORTAMENTO AO FOGO

Apesar de a madeira ser um material combustível e a madeira de pináceas possuir um considerável poder calorífico, o comportamento de uma estrutura de madeira ao fogo é “sui generis”. Uma estrutura devidamente calculada oferece mais segurança e maior tempo de fuga e salvamento de pessoas e objetos, que estruturas de aço ou até de concreto.

Ao iniciar o fogo, a estrutura queima periféricamente e cria uma camada de carvão ao redor do componente. No centro da seção permanece um *núcleo portante*. Esse carvão tem

baixo coeficiente de condução calorífico : $\lambda = 0,05$, ou seja , 40 % da madeira. Como bom isolante térmico, dificulta a passagem de calor necessário para a combustão. Além disso, impede também a oxigenação da superfície, retardando a combustão

A velocidade de queima periférica varia entre 1,8 e 3,0 cm por hora, conforme as condições locais e a massa específica do lenho. Madeira de pináceas queima em torno de 2,5 cm por hora. Com esses dados, e conhecendo as condições de contorno, pode ser calculada com boa aproximação uma estrutura para uma situação de fogo. Em laboratórios especializados, cria-se um fogo normalizado e mede-se o tempo até o colapso da estrutura, bem como os pontos onde isso ocorre.

Qualquer estrutura de pináceas, devidamente calculada, se enquadra pelo menos na classe F 30 da norma DIN 4.102, ou seja resistência ao fogo por pelo menos 30 minutos. É sabido que uma estrutura de aço, em condições idênticas, desaba após 10 minutos. Para aumentar esse tempo, costuma-se construir um invólucro ao redor do aço, que pode ser até de madeira.

2.3.10 TRATAMENTO PRESERVATIVO

a) **aumento da vida útil** de um componente é objetivo do tratamento, geralmente químico.

Os principais agentes destruidores são : fungos, insetos xilófagos e brocas marinhas. Até poucas décadas atrás, os respectivos cuidados se resumiam no que segue :

- Usa-se somente madeira adulta, bastante cernificada. O teor de lignina aumentado, diminui a ação dos agentes destruidores. Ainda hoje, pode-se observar, na região da Serra Gaúcha, casas de madeira de pinho dos primeiros tempos da imigração, praticamente com 100 anos de idade. Na Europa Central, existem edificações seculares de pináceas, especialmente na região dos Alpes.
- Uma técnica prática consiste em jogar as toras nos rios ou lagoas durante semanas e meses. Neste período de aquação, há uma troca de seiva pela água, retirando, desta maneira, o alimento dos agentes destruidores.
- Ter precauções construtivas para evitar ataques, como : abas largas nos telhados, evitando a exposição da parede às intempéries. Evita-se contato direto das estruturas de madeira com o solo. Cortam-se as pontas em ângulo, para facilitar o escoamento das águas.

Atualmente, o Engenheiro ou Arquiteto informado continua a apreciar os cuidados construtivos e aplicá-los em larga escala. Na Suíça podem ser admiradas pontes e passarelas, com mais de cem anos de uso, construídas com madeira de pináceas.

b) **A maior ou menor permeabilidade** condiciona a eficiência de um tratamento químico. As pináceas são consideradas madeiras até muito permeáveis. O arranjo dos vasos condutores axiais e transversais (traqueóides) das pináceas e coníferas em geral, facilita a penetração do preservativo. Também as passagens entre as células , (pontuações), especialmente no lenho inicial, facilitam o transporte do líquido. Existe, portanto, uma relação com a maior ou menor facilidade de secagem. Madeiras permeáveis são mais fáceis de serem secadas e não apresentam tendências ao colapso celular.

c) **Os produtos químicos** são os mais variados. Destacam-se combinações de sais de cromo, cobre, arsênico, o eficiente CCA, ou com boro, o CCB. Usa-se também flúor, estanho, bromo, etc. Para postes, usa-se, além do CCA, o tradicional creosoto, destilado de carvão de pedra, altamente eficiente. São produtos solventes em água ou em solvente orgânico (querosene, aguarrás, óleo diesel). Em pináceas e coníferas em geral, usa-se frequentemente um verniz transparente de poros abertos (stain), à base de preservativos oleos solúveis, pigmentado ou não. Inicialmente aplicam-se duas demãos e, a cada três anos, outra. Transparecem os veios, a madeira aparece, a proteção é de longa duração.

d) **Os diversos processos** variam conforme as exigências. O mais eficiente é o de vácuo-pressão em autoclaves. Para pináceas, o tempo oscila entre duas a quatro horas. A pressão aplicada é função da permeabilidade da madeira e pode chegar até 13 daN / cm² (deca-newtons, ou quilograma-forças, por centímetro quadrado), ou seja, 1,3 MPa. Aplicam-se também banhos simples ou múltiplos de imersão, a simples aspensão ou o pincelamento.

Por motivos de saúde e de meio ambiente, preferem-se produtos solúveis em água e de reduzida toxidez. Os produtos à base de mercúrio ou de fenóis clorados e outros organoclorados, são proibidos.

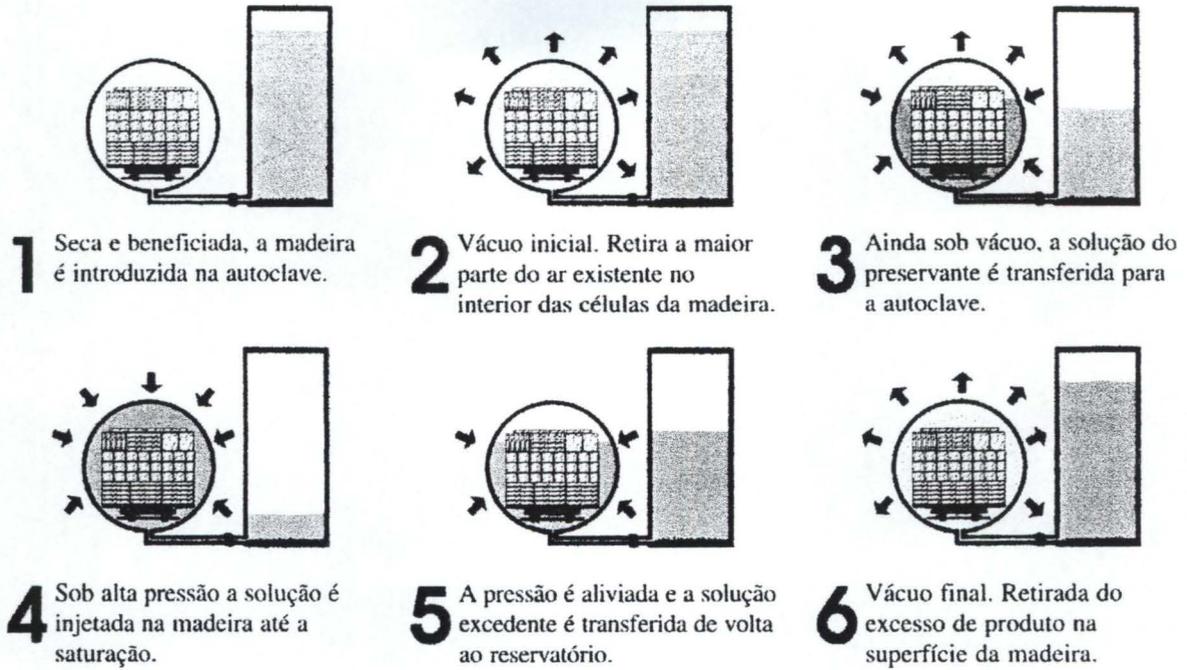


FIGURA 3 : Processo de tratamento em Autoclave

3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE MADEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ZENID (2001), da Divisão de Produtos Florestais do IPT de São Paulo, em seu artigo **Qualificação de Produtos de Madeira para a Construção Civil**, relata que a madeira possui diversas propriedades, que a tornam muito atraente frente a outros materiais. Dentre essas, são comumente citados, o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas,

O aspecto, no entanto, que distingue a madeira dos demais materiais é a sua renovabilidade. consubstanciada na possibilidade crescente de viabilização técnico-econômica da produção sustentada das florestas nativas (manejo florestal) e nas modernas técnicas silviculturais empregadas nos reflorestamentos, que permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso final desejado

O fato da madeira ser o resultado do crescimento de um ser vivo, implica em variações das suas características em função do meio ambiente em que a árvore se desenvolve. A esta variabilidade acrescenta-se que a madeira é produzida por diferentes espécies de árvores, cada qual com características anatômicas, físicas e mecânicas próprias.

A madeira é um material higroscópico, sendo que várias de suas propriedades são afetadas pelo teor de umidade presente. Sua natureza biológica, submete-a aos diversos mecanismos de deterioração existentes na natureza. A essas características negativas acrescenta-se sua susceptibilidade ao fogo. Essas desvantagens da madeira podem ser eliminadas ou, ao menos, minimizadas, bastando para tal o emprego de tecnologias já disponíveis e de uso consagrado nos países desenvolvidos.

No entanto, o desconhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a insistência em métodos de construção ultrapassados, são as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais.

Essa situação, aliada á tradição herdada dos colonizadores espanhóis e portugueses geraram na América Latina, um preconceito generalizado em relação ao uso mais intensivo da

madeira na construção civil de edificações.

A madeira é empregada na construção civil habitacional, de forma temporária, na instalação do canteiro de obras, nos andaimes, nos escoramentos e nas fôrmas. De forma definitiva, é utilizada nas esquadrias, nas estruturas de cobertura, nos forros e nos pisos. No Brasil, a madeira serrada ainda é o principal dos produtos de madeira empregados na construção civil, conforme constatação feita pela Associação Brasileira de Produtores de Madeiras - ABPM, em pesquisa realizada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, junto aos setores de engenharia (construção civil) e de revenda (construção civil e marcenaria).

Tabela 6 : Consumo relativo (%) de produtos de madeira, de acordo com o grau de processamento, nos setores de revenda e engenharia.

Grau de processamento	Setor	
	Revenda	Engenharia
Madeira serrada	62,3	69,4
Porta, batentes, et.	14,8	2,5
Compensados laminados	14,2	23,1
Compensados sarrafeados	4,1	2,1
Laminados	3,0	1,6
Aglomerados	0,5	0,6
Chapas de fibra	1,1	0,6

Fonte : ABPM, 1989

Essa tendência é diferente nos países desenvolvidos, onde os painéis têm participação mais significativa e onde os produtos tradicionais, como os painéis compensados, estão sendo substituídos por produtos mais desenvolvidos, como o OSB, que são menos restritivos quanto a qualidade da forma da tora.

Considerando que, no Brasil, a madeira serrada é o produto mais utilizado e que os painéis, por serem produtos com maior valor agregado, já são em boa parte normatizados, neste trabalho se restringirá à madeira serrada.

A ABPM detectou diversos problemas relacionados ao comércio de produtos de madeira nos segmentos de revenda (construção civil e marcenaria) e de engenharia (construção civil) localizados nas regiões Sul e Sudeste principais consumidores de madeira serrada.

