

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UNICEUB

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Rafaela Ros Timponi
MATRÍCULA: 2121435/1

**Análise do processo de manutenção para estruturas em Madeira Laminada
Colada: Estudo de caso em Brasília.**

Brasília - DF
2017



RAFAELA ROS TIMPONI

Análise do processo de manutenção para estruturas em Madeira Laminada Colada: Estudo de caso em Brasília.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, como requisito parcial para obtenção de Título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. M.Sc. Flávio de Queiroz Costa

Brasília - DF
2017

RAFAELA ROS TIMPONI

Análise do processo de manutenção para estruturas em Madeira Laminada Colada: Estudo de caso em Brasília.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, como requisito parcial para obtenção de Título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. M.Sc. Flávio de Queiroz Costa

Brasília, 2017.

Banca Examinadora

Eng^o.Civil Flávio de Queiroz Costa, M.Sc.
Orientador

Eng^o.Civil: Jocinez Nogueira Lima, M.Sc.
Examinador Interno

Eng^a. Civil Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno, D.Sc.
Examinadora Interna

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela saúde e condições oferecidas ao longo desses anos que me permitiram a realização dessa formação;

Aos meus pais, pela total dedicação e amor incondicional, jamais terei recursos suficientes para agradecer-los tanto;

Aos meus irmãos, Bruna e Guilherme, por tanto companheirismo e carinho desde a infância. Meus eternos e melhores amigos;

Ao meu namorado, Rafael, pela confiança que deposita em mim, paciência e amor durante os últimos anos de curso;

Ao meu professor e orientador Flávio Costa, pela paciência e orientação;

Ao arquiteto Ailton Cabral, por todo conhecimento transmitido, disposição e paciência, nunca hesitou em me ajudar;

À Raquel, por ter sido a primeira colega de curso, por toda ajuda e por sempre acreditar em mim;

A todos amigos que fiz durante o curso, em especial a Maria Luiza, Juliana e Isabella, pela amizade, ensinamentos e discussões. Não teria sido o mesmo sem vocês;

A minha amiga Carol Viegas, pelo tempo gasto pra me ensinar e ajudar, pelo carinho e amizade de sempre;

A todos, que me apoiaram e contribuíram para minha formação, muito obrigada!

*Dedico esse curso ao meu exemplo de engenheiro civil, à pessoa que,
de uma forma incrível, se esforça todos os dias para poder me
oferecer toda educação necessária para o sucesso.
Foi por você!
Te amo, pai!*

RESUMO

Nosso país possui uma grande riqueza florestal, recurso renovável, e que, se explorado de maneira racional, se torna infinito. O uso da madeira como material de construção vem se tornando cada vez mais importante para a construção civil, principalmente em sistemas construtivos industrializados para casas e pequenas edificações. A falta de conhecimento da população brasileira sobre tal tema acaba por desperdiçar a chance de se viver em um país ecologicamente melhor. O objetivo deste trabalho é colaborar, através de um estudo de caso no Distrito Federal, na análise dos principais aspectos ligados a manutenção da estrutura de Madeira Laminada Colada (MLC) necessário para garantir o desempenho e vida útil de projeto, levando em consideração os aspectos inovadores, sustentáveis, econômicos e ambientais que a MLC oferece. Após a realização do trabalho, se verificou que a obra estudada apresenta um plano de manutenção básico que permitiu que a estrutura mantivesse os aspectos de segurança estrutural, de qualidade e de durabilidade esperadas para este tipo de sistema construtivo.

Palavras-chave: Madeira Laminada Colada (MLC), Sustentabilidade, Plano de Manutenção, Construção Civil.

ABSTRACT

Our country has a large forest wealth, with renewable resources, that, if exploited on a rational way, becomes infinite. The use of wood as a building material has become increasingly important for civil construction, mainly in industrialized construction systems for houses and small buildings. The lack of knowledge of the Brazilian population on such a topic often wastes a chance to live in a more ecological country. The aim of this work is to collaborate through a case study in the Distrito Federal, analyzing of the main aspects related to the maintenance of the structure of Glued Laminated Timber (GLULAM) necessary to ensure project performance, taking into account the innovative aspects, the economic and environmental sustainability the GLULAM offers. Although it was verified that the site construction has a basic maintenance plan, the structure has the aspects of structural safety, quality and durability expected for this type of construction system.

Key-words: Glued Laminated Timber (Glulam), Civil Construction, Sustainability

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABELAS.....	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
ÍNDICE DE ABREVIACÕES.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 A Madeira.....	16
3.2 Sustentabilidade com a utilização da Madeira na construção civil.....	18
3.3 A Madeira Laminada Colada.....	20
3.4 A Madeira Laminada Colada no mundo.....	21
3.4.1 Origem e evolução da MLC na Europa.....	22
3.4.2 Origem e evolução da MLC nos Estados Unidos da América.....	23
3.4.3 Origem e evolução da MLC no Brasil.....	23
3.5 Vantagens e desvantagens do material MLC.....	25
3.5.1 Vantagens da MLC em relação a outros elementos da construção.....	25
3.5.1 Desvantagens da MLC em relação a outros elementos da construção.....	28
3.6 Adesivos utilizados na MLC.....	29
3.6.1 Escolha dos adesivos.....	31
3.7 Aplicação estrutural de MLC.....	32
3.7.1 Vigas.....	32
3.7.2 Treliças.....	33

3.7.3 Pórticos.....	34
3.8 Processos de manutenção.....	34
3.8.1 Freqüentes patologias numa construção de Madeira.....	37
3.8.2 Limpeza nas estruturas de Madeira.....	39
4. METODOLOGIA	40
4.1 Fase 1: Revisão da Literatura.....	40
4.2 Fase 2: Definição da Pesquisa.....	41
4.3 Fase 3: Vistoria.....	41
4.4 Fase 4: Relatório Técnico Fotográfico.....	42
4.5 Fase 5: Conclusão e Recomendações Finais.....	43
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
5.1 Descrição e histórico.....	44
5.2 Vistoria.....	48
5.2.1 Manifestações patológicas.....	49
5.2.1.1 Descolamento de laminas.....	49
5.2.1.2 Afrouxamento dos contraventamentos.....	52
5.2.1.3 Fungos, bolores e apodrecimento da Madeira.....	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	61
5. BIBLIOGRAFIA.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquerda: Estrutura interna das fibras da Madeira. Direita: seção de tronco de árvore.....	16
FIGURA 2 – Destino da Madeira certificada na Amazônia legal.....	17
FIGURA 3 – Representação da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de Madeira, cimento, vidro e aço.....	20
FIGURA 4 – Estrutura em MLC realizada por Otto Hetzer, Alemanha (1910).....	22
FIGURA 5 – Maior estrutura em grandes vãos de MLC no Brasil.....	25
FIGURA 6 – Shopping Iguatemi – Fortaleza.....	26
FIGURA 7 – Esquema de uma viga MLC.....	29
FIGURA 8 – Colagem dos Fingers Joint através de adesivos Poliuretanos.....	31
FIGURA 9 – Momento fletor de uma viga biapoçada.....	33
FIGURA 10 – Esquema da metodologia a ser empregada na pesquisa.....	40
FIGURA 11 – Imagem de satélite da Granja do Torto.....	42
FIGURA 12 – Interior lateral do picadeiro.....	44
FIGURA 13 – Exterior lateral do picadeiro.....	45
FIGURA 14 – Vista frontal do picadeiro.....	45
FIGURA 15 – Espessura das peças.....	46
FIGURA 16 – Blocos de fundação e conexões.....	48
FIGURA 17 – Espessura das lâminas.....	49

FIGURA 18 – Descolamento de lâminas na extremidade da peça.....	50
FIGURA 19 – Descolamento de lâminas na extremidade da peça.....	51
FIGURA 20 – Contraventamento em madeira na extremidade do local.....	53
FIGURA 21 – Contraventamento em barras finas de aço na cobertura do local ...	53
FIGURA 22 – Flexão nos contraventamentos.....	54
FIGURA 23 – Fungos e bolores nas estruturas.....	56
FIGURA 24 – Fungos e bolores nas estruturas.....	56
FIGURA 25 – Falta de limpeza no local.....	57
FIGURA 26 – Falta de limpeza no local.....	58

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – Procedimentos de orientação para um sistema de manutenção.....	35
QUADRO 2 – Tipos comuns de patologias e suas causas.....	37
QUADRO 3 – Dados do imóvel.....	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Crescimento em percentual de florestas plantadas no Brasil.....	19
GRÁFICO 2 – Representação de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço.....	28

ÍNDICE DE ABREVIações

ABRAF.....	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
CM.....	Centímetros
CO ₂	Dióxido de Carbono 95
EUA.....	Estados Unidos das Américas
FSC.....	Forest Stewardship Council
M ³	Metro Cúbico
M ²	Metro Quadrado
MLC.....	Madeira Laminada Colada
NBR.....	Norma Brasileira
KG.....	Quilograma
UniCEUB.....	Centro Universitário de Brasília

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Calil (2016), por ser de fácil alcance e por ter simplicidade em seu manuseio, a madeira é o elemento estrutural mais antigo utilizado pelo homem. Por milênios, este foi o principal material usado na construção civil. Porém, ao longo dos anos em nosso país, a madeira foi deixada em segundo plano, sendo trocada por materiais como o aço, o concreto, entre outros.

