

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIA EDUARDA MANFRINATO

**ESTUDO SOBRE O USO DA MADEIRA PARA FINS ESTRUTURAIS E
ARQUITETÔNICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

MARIA EDUARDA MANFRINATO

**ESTUDO SOBRE O USO DA MADEIRA PARA FINS ESTRUTURAIS E
ARQUITETÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO SOBRE O USO DA MADEIRA PARA FINS ESTRUTURAIS E ARQUITETÔNICOS

por

Maria Eduarda Manfrinato

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h do dia 26 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr. Jorge Luís N. de Góes
(UTFPR)

Prof. Me. Adalberto R. de Oliveira
(UTFPR)

Prof. Dr^a. Fabiana Goia R. de Oliveira
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Agradecimentos

Gratidão aos meus pais e irmãs, que me apoiaram sempre e me deram todo o suporte para realizar essa conquista.

Gratidão a minha turma e todos os amigos envolvidos na minha formação, inclusive pessoal, que me deram motivos todos os dias para ser uma pessoa melhor.

Gratidão a minha orientadora pela experiência compartilhada, pelo apoio e contribuição no amadurecimento do meu conhecimento.

Gratidão aos professores do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR CM, pelos ensinamentos e desafios que certamente me prepararam para a formação profissional.

Gratidão aos técnicos e servidores da Universidade, pela parceria no meu estágio obrigatório no laboratório de Estruturas, que me acrescentou muito, inclusive no conhecimento prático sobre meu tema de estudo.

RESUMO

MANFRINATO, Maria E.. Estudo sobre o uso da madeira para fins estruturais e arquitetônicos. 2015. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Tendo em vista o crescimento populacional e a diminuição dos recursos naturais, torna-se necessário a busca de métodos e materiais com características propícias para suprir tal demanda e, ainda, amenizar os impactos causados ao meio ambiente. Uma considerável alternativa é o uso da madeira e seus derivados que, além de terem procedência natural, minimizam os rejeitos no canteiro de obras, uma vez que a pré-fabricação é um processo racionalizado que otimiza a utilização dos recursos, além da agilidade de execução e melhoria na qualidade do produto. No Brasil, a aplicação de madeira para a construção de casas está ainda em processo de desenvolvimento, e aos poucos ganha espaço no mercado por possuir características e propriedades competitivas em relação a outros materiais estruturais. Neste trabalho, adotou-se o método de levantamento bibliográfico e pesquisa em campo com empresas e engenheiros do setor, para identificar as principais espécies de madeira e técnicas construtivas e como elas veem sendo aplicadas no Brasil. Concluiu-se que a tendência de desenvolvimento do setor tende a viabilizar, cada vez mais, a aplicação do material para fins estruturais e arquitetônicos.

Palavras chave: Madeira. Casas de madeira. Construção civil

ABSTRACT

MANFRINATO, Maria E.. The study of the usage of woods for architectural and structural applications. 2015. 88 f. Course work of course work (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2015.

Bearing in mind the population growth and the depletion of natural resources, it becomes necessary the search for methods and materials with favourable characteristics to supply that demand, and also mitigate the impacts caused to the environment. One considerable alternative to this problem is the use of timber and its derivatives in the construction industry, which have natural origin. Since the pre-fabrication is a rationalized process that optimizes the resources management, they minimize the wastes at the construction site, decreasing the necessary time to the execution and improving the quality of the final product. In Brazil, the use of timber for the purpose of building houses is still under development, and gradually it gains ground in the market by having competitive features and properties in relation to the other structural materials. In this paper was adopted the method of literature review and field research with companies and engineers, to identify the main species of wood and construction techniques, and how they are being applied in Brazil. It was concluded that the industry's development tends to gradually increase the viability of the use of timber materials for structural and architectural purposes.

Keywords: Timber. Wood. Wood frame houses. Construction. Civil Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casas de madeira geminadas	16
Figura 2 - Clube de União Lira Serrano.....	17
Figura 3 - Castelinho	17
Figura 4 - Madeiras de manutenção nos barracões.....	17
Figura 5 - “Restaurar a história é valorizar a vida - Marcenaria, Carpintaria e Restauro em madeira”	18
Figura 6 - Estrutura MLC	20
Figura 7 - Conectores e passarelas.....	21
Figura 8 - Vista Panorâmica piso superior	21
Figura 9 - Montagem estrutura em MLC	22
Figura 10 - Fachada Pompidou-Metz	22
Figura 11 - Malha de treliças em MLC.	23
Figura 12 - Pavilhão Francês	23
Figura 13 - Pisos e fachadas do pavilhão	24
Figura 14 - Cortes digitais 3D.....	24
Figura 15 - Ilustração de projeto Arquitetônico Edifício Hoho	25
Figura 16 - Ilustração do projeto Arquitetônico Edifício Tall Wood	26
Figura 17 - Execução superestrutura do Tamedia Office Building	27
Figura 18 - Peças e conectores de madeira compensada	27
Figura 19 - Edifício de 5 pavimentos	28
Figura 20 - Ambientes externo e interno inteiramente feitos em madeira	28
Figura 21 - Fachada do edifício The Tree	29
Figura 22 - Expodach in Hanover.....	30
Figura 23 - Conchas da cobertura do pavilhão.....	30
Figura 24 - Cobertura autoportante	31
Figura 25 - Estádio Altusried	31
Figura 26 - Fachada geométrica da casa	32
Figura 27 - Interior da casa todo detalhado em madeira	33
Figura 28 - Elevação da estrutura por pilares de concreto.....	33
Figura 29 - Fachada da casa do Hélio Olga.....	34
Figura 30 - Detalhe contraventamento por cabos de aço.....	34

Figura 31 - Elevação estrutura de madeira por pilares de concreto	35
Figura 32 - Exemplo de viga com flambagem lateral	37
Figura 33 - Vigas contraventadas.....	37
Figura 34 - Viga cisalhada após carregamento aplicado.....	38
Figura 35 - Fissuras horizontais próxima do apoio.....	39
Figura 36 - Ensaio Cisalhamento de viga de MLC	39
Figura 37 - Madeira prejudicada devido a exposição do acúmulo de água.....	40
Figura 38 - Rodapé de madeira em contato com o chão	40
Figura 39 - Medidas mínimas entre parafusos nas ligações	41
Figura 40 - Secagem natural da madeira em pilhas arejadas	42
Figura 41 - Disposição das tabuas de madeira para secagem	43
Figura 42 - Autoclave para tratamento de madeira	43
Figura 43 - Representação da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço.....	44
Figura 44 - Biblioteca Paulo Freire – Arquitetura ecoeficiente	47
Figura 45 - Residência Fazenda Boa Vista, exemplo de casa em MLC.....	47
Figura 46 - Detalhe da cobertura MLC	47
Figura 47 - Esquema estrutural (esquerda) e exemplo de uma casa de troncos (direita)	48
Figura 48 - Estrutura pilar-viga com vedação em vidro	49
Figura 49 - Estrutura visível pela parte interna da casa	49
Figura 50 - Exemplo estrutura wood frame	50
Figura 51 - Montantes de madeira e chapas OSB	51
Figura 52 - Selos de certificação ambiental.....	61
Figura 53 - Montagem da obra	66
Figura 54 - Projeto e execução Residencial.....	66
Figura 55 - Habitação social em wood frame	67
Figura 56 - Montagem da obra / Construção enxuta	68
Figura 57 - Fachada Escritório Verde.....	68
Figura 58 - Caminho de entrada e ambiente interno do escritório.....	69
Figura 59 - Prensa de 48m para as vigas tipo "S"	74
Figura 60 - Correção de falhas.....	75
Figura 61 - Corte para encaixe de ferragens e pré-furos	75

Figura 62 - Pré-Montagem do pórtico com 50m de vão livre.....	75
Figura 63 - Execução e montagem estrutura MLC.....	76
Figura 64 - Curvas quem compõe o pórtico	76
Figura 65 - Modelo 3D de projeto.....	77
Figura 66 - Cobertura de madeira Shopping Iguatemi	77
Figura 67 - Prensa de colagem	78
Figura 68 - Retirada do excesso da cola.....	79
Figura 69 - Aplicação de verniz	79
Figura 70 - Recortes para ligações	80
Figura 71 - Galpão – madeira nativa e reflorestada	80
Figura 72 - Casa Avaré – MLC e madeira nativa	81
Figura 73 - Casa IG – madeira reflorestada	81
Figura 74 - Galpão – madeira reflorestada.....	81
Figura 75 - Casa Zarvos – madeira nativa	82
Figura 76 - Casa Trancoso – madeira reflorestada	82
Figura 77 - Casa Pinheiro – madeira nativa	82
Figura 78 - Casa UR – madeira laminada colada.....	83
Figura 79 - Casa Cambaquara – madeira nativa.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS GERAIS	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1 BREVE HISTÓRICO	14
4.1.1 Registro pré-histórico do uso da madeira	14
4.1.2 Arquitetura luso-brasileira	14
4.2 CENÁRIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL E NO MUNDO.....	19
4.3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DA MADEIRA	35
4.3.1 Comportamento estrutural da madeira	36
4.3.2 Tratamento de Madeira.....	42
4.4 VANTAGENS DO USO.....	43
4.4.1 Eficiência energética	43
4.4.3 Funcionalidade da madeira.....	44
4.5 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES DO EMPREGO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....	45
4.5.2 SINDUSCON	53
4.5.3 LaMEM	53
4.6 QUESTÃO AMBIENTAL	57
4.6.1 Recurso natural.....	57
4.6.2 Reflorestamento e Manejo Florestal	58
4.7 CERTIFICAÇÃO	59
4.7.1 Madeira Certificada.....	59

4.7.2 Certificação das obras	60
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
6 RESULTADOS	63
6.1 EMPRESA A	63
6.1.1 Programa MCMV com madeira	65
6.1.2 Escritório Verde UTFPR	67
6.2 EMPRESA B	69
6.2.1 Obra: Expansão Shopping Iguatemi – Fortaleza CE	73
6.2.2 Fabricação da MLC no Brasil.....	77
5.2.3 Projetos executados pela empresa.....	80
7 CONCLUSÃO.....	83
BIBLIOGRAFIAS	84

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de constante adaptação da construção civil em relação à sociedade e ao meio ambiente, torna necessário o uso de um material cujas características podem atender as condições desse novo cenário. Além da questão estrutural, há uma preocupação com a arquitetura, que representa a condição estética da obra afim de atender as exigências do proprietário.

A madeira como matéria-prima para construção civil apresenta vantagens técnico-construtivas em relação às tradicionais obras de alvenaria, concreto e aço. Isso porque é um polímero natural cuja função, por natureza, é estrutural. Além disso, agrega características arquitetônicas como cores, texturas e aromas naturais, que confortam o usuário, proporcionando bem-estar e contato com a natureza. No Brasil, segundo Meirelles (2007), “a utilização da madeira na construção não é praticada tanto quanto poderia ser. Um país com tal extensão territorial como o Brasil, possuindo grandes reservas florestais, deveria ter na madeira um material com grande potencial de construção.”

A ausência de conhecimento e padronização do processo construtivo são pontos críticos frequentes no setor, sendo, portanto, necessário o incentivo de medidas para resolução desses problemas. Esse trabalho visa mostrar algumas características dessa matéria prima e o seu amplo potencial dentro da construção civil, contribuindo para a disseminação de seu uso, por meio da identificação dos fatores que limitam o uso da madeira na indústria da construção no país.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Realizar estudo sobre a madeira como material de construção civil, a fim de verificar suas características, procedências e, por fim, o uso nas edificações.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evidenciar as propriedades e características da madeira como material de construção;
- Sistematizar e ilustrar informações referentes a obras já realizadas no Brasil e no mundo;
- Contextualizar o fator sustentável da madeira na construção civil.

3 JUSTIFICATIVA

Este estudo é proposto com a finalidade de esclarecer alguns aspectos da utilização da madeira na construção civil e ainda ressaltar a situação do Brasil nesse contexto.

A falta de conhecimento e informação da sociedade gera preconceito e desvalorização dos produtos derivados de madeira para fins estruturais e arquitetônicos. Questão essa que pode ser revista e argumentada por profissionais que comprovam a utilização do material para soluções construtivas mais eficientes e sustentáveis. Por ser um polímero natural de fonte renovável, a madeira apresenta menor gasto de energia no seu beneficiamento e produção, além de ter um ciclo ecológico favorável ao meio ambiente desde a matéria-prima até o produto final utilizado em todos os níveis de uma construção. “Se utilizarmos materiais que não são renováveis, colocamos em riscos diversos produtos, ao ponto de chegarem a ser extintos ou acabarem com preços altos devido à escassez. Se diversificarmos o uso, estaremos estabelecendo um equilíbrio”, explica o arquiteto Casagrande (2013).

Outra forma de contribuição ambiental é que, devido ao grande potencial brasileiro de produção desse recurso natural, a obtenção da madeira poderia ser feita em uma região próxima, diminuindo grandes custos com transporte. Ressalta-se, ainda, uma grande vantagem da madeira em relação a outros materiais: a não utilização de água no processo de execução. Contudo, para que isso seja garantido, a matéria-prima deve ser certificada e devidamente tratada. As áreas de reflorestamento e manejo florestal são as responsáveis pela legalidade de utilização, mas a falta de políticas públicas sólidas para a preservação das florestas, por meio de fiscalização e aplicação de suas escritas, possibilita o uso inadequado, fomentando, assim, a ilegalidade. De acordo com Ferrier, (2010 apud PORTELA, 2010) “as exigências de sustentabilidade ambiental que um projeto arquitetônico deve atender, em um futuro próximo, serão requisitos obrigatórios para qualquer construção”.

Entretanto, os motivos vão além da preservação. Uma maior demanda do material contribuiria para o desenvolvimento do setor florestal, gerando produtividade e renda para o país. Paralelo a isso, o cenário da construção civil que está sujeito a alterações devido à escassez de mão de obra, caminha para industrialização e para

o uso de projetos específicos a fim de estabelecer competitividade e desenvolvimento industrial.