Junto ao setor de revenda, a ABPM relatou os seguintes problemas e respectivos valores relativos:

- alto custo do frete rodoviário. 23,4%;
- inconstância de preços das mercadorias, com distorções bastante acentuadas, 17,0%;
- falta de regularidade nas entregas, principalmente por parte dos produtores da Amazônia 10,6%;
- falta de fornecedores idôneos, 9,6%;
- falta de qualidade, tanto da madeira fornecida pela Amazônia (serragem e acondicionamento ruins), como da Região Sul (péssimo desempenho do pinus). 8,6%.

Já no segmento engenharia (construção civil), a ABPM foram observados os problemas relatados a seguir:

- falta de padronização, quanto a qualidade, bitolas, comprimentos etc., 23,5%;
- irregularidade nas entregas, afetando o cronograma das obras, 17,6%;
- alto custo e irregularidade do transporte rodoviário, além dos problemas de descarga. 13,7%;
- preços altos e inconstantes, com prazos apertados para pagamento, 13,7%;
- falta de fornecedores idôneos, 9,8%.

Segundo ZENID (2001), da análise desses resultados pode-se concluir que enquanto no setor de revenda (intermediário) os problemas estão relacionados às questões comerciais e de logística, no setor de engenharia (consumidor) o principal problema é a qualidade das peças.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA QUE AFETAM SEU DESEMPENHO

Ao utilizar madeira o usuário deve especificar e verificar na inspeção de recebimento os seguintes itens que podem afetar o bom desempenho da madeira em um determinado uso:

- espécie de madeira;
- dimensões;
- teor de umidade;
- defeitos naturais e de processamento.

3.2 A ESPÉCIE DE MADEIRA

As propriedades básicas da madeira variam muito entre as espécies de madeira. Se

tomarmos a densidade de massa aparente a 15% de teor de umidade, como um indicador dessas propriedades temos a madeira de balsa (*Ochroma lagopus*) com 200 kg/m³ e a de aroeira (*Astronium urundeuva*) com 1100 kg/m³, ou seja, materiais com propriedades físicas e mecânica totalmente distintas.

Portanto, na escolha da madeira correta para um determinado uso, deve-se considerar quais são as propriedades e os respectivos níveis requeridos para que a madeira possa ter um desempenho satisfatório. Esse procedimento é primordial principalmente em países tropicais onde a exuberância do número de espécies de madeiras existentes na floresta é uma das expressões da sua biodiversidade.

Soma-se a essa questão, a mudança das fontes de suprimento dos principais centros demandantes de madeira serrada, localizados nas Regiões Sul e Sudeste. Com a exaustão das florestas nativas dessas regiões, o suprimento de madeiras nativas passou a ser realizado, em parte, a partir de países limítrofes como o Paraguai, porém, de forma mais significativa a partir da região amazônica. As madeiras disponíveis nos reflorestamentos implantados nas Regiões Sul e Sudeste, com pinus (*Pinus spp.*) e eucalipto (*Eucalyptus spp.*) já começaram também a suprir a construção civil.

Essas mudanças têm provocado a substituição do pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) e da peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), espécies tradicionalmente utilizadas pelo setor, por outras madeiras desconhecidas dos usuários e, às vezes, inadequadas ao uso pretendido. Como exemplo da diversidade de espécies amazônicas, podemos citar os dados do Projeto Radambrasil para o ambiente denominado sub-região ecológica dos baixos platôs da amazônia” onde foram encontradas 202 espécies com porte comercial, perfazendo um volume médio por hectare de 106 m³ e uma frequência média de 63,39 árvores por hectare. ZENID (2001)

Se analisarmos esses dados em conjunto com a densidade de massa dessas madeiras, teríamos a seguinte distribuição:

• madeiras leves (até 500 kg/m ³)	25	espécies	(12%)
• madeiras médias (501-700 kg/m ³)	85	espécies	42(%)
• madeiras pesadas (acima de 701 kg/m ³)	73	espécies	(36%)
• sem informações	19	espécies	(10%)

Essa amplitude e variedade de espécies de madeira existente na floresta amazônica dificulta as atividades de exploração florestal sustentada e mesmo uma comercialização mais intensa de todo potencial madeireiro da floresta.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS - (NOMES POPULARES)

A identificação de madeiras por práticas populares é realizada levando em conta somente as características sensoriais. Por serem variáveis e também devido às semelhanças das mesmas em diferentes madeiras, essas características, em muitos casos, não levam à identificação correta da madeira. Exemplo disso, é a análise dos resultados de identificação de madeiras amazônicas realizada pelo IBDF, hoje IBAMA, em 1985, onde se verificou, que muitas madeiras foram identificadas erroneamente, por produtores ou consumidores, pelo fato delas apresentarem cor e densidade de massa semelhantes.

O nome popular das madeiras é reconhecidamente um dos itens importantes na sua comercialização. A utilização de vários nomes para uma dada madeira, como a existência de várias madeiras sendo comercializadas sob um mesmo nome, têm contribuído, ao lado de outros fatores, de forma negativa para uma utilização mais intensa das madeiras amazônicas.

O IBDF, em 1987, lançou a “Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas”. com o intuito de contribuir para a facilitação da comercialização dessas madeiras. Apesar do esforço realizado, inclusive de divulgação, a iniciativa não vingou. Porém, continua necessária.

3.4 IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DE MADEIRAS

A identificação científica de uma árvore é realizada considerando principalmente os seus órgãos reprodutores (flores e frutos), como também outras características morfológicas da árvore (casca, folhas etc.).

A identificação de uma árvore depende, portanto, da disponibilidade dessas características morfológicas. Ocorre que a presença dos órgãos reprodutores da árvore é efêmera, o que dificulta, por exemplo, a sua identificação nos trabalhos de inventário florestal. No processo de extração e de transformação da árvore em madeira serrada, obviamente, as características morfológicas do vegetal, necessárias para a identificação, são eliminadas.

No início do século XX botânicos verificaram que o arranjo das diferentes células que formam a madeira guarda uma estreita relação com a espécie vegetal. Nascia, assim, um método alternativo à identificação pelas flores, e que muito contribuiu para a tecnologia de madeiras e o comércio em geral.

Nos estudos anatômicos de identificação de madeiras são utilizadas duas abordagens distintas, a macroscópica e a microscópica. Na identificação macroscópica são observadas características que requerem pouco ou nenhum aumento. Tais características são reunidas em dois grupos: as sensoriais e as anatômicas.

As características sensoriais englobam: cor, brilho, odor, gosto, grã, textura, densidade, dureza e desenhos. As características anatômicas, como camadas de crescimento, tipos de parênquima, poros (vasos) e raios; são observadas à vista desarmada ou com auxílio de uma lupa de 10 vezes de aumento. Em conjunto, as observações dessas características permitem identificar muitas das espécies comercializadas no País.

Já na identificação microscópica são observadas as características dos tecidos (muito freqüentemente já definidas no exame macroscópico) e das células constituintes do lenho, que não são distintas sem o uso de microscópio, tais como: tipos de pontoações, ornamentações da parede celular, composição celular dos raios, dimensões celulares, presença de cristais etc.

O uso de um processo ou outro, ou o uso simultâneo, depende da habilidade e treinamento do observador. Porém, para ambos tipos de identificação, é de fundamental importância que o observador disponha de uma coleção de madeiras, cujos exemplares sejam rastreáveis a amostras-padrão disponíveis em laboratórios especializados. Nestes, na medida do possível, as amostras devem provir de árvores identificadas botanicamente (com rastreabilidade) ou, ao menos, que tenham sido identificadas anatomicamente por um laboratório idôneo.

No entanto, nunca deve ser esquecido que a identificação anatômica é um processo alternativo e que em alguns não se consegue separar madeiras com propriedades mecânicas diferentes. Como exemplo, pode-se mencionar a impossibilidade de se separar muitas das espécies e híbridos de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e as diferentes espécies de piquiá/piquiarana (*Caryocar* spp.) e de carbará ou mandioqueira (*Qualea* spp.).

Nesses casos, é importante a realização de ensaio (s) mecânico (s) para melhor caracterizar o material, principalmente se a madeira se destina ao uso estrutural.

3.5 GRUPAMENTO DE ESPÉCIES

A existência da variabilidade de madeiras descrita acima torna impraticável a promoção e a comercialização abrangente de todas essas espécies, sobretudo naqueles mercados abastecidos tradicionalmente por poucas espécies de madeira. Tais circunstâncias sugerem uma abordagem para redução da heterogeneidade das madeiras, através do

grupamento ou reunião das mesmas em categorias de propriedades comuns.

Grupamentos ou classificação das madeiras através de suas propriedades, tais como: densidade de massa, estabilidade dimensional, resistência mecânica, durabilidade natural, cor, comportamento no tratamento preservativo, no processamento mecânico e na secagem; ou ainda, através de características, como: uso final, grupos de uso final, graus de comercialização etc., já foram elaborados por diversos autores.

A multiplicidade de sistemas de grupamento se de um lado revela que o conceito de grupamento já é amplamente aceito, de outro lado mostra a necessidade de padronização dos procedimentos.

No mercado brasileiro o grupamento já é praticado, porém de forma não técnica e com desconhecimento por parte do usuário final. Estudo realizado pelo antigo IBDF, ao buscar explicações para os freqüentes enganos de identificação de madeiras amazônicas no comércio, propôs que a cor e a densidade estariam provocando esses enganos e servindo como base para grupamentos, tais como: madeiras avermelhadas e pesadas (jatobá, muiracatiara, angelim-vermelho etc.), avermelhadas e leves (mogno, cedro, quaruba, cedrinho etc), amareladas (pau-amarelo, tatajuba, guariúba e muirajuba) e brancas (açacu, paraparã, amapá etc.)

Segundo ZENID (2001), ao analisar as madeiras empregadas na construção civil na cidade de São Paulo, constatou que sob o nome de cedrinho estão sendo comercializadas 15 diferentes espécies de madeira (amazônicas e de reflorestamento), que em comum tinham, além desse nome, o fim a que eram destinadas: uso temporário nas obras.

O lado positivo dessa verificação é a constatação da aplicação prática do conceito de grupamento de espécies por uso final (várias espécies sendo aplicadas num determinado uso) e a aceitação, portanto, de outras espécies de madeira não tradicionais.

Porém, a forma como este processo está se desenvolvendo, baseado na escolha das espécies pela tentativa-e-erro e sem, pelo menos aparentemente, o conhecimento do consumidor é inadequada e poderá aumentar o preconceito em relação a madeira como material de construção. Marco importante foi alcançado pela tecnologia de produtos florestais brasileira com o advento da norma NBR 7190 "Projeto de estruturas de madeiras" da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e que substituiu a NBR 6230 com profundas alterações na metodologia e procedimentos de ensaios.

Na nova Norma foram estabelecidas três classes de resistência C 20, C25 e C 30 para as madeiras de coníferas (pinus e pinho-do-paraná, p. ex.) e quatro classes - O 20, O 30, O 40 e C 60 - para as madeiras de dicotiledôneas (peroba-rosa, ipê, jatobá, p. ex.).

No estabelecimento dessas classes foram consideradas propriedades físicas (densidade

de massa básica e aparente), de resistência (compressão paralela às fibras e cisalhamento) e de rigidez (módulo de elasticidade).

A utilização de classes de resistência elimina a necessidade da identificação botânica da madeira, pois num projeto estrutural desenvolvido de acordo com essa norma bastará a verificação da alocação das propriedades de resistência de um lote de peças de madeira á classe de resistência especificada no projeto.