Conforme Dias & Bastos (2016), a madeira possui diversas características predominantes na construção, como a relação resistência/peso, um bom isolamento térmico, beleza arquitetônica, além de ser o sistema construtivo mais sustentável e menos agressivo ao meio ambiente.

Segundo Calil (2016), no Brasil com um certo preconceito e com a predominância do concreto e do aço nas construções, as estruturas de madeira passaram a dominar apenas residências de baixa renda. Entretanto, tal situação vem se alterando uma vez que o desenvolvimento de novos produtos em madeira aumentou significativamente a utilização desta técnica na América do Norte e na Europa.

Atualmente a situação tem mudado, com o passar do tempo pode-se perceber que a quantidade de institutos preocupados em desenvolver estudos que permitem aumentar o reflorestamento, a exportação e o uso de madeiras, aumentou. Uma situação que comprove isto foi a introdução da madeira laminada colada nas construções, o que é sem dúvidas uma das aplicações mais interessantes como elemento estrutural, por ser um material que possibilita diversas vantagens nas construções e possibilidades arquitetônicas, no qual profissionais da área de engenharia e arquitetura logo perceberam a possibilidade de projetar obras com grandes vãos e também obter pé direito que jamais se imaginava.

Tessoni Bono, em seu artigo de 1996, explica que durante anos a grande dúvida foi sobre como unir grandes peças de madeira de forma que se obtivesse um elemento estrutural seguro. Então surgiram os tipos de ligações denominados encaixes. Em seguida, novos tipos de ligações foram estudados e surgiram colas

específicas, cavilhas, parafusos e os famosos acessórios metálicos, muito usados hoje em dia.

A madeira laminada colada é bastante conceituada no cenário internacional como um ótimo material para elementos estruturais. Este sistema se constitui em um cauteloso uso da madeira, para que se obtenham resultados econômicos e viáveis para o alcance de grandes, leves e esbeltos materiais estruturais.

No Brasil esta tecnologia está crescendo cada vez mais, apesar de que ainda seja preciso superar obstáculos e quebrar barreiras. Este trabalho busca analisar qual o processo de manutenção a ser realizada nas estruturas MLC de modo a garantir o seu desempenho e vida útil de projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as condições de desempenho e estado de manutenção de uma estrutura em MLC a partir da manutenção realizada, propondo ações que possam otimizar o processo de manutenção e consequentemente manutenção e desempenho desse sistema.

2.2 Objetivos Específicos

Tendo em vista o sistema construtivo com MLC no Brasil, os objetivos específicos deste trabalho são:

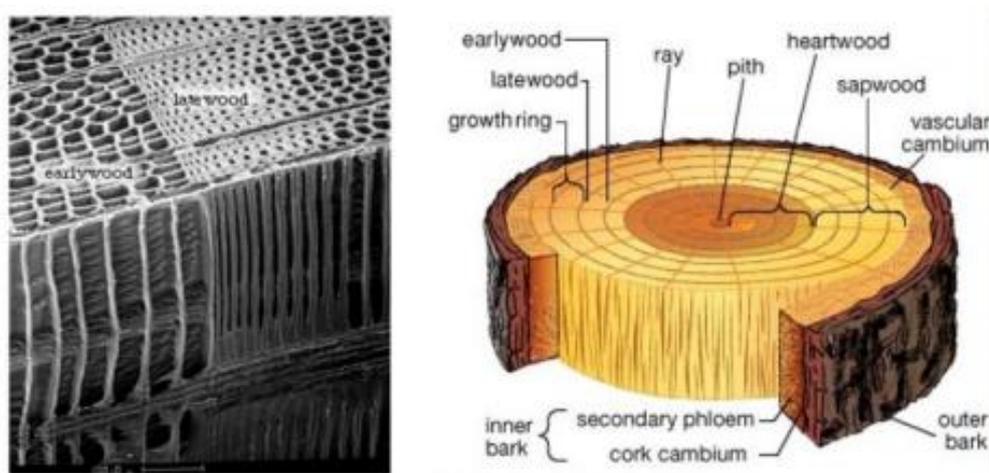
- Apresentar propriedades da madeira como material estrutural, indicando seus aspectos sustentáveis.
- Apresentar a tecnologia da Madeira Laminada Colada, apontando as vantagens e desvantagens e os tipos de conexões para esse sistema.
- Apresentar os critérios de manutenção em estruturas de MLC em Brasília.
- Indicar as práticas mais usuais para a implementação de um processo de manutenção para estruturas de MLC.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A madeira

Conforme Souza (2016), as propriedades físicas da madeira são formadas através do tecido lenhoso dos troncos das árvores, isso é, a sua estrutura celular. Internamente, a madeira é constituída por fibras, que são o resultado do desenvolvimento natural das células da árvore durante o seu crescimento. A obtenção deste material é feita apenas em plantações controladas, de modo que a quantidade de árvores cortadas não influencie no desmatamento das florestas. Para melhor entendimento, a figura 1 ilustra a estrutura interna das fibras da madeira e a seção de tronco de árvore.

Figura 1 – Figura da esquerda: Estrutura interna das fibras da madeira; Figura da direita: Seção de tronco de árvore.



Fonte – H. LESLIE SIMMONS, 2011 – Olin's Construction. Page 318

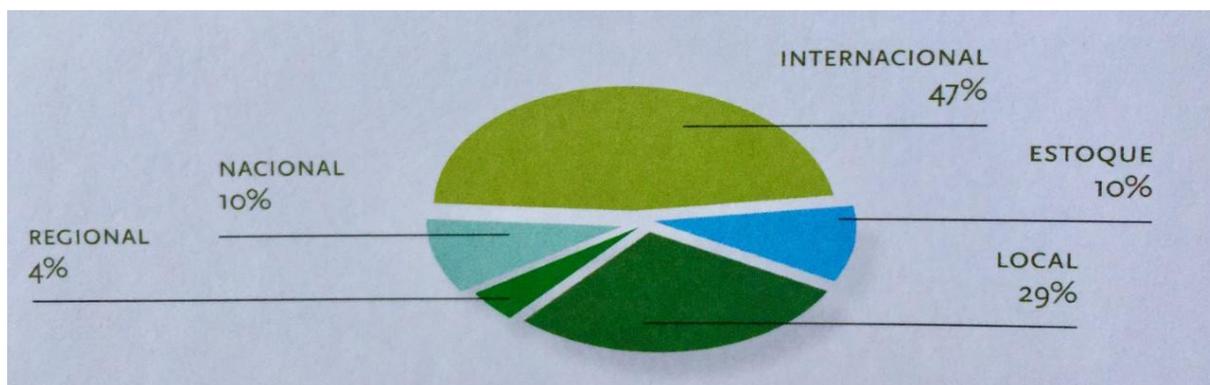
Por muitos anos, a madeira foi considerada um material fundamental na vida da população. Mesmo que às vezes esquecida pelas pessoas, ainda assim é uma paixão na vida de muita gente. A madeira se tornou um elemento capaz de substituir facilmente diversos outros produtos. Além de tudo, a Celulose (o importante material estrutural encontrado nas paredes celulares da madeira) é o composto orgânico

mais comum na natureza, e matéria-prima mais importante para a indústria (Anton Steurer – Developments in Timber Engineering, 2006).