Tendo em vista a necessidade de utilizar novos materiais, a madeira se apresenta com características e propriedades compatíveis e viáveis para uma obra saudável, garantindo economia e conforto ao seu usuário. Além da agilidade na execução, uma obra de madeira também vai de encontro a eco eficiência, medida que considera preço competitivo, que proporcione qualidade de vida, satisfaça as necessidades humanas e respeite a capacidade de sustentação do planeta entre outros aspectos relevantes a serem apresentados neste trabalho.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 BREVE HISTÓRICO

4.1.1 Registro pré-histórico do uso da madeira

Os primeiros arquitetos da humanidade, em épocas pré-históricas, se apropriaram do material natural disponível em abundância em terras ocupadas pela agricultura para construir as primeiras obras em madeira. Com a necessidade de fixação do homem em um território no qual ele pudesse assegurar sua alimentação pelo próprio trabalho e, ainda, se proteger de ataques de animais e das intempéries da natureza, surgiram as construções primitivas como ocas, e as construções rústicas de madeira, conhecidas como palafitas. Anterior a isso, os homens viviam em cavernas e construía monumentos megalíticos, feitos de pedra e destinados aos cultos religiosos.

Por conta da facilidade de obtenção e adaptação para os fins previstos, a madeira se constituiu, desde o início da história da construção, em um material essencial, que evoluiu ao longo das civilizações, adquirindo estruturas com características cada vez mais complexas, reflexo do desenvolvimento de técnicas e projetos específicos.

4.1.2 Arquitetura luso-brasileira

No Brasil, antes da chegada dos portugueses, os nativos já utilizavam a madeira para diversos fins em favor da sobrevivência e desenvolvimento. Além de edificações, a madeira constituía os meios de transporte, as ferramentas de caça, além de instrumentos musicais e matéria-prima para obtenção de energia.

Com a colonização lusitana, as terras de abundante natureza passaram a ser exploradas, aumentando assim o consumo pela matéria-prima. A arquitetura inicial era basicamente constituída de madeira e utilizava técnicas indígenas nas construções. A partir disso, a madeira começou a ser valorizada economicamente e servia como produto de exportação. Foi assim com a exploração do Pau-brasil, árvore que produzia pigmentos vermelhos exportados para o mundo e que, por sua importância, acabou dando nome ao país.

Desde a colonização, a madeira foi um recurso fartamente explorado. De acordo com Lemos (1985) a história do uso da madeira nas construções brasileiras “Seria a história do desperdício. Ia-se buscar no mato o pau para toda a obra, sem se cogitar de secções mínimas apropriadas e algumas madeiras eram classificadas empiricamente como boas para estrutura porque resistiam bem à umidade nos segmentos enterrados no chão, porque possuíam grande resistência à flexão, porque eram duras, de talhe difícil e pesadas.”

Contudo, as divergências em relação ao uso e exploração da madeira também possuem origem histórica. Em 1905 o governo de Curitiba proibiu o uso da madeira nas edificações no centro da cidade, o que contribuiu logo para a formação de um preconceito das estruturas de madeira. O estado do Paraná, na época era polo produtor de madeira e logo após a proibição houve uma grande queda dos projetos considerando as potencialidades do material.

Enquanto alguns estavam dispostos a implantação de novas tecnologias, outros se submeteram a tradição cultural da construção em alvenaria que junto com a desvalorização da madeira como material construtivo dominou o setor e sofre influência política até hoje. As empreiteiras que dominam negócios das construções tem o poder de direcionar sua produção de acordo com seus próprios interesses.

Só então, a partir do século XIX, o uso da madeira como elemento estrutural ganha um novo impulso. Diferentes imigrantes trouxeram pra cá técnicas construtivas que resultaram em edificações históricas de madeira. No começo do século XX, a nação passa por uma modernização em diversos setores como estradas de ferro, novas aberturas rodoviárias, edificações atendendo novos programas. Assim, tornou-se necessário a busca por novos sistemas construtivos, trazidos de outros países e adaptados ao Brasil.

É nesse contexto que surge a história da vila de Paranapiacaba que foi planejada e construída pelos ingleses no fim do século XIX para abrigar os trabalhadores imigrantes que vieram para a execução da primeira ferrovia do estado de São Paulo, que a partir de 1867 ligou o Porto de Santos a Jundiaí. Esta vila é considerada patrimônio histórico nacional, devido algumas singularidades que atraem turistas para diversas atividades relacionadas ao turismo cultural e ambiental.

De modo geral, a organização das vilas e casas, construídas de acordo com padrões britânicos, são um importante documento arquitetônico. São construções em madeiras pré-fabricadas e importadas da Europa que ainda hoje são utilizadas pelos atuais moradores. As casas abrigam também cafeterias, restaurantes, pousadas e lojas de artesanatos. Todas são feitas de madeira marrom escuro e são, em sua maioria, geminadas, como mostradas na Figura 1.

O clube de União Lira Serrano apresentado na Figura 2 foi uma das últimas construções, erguido por volta de 1930. A construção é um prédio de madeira coberto com telhas francesas que foi recentemente restaurado e hoje apresenta os materiais de origem em ótimas condições de desempenho e uso. Outra obra notável é o Castelinho, apresentado na Figura 3 que também foi recentemente restaurado e hoje abriga um museu que conta a história da vila e da própria casa do engenheiro-chefe. A tradição da cidade na utilização de madeira é mantida pelos moradores que até hoje reutilizam o material para restaurar não só as obras, mas também a história cultural da vila (Figuras 4 e 5).



Figura 1 - Casas de madeira geminadas

Fonte: <http://www.exploradoresurbanos.com.br/2012>

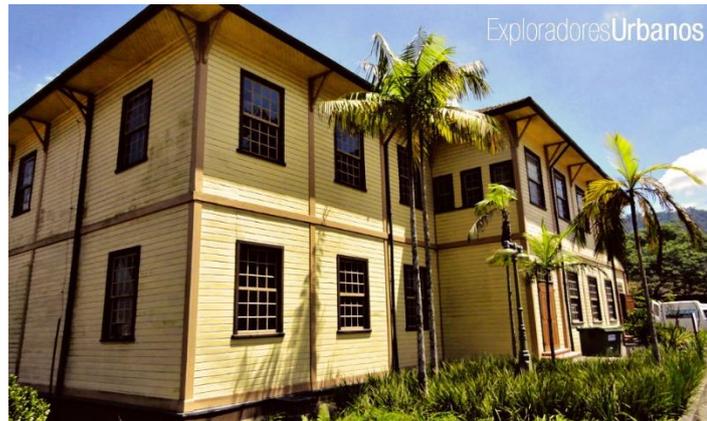


Figura 2 - Clube de União Lira Serrano
Fonte: <http://www.exploradoresurbanos.com.br/2012>



Figura 3 - Castelinho
Fonte: <http://www.exploradoresurbanos.com.br/2012>



Figura 4 - Madeiras de manutenção nos barracões
Fonte: <http://www.exploradoresurbanos.com.br/2012>



Figura 5 – “Restaurar a história é valorizar a vida - Marcenaria, Carpintaria e Restauro em madeira”

Fonte: <http://www.exploradoresurbanos.com.br/2012>

No Brasil, segundo Martins e Barros (2003), a abertura do mercado no início dos anos 90 contribuiu para a evolução do setor da construção na medida em que permitiu às empresas construtoras a importação de produtos e tecnologias. A utilização da madeira na construção civil começa a mudar de rumo a partir da última década, na qual surgiram empresas e tecnologias que serão apresentadas neste trabalho.

Nesse período diversas empresas construtoras investiram na modernização dos meios de produção, observando-se a crescente industrialização nos canteiros. Atualmente, observa-se de acordo com Gesualdo (1998) a introdução de uma grande variedade de materiais, ferramentas, equipamentos, técnicas especiais, processos construtivos e administrativos voltados à construção civil, contribuindo assim para a melhoria de vários aspectos de organização que conduzem a uma maior qualidade, reduzindo o desperdício, um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas do setor.

A evolução se dá, a cada geração, mais veloz. Então mesmo que seja recente essa busca por materiais alternativos e saudáveis, que reduzem os resíduos, minimizam os impactos e otimizam a mão de obra, já se encontram empresas que praticam essa realidade. Os ativos mais importantes da indústria da construção civil no século XXI são a tecnologia aliada ao conhecimento (KISS, 2008).

4.2 CENÁRIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL E NO MUNDO

A construção civil, principal responsável pela manutenção da infraestrutura de um país, é um setor que apresenta destaque com as intervenções no meio físico e econômico de uma sociedade. A técnica e o desenvolvimento da construção variam de acordo com as características da região em que eles se constituem, com variáveis como: clima, relevo, cultura, política, entre outras, que de certa forma direcionam e definem diferentes modos de estrutura.

As principais técnicas construtivas no país se resumem, tradicionalmente, à utilização de alvenaria, concreto e aço. A presença da madeira em obras no Brasil é bastante discreta quando comparada a países como Canadá e Estados Unidos (com 80 e 90%, respectivamente, de casas construídas em madeira), além de um expressivo número de construções na Suécia, na Finlândia e no Japão.

O consumo da madeira no país, ainda restrito às edificações, é destinado principalmente para a produção de energia, papel e celulose. Segundo ABRAF (2010), somente 18% é destinado à indústria madeireira, e Finatti (2010), as aplicações são direcionadas a telhados (42%), fôrmas (28%), móveis (16%), forros e esquadrias (11%) e somente 3% à produção de casas pré-fabricadas. Porém, este cenário tende a mudar. Baseado em referências de grandes construções em madeira pelo mundo, cada vez mais profissionais acreditam e descobrem a capacidade desse material.

Segundo dados obtidos no site do LAMEM: Deve-se considerar que a produtividade volumétrica de madeira nas diferentes regiões do país varia entre 50 m³/ha/ano em áreas da Floresta Amazônica e 20 m³/ha/ano em áreas de reflorestamento no sul e no sudeste do país. Na Finlândia, nação cuja economia está fortemente alicerçada no desempenho do setor florestal, produz-se, em média, 5 m³/ha/ano. Nos Estados Unidos da América do Norte chega-se, no máximo, a 15 e, na África do Sul, a 18. Certamente, são números que expressam a vocação florestal do Brasil. Sua importância é ainda maior num momento histórico onde, mais do que a conscientização do potencial do país, é preciso o convencimento de que utilizá-lo inteligentemente não é uma utopia inalcançável mas, sim, uma necessidade inadiável.

A cultura da utilização de madeira nas construções dos países desenvolvidos representa o potencial desse material para fim estrutural e arquitetônico. Não à toa que, engenheiros e arquitetos do mundo todo buscam diferentes maneiras de explorar a viabilidade e flexibilidade do uso em construções.

A seguir, serão apresentados as principais e mais recentes construções com madeira no mundo que são exemplos ou pela sua grandeza ou pela novidade das formas de projeto e execução. Posteriormente, as construções nacionais serão ilustradas a partir de pesquisas e visitas de construtoras especializadas nesse setor no Brasil.

Metropol Parasol é um marco da estrutura moderna e atualmente a maior estrutura de madeira laminada do mundo (Figura 6). Está Localizado na zona antiga de Sevilha, na Espanha. Foi desenhado pelo arquiteto alemão Jürgen Mayer-Hermann e sua construção foi concluída em abril de 2011. Com uma altura de 26 metros, organizado em cinco pisos, a estrutura consiste em seis guarda-sóis com a forma de cogumelos, como se observa na Figura 8 de grandes dimensões, cujo desenho se inspira nas abóbadas da catedral de Sevilha. Foram utilizados cerca de 3.000 m³ de madeira laminada conectadas com parafusos metálicos (Figura 7).



Figura 6 - Estrutura MLC
Fonte: Epoctimes (2014)



Figura 7 - Conectores e passarelas
Fonte: Epoctimes (2014)



Figura 8 - Vista Panorâmica piso superior
Fonte: Epoctimes (2014)

Outro exemplo de arquitetura contemporânea é o Pompidou de Metz (Figura 10), um museu de arte moderna e contemporânea localizado na França. Além das atrações artísticas em exposição, a arquitetura do local é atrativa e curiosa para os visitantes. Trata-se de uma cobertura projetada pelos arquitetos Shigeru Ban e Jean de Gastines que juntos, criaram uma espetacular sustentação de telhado com madeira laminada colada, único material que possibilitaria a execução fiel do projeto de desenhos arquitetônicos. A MLC permite a fabricação de peças sob medida, reconstituídas a partir de lâminas e por isso capazes de atingir formas moduladas.

Em 2010, o Centro Pompidou-Metz foi construído segundo um plano hexagonal, atravessado por 3 galerias totalizando 500 m². Ao centro deste plano, o público pode contemplar um pé direito de 77 metros de altura. As treliças (Figura 11) em madeira do solo até a cobertura, consistem numa montagem inédita de 16km de Viga Laminada Colada de “*Picea abies*” (Conífera), que se cruzam para formar uma malha, apresentada na Figura 9. Ela é recoberta com uma membrana em fibra de

vidro, revestida de PTFE (politetrafluoretileno), que protege o ambiente interno da radiação solar e ainda permite transparecer a iluminação interna à noite.