É importante salientar que a necessidade da identificação da espécie foi suprimida no que diz respeito á resistência mecânica, mas ainda é necessária quando se considera a necessidade de se empregar madeiras naturalmente resistentes ou permeáveis ás soluções preservantes em função da classe de risco de deterioração biológica a que a madeira estará exposta (item 10.7 da NBR 7190/97).

4 – QUALIDADE DA MADEIRA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Quais são os critérios de avaliação da engenharia civil e arquitetura frente à madeira, para as obras de construção civil ? Segundo o Prof. EUGEN STUMPP, no Caderno de Estudos Tecnológicos da UNISINOS, de 1997, podem ser resumidos nos seguintes :

- **Estabilidade dimensional** : esta qualificação da matéria-prima influi diretamente na qualidade de uma obra. É função direta do índice de retração da madeira do estado verde ao estado de umidade de utilização. Na fase de secagem, a madeira retrai. Com um novo aumento de umidade, dilata. Todas as pináceas, como também as outras coníferas, apresentam índices baixos e, portanto, são consideradas de excelente estabilidade dimensional.
- **Trabalhabilidade** : a madeira não deverá opor muita resistência ao ser serrada, aplainada, fresada, lixada, furada, pregada, colada... Tanto em máquinas, como manualmente. A trabalhabilidade é função da massa específica, e as pináceas apresentam valores relativamente baixos. Também é influenciada pelos diversos ingredientes nos vazios celulares, como óleos, sílicas, taninos, etc. Normalmente as pináceas são fáceis também neste ponto, exceto uma ou outra com alto teor de resina.
- **Massa específica** : o profissional prefere madeiras mais leves. Para orientação, serve o limite superior de $0,7 \text{ g/cm}^3$. Massas superiores são também viáveis para aplicações especiais como pontes e similares. A massa interfere diretamente no peso próprio de uma estrutura. Massas superiores também podem ser preferidas para componentes sujeitos a fortes atritos, como escadas, pisos industriais, etc.
- **Resistência mecânica** : uma primeira referência é o módulo de elasticidade de uma madeira. Este varia conforme a espécie para pináceas a 15% de umidade e ensaio de flexão entre 7.500 a 14.000 N/mm^2 . São valores perfeitamente viáveis para estruturas e

outros usos afins. A *Picea abies*, como matéria-prima de mais de 90% de estruturas coladas na Alemanha, apresenta $E_{15} = 10.000 \text{ N/mm}^2$ e serve como referência.

- **Durabilidade** : a madeira de cerne de todas as pináceas tem boa e até excelente resistência aos ataques de fungos e insetos xilófagos.. O restante apresenta durabilidade moderada. Conforme o caso, deve ser tratada. A tratabilidade das pináceas é boa, tanto para preservativos a base de solventes ou de água.
- **Estética** : especialmente para fins de decoração, a cor, os veios, a inclusão de nós ou outros aspectos, apresenta peso na escolha. As pináceas têm na diferenciação dos anéis um grande plus. Também nós fixos bem distribuídos podem destacar a beleza de uma madeira.
- **Disponibilidade e preço** : as pináceas satisfazem os dois critérios.
- **Reflorestabilidade** : sem dúvida, um dos critérios mais importantes, que garante o futuro de fornecimento de madeira, como matéria-prima perene.

5 – APLICAÇÕES DA MADEIRA REFLORESTADA

Eucaliptos e pinus reflorestados podem ser transformados, entre outros, em móveis para o lar e escritórios, bancos de praças, alojamentos, quiosques, casas pré-fabricadas, peças decorativas, passarelas para pedestres, estruturas para pequenos, médios e grandes vãos, etc. Os profissionais que trabalham na área sabem que isso é totalmente factível.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pesquisa a utilização de madeira reflorestada na construção civil, principalmente pinus e eucalipto. Segundo o professor e pesquisador do Laboratório de Experimentação em Estruturas do curso de Engenharia Civil, CARLOS ALBERTO SZÜCS, responsável pelo projeto “ *é uma solução ecologicamente correta porque minimiza a exploração da mata primária, que é escassa e cara* “.

Outro mérito da madeira reconstituída, explica o professor Szücs, “ é que a exploração comercial não é limitada pela geometria e diâmetro do tronco, tão pouco pela idade das espécies. Entre 20 e 25 anos, consideradas jovens, atingem o pico de crescimento e estão prontas para o corte”.

Dentre as aplicações modernas na construção civil, com utilização de madeira de reflorestamentos, podemos citar :

- Estruturas coladas de grandes vãos com até 150 m : arcos parabólicos bi ou tri-rotulados para pavilhões esportivos, industriais e outros. Vigamentos planos e pórticos colados para diversos fins. Na Europa Central, 95% dos mesmos são produzidos em madeiras de pináceas.
- Passarelas de vigamento colado ou vigas conectadas de grandes vãos e extraordinária beleza dentro dos centros urbanos e em regiões rurais.
- Residências, total ou parcialmente de madeira em regiões rurais, de lazer, condomínios urbanos ou casas isoladas.

- Estruturas de decoração interna de residências ou edificações, vigamentos, forração, escadas, pisos.
- Prédios públicos, pavilhões de eventos, igrejas e similares.
- Estruturas rústicas diversas.
- Muros anti-ruídos em auto-estradas e ferrovias.
- Restauração de centros urbanos e prédios históricos de enxaimel (Fachwerk).

5.1 – UTILIZAÇÃO DE MADEIRA SERRADA EM ESTRUTURAS

Com a exploração das florestas de forma extrativista, determinadas espécies de madeira ficaram escassas e caras. Com isso, tornou-se necessário buscar alternativas de substituição, e estas foram encontradas na madeira de florestas plantadas, pois com manejo adequado, pode-se produzir um material de características físicas e mecânicas bem adaptadas às condições de uso, inclusive em estruturas. Assim, surgiu a técnica do laminado-colado, também conhecida como Madeira Laminada Colada (MLC). Segundo SZÜCS, pode assim ser definida:

Chama-se “ Madeira Laminada Colada” peças de madeira reconstituídas a partir de lâminas de madeira (tábuas), que são de dimensões relativamente reduzidas se comparadas às dimensões da peça final assim constituída. Essas lâminas, que são unidas por colagem, ficam dispostas de tal maneira que suas fibras fiquem paralelas entre si.

Esta técnica, pouco difundida no Brasil por vários fatores, inclusive o preconceito ainda existente sobre a madeira reflorestada, é muito utilizada nos países do hemisfério norte, sob as mais variadas formas estruturais, como passarelas, escadas, abrigos, pontes, e até grandes estruturas para grandes vãos livres.

No Brasil, são poucas as indústrias que investem na tecnologia da MLC. Em Lages, a Battistella Indústria e Comércio Ltda é uma delas, fabricando vigas coladas para todas as finalidades, estruturas para telhados, subtelhado, “siding” para revestimento de paredes, telhas de madeira, peças isoladas e casas pré-fabricadas.

No caso de vigas coladas, para pequenos vãos, a Battistella detém um processo tecnológico, que emprega peças de madeira selecionadas, de dimensões reduzidas, que coladas entre si com resina estrutural a prova d’água sob pressão, compõem uma peça única de dimensão maior, transversais ou longitudinais. Os processos de seleção e colagem de peças

de madeira proporcionam vantagens no comportamento estético e estrutural, em relação a peças de madeira maciça, das quais destacam-se :

- Estabilidade dimensional, proporcionada pela minimização de tensões internas em peças múltiplas de pequenas dimensões, evitando tensões e deformações comuns às vigas de madeira maciça de grande dimensões.
- Inexistência de defeitos internos na peça, como nós que comprometem a resistência da viga, rachaduras ou bolsas de resina que não seriam visíveis numa peça maciça de grandes dimensões.
- Maior controle tecnológico no processo de beneficiamento da madeira.
- Grande versatilidade arquitetônica e estrutural, proporcionada pela possibilidade de composição de seções transversais e comprimentos que não seriam possíveis em peças de madeira maciça.

Tabela 7 : BITOLAS PADRONIZADAS DAS VIGAS EM MLC

Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
45	135,162,189,216,243,270,297	6.400
70	135,162,189,216,243,270,297	6.400
90	135,162,189,216,243,270,297	6.400
115	135,162,189,216,243,270,297	6.400

Fonte : Battistella Ind. Com. Ltda.

Características Gerais :

- Origem da madeira : cultivos próprios, manejados de forma sustentável.
- Espécie : Yellow Pine (*Pinus taeda*), originário da região sudeste dos EUA.
- Secagem : Madeira seca em estufa a vapor de alta temperatura.
- Umidade aproximada : 16 %.
- Classe de resistência : Madeira classe C 25 (segundo classificação da NBR-7190/97 e ensaios realizados pelo L.E.E. – Laboratório de Estruturas, da UFSC.
- Colagem : Resina de colagem a prova d'água, tipo fenólica (WBP) conforme norma britânica BS 1455. Emendas de topo tipo *finger joint* , intercaladas entre as peças componentes da seção transversal.

- Acabamento : Aplainado nas quatro faces ou serrado rústico.
- Processo de Tratamento da Madeira : Osmopressurização tipo célula cheia sob regime de vácuo-pressão em usina autoclave, em conformidade com as normas da ABNT e AWWA (American Wood Preserver's Association), órgão americano que normatiza o setor de preservação de madeiras. Este processo torna a madeira imune ao ataque de insetos xilófagos (como o cupim) e fungos apodrecedores, mesmo em contato com o solo ou água doce.
- Retenção : 6,5 Kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratável (CCA-C óxido-osmose K-33 C).
- Aparência : Madeira natural com tom esverdeado devido ao tratamento. Nós, fissuras e medulas são da própria natureza da espécie de madeira e não causam prejuízos estruturais.
- Peso específico : aproximadamente 470 Kg/m³.