Citada como um dos materiais estruturais mais antigos do mundo, a madeira possui mais tempo que a história da humanidade. Ela está espalhada no mundo inteiro, além de ter um simples processo para se obtê-la. Apesar de este processo estrutural ter sido substituído pelo concreto e pelo aço nas últimas décadas, a madeira além de ser uma fonte sustentável, está sempre em uso. De acordo com Talamini (UFPR, 2016), a medida que vai aumentando uma tomada de consciência para as questões de preservação do nosso planeta, o impacto ambiental dos materiais de construção torna-se cada vez mais um critério de escolha, tomando níveis de importância quase tão elevados como o preço e qualidade.

De acordo com o Conselho de Manejo Florestal (FSC, 2013), a madeira produzida no Brasil é utilizada principalmente na área da construção civil e em 2012 47% (maioria) da sua produção legalizada foi exportada para países da Europa e também para o Japão, ficando apenas 29% para o mercado local. A figura abaixo mostra mais detalhadamente a distribuição da madeira nativa.

Figura 2 – Destino da madeira certificada na Amazônia legal – Espécies nativas (M³)



Fonte: Forest Stewardship Council – FSC, 2013. Página 34.

Segundo Calil Neto (2016), atualmente, a madeira advinda de florestas certificadas é considerada o único material na construção civil decorrente de um constante processo de renovação. Deve-se ressaltar que para a utilização dessa

fonte renovável devem ser observadas as leis das condições de reflorestamento da madeira utilizada. Na arquitetura moderna, a madeira tem sido considerada cada vez mais importante. “A madeira tem atualmente a resposta a um dos maiores desafios do nosso tempo: A sustentabilidade”.

3.2 Sustentabilidade com a utilização da madeira na construção civil.

O conceito de sustentabilidade está diretamente relacionada em conciliar interesses econômicos, sociais e ambientais. Em 1987, a Comissão Brundtland deixa claro a definição base de sustentabilidade: “desenvolvimento que permite o atendimento das necessidades das presentes gerações sem comprometer o atendimento das necessidades das futuras gerações”. Sendo assim, as condutas humanas são totalmente responsáveis por construir este conceito, tendo em vista que são as escolhas das pessoas que irão atender os requisitos que assegurarão a sustentabilidade. Nos dias de hoje, chega a ser controversa a atitude de muitas pessoas, que sempre cobram o uso de meios sustentáveis na construção civil, mas que na verdade dificilmente praticam ou sabem sobre o tema.

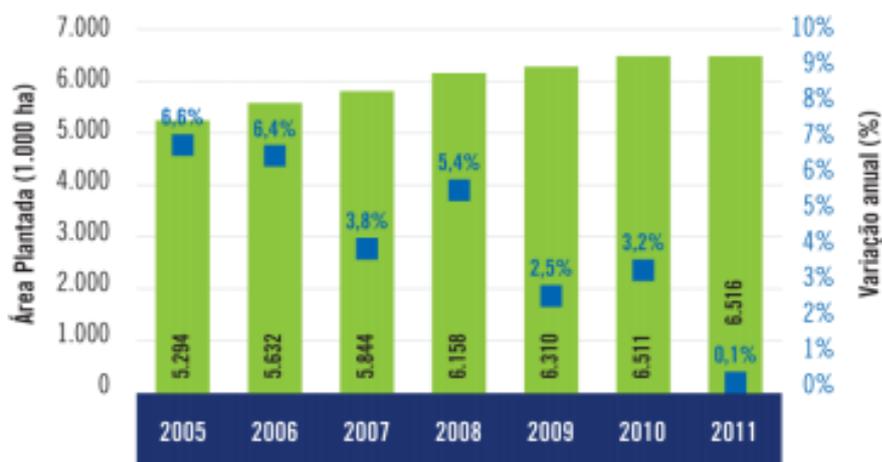
Partindo destes conceitos, podemos então perceber que a madeira, advinda de florestas aprovadas e certificadas de que há um plano que garante o reflorestamento e o crescimento de novas árvores, é uma grande alternativa para a construção civil sendo considerada um importante elemento estrutural na visão da sustentabilidade.

De acordo com Dias & Bastos (2016), a madeira é o único elemento estrutural produzido naturalmente, que cresce a base de energia solar, com a utilização de água (H₂O). Além disso, a madeira produz Oxigênio (O₂) puro e armazena o Dióxido de Carbono (CO₂) da atmosfera.

Os principais problemas no mundo hoje em dia são a poluição, o desmatamento, as queimadas e principalmente o aquecimento global e infelizmente, esses problemas são provocados pelas intervenções humanas. Lembrando disso e ressaltando que as estruturas de madeira têm um importante papel no

desenvolvimento sustentável de um país, futuramente o Brasil passará por uma grande necessidade de se utilizar madeira nas construções civis. Contudo, cabe ressaltar que com o aumento da madeira na construção civil, conseqüentemente aumenta o número de florestas plantadas no Brasil. De acordo com a ABRAF (2012), este número só vem aumentando conforme mostra o gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1: Crescimento em percentual de florestas plantadas no Brasil



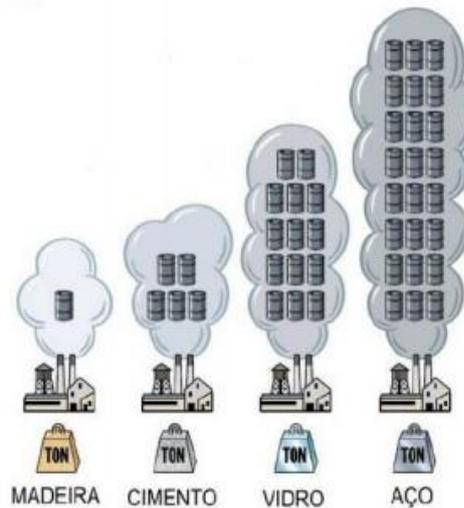
Fonte: ABRAF (2012)

Segundo o Protocolo de Kyoto, se uma das soluções para diminuir o aquecimento global é reduzir as emissões de CO₂ e armazená-lo, conclui-se então que temos a madeira como o único material estrutural capaz de prover fortemente a redução do efeito estufa do planeta e também o único material capaz de obter uma construção renovável.

É importante ressaltar que a cada metro cúbico produzido de madeira, é armazenado cerca de 900 KG de CO₂ da atmosfera, enquanto a mesma quantidade produzida de concreto libera cerca de 140 KG. Por outro lado, a madeira também é um material de fácil manejo e não poluente, podendo ser reutilizada e reciclada. Sua reciclagem depende de pouca energia em comparação ao aço ou alumínio (Forest Stewardship Council – Conselho de Manejo Florestal - FSC, 2013).

A figura 3 abaixo faz a comparação da quantidade de energia adquirida do ar para a produção de uma tonelada de cada material.

Figura 3 - Representação da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço



Fonte – Veloso, 2010.

3.3 A Madeira Laminada Colada - MLC

A técnica de madeira laminada vem sendo utilizada há muitos anos, especificamente em móveis e outros produtos. Segundo Perez Galaz (1979), a primeira estrutura de MLC foi erguida pelo Hetzer na Suíça em 1909, isso é, há mais de 100 anos. Hoje em dia as estruturas laminadas coladas têm um papel muito importante na construção civil, principalmente quando se tratam de edifícios de grandes vãos.

De acordo com European Standards (1995), a sentença “madeira laminada colada” nada mais é que o conjunto de peças, lâminas, de madeira fixadas entre si. Após fixadas, estas lâminas ficam unidas de modo que suas fibras sejam paralelas ao eixo longitudinal da peça e suas espessuras variam de acordo com a altura e a curvatura do elemento quando finalizado. Conforme Perez Galaz (1979), visando a questão de economia, concluiu que a espessura das lâminas não devem ser

menores que $\frac{3}{4}$ " (1,9 cm) e superiores que 2" (5 cm) . As peças com finalidade de elemento estrutural podem ser retas ou encurvadas, uma importante característica da madeira laminada colada pois permite projetos de estruturas esteticamente agradáveis, com vasta concepção nos desenhos arquitetônicos e que dificilmente outra peça estrutural é capaz de obter.