Figura 9 - Montagem estrutura MLC
Fonte: ASSENOTEC (2012)

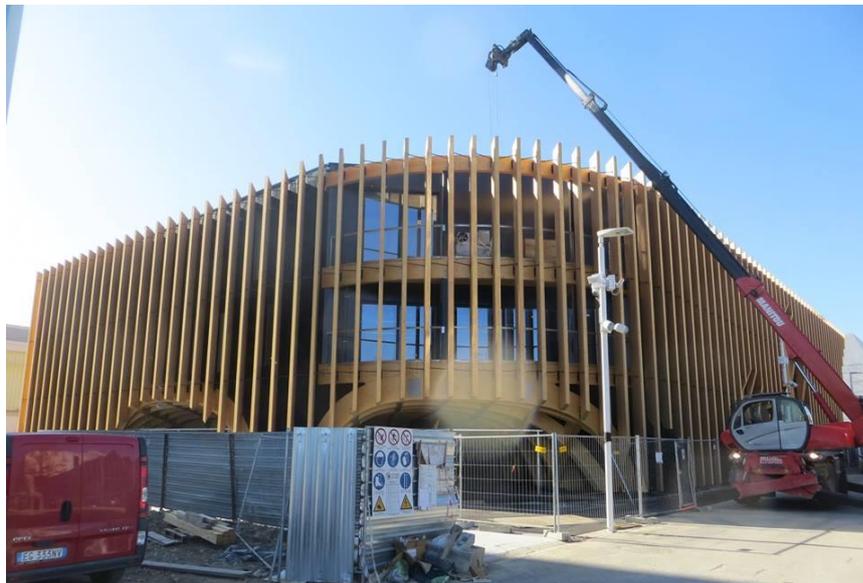


Figura 10: Fachada Pompidou-Metz
Fonte: Dezeen (2010)



**Figura 11 - Malha de treliças em MLC.
Fonte: ASSENOTEC (2012)**

Outra obra estruturada em madeira é o Pavilhão Francês (Figura 12), um projeto feito em madeira dos arquitetos: Anouk Legendre e Nicola Desmaziere realizado pela construtora italiana CMC (Cooperativa Muratori e Cementisti di Ravenna). Uma obra geometria complexa, feito a partir de cortes digitais e softwares 3D (Figura 14), conta com estruturas, pisos e fachadas (Figura 13) feitos de madeira, fornecidas pela Simonin, uma empresa francesa especializada em elementos de madeira de construção. Com uma forma livre, a obra expressa a experiência francesa em explorar estruturas de madeira.



**Figura 12 - Pavilhão Francês
Fonte: Novoambiente (2014)**



Figura 13 - Pisos e fachadas do pavilhão
Fonte: Novoambiente (2014)



Figura 14 - Cortes digitais 3D
Fonte: Novoambiente (2014)

A tendência de utilização da madeira na construção civil demonstra as possibilidades de se chegar cada vez mais longe, explorando a flexibilidade do material, inclusive atingindo grandes alturas, através da construção de prédios.

O escritório Rüdiger divulgou planos de construir em 2016 o maior arranha-céu de madeira do mundo, que se localizará em Viena. O edifício receberá o nome de HoHo (Figura15) e terá 76% da torre de 84 metros de altura construída com madeira, evitando a emissão de 2.800 toneladas de CO₂ na atmosfera, comparado com a mesma execução caso fosse feita em concreto.

"Acho importante que todos pensem de modo diferente agora. Temos madeira, que é um material perfeito para construção. Ela é usada há centenas de anos, era perfeita naquela época e é perfeita agora", comentou Caroline Palfy, líder

de projeto do escritório. Os arquitetos estão atualmente trabalhando em conjunto com engenheiros e especialistas em proteção contra incêndio para garantir a segurança do edifício e seus usuários.



Figura 15 - Ilustração de projeto Arquitetônico Edifício Hoho
Fonte: Arch Daily (2015)

O Tall Wood é projeto (Figura 16) do arquiteto Michael Green, que pretende construir um edifício de estrutura de madeira com 30 pavimentos em Vancouver, Canadá. Segundo o arquiteto “A madeira pode ser a solução para a selva de pedra que as metrópoles se tornaram”. A substituição do concreto e do aço por madeira, na construção de prédios de grande porte, é a visão dos profissionais que buscam um material de construção que cause menor impacto ao meio ambiente. O prédio será feito com compensado de fibras e camadas de madeira fundida, que são mais resistentes inclusive para serem usadas na fundação e contra desastres naturais.

No portal da CNN (Cable News Network, www.cnn.com) Green explica que os materiais modernos de engenharia à base de madeira foram desenvolvidos há mais de 20 anos, mas até agora eram usados apenas em construções de pequeno porte. “A grande virada veio com a preocupação com as mudanças climáticas. Aço e concreto são ótimos materiais, mas não do ponto de vista ambiental”, complementa o arquiteto. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), na produção de um quilo

de cimento são gerados de seis a nove quilos de CO₂. Talvez esses “edifícios altos de madeira” possam trazer o mesmo avanço para o emprego da madeira que a torre Eiffel trouxe para o uso estrutural do aço, conclui Green.



**Figura 16 - Ilustração do projeto Arquitetônico Edifício Tall Wood
Fonte: Arch Daily (2012)**

Um exemplo de edifício de 6 pavimentos construído e estruturado em madeira é o Tamedia Office Building, projeto do arquiteto Shigeru Ban, alia engenharia e arquitetura com marcenaria, especialidade da indústria da construção da Suíça. Inspirado pela arquitetura tradicional japonesa, Ban propôs um edifício comercial todo feito em madeira, apresentado na Figura 17, mostrando o potencial do material na indústria da construção e em projetos de grande porte. O conceito não se restringe às colunas e vigas com o material, mas também na criação de buchas e conectores, conforme ilustrado na Figura 18, feitos com madeira compensada, substituindo roscas e pregos de aço.



Figura 17 - Execução superestrutura do Tamedia Office Building
Fonte: <http://www.shigerubanarchitects.com/> (2014)



Figura 18 - Peças e conectores de madeira compensada
Fonte: <http://www.shigerubanarchitects.com/> (2014)

Projetado pelo designer Matthias Korff e batizado como Woodcube (Figura 19), o edifício alemão localizado em Hamburgo foi construído de madeira maciça com aproximadamente 32 centímetros de espessura. São oito apartamentos edificados inteiramente com madeira, como mostrado na Figura 20, as únicas exceções são o alumínio para o revestimento das janelas e concreto para a torre do elevador.

O edifício foi projetado para que fosse um ambiente livre de carbono, feito apenas com materiais sustentáveis e nenhum desperdício químico durante o processo de construção. Como alternativa ao elevador, uma escada foi construída também com blocos de madeira prensada.



Figura 19 - Edifício de 5 pavimentos
Fonte: <http://www.mnn.com/> (2013)



Figura 20 - Ambientes externo e interno inteiramente feitos em madeira
Fonte: <http://www.mnn.com/> (2013)

Atualmente, o maior edifício de madeira do mundo está localizado na Noruega: o Treet ou The Tree, que significa árvore. Com 14 andares, o edifício tem 49 metros. Para o projeto, foram usados diversos tipos de madeira. A fachada (Figura 21), entretanto, receberá um revestimento em vidro e aço para proteger o material do clima úmido da cidade.

A empresa responsável pelo projeto, Bergen and Omegn Building Society, afirma que há um comprometimento sustentável e que o edifício vem sendo planejado nos últimos três anos e meio com a ajuda de uma consultoria em engenharia e tecnologia ambiental. Além da bela aparência, o projeto combina duas tendências de altura: de estruturas de madeira e construção modular.



Figura 21 - Fachada do edifício The Tree
Fonte:Repórter Ambiental (2014)

Diante de tamanhas aplicações, é importante considerar que as relações entre demanda e meio ambiente sejam benéficas. "Só o crescimento do uso da madeira nas construções pode salvar as nossas florestas" é o que afirma o engenheiro civil alemão, especialista e professor de estruturas em madeira, Julius Natterer, que tem promovido fortemente a utilização da madeira na arquitetura e sua aplicação em diferentes sistemas estruturais. Em parceria com o arquiteto Herzog, projetou a cobertura do Expodach in Hanover (Figura 22), um dos maiores trabalhos de construção em madeira do mundo. A estrutura consiste em 10 planos com diferentes camadas de madeira: conchas do reforço (Figura 23), vigas em balanço, nó de aço, e a construção da torre. Este obra comprova que a madeira pode atender aos projetos da arquitetura contemporânea, que demandam cada vez mais estruturas leves e vãos maiores.

Outra obra notável, também trabalho do engenheiro, é o Estádio Altusried (Figura 25), que foi construído em 1999, na Alemanha. O estádio, todo feito em madeira é constituído de 5 treliças espaciais de madeira roliça com diâmetros de 30cm a 50cm. A cobertura (Figura 24) consiste em vigotas de madeira formando lamelas, pregadas com ripas diagonalmente. Esse tipo de telhado autoportante garante o reforço necessário e ao mesmo tempo é leve. Essa estrutura marcou um estágio em que os engenheiros e arquitetos abriram uma nova visão de como a madeira pode ser utilizada na estrutura. Natterer et al (2004) afirma: "existe uma utopia em relação a madeira, em particular, para estruturas. Um material leve, fácil de processo que evolui ao longo do tempo se abre todo um novo campo de possibilidades técnicas. São

valores fundamentais que dão a simplicidade e economia de meios. Esta é a utopia da madeira que queremos continuar escrevendo, para uma visão renovada do nosso papel como engenheiros estruturais.”



Figura 22 - Expodach in Hanover
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2009)



Figura 23 - Conchas da cobertura do pavilhão
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2009)



Figura 24 - Cobertura autoportante
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2009)

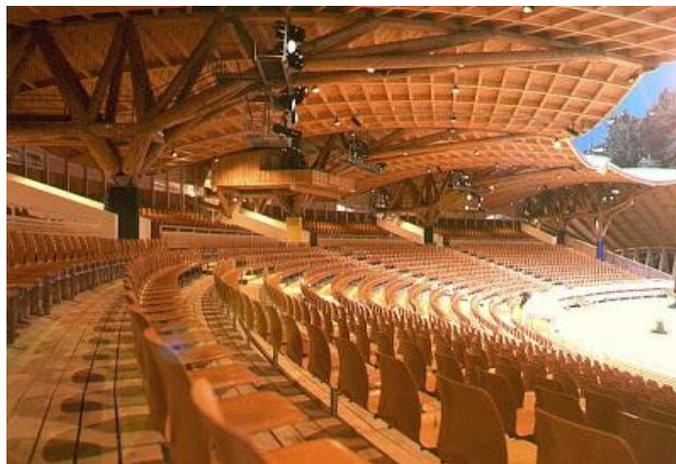


Figura 25 - Estádio Altusried
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2009)

Existem construções nacionais que são exemplos da evolução e utilização da madeira como material estrutural. O arquiteto Marcos Acayaba, que é referência profissional, considera as características do terreno, topografia, paisagem e acessibilidade para o fornecimento de materiais e a partir disso cria estratégias para realização da obra. Foi nesse contexto que surgiu a casa, que é protótipo para a preservação da natureza e foi construída na encosta de uma pequena serra. O terreno, coberto pela floresta nativa teve, além das árvores, sua cobertura vegetal e solo preservados. Em continuidade a 3 tubulões, 3 pilares de concreto (Figura 24) apoiam a casa que, graças à sua forma hexagonal, encaixa-se entre as principais árvores existentes. Esses pilares asseguram que a madeira estrutural não estará em contato com água, garantindo a integridade do material.

A geometria adotada, com modulação triangular, conforme ilustra a Figura 26 é muito eficiente por tornar a estrutura naturalmente auto travada, e o terraço de cobertura, na altura da copa das árvores, projeta-se num balanço com 2,3 m para proteger a casa das chuvas de vento, frequentes. A estrutura foi montada com pilares e vigas de madeira, como pode ser visto na Figura 27, conexões e tirantes de aço, tudo pré-fabricado por uma empresa local.

Os pisos são, basicamente de madeira: primeiro, sobre as vigas, forro "macho-fêmea" de Mogno, em seguida barrotes de Jatobá com os intervalos, onde passam os fios do sistema elétrico, preenchidos por argamassa leve e finalmente, fixado nos barrotes, assoalho de Sapucaia. As paredes divisórias e os peitoris são painéis industrializados de madeira compensada. Este conjunto, composto quase que só por peças leves e de pequenas dimensões, permitiu a montagem da casa sem o auxílio de equipamento pesados, por 4 operários, em 4 meses, com impacto ambiental mínimo.



Figura 26 - Fachada geométrica da casa
Fonte: ArchDaily (2012)



Figura 27 - Interior da casa todo detalhado em madeira
Fonte: ArchDaily (2012)



Figura 28 - Elevação da estrutura por pilares de concreto
Fonte: ArchDaily (2012)

Outra residência referência idealizada pelo arquiteto, é a casa do Hélio Olga Jr. (Figura 29). O principal material empregado foi a madeira maciça, responsável pelo arranjo estrutural, que é simétrico e equilibrado pelos contraventamento de cabos de aço, apresentado na Figura 30, cuja geometria considera seu próprio sistema de montagem, sem escoramentos. Com a fundação feita por tubulões e elevadas por pilares de concreto, como ilustrado na Figura 31, 3 treliças de madeira principais com módulos quadrados de 3,30 m estruturam-se simétricas através de balanços que se

sucedem a cada andar. O módulo estrutural, 3,30 x 3,30 m, permitiu que, com 2,50 m de pé-direito em toda a casa, sobrassem, para cada piso e na cobertura, 65 cm livres da estrutura para a passagem das instalações e de ventilação cruzada. Daí, por convecção, o ar fresco pode ser encaminhado aos ambientes através de aberturas no piso, com a correspondente exaustão do ar quente pelo teto.



Figura 29 - Fachada da casa do engenheiro Hélio Olga
Fonte: ArchDaily (2012)

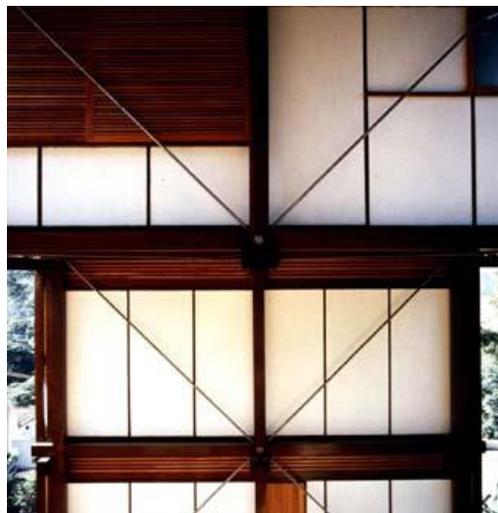


Figura 30 - Detalhe contraventamento por cabos de aço
Fonte: ArchDaily (2012)



Figura 31 - Elevação estrutura de madeira por pilares de concreto
Fonte: ArchDaily (2012)

4.3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DA MADEIRA

Madeira, palavra que tem origem no termo latino *materiae* e se traduz por “matéria”. No idioma português seu significado engloba todo tipo de celulose, tecido formado a partir de plantas lenhosas, que tem por natureza a função de sustentação mecânica. Sendo um material naturalmente resistente e relativamente leve, suas propriedades mecânicas são essenciais para garantir o desempenho de uma construção.