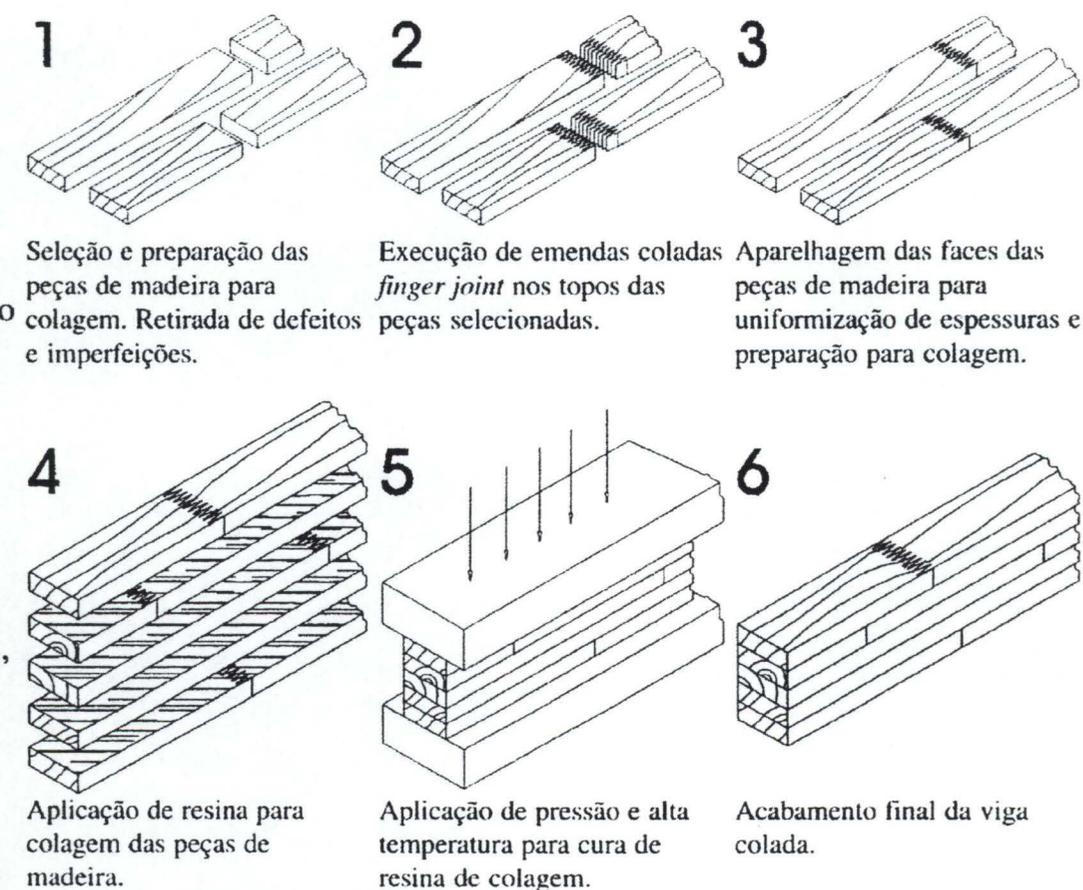


Figura 4 : Processo de montagem de viga colada

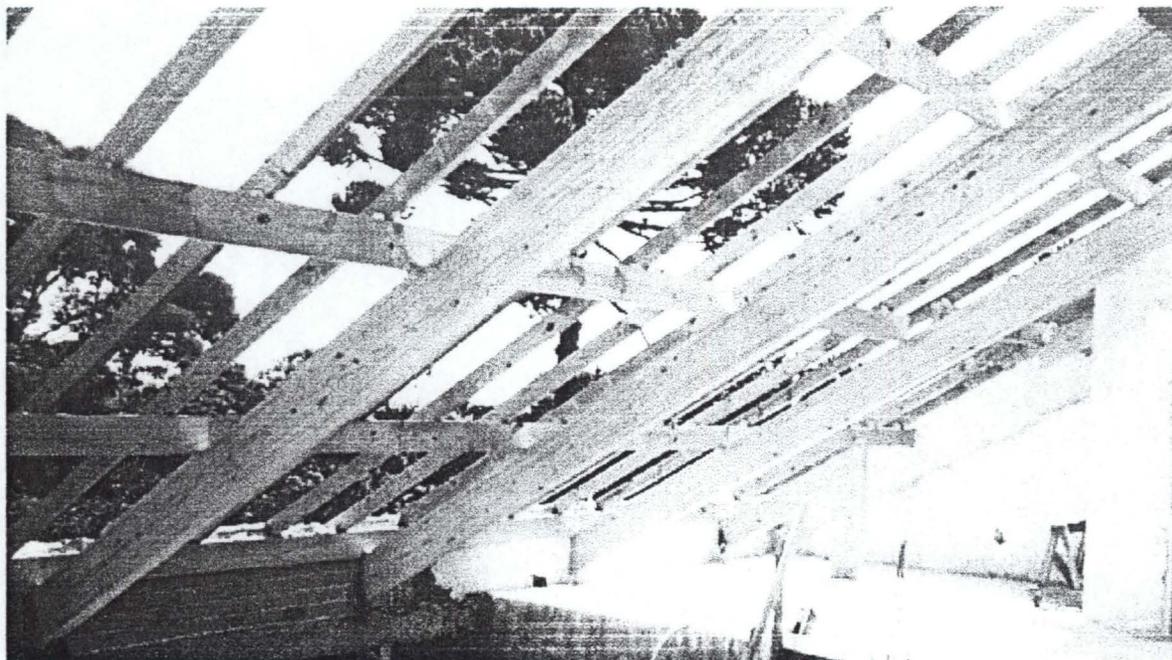


Figura 5 : Estrutura para telhado com vigas de MLC

Para vencer grandes vãos com a utilização da madeira laminada colada, os estudos avançam em importantes centros de pesquisa no Brasil, como é o caso das Universidades Federais de Minas Gerais e de Santa Catarina. As pesquisas levam em conta o uso de diferentes tipos de madeira numa mesma peça, novas máquinas e equipamentos ou o reforço das peças com novos materiais. Os estudos alinham algumas vantagens da técnica : leveza, possibilidade de vencer grandes vãos, liberdade de formas (arcos, pilares, vigas, retas, curvas ou composições de geometria), além da facilidade em distribuir as lâminas mais robustas e sem nós em pontos da estrutura submetidos a maiores esforços.

A moldagem é feita com a composição de lâminas de madeira de 10 mm a 50 mm de espessura, com largura e comprimento variáveis, dependendo da seção da peça, forma e vão que se quer atingir.. Um grande arco, por exemplo, tem seu formato definido no momento da produção, graças a um berço de prensagem, que força as várias lâminas de madeira a assumirem aquele contorno até que a cola estrutural complete sua cura.

A espessura da peça, o tamanho e a qualidade de cada lâmina vão depender do grau de curvatura e do peso que a estrutura suportará ; além disso, quanto maior a peça desejada, maiores devem ser os conjuntos de lâminas usadas.

Grandes vãos exigem emendas longitudinais, que podem ser de topo, denteadas, biseladas ou em cunha. A junção entre as várias peças de laminado e delas com as fundações ou coberturas é feita com emendas metálicas, aparafusadas aos elementos.

O laminado pode ser usado em pontes de qualquer vão, estruturas de galpões industriais, estruturas de coberturas, hangares, ginásios, pilares em “T” para prédios de até quatro andares, casas, torres de transmissão, escadas, elementos decorativos, varandas, móveis, passarelas, etc.

27

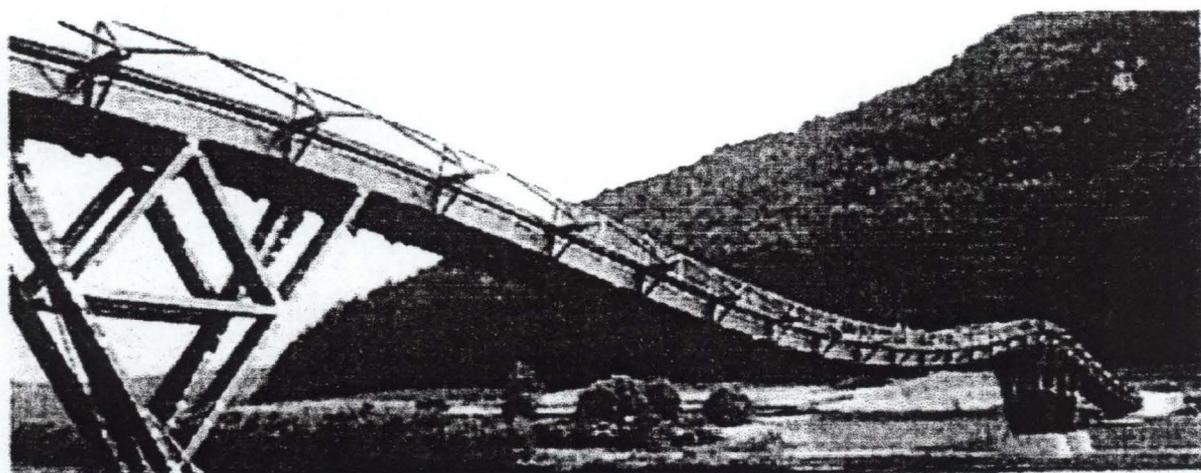


Figura 6 : Passarela sobre o canal Meno, no Danúbio

Comparando o laminado colado com outros tipos de estruturas o professor EDGAR VLADIMIRO MANTILLA CARRASCO, da Universidade Federal de Minas Gerais, afirma que para vencer vãos de 10m uma viga precisaria ter em torno de 40 cm de largura, contra 80 cm de uma equivalente em concreto. Além disso, o laminado tem menor peso morto, apresentando densidade de em torno de 0,5 g/centímetro cúbico. O concreto tem cerca de 2,5 g/cm³ de densidade, e o aço 7,8 g/cm³. “ Isso implica menores esforços nas fundações, com redução do custo do empreendimento, vãos livres maiores, além do conforto térmico e da beleza plástica que o laminado confere”. Outra vantagem citada pelo professor : a madeira tem boa resistência à compressão e à tração, dispensando estruturas mistas, como o concreto, que exige armaduras para responder ao tracionamento.

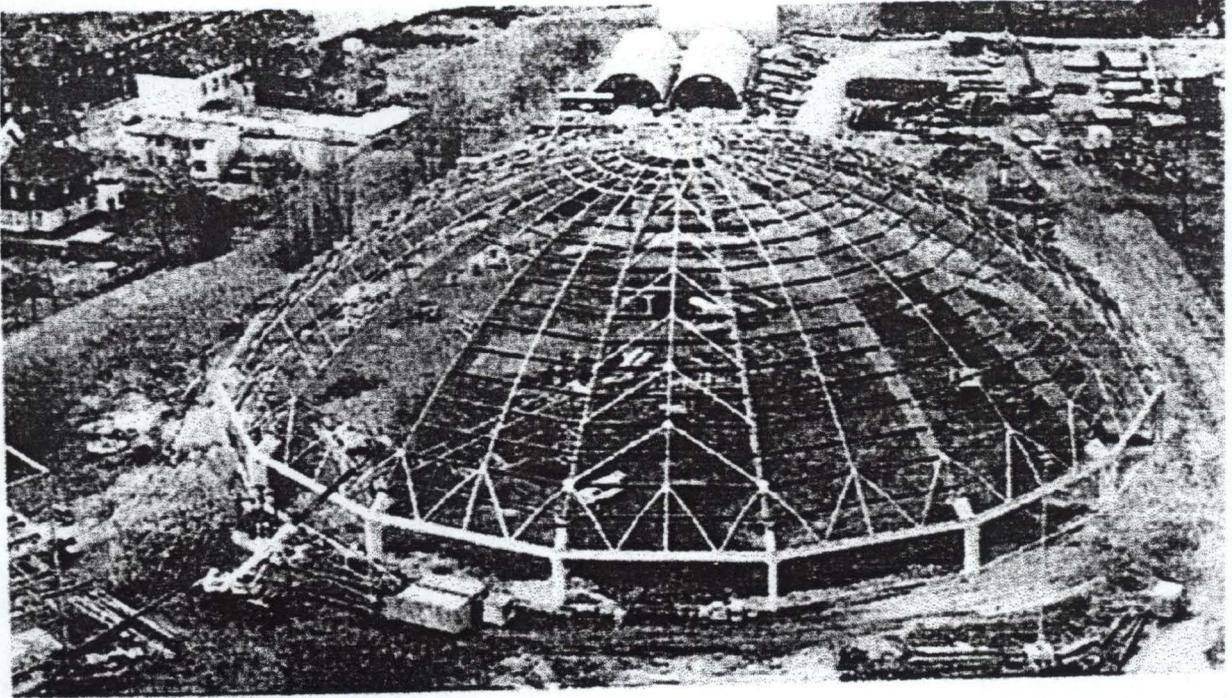


Figura 7 : Cúpula mista de concreto e madeira

SZÜCS está utilizando dois tipos de pinus, - o *taeda* e o *elliotti*, disponíveis na Região Sul, e cola à base de resorcinal-formol. A madeira é tratada em autoclave com produto CCA, que confere proteção contra microorganismos nocivos e aumenta a vida útil para cerca de 30 anos.