Tendo como a opção do futuro, a MLC envolve o uso da madeira de reflorestamento, a qual possui certificados como o "selo verde". Há vantagens, também, da madeira laminada colada em relação a outros tipos de materiais, como o aço e o concreto e em relação a própria madeira maciça. A MLC possui peso próprio relativamente baixo, o que permite construções mais vantajosas, trazendo uma grande resistência a esforços solicitantes. Com isso, o sistema madeira laminada colada se ajusta a diferentes formas e oferece diversas tipologias.

3.4 A Madeira Laminada Colada no mundo

Segundo Perez Galaz (1979), pioneira na construção civil, a madeira foi utilizada, em primeiros planos, como material de construção no mundo inteiro por milênios. Com o passar do tempo, ela veio perdendo prioridade no ramo e passou a ser substituída pelo aço e pelo concreto.

Atualmente a situação tem mudado pouco a pouco. Institutos de engenharia e arquitetura vem introduzindo cada vez mais a matéria de madeira para a formação dos alunos com objetivo de dar uma maior importância ao uso deste elemento estrutural nas construções.

Hoje em dia, estas estruturas tem sido muito populares nos Estados Unidos, Canadá, Finlândia, Suécia, Noruega, Holanda, Alemanha e Bélgica.

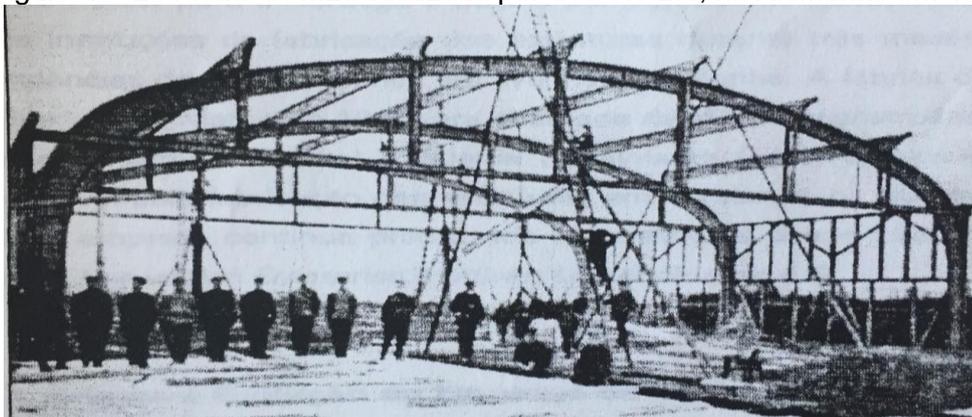
3.4.1 Origem e evolução da MLC na Europa

A produção da madeira laminada colada foi inventada pelo carpinteiro Otto Karl Freidrich Hertzner (1846-1911), em Weimar, na Alemanha, desde então seu nome passou a ser sinônimo de construções de madeira, sendo conhecido pela maioria da população na Europa como “Sistema Hertzner”. Hertzner teve a idéia de produzir diversos tipos de adesivos, todos produzidos a partir da caseína, matéria-prima natural derivada do leite, com finalidade de obter algo mais homogêneo ao colar as lâminas. Após garantir sucesso, estas colas foram patenteadas (Adhesive Bonding: Adhesives, Applications and Processes – 2009).

Rug (1994), cita em seu artigo Innovation im Holzbau-Die Hertznerbauweise que as vigas produzidas por Hertzner obtinham 10m de vão livre e eram utilizadas nas construções em Berlim desde 1890. Em 1901 foi criada a fábrica de Otto e então este sistema passou a propor estruturas com 43 m de vão. Em 1906, Hertzner começou então a patentear as construções com elementos curvos em madeira laminada colada e, a partir daí, esta técnica passou a ser utilizada por diversos outros países da Europa.

Tessoni Bono, em seu artigo de 1996, faz citação referente a figura 4 abaixo, a qual mostra uma das obras de Otto realizadas e destinada à Brussels World Exposition, na Alemanha, em 1910, o ano em que propôs obras com grandes vãos e então ganhou dois grandes prêmios (FOREST PRODUCTS JOURNAL, 1996).

Figura 4 – Estrutura de MLC realizada por Otto Hertzner, na Alemanha em 1910.



Fonte: Forest Products Journal, 1996.

Desde então, segundo Bono (1996), a aceitação dessas estruturas pela Europa foi o emprego da MLC se expandiu na construção de elementos estruturais de coberturas, pontes e principalmente nas grandes construções de fábricas e escolas, com vigas que chegavam a comprimentos entre 15 e 20 m e com lâminas de até 3 cm. A técnica de juntá-las era realizada apenas através de braçadeiras, isto é, não utilizava-se nenhum tipo de prego ou cavilhas.

A grande aceitação dos europeus por esse tipo de estrutura fez com que em 1920, mais de 200 construções utilizassem vigas e arcos do Sistema Hetzer nos países, com parte significativa na Suíça.

3.4.2 Origem e evolução da MLC nos Estados Unidos da América

Com os estudos e avanço da MLC na Europa, sua introdução nos EUA foi apenas uma questão de tempo. Segundo Perez Galaz (1979), a primeira estrutura MLC erguida nos Estados Unidos foi no ano de 1934, um edifício construído para um laboratório de produtos florestais na cidade de Madison, no estado de Wisconsin, situado no norte do país.

O grande aumento do Sistema Hetzer, nos Estados Unidos, fez com que aumentasse, também, a fabricação das madeiras e dos adesivos, com o propósito de melhoria do mercado de MLC. Com o crescimento deste mercado, houve avanço tecnológico nos processos de colagens, nos sistemas de transporte, conseqüentemente encarecimento na mão-de-obra especializada e aumentou também a procura por formas estéticas, tais como arcos e pórticos, dos quais esse tipo de construção é capaz de propor com mais facilidade.

3.4.3 Origem e evolução da MLC no Brasil

De acordo com Tesson Bono (1996), em 1934, na cidade de Curitiba/PR, foi fundada a primeira fábrica de MLC através de tecnologias de empresas européias. A Esmara Estruturas de Madeira Ltda, foi formada pelos sócios Sr. Bruno Noack e Sr.

Fritz, dito-cujos de origem alemã. Apesar de ainda poucas pesquisas e estudos sobre o tema, deram início a fabricação de MLC no país.

Na década de 70/80, o sistema de MLC passou por um estágio eficiente capaz de obter grande demanda, com a introdução de algumas empresas e com o interesse de pesquisadores. Com a crise na economia, e principalmente a diminuição da área de construção civil, seguido da escassa divulgação, a madeira laminada colada não conseguiu competir com outros elementos estruturais no mercado.

Hoje, com a pouca demanda no mercado, sobraram poucas empresas produtoras de MLC. A Rewood, uma das principais empresas de MLC no Brasil hoje em dia, surgiu em 2009, sendo uma das maiores exportadoras de madeira industrializada para o Japão. A empresa por si só, executa projetos, faz toda análise estrutural, produz e faz a montagem dos elementos de MLC, utilizando 100% da madeira derivada de reflorestamento, evitando assim, grande parte do desmatamento das matas nativas.

A maior estrutura de grandes vãos em MLC no Brasil, está situada no Shopping Iguatemi de Fortaleza, Ceará. Toda ela é de madeira laminada colada, utilizando-se 100% de madeiras vindas de matas de reflorestamentos da Áustria. Sendo um marco na arquitetura brasileira, foram utilizados 1.200 m³ de madeira laminada colada, possuindo curvas com 48 metros de vão livre e dimensionada também, para suportar 60 minutos da ação do fogo, de acordo com as normas Européias (Carpinteria, DIAS e BASTOS, 2016)

Ainda em de acordo com a citação acima, para uma melhor visão, a figura 5 a seguir mostra a estrutura realizada no Brasil.

Figura 5 – Maior estrutura em grandes vãos de MLC do Brasil, Shopping Iguatemi – Fortaleza.



Fonte: Sítio Carpinteria, 2016.

3.5 Vantagens e desvantagens do material MLC

São muitas as vantagens comparado a quantidade de desvantagens desse sistema estrutural. Basta só o brasileiro se aprofundar e acreditar nesta idéia que pode fazer tanta diferença em nosso país.