Em uma perspectiva Botânica, as árvores para aplicações estruturais são divididas em dois grupos: Angiospermas e Gimnospermas. No primeiro, a classe das Dicotiledôneas ou Folhosas usualmente classificadas como madeira dura, é mais resistente com uma diferente estrutura anatômica em relação ao segundo grupo, ao qual pertencem as Coníferas, conhecidas como madeira mole.

Por ser um material de fonte natural, a madeira está sujeita à variabilidade, que pode se relacionar entre espécies, dentro da mesma espécie e mesmo na própria árvore. Por isso, é necessário que se tenha conhecimento e técnica a fim de garantir resistência aos esforços solicitantes e às exigências de tração, compressão e flexão.

Assim como as propriedades mecânicas, as físicas são variáveis fundamentais de análise que determinam o comportamento do material. É necessário

analisar parâmetros como higroscopia, flexibilidade e durabilidade, para que seja feito o tratamento que garanta eficácia e eficiência no beneficiamento do material, considerando-se a anisotropia do material e os defeitos, que podem ser minimizados de acordo com a necessidade de uso.

4.3.1 Comportamento estrutural da madeira

Devido à carência de informação que o Brasil sofre no segmento da construção civil em madeira, muitas pessoas acreditam que podem realizar o trabalho pelas próprias mãos ou até mesmo contratar algum carpinteiro para construir confiando na responsabilidade do mesmo. Contudo, por mais que a madeira seja um dos poucos materiais que tem o conceito de “faça você mesmo” implícito, uma vez que dependendo da simplicidade do uso são simples também as ferramentas necessárias para o processamento da mesma. Peças pequenas, leves e com alta resistência mecânica dão à madeira a praticidade que se precisa quando a obra não requer muitos detalhes técnicos e muita responsabilidade estrutural. Desse modo, deve-se atentar ao que pode dar errado na produção e execução de uma construção de madeira, conforme segue:

a. Flambagem lateral:

Segundo Beer (1995) “Flambagem ou deflexão é um fenômeno que ocorre em peças esbeltas (peças onde a área de secção transversal é pequena em relação ao seu comprimento), quando submetidas a um esforço de compressão axial. A flambagem acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial. Em outras palavras, é quando a madeira “entorta” lateralmente ou “encanoa”. Conforme exemplificado na Figura 32. Quanto mais comprida, mais ela tende a flambar lateralmente. Portanto, uma das formas de corrigir esse problema é

aumentar a espessura da peça (ou diminuir a altura) ou contraventar a peça pela lateral conforme Figura 33.



Figura 32 - Exemplo de viga com flambagem lateral
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

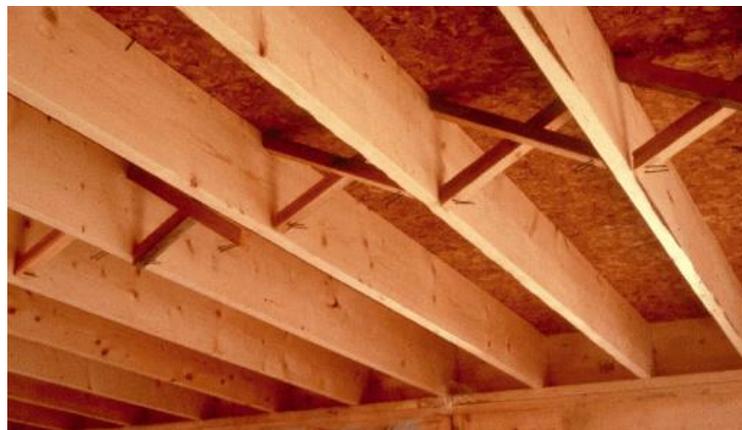


Figura 33 - Vigas contraventadas
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

b. Flecha:

Quando uma viga é submetida a esforços além da sua capacidade de carga, ela pode sofrer uma flecha excessiva. Podendo esta “embarrigar” a viga sem causar

dano estrutural algum, apenas estético. De outro modo, pode falhar na parte interior, por grandes esforços de tração, causando uma fratura irreversível, apresentada na Figura 34. Da mesma forma que na flambagem, para evitar o problema deve-se obedecer as proporções de espessura e altura estabelecidas na norma de projeto de estruturas em madeira (NBR 7190).



Figura 34 - Viga cisalhada após carregamento aplicado
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

c. Cisalhamento horizontal:

Uma viga de madeira, em sua seção longitudinal é formada por fibras paralelas como no caso de MLC, a disposição e cola das peças também se dá de forma paralela. Próximo dos apoios, onde a força cortante é maior, podem ocorrer fissuras horizontais nas vigas (Figura 35). É como se a parte superior da peça “descolasse” da parte inferior, fazendo com que elas deslizem e assim aumenta a deformação. Por isso, devem-se fazer ensaios de resistência conforme ilustrado na Figura 36 e ainda evitar colocar uma viga em cima de outra para vencer maiores vãos, pois elas podem escorregar entre si e deformar igualmente.



Figura 35 - Fissuras horizontais próxima do apoio
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 36 - Ensaio Cisalhamento de viga de MLC
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

d. Exposição a umidade:

A causa mais grave do colapso nas estruturas é a deterioração das peças devido a exposição à umidade. Lembrando que, a madeira pode, sem problema algum, entrar em contato com a água, o que não pode é acumular essa umidade. Peças úmidas atraem fungos, insetos xilófagos, que amolecem e corroem as fibras da madeira, causando o comprometimento da resistência da mesma. Algumas medidas podem ser tomadas para evitar essas patologias, representadas nas Figuras 37 e 38,

como a aplicação de produtos hidrorrepelentes como estains e vernizes na superfície das peças, proteção da face exposta com rufos, determinação da espécie de corte para cada aplicação e ainda evitar o contato direto com o solo nas fundações.



Figura 37 - Madeira prejudicada devido a exposição do acúmulo de água
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 38 - Rodapé de madeira em contato com o chão
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

e. Conexões mal feitas:

A madeira é um material que permite uma variedade muito grande de possibilidades de conexões, pois é fácil de ser perfurada, puncionada, cortada e ajustada da forma que se desejar. Contudo, devido a sua anisotropia, a madeira possui diferentes resistências de acordo com as suas direções. Possui baixa resistência à esforços perpendiculares às fibras, por isso deve-se evitar ligações complexas, especialmente aquelas que solicitam as tensões perpendiculares e cisalhamento (corte) das fibras. A localização de pregos ou parafusos nas ligações deve obedecer os espaçamentos mínimos prescritas na Figura 39 a seguir.

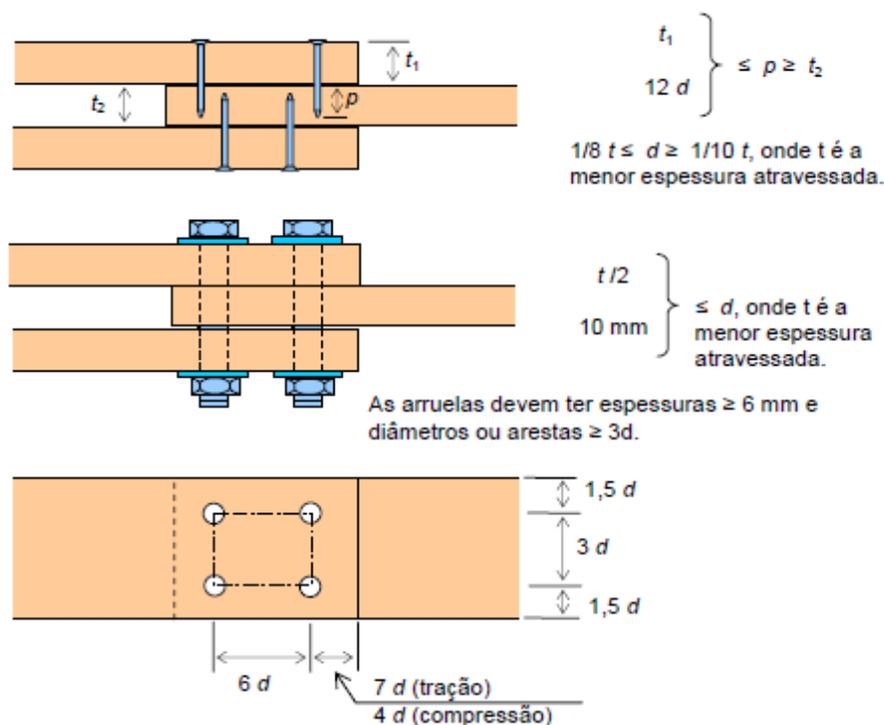


Figura 39 – Espaçamentos mínimos entre parafusos nas ligações
 Fonte: *Ligação em Madeira UFGS (2012)*

Existem muitos fatores a serem considerados quando se constrói com madeira, porém essas são as principais causas de um possível comprometimento das peças em relação a sua estética e resistência. Caso as recomendações de norma e desempenho sejam atendidas em fases de projeto e execução, certamente o comportamento do material estará de acordo com as exigências do usuário.

4.3.2 Tratamento de Madeira

Os métodos de tratamento preservativo da madeira consistem na adoção de técnicas que têm como objetivo a proteção da madeira contra a ação dos agentes físicos, químicos e principalmente biológicos como fungos e insetos xilófagos. O tratamento mais utilizado para madeiras de baixa densidade é o realizado em autoclave por vácuo-pressão que possibilita a penetração do preservativo na madeira.

No Brasil, o tratamento em autoclave, geralmente, é feito com um preservativo hidrossolúvel que possui alta resistência à lixiviação - o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) do tipo C – capaz de garantir a durabilidade da madeira, mesmo em contato com o solo, e principalmente a sua resistência ao ataque de cupins, por mais de 30 anos. “Existem 250 unidades de tratamento no Brasil. Em um cilindro [autoclave] são introduzidos os produtos químicos preservantes, que variam de acordo com o tipo de árvore utilizada”, afirma o diretor (ABPM) Associação Brasileira de Preservadores de Madeira, Flavio Carlos Geraldo.

A madeira, após a secagem natural é introduzida na autoclave. O vácuo retira o ar existente no interior das células e em alta pressão a solução química preservativa é injetada na madeira até a saturação. A pressão é retirada e a solução excedente é transferida de volta ao reservatório. Para finalizar, é feita a retirada do excesso do produto da madeira, de forma a vácuo novamente. A seguir, estão apresentadas as Figuras 40, 41, e 42, nas quais demonstram-se o processo de secagem e tratamento:



Figura 40 - Secagem natural da madeira em pilhas arejadas (tabique)

Fonte: <http://www.duronmadeiras.com.br> (2009)



Figura 41 - Disposição das tabuas de madeira para secagem (varal)
Fonte: <http://www.duronmadeiras.com.br> (2009)



Figura 42 - Autoclave para tratamento de madeira
Fonte: <http://www.duronmadeiras.com.br> (2009)

4.4 VANTAGENS DO USO

4.4.1 Eficiência energética

A evolução do consumo mundial de energia, baseada em combustíveis fósseis, levou a humanidade a adotar uma matriz energética insegura, na qual os recursos não são renováveis e ainda impactam negativamente o meio ambiente. A indústria da construção civil, é uma das atividades humanas que mais consomem recursos naturais, além da significativa intervenção no meio físico e da utilização de materiais que, em sua produção, consomem energia e agredem o meio ambiente.

Diante disso, a escolha do material é primordial para o controle dessa energia no processo. A madeira, como matéria-prima para construção, quando comparada a outros materiais, se apresenta com baixo consumo energético desde sua origem até seu tratamento final destinado ao uso em obras. O aço e o concreto, por exemplo, são produzidos por processos altamente poluentes e requerem alto consumo energético, conforme ilustrado na Figura 43, sendo que a matéria-prima retirada da natureza jamais será reposta. O contrário se constata com a madeira, que se renova em diferentes condições climáticas. Além da própria produção, há uma grande parte dessa energia incorporada ao material que está relacionada ao transporte, e sob este aspecto, a madeira se destaca pela baixa densidade que possui, diminuindo consideravelmente o peso no frete.

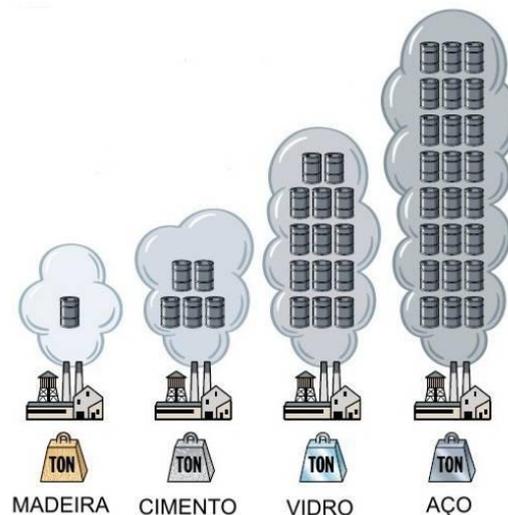


Figura 43 - Representação da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço
Fonte: APA (2005)

4.4.3 Funcionalidade da madeira

Quando avaliado o uso da madeira na construção civil, é indispensável evidenciar características intrínsecas do material que definem vantagens quando comparada a outras matérias-primas utilizadas. A madeira possui alta resistência específica de acordo com sua espécie, boas características de isolamento térmico e absorção acústica, além de ser um material fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas. Exercendo assim, suas funções: ambiental, estrutural, de isolamento e acabamento.

4.5 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES DO EMPREGO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

No Brasil, a madeira é constantemente empregada para fins estruturais, cimbramentos (para estruturas de concreto armado e protendido), travessia de obstáculos (pontes, viadutos, passarelas para pedestres), armazenamento (silos verticais e horizontais), linhas de transmissão (energia elétrica, telefonia), benfeitorias rurais, entre outros.