Considerando que o custo da cola é o maior obstáculo para a popularização da madeira laminada colada, a equipe do professor SZÜCS, no Laboratório de Experimentação em Estruturas avalia outros tipos de adesivos, mais baratos, porém eficientes em relação aos esforços de tração e cisalhamento. Também desenvolvem pesquisas sobre ligações transversais às fibras de madeira, e sobre esforços de tração nas ligações de entalhes múltiplos. Além disso, a equipe estuda, ainda, a possibilidade de substituir ligações de continuidade das tábuas – feitas em entalhes múltiplos – por ligações de topo e ligações reforçadas lateralmente com tecido de fibra de vidro, dentro da junta.

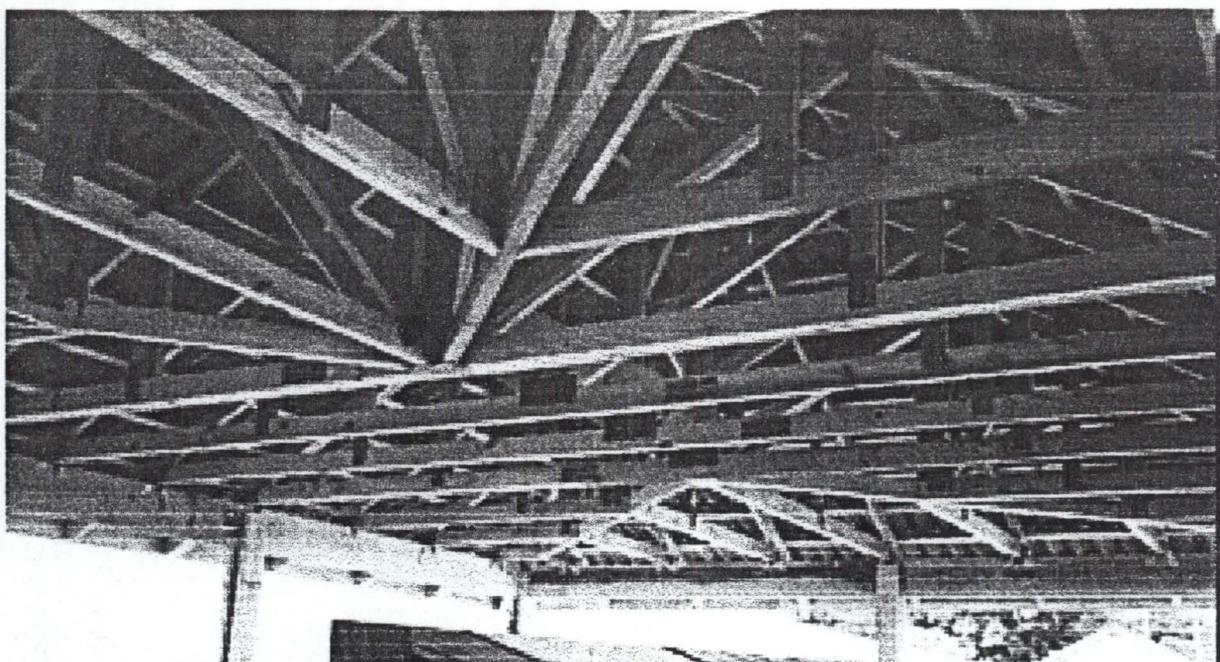


Figura 8 : estrutura de uma cobertura média com peças de MLC

5.2 – A MADEIRA COMO ALTERNATIVA PARA HABITAÇÕES

Brasil possui uma forte tradição construtiva em alvenaria de tijolos, Este sistema construtivo foi trazido pelos portugueses na época da colonização. utilizando a mão de obra escrava para carregar pedras, fabricar tijolos e telhas. O uso da madeira na construção de

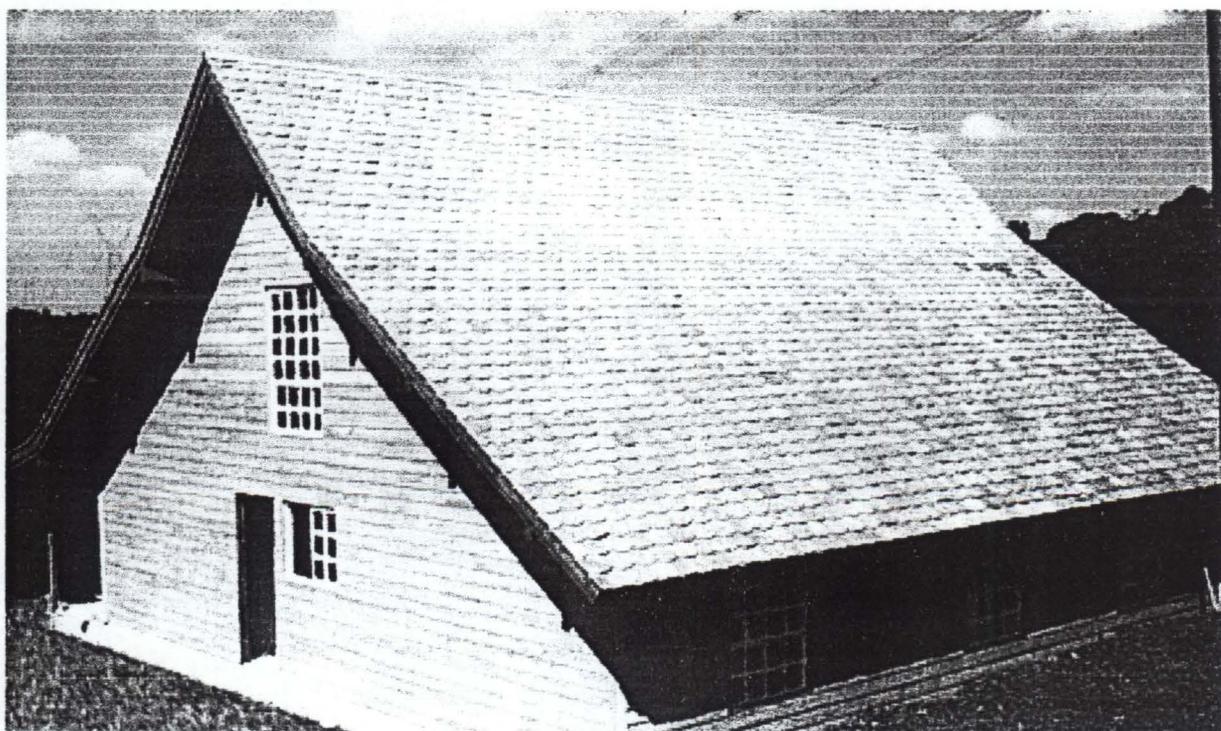


Figura 9 : Casa totalmente em madeira, inclusive as telhas.

habitações se deu fundamentalmente na região sul e sudeste, onde a matéria prima a Araucária (“Pinheiro do Paraná”) era abundante. A maioria dessas casas eram construídas com tábuas na vertical e mata juntas para eliminar as frestas entre elas. O desconhecimento do método construtivo fez surgir um preconceito com relação às construções em madeira. Este preconceito está fundamentado no uso inadequado da madeira com problemas de secagem, tratamento, projeto, especificações e outros, aliado ao meio ambiente tropical que acelera a sua deterioração.

Existem vários processos construtivos e subsistemas de construções utilizando o material madeira. Apesar de podermos classificar alguns destes sistemas como artesanal, identificamos muitas vantagens em relação às construções em alvenaria. Conforme trabalho realizado pela Arquiteta CRISTINE LAROCA, professora do CETEF-PR, descrevemos os principais sistemas construtivos em madeira.

5.2.1 Principais sistemas construtivos em madeira

a) Sistema construtivo tipo viga - pilar e paredes com encaixe macho e fêmea

Como o próprio nome já define a estrutura é independente da vedação ou seja, as paredes tem a função de vedar e os pilares e vigas tem função estrutural. Os pilares de madeiras podem se fixados na fundação por meio de parafusos metálicos e escorados.

Na fase subsequente as pranchas de parede são encaixadas nos montantes (pilares) que possuem rasgos. A simples colocação das paredes tem a função de travar a edificação.

A proposta deste sistema é poder utilizar madeira com elevados teores de umidade, por este motivo há um rasgo na face inferior das vigas onde devem ser encaixadas as pranchas de paredes para evitar a abertura de frestas em função da variação do volume da madeira seca e úmida. A estrutura do telhado é convencional, podendo ser construído com terças, caibros ou dependendo do vão tesouras e treliças espaciais.

b) Sistema construtivo tipo plataforma e bailou trame

Este é considerado um sistema leve de construção. Ao contrário do sistema viga pilar as paredes e a plataforma de piso tem a função não só de vedação mas também estrutural. Aproximadamente 70% das construções residenciais nos EUA e Canadá usam este método. Consiste numa trama estrutural com pé direitos duplos, espaçados de 40cm a 60 cm (no caso de edificações de dois pavimentos) a estrutura do piso é apoiada sobre vigas mestras.

c) Outros sistemas construtivos

Madeira Roliça

Sistema construtivo mais utilizado pelos imigrantes poloneses no início do século XX, utiliza madeira roliça com encaixes entre as toras.

Tábuas com mata juntas

Este sistema é utilizado para casas populares. Geralmente o tipo de madeira aplicada em paredes, assoalhos, forro, portas, rodapés, caibros é o *Pinus Elliotti*. Para estrutura utiliza-se geralmente vigotes de 2"x3", as paredes são de tábuas de 1"x 12" com altura variável colocadas lado a lado e vedadas com mata junta (sarrafos de 1/2" x 2"). Deve-se observar que nesse sistema pode ocorrer o uso inadequado de espécies de madeira não tratada que possuem baixa resistência aos agentes biodegradantes.

5.2.2 Vantagens e desvantagens do sistema construtivo em madeira em relação ao sistema tradicional de alvenaria de tijolos

São inúmeras as *vantagens* dos sistemas construtivos em madeira com relação ao de alvenaria. Podemos estabelecer alguns parâmetros de comparação:

a) Fundação

O sistema de fundação está sempre em função do tipo de solo e do peso da construção. O peso de uma edificação em madeira é muito menor que o de alvenaria por tanto há um menor consumo de material de fundação.

b) Paredes- isolamento térmico

As trocas de energia entre o interior e exterior de uma edificação tem como determinante o envelope construtivo. A madeira é considerada um fechamento opaco. A transmissão de calor acontece quando há diferença de calor entre a temperatura interna e externa. A radiação incidente tem uma parcela absorvida e outra refletida, que depende da refletividade e da absorvidade do material. Com a elevação da temperatura externa, haverá um diferencial entre a temperatura da superfície interna e externa, que traduzirá numa troca de calor entre as duas. Nesta fase a troca de calor se dá por condução e a intensidade do fluxo do calor vai depender do material, e da sua condutividade térmica. Quanto maior for este valor, maior será a quantidade de calor transferido entre as superfícies.