3.5.1 Vantagens da MLC em relação a outros elementos da construção

- Grandes tamanhos e formas livres: A madeira laminada colada obtém um peso próprio baixo e possui alta capacidade de carga, permitindo elementos

de grandes envergaduras e diferentes tipos de formas, como curvaturas e arqueadas como mostra a imagem abaixo.

Figura 6: Shopping Iguatemi – Fortaleza.

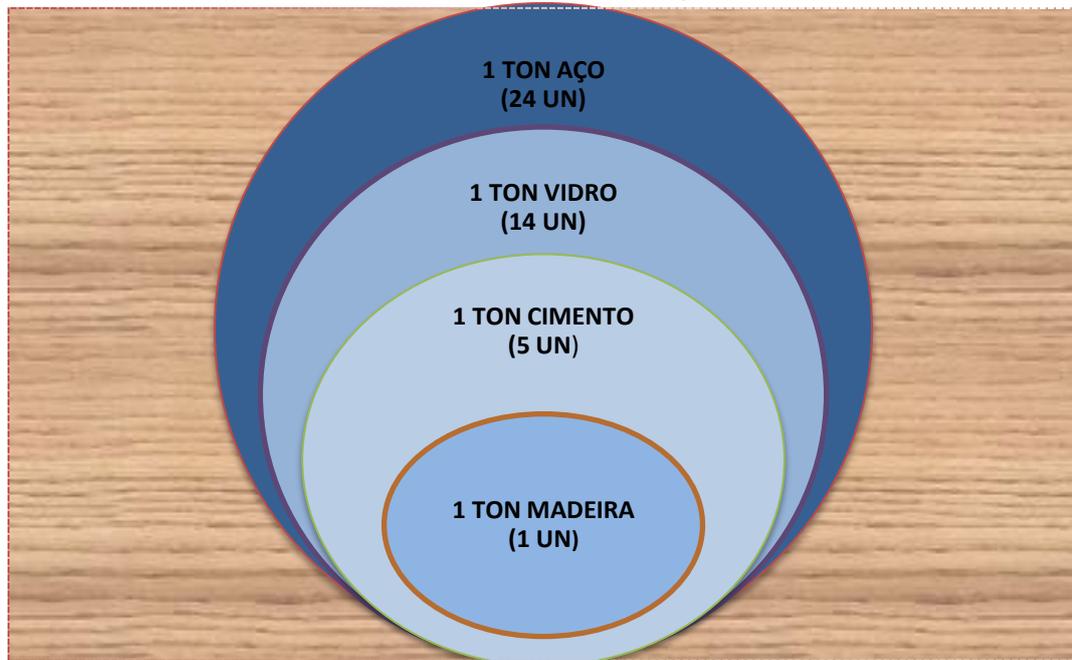


Fonte: Carpinteria, 2016.

- Preservação das matas nativas: Para a obtenção das estruturas, o sistema MLC utiliza a madeira de reflorestamento (pinus e eucalipto). Obtendo assim matéria-prima renovável onde o próprio matéria (madeira) está sempre disponível e crescendo de forma constante;
- Material leve: Sua leveza oferece facilidade na construção e na desmontagem de grandes estruturas. Além disso, quando comparada uma viga de MLC com uma viga de concreto, com o mesmo volume, apesar de possuírem o mesmo poder de resistência, o elemento de madeira será cinco vezes mais leve. Sendo assim, por obter um peso menor do que outros elementos construtivos, transmite menos esforço para as fundações resultado numa grande economia nos custos finais da obra.

- As finas espessuras das lâminas, inferiores a 2”, permitem que o elemento seque facilmente, reduzindo assim os defeitos relativos a secagem e conseqüentemente de toda a estrutura em si.
- Quanto a tração e a compressão, a madeira possui uma boa resistência, se livrando assim, de estruturas mistas, como o concreto armado que requer armaduras de aço em seu interior.
- A madeira é altamente resistente ao fogo. De acordo com Calil (2004), ao redor do núcleo, uma camada carbonizada é formada resistindo à penetração de oxigênio e de calor, por isso queimam mais lentamente e retarda o colapso da estrutura. Sendo assim, uma estrutura de MLC é mais segura que uma estrutura de aço desprotegido.
- A madeira é altamente resistente a cargas de choque e cargas acidentais elevadas de curta duração. Assim como possui resistência à substâncias químicas, agressivas e também aos materiais corrosivos.
- De acordo com Calil (2004), a estrutura de MLC é produzida em umidade de 12% e 65% de umidade relativa. Sendo assim, a expansão e contração térmica são bastante reduzidas, possuindo uma estabilidade dimensional;
- Pouca energia para fabricação: Para a produção de 1 tonelada de madeira, é utilizado 1 unidade de barril de petróleo. O gráfico 2 a seguir demonstra melhor a relação de barris utilizados na fabricação de 1 tonelada de cada material.

Gráfico 2 - Representação de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço.



Fonte: Elaborado pela autora.

- Quando aplicada em ambientes internos, a manutenção acaba se tornando praticamente nula.
- Arquitetonicamente agradável sem precisar de ser revestida.
- Por serem peças estruturais pré fabricadas, uma obra com sistema MLC possui canteiros de obra mais limpos e o mais vantajoso, rapidez na montagem da estrutura, diminuindo assim, custos de mão de obra e ganhos de tempo.

3.5.2 Desvantagens da MLC em relação a outros elementos da construção

- Para a fabricação de elementos estruturais de madeira laminada colada, é inevitável a utilização de equipamentos especiais. Os referidos equipamentos

são caros e é preciso conhecer todo o processo, contando assim com mão de obra específica.

- A fabricação obtém controle de qualidade e necessita de uma produção especial, impossibilitando sua criação no local da obra. Sendo assim, há de contar com um acréscimo de custo de transporte sendo eles elementos estruturais de grande porte, contando com também com grandes curvaturas.
- Durante sua fabricação, a quantidade média de perda de material é bastante elevada, podendo variar de 13 a 50%, tanto em madeira quanto em adesivos, por ser necessário fazer emendas e acabamentos.
- Os preços dos adesivos variam de acordo com a forma que o elemento estrutural será destinado. Por exemplo, se forem estruturas expostas à intempéries, os adesivos serão de elevado custo, pois serão a prova d'água.

3.6 Adesivos utilizados na MLC

De acordo com Calil Neto (2010), o surgimento das colas sintéticas específicas aconteceu em 1940. Estas colas então, passaram a permitir a junção das lâminas de madeira com a função de efetuar uma maior proximidade entre os dois planos de fibra. Assim como mostra detalhadamente a figura 7 abaixo.



Fonte: Isto é engenharia, (2014)

Segundo Kemmsies (2016), a cola em si faz apenas metade do trabalho no serviço de colagem, a outra metade é de puro conhecimento sobre o comportamento do adesivo, contando com experiências profissionais. Por conta disso, em razão de o mercado brasileiro ser bastante limitado para esse tipo de serviço, todas as colas de ponta para a madeira são importadas.

Ainda conforme Kemmsies (2016), existem 4 tipos de colas para as madeiras laminadas coladas, entre elas são:

- a. *Phenol Resorcinol*: É a clássica cola marrom escura. Apesar de ser tão boa quanto as outras, a Phenol ainda é vista como a mais favorita por ser a mais conhecida e a primeira a surgir.
- b. *Melamina Uréia Formol (M.U.F)*: Há 20 anos atrás, a Melamina entrou com uma incrível potência na Europa. Contando a partir disso com um grande crescimento da MLC, pois ela permitia tempos mais rápidos do que a Phenol. Visto que a Europa é a maior produtora de madeira laminada colada, sendo a Melamina responsável por 95% desta produção.
- c. *Poliuretano (P.U)*: Esta cola chegou há 15 anos atrás no mercado como objetivo de colar as faces das lâminas sendo muito utilizada também para colagens dos *Fingers Joint* da estrutura. Os fingers são um sistema que resulta em uma colagem mais precisa, resistente e rápida das laminas, gerando qualidade final ao produto. Hoje então, a P.U é basicamente limitada a este tipo de colagens dos fingers como mostrado na figura 8 a seguir.