O uso definitivo em uma obra pode variar desde os elementos do sistema estrutural em si como pilares, vigas e treliças, até acabamentos em forros, pisos e esquadrias. Ainda que o material escolhido para a estrutura não seja a madeira, de alguma forma ela pode aparecer no processo de construção com o uso temporário, sendo utilizada para marcação do gabarito, nivelamento do terreno, confecção de formas e escoramento. No canteiro de obras em geral, a madeira pode ser matéria prima para tapumes, pallets, padiolas, escadas, mesas, bancos, prateleiras, entre outros.

Tais empregos vem se mantendo crescente, apesar dos comentados preconceitos inerentes à madeira, sempre relacionados à insuficiente divulgação das informações de projetos específicos, desenvolvidos por profissionais habilitados.

Ainda há porém, uma escassez de estudos relevantes sobre os sistemas construtivos em madeira, e as informações sobre a utilização da madeira na construção, permanecem praticamente restritas aos trabalhos realizados no meio

acadêmico (BITTENCOURT e MIYADAIRA, 2004). Os sistemas construtivos industrializados, em madeira, são uma boa alternativa na tentativa de suprir também o déficit habitacional existente no país, onde a população poderia dispor de habitações funcionais e com qualidade.

Neste tópico procura-se ilustrar o panorama dos sistemas em madeira comercializados atualmente no país.

a. MLC – Madeira Laminada Colada

A fabricação da MLC é obtida por meio de técnicas de colagem de lâminas ou pequenas tábuas que possuem dimensões relativamente reduzidas se comparadas às dimensões da peça final assim constituída. A disposição das lâminas contribui para um aumento da resistência pois as fibras ficam paralelas entre si. O objetivo da junção é eliminar os pontos francos naturais do material. Isso é garantido pela tecnologia das colas que evoluíram a ponto de substituir as ligações metálicas e parafusos. A madeira utilizada pra essa técnica é de reflorestamento, basicamente formada por Pinus, encontrado facilmente em países do hemisfério norte, onde o uso da MLC é comum.

Apenas para mostrar o potencial do mercado das estruturas de MLC, verifica-se que só na França, chegou a existir mais de 40 indústrias trabalhando na fabricação de estruturas de MLC, distribuídas nas diversas regiões do país. No Brasil, a primeira produção do MLC é de 1934, em Curitiba. Porém ainda hoje existem pouca produção desse produto. Um dos motivos é seu alto custo, que chega a valores de dois mil dólares por metro cúbico, inviabilizando a competição de madeiras serradas.

As vantagens dessa união, é que pequenas peças que antes não tinham uma destinação importante, hoje podem atingir grandes envergaduras, pois possuem uma alta capacidade de carga e um baixo peso próprio. Podendo assim, atingir formas livres, com grande flexibilidade.

A MLC possibilita diversas aplicações, com excelentes resultados como vigas, pilares, decks, painéis, revestimentos, ou qualquer outra necessidade do projeto, sendo utilizada na construção de residências, pontes, pavilhões industriais, arenas, etc. Alguns exemplos do uso da MLC no Brasil é ilustrado nas Figuras 44 e 45, e 46.



Figura 44 - Biblioteca Paulo Freire – Arquitetura ecoeficiente
Fonte: <http://www.plataformaarquitectura.cl/> (2015)



Figura 45 - Residência Fazenda Boa Vista, exemplo de casa em MLC
Fonte: <http://www.brarewood.com.br/> (2013)



Figura 46 - Detalhe da cobertura MLC
Fonte: <http://www.brarewood.com.br/> (2013)

b. Madeira empilhada (LOG):

Esta técnica de construção se baseia no princípio do conhecido chalé. Consiste no empilhamento de peças de madeira maciça, como pode ser visto na Figura 47. Tem a vantagem de apresentar um ótimo desempenho térmico, mas não é um sistema muito flexível, por isso é o menos utilizado. Este sistema obedece geralmente a um partido estético tradicional onde fachadas que apresentam poucas aberturas, articulações visíveis, acabamentos interiores que deixam passar o ar, mantidos em madeira natural. Como as peças de madeira são perfiladas e reunidas com precisão, a água da chuva corre sem penetrar no conjunto. Quanto às paredes, elas serão ao mesmo tempo portantes e naturalmente isolantes.

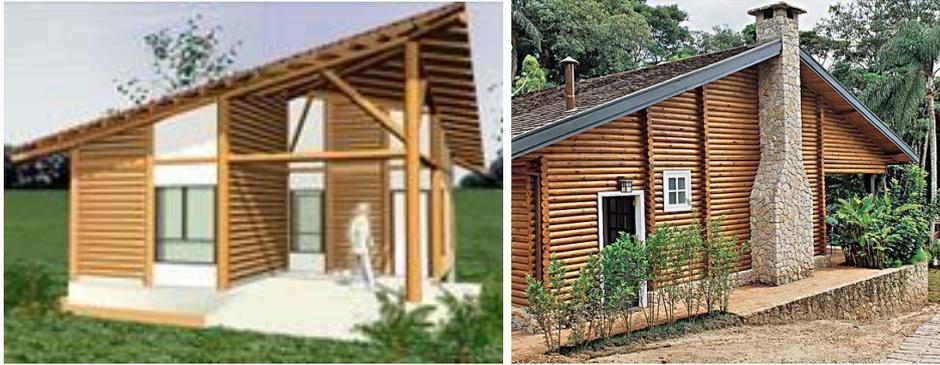


Figura 47 - Esquema estrutural (esquerda) e exemplo de uma casa de troncos (direita)
Fonte: <http://casa.abril.com.br/> (2008)

c. Pilares e vigas

Como o próprio nome já define, os pilares e vigas tem função estrutural e as paredes tem a função de vedação. Os pilares de madeiras podem ser fixados na fundação, geralmente feita em concreto, por meio de parafusos metálicos e escorados. Na fase seguinte as pranchas de parede são encaixada nos montantes que possuem rasgos, então é feita a simples colocação das paredes para 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.

A vantagem é que o sistema pode ser preparado em oficina ou fábrica e o esqueleto é levado a obra e montado em alguns dias. Esta estrutura fica totalmente visível e se integra à decoração interior, como pode ser visto na Figura 49. A composição entre a estrutura de pilares e vigas e o enchimento traz por outro lado uma verdadeira liberdade de concepção: grandes aberturas envidraçadas (Figura 48) ou painéis estruturais, paredes de alvenaria com tijolos à vista, pranchões empilhados, entre outros.



Figura 48 - Estrutura pilar-viga com vedação em vidro
Fonte: <http://www.arquiteturadamadeira.com.br/> (2013)



Figura 49 - Estrutura visível na parte interna da casa
Fonte: <http://www.arquiteturadamadeira.com.br/> (2013)

d. Estruturas painéis (wood frame):

O sistema construtivo wood frame, exemplificado na Figura 50 também pode ser conhecido como um conjunto de painéis estruturais. Estes painéis de contraplacado ou de grandes partículas orientadas (OSB) são fixados em montantes em madeira com espaçamento de 40 a 60 cm, exemplificado na Figura 51. Seu comportamento enquanto estrutura é muito parecido com o da alvenaria estrutural. O wood frame já foi empregado em praticamente todo mundo, porém no Brasil seu uso ainda é pouco conhecido. Por causa disso, a norma brasileira de madeira não possui critérios exatos de dimensionamento desses painéis.

Desse modo, os critérios de dimensionamentos podem ser baseados nas normas vigentes em outros países a respeito desse tipo de método construtivo, tal como o Eurocode, que apresenta uma base semelhante às normas do Brasil, complementando a nacional. Esta técnica apresenta a vantagem de ser leve, interessante para terrenos com baixa tensão admissível do solo.



Figura 50 - Exemplo estrutura wood frame

Fonte: <http://engenhariacivildiaria.com/2015/03/03/o-que-e-wood-frame/> (2015)



Figura 51 - Montantes de madeira e chapas OSB

Fonte: <http://engenhariacivildiarria.com/2015/03/03/o-que-e-wood-frame/> (2015)

Caso a madeira for utilizada para fins estruturais, torna-se de grande importância que tenha uma caracterização por classes de resistência. Como enfatizam Szücs e Velloso (2006), se no Brasil as madeiras fossem comercializadas dentro do que especifica a norma brasileira NBR7190/97, que preconiza a classificação das madeiras por classe de resistência, seria possível optar pela compra de um material mais adequado às necessidades da produção da empresa ou do comprador. Falta no país uma classificação que permita o conhecimento mais aprofundado da madeira que está sendo comercializada como material de construção, para que possa ser utilizada de uma forma mais racional.

Mesmo que as estruturas de madeira sejam concebidas por carpinteiros, autônomos, muitas vezes bem intencionados, mas não preparados para esta tarefa, os problemas decorrentes do mal planejamento incentivam a formação de uma mentalidade distorcida por parte dos usuários que acabam prejudicados tendo que lidar com rachaduras, fungos, empenamento, e demais patologias que evoluem com o passar dos anos e de alguma forma limitam o desempenho da construção. São muito comuns estruturas de madeira construídas sem controle técnico e inexistência de projeto. Ao mesmo tempo, outras ideias distorcidas são divulgadas, como a que associa o uso da madeira à devastação de florestas, fazendo parecer que o mencionado uso constitui uma perigosa ameaça ecológica no território nacional.

Diante disso, é necessário que os órgãos e profissionais responsáveis do setor da construção trabalhem em função de um planejamento estratégico como forma de evitar possíveis execuções fora de normas e controle de qualidade.

4.5.1 Considerações sobre a NBR 7190

A ABNT é responsável pela publicação das Normas Brasileiras (ABNT NBR), elaboradas por seus Comitês Brasileiros, Organismos de Normalização Setorial e Comissões de Estudo Especiais. Trabalhando em sintonia com o governo e a sociedade, a ABNT contribui para a implementação de políticas públicas, promove o desenvolvimento dos mercados, defesa dos consumidores e a segurança de todos os cidadãos

A norma que regulamenta as construções de Madeira é a NBR 7190. Esta norma fixa condições gerais que devem ser seguidas no projeto, execução e controle das estruturas de madeira, tais como pontes, coberturas, casas, etc. A primeira exigência é em relação ao profissional legalmente habilitado, que deve acompanhar total ou parcialmente a execução baseada no projeto composto por memorial justificativo, desenhos e, quando há particularidades do projeto que interfiram na construção, por plano de execução, empregando-se os símbolos gráficos especificados pela NBR 7808.

Os desenhos devem estar elaborados de acordo com o Anexo A da NBR 7190 (Desenho de estruturas de madeira) e a NBR 5984 (Norma geral de desenho técnico). Nos desenhos estruturais devem constar, de modo bem destacado, as classes de resistência das madeiras a serem empregadas.

Além disso, deve existir um memorial justificativo contendo: descrição do arranjo global tridimensional da estrutura; ações e condições de carregamento admitidas, incluídos os percursos de cargas móveis; esquemas adotados na análise dos elementos estruturais e identificação de suas peças; análise estrutural; propriedades dos materiais; dimensionamento e detalhamento esquemático das peças estruturais; dimensionamento e detalhamento esquemático das emendas, uniões e ligações. A partir disso, é feito um plano de execução referente a sequência de montagem e indicação dos devidos acabamentos, garantindo assim, a integridade do projeto.

4.5.2 SINDUSCON

O Sindicato da Indústria da Construção Civil (SindusCon) é um sindicato que atua em defesa do mercado construtor, presta serviços que facilitam alguns aspectos estratégicos para os negócios da construção civil para seus respectivos estados. O SindusCon do estado de São Paulo, por meio do COMASP – Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP, elaborou um guia cuja função é oferecer ao setor da construção civil, às organizações da sociedade civil e do setor privado, e aos interessados e estudiosos do tema, novos subsídios para ajudar a entender a importância da utilização cada vez maior da madeira legal nas edificações do país. Outro objetivo é mostrar o caminho de como as empresas de construção civil podem garantir a aquisição de madeira de procedência legal e viabilizar a aquisição de madeira certificada.

O Programa Aquisição Responsável de Madeira na Construção Civil busca orientar as construtoras sobre a melhor forma de cumprir a legislação ambiental com relação à compra e à utilização da madeira e de produtos madeireiros, bem como criar mecanismos que evitem a aquisição de madeira de origem ilegal ou predatória. A meta maior é substituir gradativamente o uso de madeira legal pela certificada. “O Programa é fundamental para conscientizar as construtoras sobre o uso sustentável da madeira na construção civil, bem como conscientizar os empresários do setor sobre os benefícios de se trabalhar com a madeira. O guia é uma forma de se criar um documento para facilitar o entendimento e a compreensão do tema.” Explica o executivo SAAB (2011) do Sindimasp do Sindicato do Comércio Atacadista de Madeiras do Estado de São Paulo.

4.5.3 LaMEM

Localizado na USP da cidade de São Carlos em SP, o LAMEM - Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras é responsável por desempenhar pesquisas teóricas e experimentais em madeiras e estruturas de madeira, além de prestar

serviços para a comunidade na área de controle de qualidade de madeiras e seus produtos derivados, contribuindo para edições da norma NBR7190 e recomendações de projeto. O laboratório também desenvolve projetos especiais em estruturas de madeira de telhados, pontes, silos, torres, formas e cimbramentos, habitações, etc...; caracterização de propriedades de resistência e elasticidade de madeiras tropicais, de reflorestamento, chapas de compensado, aglomerado e de fibra; ensaios de ligações com vários tipos de conectores (parafusos, pregos, cavilhas, chapas, etc.); estudos de preservação da madeira contra fogo, fungos e insetos; e desenvolvimento de novos produtos para a área de madeiras. (Fonte: site LaMEM)

Coordenado pelo professor Carlito Calil Júnior, as atividades de ensino pesquisa e extensão, são desenvolvidas junto com os alunos de graduação, mestrado e doutorado, através da estrutura do local: equipamentos e máquinas de ensaio que são essenciais para análises e estudos das teses por eles desenvolvidas. Isso contribui diretamente para o desenvolvimento do setor madeireiro, pois através desses estudos é possível o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos construtivos que fortalecem as indústrias de madeira para a construção civil.