A madeira é considerada um material com baixa condutividade térmica devido a sua constituição. A transmissão de calor é dada pelo coeficiente da condutividade interna, a qual se define como a quantidade de calor que atravessa por hora, em estado de equilíbrio um cubo de um metro de aresta de uma face a outra, uma diferença de 1°C.

A madeira tem um calor específico muito elevado, requer muita quantidade maior de calor que outros materiais para alcançar uma determinada temperatura. O coeficiente de condutividade térmica da madeira é $\lambda=0,29$ a $\lambda=0,15$ (dependendo da espécie), para alvenaria $\lambda=0,65$, concreto $\lambda=1,5$. A madeira é um excelente isolante térmico, devemos ter um especial cuidado com a orientação da casa em relação ao sol, a ventilação e vedação das portas e janelas, e principalmente o isolamento térmico das coberturas. Se estas medidas não forem observadas corremos o risco de criar verdadeiras estufas ou congeladores.

c) Paredes — isolamento acústico

A absorção do som é diferente de isolamento acústico. Isolamento requer materiais densos; a absorção requer maciez, porosidade. A madeira é um bom condutor do som apesar da sua porosidade. A velocidade de propagação do som através das fibras é quase igual a dos metais. Paredes construídas com dois ou mais elementos que não estejam diretamente em contato, (câmara de ar) são mais eficientes no isolamento acústico. A transmissão do som está diretamente relacionada ao peso do material. A alvenaria tradicional é mais eficiente em relação ao isolamento acústico por ser um material mais “pesado” que a madeira. Devemos buscar soluções técnicas que procurem solucionar problemas relativos ao conforto acústico no interior das edificações de madeira.

d) Consumo energético

Com a crise energética instalada em nosso país, o consumo energético no processo de produção do material é muito importante. A madeira serrada possui baixo consumo energético em seu processamento. A energia solar responde pela formação da madeira e a usinagem requer baixo consumo energético (madeira serrada 1 MJ/KG). A fabricação do concreto, do aço e do alumínio, matérias primas muito utilizadas na alvenaria de tijolos, tem um maior consumo energético em seu processamento (aço <33MJ /KG, concreto 2MJ/KG, alumínio 145MJ/KG).

e) Tempo de construção

Esta é a unia das maiores vantagens sobre o sistema convencional, os componentes podem chegar á obra pré-cortados ou mesmo pré-fabricados, reduzindo muito o tempo de execução da obra A alvenaria de tijolos é um sistema construtivo bastante artesanal pois a estrutura é feita no próprio canteiro e as paredes são levantadas sobrepondo-se tijolo por tijolo.

e) Desperdícios

No Brasil segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil, este índice é de 1/3, ou seja, há tanto desperdício que de cada 3 casas construídas uma é ‘jogada fora’. O desperdício se dá à partir da inexistência de projetos, mal planejamento das ações no canteiro ou simplesmente a falta de mão de obra capacitada, por inexistência ou por não se querer compensá-la corno tal. No processo construtivo de madeira, as peças. na maioria dos casos, pode chegar à obra pré-cortadas ou pré-fabricadas (montados em painéis) não havendo desperdícios.

f) Instalações elétricas e hidráulicas

Nos sistemas construtivos em madeira não há a necessidade de construir para depois destruir. As tubulações podem passar por dentro dos painéis ou no caso do sistema viga pilar e paredes maciças. passa ao lado dos pilares por meio de urna régua elétrica. A instalação hidráulica também passa por dentro dos painéis. Deve-se tomar muito cuidado na utilização da madeira sem tratamento em áreas úmidas em virtude da proliferação de agentes biodegradantes como fungos e bactérias. Em madeiras tratadas o revestimento cerâmico é simplesmente colado sobre os paineis.

h) Resistência ao fogo

A evolução de um incêndio depende dos materiais envolvidos. As cortinas, carpet , móveis, objetos e a pintura são os primeiros a pegar fogo. Os regulamentos de proteção ao fogo usualmente classificam o material conforme sua resistência a temperaturas de ordem de 850 °C , temperatura do centro de um incêndio no qual o material deveria suportar até a extinção do mesmo. Todos os tecidos da madeira são combustíveis, e apesar deste fato apresenta uma resistência alta ao fogo quando comparada com outros materiais estruturais como o aço por exemplo

A madeira se carboniza lentamente na presença do fogo, havendo unia redução da sua

secção transversal no lado exposto a uma velocidade de aproximadamente de 0,64mmn/minuto . Os elementos de secção transversal maiores resistirão mais ao tempo portanto é recomendado o calculo de uma madeira de sacrificio necessária para satisfazer o tempo de resistência requerido.

i) Durabilidade

Ao contrário do que muitos pensam a habitação em madeira pode ter uma durabilidade muito grande. Tudo depende em primeiro lugar de questões projetuais, existem muitos detalhes construtivos que proporcionam a proteção das peças. Deve-se respeitar as limitações do material e especificar adequadamente a espécie de madeira para cada uso. Outra questão muito importante e procurar afastar a madeira do solo, bem como retirar os restos de madeira que possam servir de alimento para cupins. Há uma regra geral: algumas espécies são naturalmente mais resistentes a agentes biodegradantes. Numa construção de madeira é indispensável o acompanhamento de um profissional capacitado na área de construções em madeira. Pois a questão da durabilidade é sempre um conjunto de variáveis.

Não existe madeira ruim , o que existe é a especificação e uso inadequado da espécie. Aproximadamente 30% de uma edificação de alvenaria é feita de madeira, a estrutura do telhado, aberturas, portas e janelas e os acabamentos, rodapé, forro etc. As medidas preventivas devem ser as mesmas de uma casa de madeira. A prevenção é a melhor cura.

A madeira é um excelente material de construção sob todos os aspectos. Conforto, plasticidade, rapidez de montagem e durabilidade, não tem substitutos na construção civil. Morar em uma casa de madeira é sem dúvida estar mais perto da natureza, pois este material possui uma enorme gama de cores, texturas e aromas que podem ser explorados pelos arquitetos e projetistas na criação de espaços confortáveis.

6 - MODELO DE HABITAÇÃO POPULAR EM MADEIRA

O Brasil ainda é um país com grande déficit habitacional, atingindo principalmente as camadas menos favorecidas. Estima-se que cerca de 6 000.000 de pessoas não possuem casa própria, o que obriga o Poder Público a oferecer alternativas para minimizar este problema.

Historicamente no país, a madeira tem sido empregada na construção civil em utilizações secundárias, tapumes, formas para concreto, escoras, etc.), sendo o tijolo e o concreto os principais materiais para construção de habitações. Estima-se que 45% da madeira serrada no país seja destinada para a indústria da construção civil, o que torna evidente que apenas o emprego maciço destes materiais não soluciona a questão do déficit de moradias. VALLE (2002).

De acordo com as autoridades responsáveis pelo financiamento do setor habitacional, não existe financiamento para casas de madeira porque não são consideradas duráveis, ou seja, o bem se acaba antes de se terminar o financiamento. Isto ocorre porque não são observadas as normas técnicas adequadas; se obedecidos os padrões técnicos testados e *reconhecidos*, uma casa de madeira torna-se um bem tão ou mais durável que aqueles construídos através de outras técnicas e materiais.

O presente projeto elaborado pelo Laboratório de Produtos Florestais do **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)**, em conjunto com a **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB)** representa uma proposta que visa contribuir para a redução deste déficit habitacional. ao mesmo tempo em que valoriza a madeira enquanto material construtivo de inegável valor,

6.1 – METODOLOGIA PROJETUAL

O projeto de Habitação Popular em Madeira foi concebido a partir das seguintes premissas:

- Utilização de espécies de madeiras adequadas á sua função na habitação, complementada por procedimentos de manutenção, reparo e substituição de componentes, de forma a garantir a durabilidade desejada.
- Definição de um sistema estrutural e construtivo flexível adaptável a vários tipos de fechamentos de acordo com a disponibilidade de material nas diferentes regiões de implantação do projeto.
- Simplificação do processo construtivo, possibilitando a utilização de mão-de-obra do futuro morador em regime de mutirão,
- Independência entre estrutura e vedação. o que permite diferentes opções de distribuição interna dos ambientes, além de favorecer a rápida execução da estrutura e cobertura da casa, para um posterior fechamento (provisório ou definitivo);
- Modulação estrutural em múltiplos de 90 cm, abrindo a possibilidade de iniciativas de industrialização e comercialização de peças, componentes e painéis de vedação;
- Opções diferenciadas de soluções de conforto ambiental para diferentes regiões de implantação, conto ventilação cruzada nos vãos de telhado, cobertura com telha cerâmica e piso elevado, dentre outros.
- Pintura dos painéis de vedação, diminuindo a permeabilidade da madeira e absorção de calor, bem como contribuindo para diferenciar as habitações;
- Possibilidade de expansão, considerando as dimensões reduzidas dos lotes destinados aos programas de habitação de baixo custo.

6.2 – DESCRIÇÃO DO PROJETO

A habitação possui uma área construída de 52,00m², constando de sala, dois quartos, cozinha, sanitário, área de serviço e varanda. O módulo do sanitário será executado em alvenaria, concentrando-se todos os pontos de água em urna parede, a chamada “parede hidráulica”. No restante da casa. a estrutura em madeira define as dimensões dos cômodos, como pode se observar na *Figura 1*, na versão finalizada com painéis de peças curtas.

As janelas estão localizadas quase sempre nas paredes que recebem beirais frontais e, portanto mais protegidas das intempéries. As paredes do fundo da casa não possuem aberturas (portas ou janelas), permitindo a expansão na direção do fundo do lote, o que determina que a locação do módulo inicial seja feita na parte frontal do terreno.

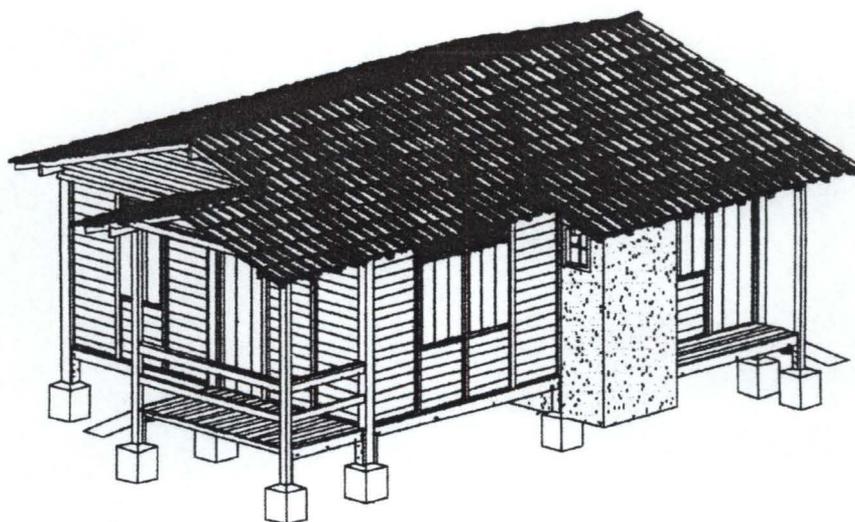


Figura 10 – Vista externa da habitação em painéis de peças curtas

O projeto arquitetônico buscou o maior aproveitamento possível da área construída, com a mínima área de circulação e o uso das varandas como uma extensão da área interna conforme ilustrado na figura 2. A varanda principal foi concebida levando-se em consideração o rigor do clima nas regiões Norte e Nordeste, onde o calor intenso obriga os moradores a ficarem fora da casa sempre que possível. Além disso, a sua presença na fachada principal valoriza a estética arquitetônica, item quase sempre ignorado em projetos de habitação de baixo custo.