Figura 8: Colagem dos Fingers Joint através de adesivos Poliuretanos



Fonte: Carpinteria, 2016.

- d. *Emulsion Polymer Isocyanate (E.P.I)*: Por último a EPI, tradicionalmente ela foi inventada no Japão permitindo colagens apenas de peças menores, vão com a media de até 12 metros de comprimento.
- e. *Epóxi*: É possível também utilizar a Epóxi para fazer a colagem de peças de madeira laminada colada, porém não é viável economicamente, fugindo com certa freqüência do quadro de qualidade do sistema MLC.

Através de uma entrevista realizada, Kemmsies (2016) retratou também que é possível produzir a MLC por meio de colagens de madeiras pesadas. Este tipo de colagem depende apenas dos tipos de adesivos que possam interagir bem com a porosidade da madeira e resultar em excelente fixação.

3.6.1 Escolha dos adesivos

De acordo com Campo (2013), a escolha das colas está ligada diretamente às condições de uso da estrutura e não o tipo de madeira a ser utilizada. É preciso

então se atentar ao local em que estas estruturas estarão expostas, analisando as condições climáticas para observar se ficarão ligadas diretamente às intempéries, o que pode alterar a questão de umidade e temperatura do próprio elemento.

3.7 Aplicação estrutural de MLC

A madeira é um dos materiais de construção mais adequados para projetar estruturas que necessitam vencer grandes vãos. São várias as formas de se utilizar a técnica da madeira laminada colada quando se trata de um elemento estrutural. A sua utilidade varia desde escadas e curtas passarelas até grandes elementos estruturais, formando imensos vãos, das mais variadas formas estéticas.

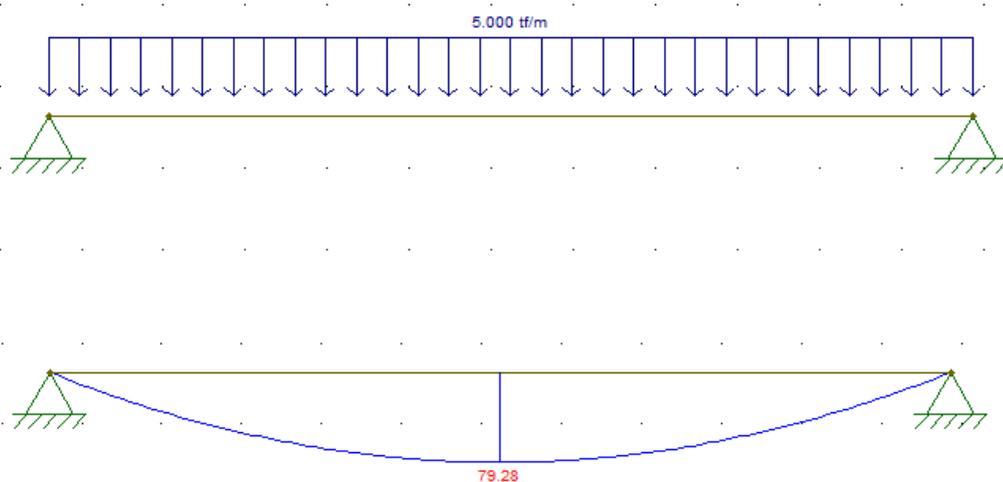
Cabe-se apontar neste trabalho uma breve explicação dos sistemas estruturais que são possivelmente obtidos com a MLC, como por exemplo vigas, treliças, arcos, pórticos, assim como também abóbodas e cascas.

3.7.1 Vigas

A viga de madeira laminada colada é um elemento estrutural na maioria das vezes bi apoiada e seu comprimento é muito maior que sua seção transversal. Ela possui o mesmo papel que as vigas de outros materiais, a sustentação das lajes. Sendo assim, é um elemento estrutural que trabalha principalmente a flexão.

Considerando uma viga com a carga uniformemente distribuída com sua largura constante ao longo da seção, o momento fletor máximo ocorre no meio do vão, conforme a figura 9 abaixo. Na viga de MLC, as fibras mais externas localizadas nas bordas são as mais solicitadas pelo fato da flexão ser o resultado composto por tração e compressão.

Figura 9 – Momento fletor de uma viga biapoiada



Fonte: Elaborado pela própria aluna, (Ftool, 2016).

As vigas de MLC são especialmente projetadas quando se trata de estruturas com formas curvas, grandes vãos ou por localizarem em ambientes corrosivos, no qual não permitem estruturas de concreto ou aço. (ESMARA, 2014)

3.7.2 Trelças

Assim como as vigas, as trelças também tem objetivos de vencer determinados vãos e receber ações permanentes e variáveis. Sua geometria é constituída por triângulos, conexão de barras de madeira retas ligadas através de ligações articuladas nos nós. Elas tem o objetivo de impedir a deformação da estrutura, restringindo os movimentos verticais e horizontais.

As barras que constituem as trelças, trabalham somente esforços de tração e compressão.

3.7.3 Pórticos

Os pórticos são formados por vigas e pilares, unidos através de ligações rígidas ou não. Este tipo de solução é muito utilizado em estruturas de grandes vãos. Estas estão sempre submetidas à flexão e à compressão axiais. Quando apresentam esforços horizontais, os pórticos apresentam um comportamento tridimensional, no qual trabalha em conjunto, distribuindo as cargas que atuam na estrutura.

3.8 Processos de manutenção

Toda e qualquer tipo de manutenção pretende preservar ou recuperar as estruturas previstas em projeto, fornecendo o estudo necessário para prevenção e correção dos componentes estruturais.

Para de obter um plano de manutenção em estruturas de madeira, isto é, inspecionar, avaliar a durabilidade e segurança, é necessário muito conhecimento específico da área e experiências.

De acordo com Eustaquio (2017), em um programa de manutenção é necessário que estejam presente alguns pontos importantes como: “a vida útil dos elementos construtivos, os níveis de qualidade mínima dos materiais construtivos, descrever e identificar os mecanismos de anomalias e degradação mais relevantes de cada elemento, prever e definir os sintomas de patologia, definir a metodologia das operações e estratégias, estabelecer rotinas de inspeção, verificar a existência de registros históricos, custos de operações, registrar todas as intervenções e recomendar técnicas de atuação, de produto e soluções.”

Os quadros 1 e 2 mostradas a seguir foram realizadas ainda com base nos estudos de Eustaquio (2017), elas obtém informações com a finalidade de especificar os métodos de orientação para o plano e as atividades de manutenção de edificações em madeira.

Quadro 1 – Procedimentos de orientação para um sistema de manutenção

PLANO DE MANUTENÇÃO		
PROCEDIMENTOS DE ORIENTAÇÃO	OBJETIVOS	DESCRIÇÃO
<u>INSPEÇÃO</u>	Analisar a condição da edificação mencionando os sinais das patologias e suas causas como objetivo de de conduzir as manutenções previstas.	<ul style="list-style-type: none"> • Uma descrição clara de inspeção • Uma ficha técnica mencionando as irregularidades e suas respectivas causas, critérios de prioridade e ações de manutenção a serem realizadas.
<u>AÇÕES DE MANUTENÇÃO</u>	Corrigir as irregularidades de construção da edificação. Se feitas adequadamente com certa frequência, as degradações prematuras diminuirão.	

<p><u>SISTEMA DE MANUTENÇÃO</u></p>	<p>Conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação de madeira com a finalidade de de oferecer segurança aos clientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de edificação; • Área de construção da edificação; • Materiais e sistema construtivo; • Identificar e reparar as anomalias; • Manutenção preventiva; • Estabelecer condições ideais de utilização; • Relações especiais de vizinhança e implicações no entorno.
<p><u>PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO</u></p>	<p>Previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, cronograma físico e duração dos serviços de manutenção.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade dos materiais; • Relatório das inspeções; • Restrições climáticas e ambientais; • Padrões de manutenção; • Identificação das prioridades de serviços

Fonte: Autora

A realização de atividades de manutenções periódicas em qualquer tipo de edificação contribui para uma melhor vivência das pessoas no local. Diferentemente do que se passa no pensamento de muita gente hoje em dia, as edificações em

madeira precisam de manutenção assim como qualquer outro tipo de material construtivo.