O LaMEM, ao longo de seus trinta anos de atividade, também tem se dedicado ao oferecimento de cursos de extensão à comunidade. Como exemplo podem ser mencionados os cursos a respeito da construção de estruturas de madeira, oferecidos aos instrutores do SENAI, SP. A finalidade é de disseminar conhecimentos sobre a adequada utilização da madeira em estruturas e de disponibilizar informações a respeito das mais recentes tecnologias em ligações entre elementos estruturais. Merece especial destaque o curso de extensão a respeito da nova Norma Brasileira para o Projeto de Estruturas de Madeira (NBR 7190/1997), atendendo a solicitações de Escolas de Engenharia Civil, com o objetivo de promover a atualização de profissionais, bem como de professores, graduandos e pós-graduandos, no que se refere aos novos critérios de dimensionamento adotados no mencionado documento normativo.

4.5.3.1. Publicações do LaMEM

Considerando que a contribuição das pesquisas do laboratório para o setor madeireiro no Brasil é de fundamental importância, foram selecionados alguns trabalhos que certamente podem colaborar com a desmistificação do uso da madeira e fomentar a evolução do setor. A medida que novas técnicas forem estudadas e aplicadas, novos conhecimentos também serão desenvolvidos para aplicações na construção civil.

Um tema recorrente para a indústria da construção, principalmente nos últimos anos, é a pré-fabricação no setor das obras em madeira que continua a apresentar dificuldades para uma efetiva aplicação na construção civil brasileira. Segundo INO et al (2012), “grande parte do consumo de madeiras é empregada nas coberturas das residências, localizando neste subsistema da moradia uma maior presença deste material, destacando-se, assim, como parte potencial para uma produção seriada.” Akemi Ino, coordenadora do Grupo HABIS (habitação e sustentabilidade) junto com seus parceiros do projeto, realizaram um estudo sobre “Pré-fabricação na construção em madeira no Brasil” com objetivo de apresentar um levantamento preliminar dos produtos da indústria de pré-fabricados no setor madeireiro destinados à construção civil no Brasil.

Os resultados obtidos permitiram um reconhecimento dos produtos madeireiros ofertados no mercado da construção civil e os classificaram quanto ao grau de industrialização, indicando a necessidade de um estudo mais aprofundado que possa auxiliar ações mais específicas e eficazes. Ao final, concluíram que “a indústria da construção, especificamente a do setor madeireiro, encontra-se predominantemente em estado de semi-industrialização. Mesmo o país possuindo um parque fabril em nível razoável de desenvolvimento tecnológico e detendo de um dos maiores potenciais madeireiros do mundo, a madeira ainda é pouco empregada na construção civil em processos de pré-fabricação, podendo isso ser revertido.”

Outro questão relevante é que a obtenção dessas novas tecnologias, muitas vezes fica limitada, pois o mercado nacional não dispõe de todos os materiais necessários para sua aplicação, o que inviabiliza o uso do método construtivo. Com o objetivo de analisar o desempenho de tecnologias disponíveis aqui, os autores do artigo “Madeira laminada colada (MLC) de *pinus oocarpa* avaliação da qualidade de

colagem” buscam alternativas baseadas na colagem de peças menores para garantindo que a cola tenha a qualidade de sua produção para que o produto final esteja em conformidade com as especificações das normas vigentes. De acordo com Calil et al (2012) “A presença de defeitos naturais como nós e medulas, os quais são resultantes do processo de crescimento da árvore e levam ao enfraquecimento das seções de madeira maciça, levou à busca por alternativas baseadas na utilização de peças menores, denominadas lamelas, possibilitando a industrialização, otimização e melhoramento dos produtos de madeira, surgindo assim a tecnologia denominada Madeira Laminada Colada (MLC).”

No entanto, existem desvantagens no uso da MLC “tanto como o preconceito no uso da madeira em elementos estruturais, quanto a questões técnicas, referentes ao processo de produção que ainda é predominantemente manual, lento e exige uma mão-de-obra especializada, ainda escassa no país.” Justificam Calil et al (2012), que consideram estes fatores os responsáveis pelo custo elevado e menos competitivo, comparado com outros materiais já culturalmente aplicações no mercado. Em todo caso, como o processo da MLC está em expansão no Brasil, é evidente que estudos devem ser realizados no sentido de se proceder, em cada região ou estado, uma investigação da combinação espécie, adesivo e tratamento para uma caracterização das madeiras que melhor possam se adaptar a essa técnica.

Por fim, e não menos importante, um estudo sobre o mercado nacional e suas limitações. O artigo “Produção e comercialização nacional de painéis a base de madeira”, que trata da avaliação da produção e comercialização de importação e exportação brasileira de painéis a base de madeira, outro produto industrializado com madeira que tem aplicações construtivas. De acordo com Soares et al (2012). “O uso de produtos à base de materiais ligno-celulósicos como compensados, aglomerados e chapa de fibras é crescente a cada ano, pois sua manufatura além de maximizar o aproveitamento da madeira como matéria-prima, ainda possibilita a utilização peças de menor qualidade, a produção de compostos mais homogêneos e de maior valor agregado.

Devido a versatilidade da madeira como material, a demanda desse produto aumenta a cada ano, entretanto, Soares et al, (2012) ressaltam que “a demanda não é acompanhada na mesma proporção pelo aumento da oferta. Esse descompasso tem proporcionado uma valorização excessiva do preço da madeira, induzindo as

indústrias a maximizarem o aproveitamento da matéria-prima disponível, sendo a produção de painéis de madeira uma das alternativas para isso". Além desta, outras vantagens dos painéis que podem ser destacadas são: maior homogeneidade ao longo das peças, menor exigência na escolha da matéria-prima, eliminação de defeitos como nós, defeitos provenientes da secagem, entre outros. O estudo concluiu que a produção e a comercialização de painéis de madeira no Brasil já apresentam destaque no setor florestal e relevância para economia nacional.

4.6 QUESTÃO AMBIENTAL

4.6.1 Recurso natural

De acordo com o professor Vahan Agopyan (2011) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. Atualmente, o consumo de cimento é maior que o de alimentos e o de concreto só perde para o de água. Para cada ser humano, são produzidos 500 quilos de entulho, o que equivale a 3,5 milhões de toneladas por ano. Esses dados fazem da construção civil a indústria mais poluente do planeta.

Agopyan (2011), destaca ainda que o impacto da indústria no meio ambiente não está restrito à extração da matéria-prima. "Envolve tudo, desde a exploração da matéria até sua utilização e desmonte, que cria o entulho", comenta. Ele destaca que o grande porém da construção civil é que, ao contrário de outras indústrias, não é possível fazer uma miniaturização, como com produtos eletrônicos que diminuem a cada geração, compara.

Um dos grandes desafios da construção civil é diminuir o desperdício de materiais. " O Brasil, por exemplo, tem muito desperdício. A indústria da construção civil no país gasta muito mais do que Estados Unidos e Europa", comenta o professor da

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Koz (2014). Ele defende que grandes programas de construção de casas promovidos pelo Governo Federal, como o Minha Casa Minha Vida, poderiam servir de laboratório para o desenvolvimento de novas técnicas que consumissem menor quantidade de matéria-prima. "O governo deveria estimular o uso de técnicas mais limpas. Deveriam testar novos materiais, com impacto menor", comenta Koz (2014), que complementa: "A gente tem, aos poucos, uma necessidade de mudança por causa da exigência do mercado.

Devido a essa necessidade de novas tecnologias que podem reduzir o consumo de materiais não renováveis, a madeira vem como alternativa de fonte limpa e renovável.

O emprego da madeira como material específico ou auxiliar na construção de edifícios vem sendo estudado sob o aspecto da sustentabilidade, uma questão que preocupa os diversos setores sociais e políticos há algumas décadas. Estes estudos comprovam que consumir um recurso natural renovável como a madeira pode apresentar grandes vantagens em relação aos materiais artificiais, que consomem boa parte de recursos não renováveis.

O minério de ferro, a argila e calcário que são extraídos para a produção de alumínio e cimento por exemplo, demoraram milhões de anos pra se formar. Os referidos processos requerem alto consumo energético e a matéria-prima retirada da natureza jamais será reposta. O contrário se verifica com a madeira, que se renova mesmo sob rigorosas condições climáticas.

4.6.2 Reflorestamento e Manejo Florestal

Uma maneira viável de obter-se uma escala maior e correta de produção de madeira para o fim estrutural é por meio do Manejo Florestal, um conjunto de técnicas para planejar e controlar a exploração da mata nativa, mantendo assim uma produção contínua e uma prática sustentável. Segundo Ferreira (2009) "O aproveitamento das florestas naturais ou plantadas, através de Projeto de Manejo Florestal aprovado pelo IBAMA, é a forma correta de utilizar estes recursos naturais, por partir do princípio de sustentabilidade, ou seja, prevendo uma utilização que permite a recomposição da

floresta de uma determinada área, viabilizando-a econômica, socialmente e ambientalmente.”

Além disso, o reflorestamento prevê uma utilização que permite a recomposição da floresta de uma determinada área explorada e ainda funciona como medida preventiva de grande importância no combate às mudanças climáticas, uma vez que minimiza o efeito estufa.

4.7 CERTIFICAÇÃO

4.7.1 Madeira Certificada

Devido às práticas inadequadas de exploração, a madeira utilizada na construção pode ter origem ilegal ou predatória, o que influencia diretamente no comércio, dado que órgãos fiscalizadores, como o IBAMA (Instituto Nacional do Meio Ambiente), trabalham a fim de minimizar esse uso irregular.

A certificação florestal garante que a procedência da madeira é de uma exploração planejada e controlada das árvores. Isso permite ao consumidor um produto de qualidade com valor agregado. No Brasil, existem dois sistemas de verificação do manejo florestal: o Conselho Brasileiro de Manejo Florestal (FSC Brasil) e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor – Brasil). Ambos verificam o direito legal para exploração da madeira, alcançam o rastreamento por meio de um sistema de cadeia de vigilância além de garantir que os produtos não degradam o meio ambiente e ainda contribuem para o desenvolvimento social e econômico das florestas.

No caso da inexistência de selo específico, a empresa vendedora deve possuir o Documento de Origem Florestal -DOF, emitido pelo IBAMA ou documento equivalente emitido pelo Órgão Estadual de Meio Ambiente -OEMA.

Para maior entendimento, é importante que sejam esclarecidos os conceitos sobre a legalização de exploração e comércio, afim de identificar realmente os que agem em desacordo com a obtenção da matéria-prima e assim, prejudicam o meio ambiente com suas práticas predatórias e irregulares.

A exploração ilegal é caracterizada quando a madeira extraída não possui licença ou lei de exploração. O comércio decorrente disso também será considerado ilegal, quando a madeira ou produto contendo madeira que tenha sido comprada ou vendida além de processada em desacordo com as leis e órgãos responsáveis pela determinação das boas práticas de uso do material.

Contrário a isso, a madeira legal é aquela que preenche todos os requisitos estabelecidos na legislação quanto à documentação, sendo proveniente tanto de manejo florestal como de desmatamento, desde a retirada seja autorizada pelos órgãos ambientais estaduais ou federais. Já a madeira certificada é aquela que, além da documentação de acordo com a lei, não degrada o meio ambiente, o que colabora para o desenvolvimento social e econômico das comunidades florestais. Para garantir isso, o processo de certificação deve assegurar a manutenção da floresta através do manejo florestal, previsto em lei, bem como o cumprimento da legislação trabalhista e a viabilidade econômica da atividade em longo prazo.

4.7.2 Certificação das obras

Graças à tendência de competitividade, as indústrias buscam inovações como certificados que garantem um empreendimento sustentável, trazendo vantagens no processo e no produto final. A construção civil, com o avanço da tecnologia, caminha para uma configuração mais rápida e prática.

As novas construções devem ser projetadas e executadas de forma a minimizar os impactos ambientais, além de toda exigência da legislação ambiental. Para assegurar isso, surgiram os selos verdes como LEED e o AQUA (Leadership in Energy and Environmental Design e Alta Qualidade Ambiental) apresentados na

Figura 52, que incentivam a adoção de práticas mais eficientes, reduzindo o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais como água e energia, sem esquecer o correto gerenciamento dos resíduos. Tudo isso ligado à construção de edifícios mais naturais e funcionais para seus habitantes.

O Aqua, é uma certificação francesa que em 2008 foi adaptada para sua implantação no Brasil. Este selo demonstra o desempenho do edifício e as estratégias feitas para a redução do consumo de água desde sua execução. É de Responsabilidade da Fundação Vanzolini - instituição privada criada e gerida pelos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Paralelo a esse, existe outro selo da construção sustentável, o LEED, criado pelo USGBC (Conselho de Construção Sustentável dos EUA) há mais de uma década nos EUA. Este selo é utilizado em mais de 140 países. No Brasil, ele chegou em 2007 e tem como pré-requisitos: ter qualidade e ser durável, conhecer a procedência e as condições de fabricação; além de condições e distância de transporte dos materiais. O critério de classificação apresenta regras definidas em função do tipo de atividade ou edifício que se quer certificar.



Figura 52 - Selos de certificação ambiental
Fonte: construindoverde.blogspot.com.br (2012)

Diante desses critérios de avaliação, é evidente que a madeira entraria com seu mérito referente a recursos naturais, espaço sustentável, qualidade ambiental interna, além de economia de água e energia em todo o processo.

A engenheira JATOBÁ I., (2013), ressalta que “A emissão de selos verdes na construção civil está crescendo. Segundo o jornal O Estadão, o Brasil já é o 4º país

no ranking mundial a emitir selos verdes nas edificações. E a tendência é que esta certificação se torne comum nos edifícios, sejam estes novos ou reformados.”