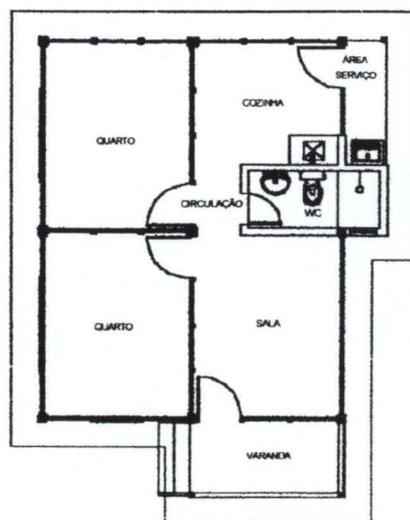


Figura 10.1 – Planta Baixa

6.3 – ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

À seguir, estão descritas as várias etapas de implantação da habitação, desde os serviços preliminares, até os procedimentos de manutenção. Estas etapas foram definidas considerando a otimização de recursos humanos e materiais a serem empregados, bem como a simplificação dos procedimentos técnicos, tendo em vista que estas habitações têm a finalidade de serem construídas em regiões carentes do país.

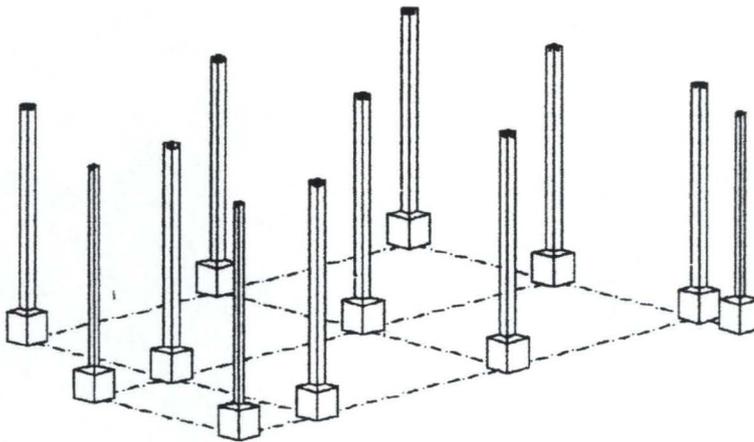


Figura 10.2 – A fundação com pilares bem alinhados e aprumados.

6.3.1 – LOCAÇÃO E FUNDAÇÃO

A disposição da casa no lote deve ser cuidadosamente observada, não se esquecendo que quanto mais próxima estiver do limite frontal, respeitando-se as normas locais, mais área haverá para a expansão em direção ao fundo do lote. A locação da casa será convencional, com uso de gabarito de madeira, e a escavação do terreno para execução de blocos e sapatas será manual. A fundação será em sapatas corridas e blocos de concreto, onde serão chumbados os pilares de madeira, devidamente alinhados e aprumados, de acordo com a Figura 3.

6.3.2 – ESTRUTURA DE MADEIRA

4.3.2

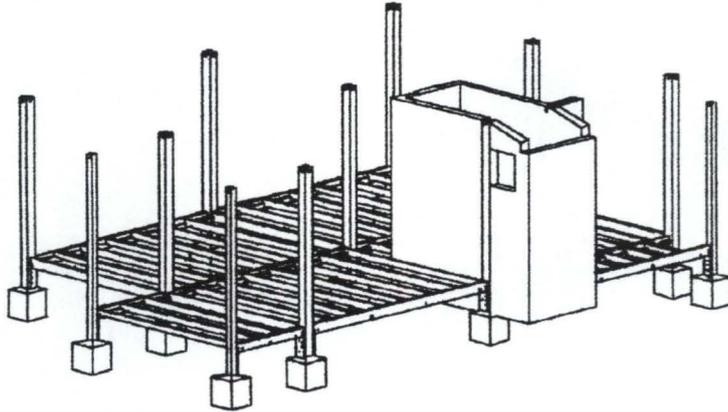


Figura 10.3 - Estrutura de sustentação do piso elevado

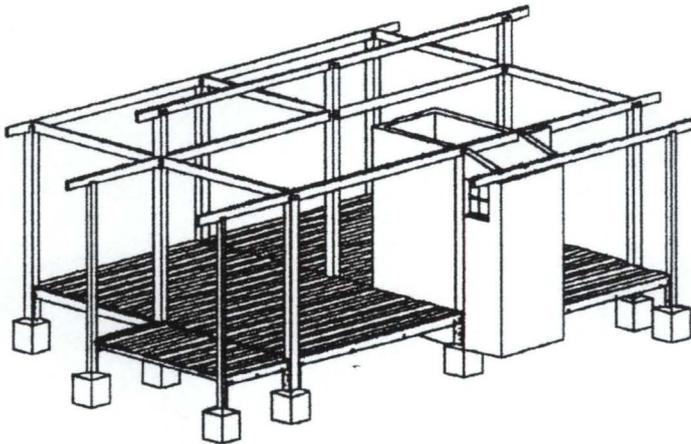


Figura 10.4 - Peças de sustentação da cobertura

Nesta etapa, o primeiro passo é a execução da alvenaria do sanitário, que servirá de apoio para a fixação de algumas peças de sustentação do piso elevado. Também poderão ser executadas as instalações hidro-sanitárias, que independem do restante da casa e podem ser priorizadas pelo construtor em função da execução simultânea da rede pública, etc.

Em relação à madeira, serão empregadas as espécies especificadas, que atendem as

condições de exposição por usos específicos e em bitolas comerciais. Não há restrições quanto ao teor de umidade, sendo possível a utilização de peças “verdes” na estrutura. Inicialmente são fixadas as peças de sustentação do piso elevado, como se vê na Figura 4, e posteriormente as peças de sustentação da cobertura, de acordo com a Figura 5. A simplificação do processo construtivo permite uma redução no número de parafusos e um maior uso de pregos nas ligações, o que também representa uma redução de custos.

6.3.3 - COBERTURA

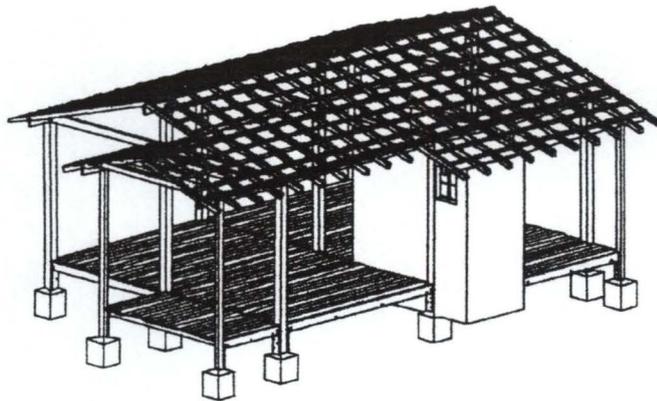


Figura 10.5 - Estrutura da cobertura, com caibros, ripas e travessas

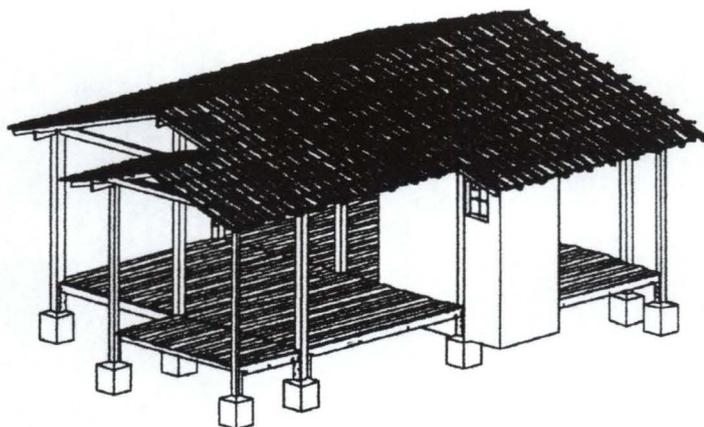


Figura 10.6 - Cobertura com telha cerâmica

A Figura 6 mostra a habitação com a estrutura de cobertura, onde são utilizados caibros e ripas, além de travessas para travamento no trecho sobre a varanda principal. Quanto aos tipos de cobertura, a telha cerâmica é a mais indicada, podendo-se também utilizar telhas de madeira, conhecidas como “cavacos”, ou de fibro-cimento.

Uma das grandes vantagens deste sistema construtivo é a realização desta etapa

independente da execução das vedações, como é comum em construções em tijolo e concreto. Ou seja, uma vez executada a cobertura, tem-se proteção contra intempéries nas próximas etapas, como se observa na Figura 7, e o futuro morador passa a ter um leque de opções para efetuar as vedações da casa, de acordo com as suas disponibilidades e da região de implantação.

6.3.4 – VEDAÇÕES, FORROS E ARREMATES

A independência entre estrutura e vedações permite que esta etapa seja executada em paralelo com a construção da casa, preferencialmente fora do canteiro de obras, em local apropriado onde serão instalados os maquinários para confecção de painéis, sejam de peças curtas, armados, de chapas ou de tábuas. A exceção se faz para vedações de alvenaria, que são executadas “in loco”.

Uma vez fabricados e estocados adequadamente, os painéis serão transportados para o canteiro e instalados na casa, obedecendo-se os cuidados de travamento e pregagem entre os mesmos, de acordo com a Figura 8.

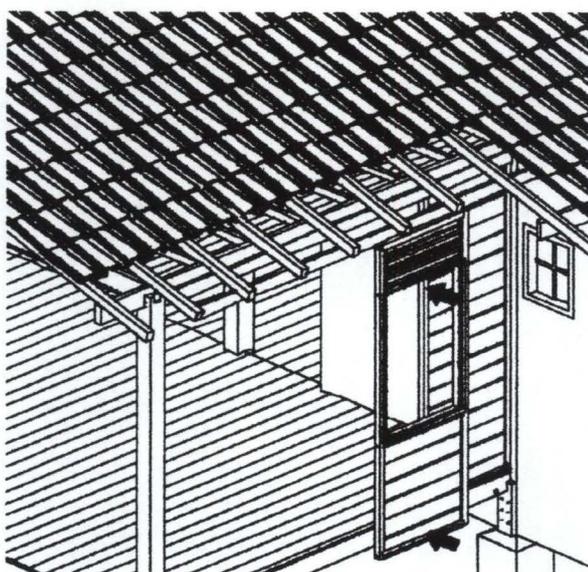


Figura 10.7 - Instalação dos painéis

Na instalação do forro, serão fixadas as peças de suporte e arremate, para a posterior pregagem deste, e cujo resultado final pode ser observado na Figura 9. A seguir são fixadas as peças de arremate como roda-forros, rodapés e alizares de portas e janelas, e as venezianas são confeccionadas nas empenas, complementando o fechamento da casa.