A seguir são descritas algumas informações importantes nas ações de inspeção, reparação e prevenção de modo a contribuir para um diagnóstico eficaz nas atividades de manutenção.

As informações sobre inspeção, reparação e prevenção dos tópicos seguintes são elaboradas ainda de acordo com os estudos de Eustaquio (2017), buscando auxiliar em pesquisas para as atividades de manutenção.

3.8.1 Frequentes patologias numa construção de madeira

Nos edifícios de madeiras, são comuns anomalias que se dão por conta das adequações de projetos, ação de agentes biológicos e ambientais, ação do fogo, dimensionamento, condição de umidade e qualidade da madeira. Abaixo o quadro 2 cita as principais patologias que podem ser causadas por esses tipos de fatores.

Quadro 2: Tipos comuns de patologias e suas causas.

ANOMALIAS EM EDIFICAÇÕES DE MADEIRA		
ELEMENTOS DE MADEIRA	TIPOS DE PATOLOGIAS	PRINCIPAIS CAUSAS
<u>PILARES</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Apodrecimento da madeira; • Degradação de pinturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Quando embutidos em blocos de concreto, como possuem diferentes comportamentos, permite que a água penetre dentro do bloco. • Exposição dos pilares às intempéries.

<p><u>PAREDES</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acanoamento; • Empenamento; • Frestas 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de madeiras com teor de umidade acima da média regional; • Revestimentos de baixa qualidade ou envelhecidos; • Exposição às intempéries
<p><u>ESQUADRIAS</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Infiltrações; • Corrosão e desgastes de componentes metálicos; • Trincas 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de madeiras com teor de umidade acima da média regional; • Revestimentos de baixa qualidade ou envelhecidos; • Exposição às intempéries
<p><u>VIGAS</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Apodrecimento da madeira; • Degradação de pinturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição das vigas às intempéries; • Teor de umidade acima da média regional.

Fonte: Autor

Vale ressaltar que quando se trata de madeira laminada colada, um tipo de patologia comum é o descolamento das lâminas do elemento. Visto que é uma patologia normal de se ver com o passar de anos, esta anomalia não se torna preocupante quando analisada nos extremos da estrutura. Já quando o descolamento se encontra no meio do elemento, torna-se a ser um ponto crítico de manutenção, proporcionando a colagem do material.

3.8.2 *Limpeza nas estruturas de madeira*

Segundo Melo (2017), a limpeza nas estruturas de madeira são de uma importante para que se possa identificar com maior clareza, a necessidade de maiores manutenções em impermeabilizações e degradações.

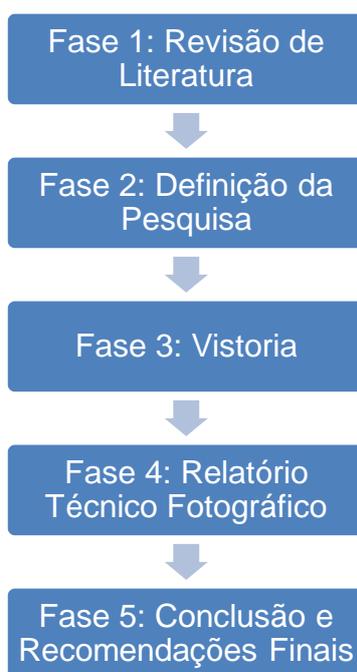
Para todo tipo de limpeza e acabamento é preciso que a madeira esteja seca, sem poeira, qualquer tipo de resinas na superfície como farpas, resíduos de serragens, graxas e gorduras.

Produtos de acabamento como vernizes, seladoras, esmaltes, tintas acrílicas óleos, ceras e preservativos são importantes para manter o brilho e a beleza das peças estruturais.

4 METODOLOGIA

O capítulo de metodologia deste trabalho tem como finalidade apresentar a forma que o estudo sobre estruturas de Madeira Laminada Colada foi realizado. A pesquisa foi separada em 5 fases de elaboração conforme fluxograma metodológico, representado pela Figura 10.

Figura 10 – Esquema da metodologia a ser empregada na pesquisa



Fonte: Elaborada pela própria aluna

4.1 Fase 1: Revisão da Literatura

Para a realização deste trabalho procedeu-se diversas pesquisas bibliográficas em artigos, livros e projetos de pesquisa, além de um estudo teórico sobre o uso da Madeira Laminada Colada na construção civil.

Colocou-se em prática as recomendações de uma única norma técnica de estruturas de madeira, a NBR 7190/12 e de profissionais da área, tendo-os como principais fontes desse estudo já que não se encontra normas técnicas para específicos tipo de madeira como a MLC no mercado.

4.2 Fase 2: Definição da Pesquisa

O Parque de Exposições da Granja do Torto foi selecionado por ser a única construção em MLC do Distrito Federal.

O projeto foi realizado em 1999 e o local foi construído no ano de 2000.

4.3 Fase 3: Vistoria

Para alcançar esse objetivo foi realizada uma visita técnica ao picadeiro e a arquibancada no Parque de Exposições da Granja do Torto, construção de madeira laminada colada situada no Distrito Federal. A estrutura está situada no endereço Parque de Exposições Agropecuárias da Granja do Torto s/nº - Brasília –DF.

A Figura 11 mostra a imagem aérea do local.

Figura 11 – Imagem de satélite da Granja do Torto



Fonte: Google Maps

4.4 Fase 4: Relatório Técnico Fotográfico

Foi decidida a elaboração de um relatório técnico e fotográfico para descrever e exemplificar os fatos verificados no local, diagnosticar as manifestações patológicas existentes, relatar as possíveis causas e os tipos de manutenções necessárias para solucionar os problemas.

Inicialmente foram obtidas informações sobre o histórico do local e das possíveis manifestações patológicas que uma estrutura deste tipo obtém de forma comum. Em seguida foram realizadas a vistoria e a inspeção e por meio de análises visuais foi possível constatar tipos de anomalias na estrutura.

4.5 Fase 5: Conclusão e Recomendações Finais

A partir do relatório os dados geraram insumos de modo que pudessem ser criadas conclusões e recomendações acerca do tema abordado, por meio do diagnóstico das manifestações patológicas existentes, além da necessidade de novas pesquisas na área de atuação.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Descrição e Histórico

O picadeiro do Parque de Exposições da Granja do Torto foi projetado pelos arquitetos Ivan do Valle, Roberto Lecomte e Renata Scarful e a realização da obra foi acompanhada por duas diferentes construtoras, tal que uma foi responsável apenas pela fundação do local e a outra pela execução do local. É constituído por estruturas de madeira laminada colada formando um grande e espaçoso vão livre. As figuras 12, 13 e 14 apresentam uma vista geral do local.

Figura 12: Interior lateral do picadeiro



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 13: Exterior lateral Picadeiro



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 14: Vista frontal do picadeiro



Fonte: Arquivo pessoal

Pode-se perceber que as estruturas possuem grandes vãos livre, chegando em comprimentos de até 48 metros. Por serem elementos constituídos por pórticos triarticulados, considera-se momento igual a zero nos pontos articulados.

Considerando o picadeiro um local de grande pórtico foi necessária a utilização de grandes peças e conseqüentemente elementos muito espessos, tendo assim como principal característica pensada pelos arquitetos. Lembrando que nas curvas das peças de madeira o momento é máximo, observa-se que estas partes são mais espessas que as da extremidade, chegando em até 1,10 metros de comprimento. Já nas extremidades, os elementos possuem largura de 0,25 metros. Na figura 15 a seguir visualizamos melhor a condição exposta acima.

Figura 15: Espessuras da peças



Fonte: Arquivo pessoal

O quadro 3 a seguir especifica os dados e características do imóvel.

Quadro 3: Dados do imóvel.

DADOS DO IMÓVEL	
TIPO DO LOCAL	PÚBLICO
TIPO DO IMÓVEL	UM PAVIMENTO
ESTRUTURA	MADEIRA LAMINADA COLADA
PISO	AREIA
DATA EM QUE FOI CONSTRUÍDO	ANO DE 2000

Fonte: Elaborada pela autora.