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A princípio, foi realizado um levantamento bibliográfico referente ao uso da madeira nas construções brasileiras, com enfoque na viabilidade de obtenção desse material e na flexibilidade de sua utilização. Este trabalho visa apresentar a situação presente do uso da madeira em construções nacionais, bem como os benefícios envolvidos nesse processo. Deste modo, foi feita uma busca de trabalhos e pesquisas que descrevam as características do material e apresentam as construções realizadas no Brasil e no mundo.

A seguir, em busca de um entendimento prático, foram realizadas entrevistas com profissionais especializados, além de visitas técnicas às empresas e obras afim de relatar essa composição através de registros fotográficos e por fim, feito uma sistematização das conclusões obtidas por estas pesquisas. O nome das empresas visitadas não foram citados neste trabalho pois se trata de uma pesquisa acadêmica com interesse técnico sem fins comerciais.

6 RESULTADOS

6.1 EMPRESA A

A Empresa A foi fundada em 2008 com o objetivo de tornar o setor da construção civil mais industrializado e sustentável. Com sede em Curitiba, PR, a empresa inovou trazendo ao Brasil o sistema construtivo “Wood Frame” (Moldura de Madeira), bastante utilizado nos Estados Unidos e na Europa, tornando-se pioneira no país nesse segmento.

Tal sistema consiste em perfis de madeira serradas autoclavadas que em conjunto com placas de OSB (Oriented Strand Board) formam painéis estruturais, que funcionam como um diafragma e são capazes de resistir às cargas verticais (telhados e pavimentos), perpendiculares (ventos) garantindo a transmissão de cargas até a fundação. Segundo a empresa, o sistema é uma solução inovadora, que aliada a tecnologia e eficiência de produtos e serviços, possibilita alcançar um grande desempenho operacional e financeiro.

A intenção da empresa é oferecer soluções para quatro problemas básicos percebidos pelo mercado da construção civil: excesso de prazo (18 meses prazo total médio), excesso de custo (em média 35% a mais que o orçado), falta de gestão

eficiente (na obra, financiamento, aprovações) e desperdícios (materiais, mão de obra, tempo, energia). O sistema, originalmente criado na Alemanha, precisou ser adaptado para ser aplicado ao Brasil e passou por ensaios de desempenho contra fogo, desempenho térmico e acústico, entre outras avaliações. Para garantir sua eficácia, o controle de qualidade da empresa fiscaliza se os documentos técnicos serão emitidos contendo: projetos, memorial descritivo do sistema construtivo, fluxograma e instruções de trabalho, além de um manual de uso, operação e manutenção. O arquiteto Bernardo Richter, parceiro da empresa, afirma: “O maior tempo dedicado ao projeto é compensado com a agilidade na obra. Além disso, a madeira se mostra como um material renovável, versátil e abundante no Brasil.”

A construtora mantém todos os ensaios para o controle dos principais materiais e componentes. Por exemplo, para a madeira serrada são realizados controles quanto à identificação de espécie, teor de umidade e existência de anomalias intrínsecas a madeira (nós, veios, vazios). Para as peças de contraventamento compostas por chapas de OSB é feito a comprovação dos requisitos de resistência à flexão, teor de umidade e inchamento. Em relação à durabilidade e manutenção, são tomadas medidas preventivas e curativas adotadas para eliminação e controle de agentes biológicos (fungos, insetos xilófagos e perfuradores marinhos), por meio de tratamento por autoclave com preservativo CCA (arsenato de cobre cromatado) e as chapas OSB são submetidas a ensaio para determinação de resistência ao ataque de cupins de madeira seca. Outra medida é a prevenção contra fogo, que dificulta a ocorrência de princípio de incêndio e a inflamação generalizada. As faces externas e internas das paredes são constituídas por placas cimentícias e chapas de gesso acartonado, consideradas incombustíveis e atendem aos requisitos de propagação superficial de chamas, permitindo condições adequadas para restringir a rápida propagação do incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não aumentando o risco inerente do sistema construtivo em questão.

No entanto, existem algumas dificuldades de aplicação do sistema no Brasil, uma vez que a quantidade de empresas que oferecem o serviço ainda é pequena e está concentrada nos grandes centros, dificultando o acesso em localidades afastadas. Além disso, ainda são poucos os bancos que asseguram e financiam uma obra desse tipo.

A empresa acredita no fortalecimento não apenas do sistema construtivo, mas também de uma cultura construtiva e no desenvolvimento de parcerias com todos os envolvidos na atividade da construção, inclusive outras empresas dispostas a compartilhar conhecimento e comprometidas com o bom uso da tecnologia. Contudo, apesar de um curto histórico, a empresa executou projetos que ilustram a evolução do setor madeireiro no Brasil. Serão apresentados a seguir dois exemplos de obras recentes para uma referência prática.

6.1.1 Programa MCMV com madeira

O sistema construtivo “Sistema leve em madeira” aplicado ao programa Minha Casa, Minha Vida destina-se à produção de unidades habitacionais unifamiliares térreas, isoladas (Figura 55) ou geminadas (Figura 54), nas quais a estrutura é industrializada, produzida numa planta industrial altamente automatizada. Para isso, a empresa conta com planejamento de projetos, treinamento das equipes de acabamentos e instruções de trabalho, que garantem o início da obra. A seguir, durante a fase de execução (Figura 53), são feitos monitoramentos, relatórios e controle de qualidade que garantem fidelidade com o projeto. Além disso, no período de utilização o proprietário conta com manual sobre a tecnologia a fim de contribuir para o correto uso e desempenho da casa.

O processo de produção dos painéis de parede é industrializado, executado em unidade fabril em linha de produção, armazenados e transportados à obra. Todos os materiais recebidos e elementos (painéis de paredes) produzidos em fábrica são identificados para permitir a rastreabilidade e posicionamento de montagem na obra. Os painéis de parede são, sob demanda, transportados por meio de caminhão tipo Muck para o canteiro de obra, sendo o descarregamento desses elementos realizado com logística e definitivamente conforme plano de montagem estabelecido para cada

empreendimento. O procedimento de execução é enxuto e a montagem é elaborada em três etapas, mas quais o primeiro passo é a escolha do tipo de fundação com base na sondagem do terreno, o segundo é fixação da estrutura, e por fim, guindastes colocam as paredes.

As empresas responsáveis pelo empreendimento afirmam também que todas as suas obras atendem aos requisitos da Norma de Desempenho - NBR 15.575. Para tanto, foram realizadas auditorias técnicas na fábrica e na obra que permitiram avaliar o desempenho global das unidades habitacionais e o comportamento potencialmente positivo do sistema construtivo, quanto ao controle de qualidade de produção e de seus elementos constituintes.

Em relação a viabilidade econômica, para sair do papel e obter o financiamento da Caixa Econômica Federal, o empreendimento foi submetido a testes que comprovassem sua conformidade às diretrizes do Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores (Sinat), do Ministério das Cidades. Assim, o financiamento foi proposto ainda com custos inferiores ao de uma casa equivalente em alvenaria.



Figura 53 - Montagem da obra
Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/> (2013)



Figura 54 - Projeto e execução Residencial

Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/> (2013)



Figura 55 - Habitação social em wood frame
Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/> (2013)

6.1.2 Escritório Verde UTFPR

O Escritório Verde da UTFPR em Curitiba, é responsável pelo planejamento e implantação de programas ambientais e práticas sustentáveis aplicadas em vários processos do dia-a-dia da instituição. Por ter essa característica ambientalmente correta, está abrigado em uma edificação modelo de um escritório comercial sustentável de cerca de 150 m², construída com a tecnologia de construção a seco Wood frame “um sanduiche de painéis de madeira em estrutura de pinus tratado e com manta para isolamento térmico em PET reciclado e manta para conforto acústico de pneus reciclados”, como relata o coordenador do escritório Eloy Casagrande Jr. Segundo ele, depois de viver 10 anos na Europa e de observar as construções locais, chegou à conclusão que poderia relacionar engenharia, arquitetura e meio ambiente. E partir daí as ideias, numa parceria com a empresa A, se transformaram em projetos como o do Escritório.

O sistema, que utiliza madeira de reflorestamento transformada em processo industrial em estruturas pré-moldadas, permite uma redução de custo de até 10%, além do uso 90% menor de água e produção de resíduos 85% inferior, comparada a

uma construção de alvenaria convencional. Segundo o coordenador do projeto, “trata-se da primeira edificação a ser certificada no Paraná neste processo”.

“É muito gratificante para a A estar envolvida em um projeto que possui esse objetivo tão importante de difundir a sustentabilidade pela educação. É mais uma prova de que não só o futuro, mas principalmente o presente, está no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, observa Beto Justus, sócio e diretor administrativo e financeiro da empresa de engenharia. “Nos orgulhamos de ser referência nesta área que está se desenvolvendo rapidamente, sobretudo pelo fato da população perceber que o futuro que todos nós queremos está neste tipo de mudança”, ressalta.

A seguir, as Figuras 56, 57 e 58 são referentes ao Escritório Verde e seu processo enxuto de produção.



Figura 56 - Montagem da obra / Construção enxuta
Fonte: <http://www.escriptorioverdeonline.com.br/> (2012)



Figura 57 - Fachada Escritório Verde
Fonte: <http://www.escriptorioverdeonline.com.br/> (2012)



Figura 58 - Caminho de entrada e ambiente interno do escritório
Fonte: <http://www.escriptorioverdeonline.com.br/> (2012)

Diante disso, confirma-se que a empresa A é capaz de atuar no mercado da construção civil com a tecnologia wood frame, realizando desde projetos simples e acessíveis como habitações sociais até casas e escritórios com maiores padrões de qualidade e tecnologia. A empresa mostra, através das obras apresentadas, que os métodos construtivos apresentados tendem a ser empregados com sucesso no Brasil, a exemplo do cenário da construção civil em alguns países desenvolvidos, que aliam praticidade, conforto térmico-acústico, responsabilidade social e ecológica. Essas obras comprovam que a otimização nos processos construtivos traz vantagens como melhores relações ambientais, uma vez que o material tem procedência legal e sua manipulação requer pouca energia.

6.2 EMPRESA B

A empresa B foi fundada em outubro de 2010 por dois engenheiros com um interesse em comum: trabalhar de modo técnico e criativo com estruturas de madeira

inspirados na cultura dos países europeus e norte-americanos que fazem isso há décadas. Aliando ainda, tecnologia e técnicas construtivas atuais adaptadas as condições nacionais. Além de encontrarem na madeira a solução para construções que obedecem a tendência de construções mais leves, práticas e de acordo com responsabilidade ambiental.

A equipe da empresa é formada na parte técnica por 2 engenheiros, 3 arquitetos e para a execução e montagem das estruturas, eles contam com 42 carpinteiros que são manejados de acordo com o tipo de obra ou a dificuldade de execução. Esses carpinteiros são divididos em 7 equipes acompanhadas de um profissional mais experiente, sendo como o mestre de obras, que propicia a devida orientação para que a prática executava seja fiel ao projeto.

O trabalho da empresa é desenvolver a princípio um estudo estrutural que determina o tipo de madeira, uma estimativa de quantidade de madeira em m³, os tipos de conexões, aço, parafuso, prego, colas, etc. Depois disso, é feito um levantamento de quanto vai custar a mão de obra de montagem e o material empregado na obra. Assim, serão feitos os cálculos estruturais definitivos de acordo com a norma Nbr7190 e com o auxílio do software alemão RSTAB e os desenhos com o software suíço CADWORD, os mesmos utilizados nos maiores escritórios de cálculo de estruturas de madeira do mundo. Este software gera um modelo tridimensional da estrutura, que servirá para análise da arquitetura. A partir disso, é feita a análise de logística da obra e assim é emitido um orçamento com estimativa de custos bem próxima da realidade.

O detalhamento técnico e o Projeto de Montagem é composto por modelo 3D da estrutura completa, locação de pilares com cargas de fundações, plantas e cortes e detalhe de todos os nós, conexões metálicas e aparelhos de apoio. Segundo os engenheiros “o correto detalhamento e cálculo da estrutura é o que vai garantir o tempo de vida útil da mesma”.

Definidas seções e ligações entre peças como por exemplo pilar-viga, emendas, transições entre madeira e concreto de fundação eles partem para o detalhamento da estrutura. O engenheiro Alan (2015), afirma que “a tendência de diminuir a quantidade de aço na construção começa nas ligações. É possível substituir chapas por parafusos menores e eficientes. Lembrando que isso já acontece nos países que praticam essas construções.” Aí que entra o trabalho dos arquitetos. Ao

ver do engenheiro só quem tem formação em arquitetura vai conseguir definir infinitas soluções criativas que a madeira possibilita.

No final, é entregue um projeto completo com lista da quantidade exata de material, além disso, o software Cadwork um desenho de peça por peça com os cortes, furos e entales que serão usados na pré-produção. A partir daí é feita a encomenda do material e os carpinteiros seguem estritamente projeto.

A madeira recebida é preparada no galpão de usinagem, a pré-fabricação consiste no corte, rasgos, furos e numeração das peças de madeira. Assim, a montagem na obra é muito mais rápida e eficaz, restando apenas alguns ajustes localizados e garantindo assim um canteiro de obras seco e limpo. Na usinagem, as peças de madeira receberão uma demão de STAIN que as protegerão durante o transporte e a montagem das peças.

A empresa entrega o paliteiro de madeira coberto, ou seja, eles montam os pilares, vigas, tramas da cobertura e deixa pronto para o acabamento, que é solicitado de fornecedores de acordo com a preferência do cliente, buscando sempre a melhor solução econômica e arquitetônica para cada projeto.

Além de projeto e execução, a empresa presta serviços de consultoria para esclarecer dúvidas referentes a madeira ou a estrutura e também realiza serviços de laudo e perícias e vistoria em obras existentes. Com um levantamento de dados técnicos é possível realizar cálculos para verificação do estado atual da estrutura, ou se a mesma tiver ruído as possíveis causas das falhas

As madeiras utilizadas podem ser oriundas de florestas plantadas (Pinus, Eucaliptos) ou madeiras provenientes de manejo florestal, como as espécies nativas (Itaúba, Garapeira, Piquiá, Cumarú, etc.). Caso essas não atendam as características da obra, no caso de projetos de arquitetura contemporânea, que demanda cada vez mais estruturas leves e vãos maiores, a empresa busca soluções com Madeiras Laminadas Coladas (MLC) retas e curvas. As MLC's poderão ser fabricadas de Eucalipto ou de Pinus tratado. Essa matéria prima é obtida através de parcerias com fornecedores sérios, habilitado com certificados internacionais (F.S.C.) e nacionais (D.O.F. e Madeira Legal), garantindo a procedência legal das madeiras utilizada.