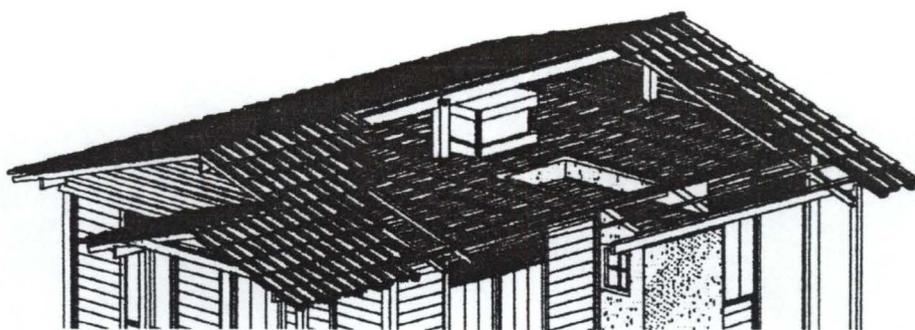


Figura 10.8 - Instalação do forro.

6.3.5 - INSTALAÇÕES

A execução das instalações hidro-sanitárias deve ser programada em função das condições dos locais de implantação, observando-se se há redes de água ou sistemas de coleta de dejetos, por exemplo. As instalações serão aparentes para energia e telefone com uso de condutes ou similares, sendo que o número de pontos de luz e tomadas pode ser alterado em função das necessidades dos moradores. Conforme foi citado anteriormente, as instalações hidro-sanitárias foram concentradas em uma só parede.

6.3.6 – PINTURA E TRATAMENTOS

Os procedimentos a serem seguidos nesta etapa são essenciais para a durabilidade da edificação, uma vez que a construção em madeira exige, assim como os demais tipos de construção, uma rigorosa observação do uso de produtos de acabamento e impermeabilização dos materiais. Sobre as paredes internas e externas será aplicada tinta acrílica, que oferece proteção contra a umidade e apresenta um aspecto visual agradável. O piso pode ser impermeabilizado com tinta acrílica para piso ou stain, e o forro com seladores ou vernizes. Como normalmente se usa madeira de baixa densidade no forro, recomenda-se que as peças sejam pulverizadas ou imersas em solução preservativa inseticida. Em relação às peças estruturais, devido à sua alta durabilidade natural, não há necessidade de tratamento preservativo.

6.3.7 – ACABAMENTOS E MANUTENÇÃO

Nesta etapa é efetuada a limpeza da casa e retirada de resíduos, sendo também conveniente a aplicação de uma camada de brita embaixo da casa para se evitar o acúmulo de

umidade no solo. A manutenção dos componentes construtivos e de acabamento está diretamente relacionada à facilidade de reparo e substituição dos mesmos, e desta forma a vistoria periódica de itens como pintura, impermeabilizações e instalações é obrigatória, evitando-se a deterioração do conjunto que resultará em condições inadequadas de habitabilidade e depreciação do patrimônio.

6.4 - CONCLUSÕES

A busca de alternativas para a redução do déficit habitacional, em um país com vocação florestal, como é o caso do Brasil, deve necessariamente passar pelo uso da madeira como elemento construtivo. Fatores como a renovabilidade e o baixo custo de beneficiamento do material, aliados ao manejo criterioso nas áreas de extração e um maior aproveitamento das árvores, contribuem para que se possa ter uma oferta constante e dentro dos padrões de qualidade pretendidos para um programa de uso intensivo destinado à habitações de baixo custo.

Neste sentido, as experiências de desenvolvimento de tecnologias construtivas com a madeira são essenciais para uma necessária otimização do seu uso, e também para difundir as suas potencialidades, que sem dúvida a qualificam como a principal alternativa para a produção de moradias em nosso país.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

NAHUZ, (2000) , salienta que, a madeira, embora seja renovável, é um recurso finito, e requer, para que sua perpetuidade seja garantida, uma administração racional, baseada no “princípio do rendimento sustentável”, o que neste caso quer dizer “uso racional da madeira com garantia de continuidade para as gerações futuras” .

A administração e uso racional do recurso florestal depende em grande proporção, de sua utilidade para o homem, e por conseguinte, do valor que lhe é atribuído pela Sociedade. Este Valor cresce em proporção direta ao acervo de conhecimento sobre a madeira, suas características, comportamento, vantagens e limitações de uso, e de sua disponibilidade.

O uso racional deste material e dos produtos dele derivados é resultado portanto, dos esforços, recursos e pesquisas das universidades e instituições, somados com o processamento desenvolvido e aprimorado pela indústria, em resposta à demanda dos setores de consumo, porém atendendo à preocupação constante da Sociedade, com a garantia de que as próximas gerações também irão se beneficiar deste recurso.

Em relação às florestas plantadas, a chave é o melhor aproveitamento da produção dos plantios existentes, seja pela máxima utilização da madeira gerada, seja pela opção por produtos de maior valor agregado.

As florestas plantadas já são escassas na porção sul-sudeste do Brasil, especialmente junto aos principais polos de produção e aos centros de consumo. Hoje, na prática, a oferta de madeira de florestas plantadas restringe-se somente àquela proveniente das plantações ligadas aos produtores de celulose e papel, e de madeira processada mecanicamente (madeira serrada e painéis a base de madeira).

Ainda segundo NAHUZ, estudos recentes, endossados pelas autoridades florestais, projetam um déficit de madeira de florestas plantadas. Isso compromete a expansão de segmentos importantes, como o de celulose e papel, movelaria, siderurgia a base de carvão vegetal, e produção de chapas e madeira serrada, entre outros. Já se pode antever importações de pinus serrado do Uruguai e Argentina, como uma alternativa viável de suprimento de matéria-prima para a indústria moveleira da região sul do Brasil.

De maneira geral, a madeira produzida pelo setor florestal brasileiro se caracteriza por volumes significativos e quantidade apenas aceitáveis. Os segmentos que usam madeira como matéria-prima tem sua produção baseada em operações seriadas e repetitivas, que se aplicam de preferência à matérias-primas uniformes.

Considerando que o item “qualidade” da matéria-prima é fundamental para todos os setores, seja na produção de móveis, seja na construção civil, coloca-se que os dados necessários para o melhor processamento das madeiras, tais como velocidade de alimentação das toras no desdobro e tipos de dentes de serras a serem utilizados ; as propriedades das espécies que afetam seu processamento, tais como a presença de óleos e resinas ou de sílica na madeira ; a indicação de programas de secagem ao ar livre ou em estufa, mais rápidos e eficazes, que resultem numa menor incidência de defeitos, todos são acréscimos bem-vindos ao acervo das informações e contribuições.

As madeiras provenientes de plantações florestais atualmente já trazem uma carga significativa de desenvolvimento científico e tecnológico, na forma de melhoramentos, classificação, velocidade de crescimento, resistência ao ataque de pragas, comprimento das fibras e teor de celulose, propriedades físico-mecânicas e a reduzida incidência de defeitos, entre outras, mas requerem ainda aprimoramento continuado. Este aprimoramento deve poder garantir a uniformidade das densidades, cores e propriedades, e a redução e melhor distribuição das tensões de crescimento.

A madeira serrada de *Pinus* constitui a principal matéria-prima das empresas moveleiras, especialmente aquelas voltadas ao mercado de exportação, mas a crescente escassez desta matéria-prima fará com que o eucalipto seja encarado como a alternativa viável. A madeira serrada de Eucalipto tem uso ainda incipiente, embora promissor, na indústria moveleira tanto na região sudeste quanto sul, mas já apresenta produção em escala comercial tanto para o mercado interno de móveis como para a construção civil.

No processamento mecânico de coníferas, maior prioridade deverá ser dada à implantação do controle total de processo (*on line*), no maior aproveitamento dessas madeiras em esquadrias e moldurados, no aumento do rendimento de processo pelo uso de métodos alternativos, inclusive no desdobro de madeira de pequenos diâmetros.

As madeiras de florestas plantadas terão sua importância ainda mais ressaltada com base no desenvolvimento de outros produtos, como por exemplo as molduras e perfis sem defeitos, material para cercas destinados à exportação, os blocos sem defeitos emendados ou não, os painéis colados lateralmente, os componentes estruturais de madeira, ou ainda os pisos estruturados, compostos, usando lâminas de madeira.

Ainda segundo NAHUZ (2000), outro diferenciador de competitividade no mercado internacional e por analogia também no mercado nacional, é a Certificação Florestal, primordialmente como uma garantia de origem florestal, isto é, de que a produção madeireira obedece aos princípios do “ambientalmente saudável”, “socialmente justo” e “economicamente viável”.

Todos os sistemas de certificação florestal e de produtos operam à base de princípios, critérios e indicadores de manejo florestal sustentável. As discussões para a elaboração destes princípios, critérios e indicadores, para florestas nativas e plantadas, para diferentes ecossistemas ou para grupos de espécies em condições especiais dependem fortemente de conceitos, determinações e verificações, que somente podem ser realisticamente desenvolvidos mediante consenso entre produtores, processadores, consumidores, entidades de ensino e pesquisa, e a Sociedade em geral, que representam as partes interessadas.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

STUMPP, Eugen. **Caderno de Estudos Tecnológicos Engenharia 1997**. Numero Especial Madeira. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 1997.

Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC. Projeto de Pesquisa. **Caracterização do cluster da madeira na região de Lages, / SC**. 2001.

SZUCS, Carlos Alberto. **Tecnologia das Construções**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Apostila . Curso de Pós-graduação em Construção Civil. Florianópolis, 2000.

SZUCS, Carlos Alberto. **Aplicação estrutural da madeira sob a técnica do laminado-colado**. UFSC. Apostila. . Curso de Pós-graduação em Construção Civil. Florianópolis, 2000.

SEVERINO, Antonio J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo. Cortez, 1986

LAKATOS, Eva ; MARCONI, Marina. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo. Atlas, 1990.

MUTTI, Cristine. **Estratégia de produção na construção civil**. UFSC. Apostila. . Curso de Pós-graduação em Construção Civil. Florianópolis, 2000.

PONCE. Reinaldo Herrero. **Perspectivas do Eucalipto na Substituição de Madeiras Nativas**. III SEMADER – Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento, Anais. Curitiba, 1994.

ZENID, Geraldo José. **Qualificação de Produtos de Madeira para a Construção Civil.** II SIMADER – Seminário de Industrialização e Usos de Madeira de Reflorestamento, Anais. Caxias do Sul, 2001

BAUER, L. A F . **Materiais de Construção : A madeira como material de construção** .Livros Técnicos e Científicos Editora AS. Rio de Janeiro, 1985.

SZÜCS, Carolina Palermo. **Tecnologia das Construções.** UFSC. Apostila. Curso de Pós-graduação em Construção Civil. Florianópolis, 2000

NAHUZ, Marcio A R. **Uso Racional de Produtos Florestais : Tendências e Perspectivas.** II SIMADER – Seminário de Industrialização e Usos de Madeira de Reflorestamento. Anais. Caxias do Sul, 2001.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil.** Tese (Doutorado) 447p. – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997

SILVA, José de Castro. **Características Valorizam a Madeira de Eucalipto.** Artigo. Revista da Madeira. Curitiba, 2001.

VALLE, Ivan M. R. **Habitação Popular em Madeira.** Palestra. VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Uberlândia, 2002.