No quadro 1 apresenta-se uma conversa com o engenheiro Alan Dias sobre sua preferência por trabalhar com madeira. A entrevista foi realizada no dia 04/05/2015 na sede da empresa Y, que é referência nacional e presta serviços para todo o Brasil na construção em madeira.

Todas as construções deveriam ser duráveis com pouca emissão de carbono e também mexer com a sensibilidade das pessoas que moram lá ou venham visitar essa construção, e a madeira é um material que pode abrigar todos esses aspectos

Não há no mundo todo material estrutural tão estudado e ensaiado. Isto garante técnicas e recursos para empregá-lo em praticamente qualquer tipo de estrutura.

Todas estas técnicas, aliadas à engenharia, arquitetura e ao design, fazem com que o resultado final de uma estrutura em madeira seja sempre impecável e indiscutível.

Devido a experiência com inúmeras obras, as equipes contratadas possuem muita prática na montagem de estruturas em madeira. Muitas das soluções adotadas vêm do próprio canteiro de obras e de estudos realizados incansavelmente. Cada obra é tratada de forma especial.

Há preocupação com a sustentabilidade. 100% das madeiras utilizadas são provenientes de manejo florestal sustentável, quando nativas do Brasil e espécies de reflorestamento. Além disso, também são utilizadas madeiras de demolição, transformando o que era antigo em novas estruturas.

A empresa procura sempre estar atualizada, em contato com

Quadro 1: Entrevista com engenheiro Alan Dias**6.2.1 Obra: Expansão Shopping Iguatemi – Fortaleza CE**

A área de convivência de expansão do shopping Iguatemi (Figura 66) foi inaugurada em abril de 2015 e tem a maior cobertura de madeira do Brasil, com 4,5 mil metros quadrados. Para viabilizar esse desafio arquitetônico, com seu modelo 3D apresentado na Figura 65, 1,2 mil metros cúbicos de madeira laminada colada (MLC) de Abeto (uma espécie de pinheiro) foram transportados do porto de Gênova, Itália, onde as estruturas foram pré-fabricadas e enviadas até a capital cearense. Em entrevista descrita no quadro 2, o engenheiro Alan Dias que foi o responsável por essa importação explica:

Foi feito um levantamento de custo e viabilidade de obtenção do material aqui, porém no Brasil ainda não há indústrias capazes de produzir estruturas nesse porte. O que se encontra por aqui ainda é muito artesanal. Seriam necessário juntar “forças” de 3 empresas e isso custaria em torno de 40% a mais do que foi gasto com o material e transporte até aqui. Por isso, foi feita uma parceria com a empresa italiana Moretti Interholz.

Quadro 2: Explicação do engenheiro sobre a MLC no Brasil

Provenientes de áreas de reflorestamento da Áustria, os painéis de MLC que compõem a cobertura formam curvas, com vão livre de até 48 metros. Em certos pontos, a cobertura apresenta curvas voltadas para duas direções opostas, como pode ser observado nas Figuras 63 e 64, o que forma arcos de sustentação e passagem, além de conferir um efeito de fluidez ao seu topo treliçado. Para proteger a estrutura da exposição aos intempéries, a cobertura foi feita com uma manta de policarbonato alveolar especialmente criada para o projeto, onde camadas difusoras e refletoras dos raios ultravioleta foram instaladas a fim de preservar a temperatura do ambiente.

Para garantir o desempenho do material, a empresa responsável pela execução aplicou, sob imersão, um cupincida produzido especialmente para a obra, além do uso do Stain, um produto hidro-repelente que também funciona como filtro contra raios ultravioleta. Com peças de madeira de até 20 metros de comprimento, as vigas de sustentação foram travadas a fim de evitar a flambagem lateral da madeira. A ação dos ventos, intensificada pela altura da construção, será combatida com contraventamento de cabos de aço, garantindo a conservação da estrutura. A obra ganhou o selo LEED de sustentabilidade devido a utilização e otimização de materiais e processo.

Nas Figuras 59, 60, 61 e 62 verifica-se a produção da estrutura de MLC na fábrica italiana. Enormes sargentos pressionam as tábuas de madeira até que se inicie a cura da cola. Após isso, foram feitos os devidos reparos e furos para a pré-montagem da estrutura.



Figura 59 - Prensa de 48m para as vigas tipo "S"
Fonte: Carpinteria (2014)



Figura 60 - Correção de falhas
Fonte: Carpinteria (2014)



Figura 61 - Corte para encaixe de ferragens e pré-furos
Fonte: Carpinteria (2014)



Figura 62 - Pré-Montagem do pórtico com 50m de vão livre

Fonte: Carpinteria (2014)



Figura 63 - Execução e montagem estrutura MLC
Fonte: Carpinteria (2014)

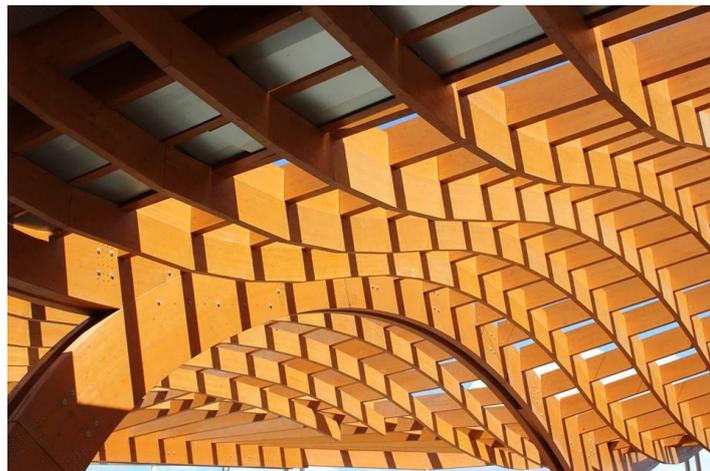


Figura 64 - Curvas quem compõe o pórtico
Fonte: Carpinteria (2014)



Figura 65 - Modelo 3D de projeto
Fonte: Carpintería (2014)



Figura 66 - Cobertura de madeira Shopping Iguatemi
Fonte: Carpintería (2015)

6.2.2 Fabricação da MLC no Brasil

O engenheiro Alan Dias defende a utilização de madeira laminada colada pois além de obter um resultado otimizado do material, é possível fazer o acompanhamento da produção, mesmo que no país isso ainda seja feito em nível artesanal comparado as grandes fábricas internacionais.

O processo de fabricação consiste na união de pequenas peças que resultam em grandes dimensões com resistência desejada. Após a secagem e corte, a colagem é constituída por duas fases: A primeira consiste na aplicação da cola sobre as lamelas, mas sem a sobreposição das peças. A segunda fase consiste na montagem das lamelas na posição definitiva, esperando a aplicação da pressão de colagem, apresentada na Figura 67. A expansão da cola permite compensar as irregularidades das superfícies até cerca de 2mm. Feito isso, há uma operação de aplainamento e lixamento para regularização das superfícies, eliminando a cola em excesso (Figura 68). Depois deste tratamento devem ser aplicados os produtos preservadores por um processo de autoclave e após isso são aplicados vernizes (Figura 69) e ceras para proteger a superfície final e deixa-las com aspecto estético desejado. Finalmente, a peça é cortada e preparada para receber as ligações definidas em projeto (Figura 70). A indústria garante a procedência de madeiras reflorestadas e a resistência do material final.



Figura 67 - Prensa de colagem
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 68 - Retirada do excesso da cola
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 69 - Aplicação de verniz
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 70 - Recortes para ligações
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

5.2.3 Projetos executados pela empresa

A seguir, serão apresentadas registros fotográficos (Figuras de 71 à 79), afim de exemplificar obras projetadas pela empresa B com as mais variadas soluções arquitetônicas. A madeira estrutural utilizada nessas construções tem procedência de florestas plantadas ou provenientes do manejo florestal, como as espécies nativas.



Figura 71 - Galpão – madeira nativa e reflorestada
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 72 - Casa Avaré – MLC e madeira nativa
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 73 - Casa IG – madeira reflorestada
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 74 - Galpão – madeira reflorestada
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 75 - Casa Zarvos – madeira nativa
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 76 - Casa Trancoso – madeira reflorestada
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 77 - Casa Pinheiro – madeira nativa
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 78 - Casa UR – madeira laminada colada
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)



Figura 79 - Casa Cambaquara – madeira nativa
Fonte: Blog Estruturas de Madeira (2015)

7 CONCLUSÃO

A partir dos estudos realizados nesta pesquisa, pode-se concluir que:

A madeira possui um grande potencial na construção civil, porém, a barreira do preconceito quanto ao uso do material deve ser quebrada para que o setor possa evoluir. Por ser um material natural e renovável, transformado à custa de um baixo consumo energético, a madeira representa uma alternativa favorável face às preocupações ambientais e de economia de energia. A sua utilização na construção

de casas poderá se tornar uma forma de valorizar os produtos florestais, constituindo, certamente, um excelente meio de preservação das florestas mundiais.

O desenvolvimento desse setor começa com o interesse de novos profissionais, que tendem a buscar maior conhecimento e técnicas inspiradas em modelos tecnologicamente mais avançados. As vantagens do uso da madeira em estruturas aumentarão à medida que engenheiros estejam aptos a tirarem partido das propriedades deste material. O primeiro passo para garantir a eficácia de uma obra em madeira é a consciência do profissional que irá elaborar um projeto de acordo com normas e leis que definem as espécies adequadas do ponto de vista tecnológico e ambiental, os procedimentos de aquisição de madeira legal e ainda o processo de fabricação e tratamento do material.

Conclui-se também que o setor industrial requer mudanças para colaborar no alcance do desenvolvimento sustentável, minimizando os impactos negativos. O país está atrasado em relação a testes de qualidade, maquinários, colas, parafusos, entre outros. Diante disso, órgãos responsáveis no setor e instituições de ensino, aliados ao interesse de profissionais e indústrias que acreditam na evolução das técnicas construtivas estão cada vez mais, alcançando resultados positivos para desenvolver o emprego da madeira na construção civil.

BIBLIOGRAFIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**. Brasília, 2010.

AGOPYAN, Vahan. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo, 2011.

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

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell. **Resistência dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

BITTENCOURT, R. M.; MIYADAIRA, L. Y. **Os sistemas construtivos em madeira comercializados no município de São Paulo**, 2008.

CALIL J. Carlito, ROCCO Francisco A. L.; e DIAS Antônio - **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**, 2003.

CALIL Carlito N.; AMSTALDEN Rogerio A. S.; TONIOLO Luiz E. N.; LAHR Francisco A. R.; CALIL Carlito Jr. **Madeira laminada colada (MLC) de *pinus oocarpa* avaliação da qualidade de colagem**. Vitória, 2012.

CASAGRANDE, Eloy. **Brasil precisa quebrar preconceito sobre o uso da madeira na construção civil para avançar**. Curitiba: UTFPR, 2013.

DEL CARLO, Ualfrido. **Arquitetura Sustentável e de Baixo Impacto Ambiental**. São Paulo: USP, 2003.

DIAS, Alan. **Por que construção em madeira é sustentável?**. 2012. Disponível em: <[Http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br/2015_02_01_archive.html](http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br/2015_02_01_archive.html)>. Acesso em: 05 maio. 2015.

FERREIRA, O. P.; ZENIDE, G., et. al. **Madeira: uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo: IPT, 2009.

FERRIER, 2010 apud PORTELA, Ana S. **A sustentabilidade no uso da madeira de Floresta plantada na construção civil**. 2010. 96f. (Mestrado Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FINATTI, Euclésio Manoel. **Casa Inteligente: Wood Frame**. In: Seminário Uso Sustentável da Madeira. Curitiba: FEMADE, 2010.

GESUALDO, F. A. R. **Estruturas de madeira** – Notas de aula. Universidade Federal de Uberlândia, MG. 1998.

INO Akemi; FOLZ Rosana R.; CALLIL João; VALLE Ivan M. R. **A PRÉ-FABRICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA NO BRASIL**. Vitória, 2012.

JATOBÁ, Ivana. Selos verdes na construção civil. Bahia: **Universidade Estadual de Feira de Santana**, 2013.

KOZ, J. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta**. 2013. Disponível em: <<http://www.clickhabitacao.com.br/noticias/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta/>> Acesso em: 28 abril. 2015.

LEMOS, Carlos A.C. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo: Nobel, 1985.

MEIRELLES, Célia Regina M. **Considerações sobre o uso da madeira do Brasil em Construções Habitacionais**. III Fórum de Pesquisa FAU, Mackenzie, 2007.

MUNIZ, Lara. **Madeira estrutural**. 2007. Disponível em: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br/2007_09_01_archive.html>. Acesso em: 13 abril. 2015.

NATTERER, J.; HERZOG, T. VOLZ, M.; WINTER W. **Timber Construction Manual**. Germany, 2004.

SAAB. **Sindimasp do Sindicato do Comércio Atacadista de Madeiras do Estado de São Paulo**, 2011.

SINDUSCON-SP. Vários Autores. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.

SOARES Rodrigo S. C., MELO Rafael R.; CORDEIRO Sidney A.; GUIMARÃES José B. BARBOSA Josiel F. **PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO NACIONAL DE PAINÉIS A BASE DE MADEIRA**. Vitória, 2012.

VELLOSO, Joana G. **Diretrizes para construções em madeira no sistema plataforma**, 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VELLOSO, Joana G.; SZÜCS, Carlos Alberto. **Comportamento estrutural experimental do sistema pré-fabricado plataforma em madeira**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, XI, Londrina, 2006.