A madeira utilizada para as estruturas laminadas coladas foi de gênero e espécie da *Eucalyptus Grandis*. Esta espécie possui uma densidade menor do que 700 kg/m^3 , por esta razão é uma madeira leve, fácil de ser usada e muito utilizada nas estruturas em MLC.

O picadeiro tem 5.184 m^2 de área construída e é formado por 11 vãos com espaço de 6 metros entre eles e em cada extremidade possui balanço de 3 metros. Como mostra a figura 16, os blocos de fundação são prismas feitos de concreto, possuindo a base mais larga e as conexões entre a madeira e o concreto são de chapas de aço.

Figura 16: blocos de fundação e conexões



Fonte: Arquivo pessoal

5.2 Vistoria

Vale ressaltar que todo e qualquer tipo de estrutura cabe manutenções preventivas com o intuito de evitar manifestações patológicas. Durante o levantamento histórico do local foi informado que o principal problema visto é a falta de manutenção no picadeiro.

A seguir serão relatadas as principais manifestações patológicas, os danos observados no decorrer da vistoria no local e seguidos de soluções para possíveis correções.

5.2.1 Manifestações patológicas

5.2.1.1 Deslocamento de lâminas

Na composição de uma peça deve ser observado o tamanho exato de cada lâmina. Contudo, deve-se visar o máximo aproveitamento da madeira, uma técnica que requer mão-de-obra especializada. O presente estudo cita na revisão bibliográfica, que, para que seja economicamente viável, as lâminas de uma estrutura de madeira laminada colada devem obter espessuras maiores que 1,9 centímetros e menores que 5 centímetros. De acordo com o que foi visualizado na vistoria realizada, as lâminas das peças estruturais seguem o padrão destes estudos realizados, no qual obtém 3 centímetros de espessura conforme mostrado na figura 17 a seguir.

Figura 17: Espessura das lâminas



Fonte: Arquivo pessoal.

A manifestação patológica com mais facilidade de ser percebida foi o descolamento das lâminas, o que pode ser causado por diversos fatores como a exposição do elemento às intempéries, a variação dimensional da madeira ligada ao teor de umidade, os problemas de colagem, além do tipo de espécie de madeira utilizada, no qual o coeficiente de retração varia, e também a causa por ser pelo desdobro das peças (tangenciais ou radiais). Por enquanto, esta manifestação não é considerada grave pois estão situadas nos extremos da peça. Vale ressaltar que qualquer tipo de descolamento no centro da peça ou até mesmo nas curvaturas, onde o momento chega a ser máximo, é de extrema importância para que ocorra o estudo e a manutenção imediata sob a manifestação.

As figuras 18 e 19 a seguir exibem a manifestação patológica citada acima para melhor entendimento do leitor.

Figura 18: Descolamento de lâminas na extremidade da peça



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 19: Descolamento de lâminas na extremidade da peça



Fonte: Arquivo pessoal

Como indicado nas figuras acima, o descolamento visualizado nos elementos estruturais chegam até 0,5 centímetros de espaçamento e possui até pontos quebradiços.

Este tipo de manifestação patológica deve ser corrigida a partir da prensagem das lâminas através de uma nova aplicação de cola e da comprimindo com grandes grampos. É possível também corrigir esta manifestação por meio de barras roscas, apertadas por grandes arruelas e porcas, neste caso a compressão constante para forçar a colagem também é importante.

5.2.1.2 Afrouxamento dos contraventamentos

Com finalidades de proporcionar uma maior rigidez à construção, são utilizados sistemas de ligação denominados contraventamentos. Em locais baixos, e vazados como o picadeiro na exposição situada no Parque de Exposições da Granja do Torto em Brasília, é importante considerar a ação do vento para o dimensionamento da estrutura. Nos casos de estruturas de madeira, o projeto destes contraventamentos pode ser elaborado por meio de barras finas de aço de travamento em X, como é o caso da cobertura do local estudado, deste modo faz-se com que o sistema trabalhe sob tração, resultando em maior rigidez e evitando assim a deformação da estrutura e um possível colapso. No caso do local visitado, foram projetados também os contraventamentos longitudinais, diferentemente da cobertura, eles são feitos da própria madeira laminada colada da estrutura e trabalham em compressão sob os pórticos articulados nas extremidades e no centro do local.

Para melhor entendimento do leitor, as figuras 20 e 21 listadas a seguir são capazes de aperfeiçoar a explicação dada acima.

Figura 20: Contraventamento longitudinal em madeira na extremidade do local.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 21: Contraventamento em barras finas de aço na cobertura do local.



Fonte: Arquivo pessoal

Por ser uma estrutura aberta no qual sofre esforços de vento constantemente, exigindo a cobertura, movimentando-a e conseqüentemente forçando os cabos de aço da cobertura, pôde-se observar no local afrouxamento natural dos contraventamentos. Isto ocorre pelo fato da cobertura se movimentar freqüentemente em conseqüência do vento. Percebe-se o afrouxamento dos cabos a partir do momento em que não é mais possível observar a tração neles, ou seja, observa-se a flexão nos cabos.

Considera-se este caso uma manifestação patológica pois em caso de cargas acidentais, como ventos e fortes chuvas, haverá movimentação e considerando ainda os cabos flexionados ocasionará “socos” na cobertura, forçando muito a estrutura. Observa-se na figura 22 a seguir um ponto onde há flexão nos contraventamentos.

Figura 22: Flexão nos contraventamentos



Fonte: Arquivo pessoal

Neste caso, a correção desta anomalia deve partir do apertamento dos contraventamentos mantendo-os sempre tensos para que fiquem rígidos e se possível trocando-os.

5.2.1.3 Fungos, bolores e apodrecimento da madeira

Na construção civil é muito comum se ouvir falar sobre patologias causadas pela umidade. A umidade é o resultado da absorção de água pelos materiais que fazem parte da obra, seja eles fundações, as lajes, paredes e até mesmo os tijolos.

Como estudado e citado na revisão bibliográfica, os fungos, os bolores e o apodrecimento da madeira são consequências da umidade nos elementos. Desta forma, a exposição direta das estruturas às intempéries é de se atentar quando se trata destas anomalias.

No caso do picadeiro do Parque de exposições, foi projetada uma cobertura satisfatória para que proteja a maior parte do local. Por ser um lugar todo aberto, é ilusório que com fortes ventos e chuvas a estrutura não seja molhada. Por esta razão, observa-se fungos e bolores nas extremidades do local, onde está mais propício a receber intempéries. As figuras 23 e 24 a seguir demonstram partes das estruturas tomada por esta manifestação.

Figura 23: Fungos e bolores nas estruturas



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 24: Fungos e bolores nas estruturas



Fonte: Arquivo pessoal

Apesar dos indícios dessas anomalias, tal fato não deve ser considerado grave, uma vez que se tratam de manifestações superficiais. Ainda que ligadas em blocos de concreto, as estruturas não estão recebendo a umidade penetrada dentro do bloco, pois estão bem posicionados, o que evita que essa penetração aconteça. Os balanços da cobertura protegem o local contra intempéries.

Contudo, como todo tipo de estrutura, não deixa de ser importante a limpeza dos elementos, para eliminar os fungos e apodrecimentos, e evitar, assim, futuros problemas. As figuras 25 e 26 a seguir expõem a precária limpeza do local.

Figuras 25: Falta de limpeza no local



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 26: Falta de limpeza no local



Fonte: Arquivo pessoal

Para ressaltar, todo tipo de limpeza e acabamento é preciso que a madeira esteja seca, sem poeira, qualquer tipo de resinas na superfície como farpas, resíduos de serragens, graxas e gorduras.

Produtos de acabamento como vernizes, seladoras, esmaltes, tintas acrílicas óleos, ceras e preservativos são importantes para manter o brilho e a beleza das peças estruturais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com 17 anos de existência, apesar de pouca manutenção, o local não possui graves problemas. Os elementos de madeira não possuem tratamento contra fungo, e quando construído obtiveram tratamento apenas contra cupins e até o momento não há incidência de cupins.

Conforme Valle (2017), as peças de MLC foram projetadas pelo engenheiro Andreas Rostich e saíram direto da fábrica Esmara Estruturas em madeira, situada na cidade de Viamão, Rio Grande do Sul para Brasília através de uma caminhão carreta. O local foi erguido em apenas um mês através de guinchos e andaimes, e com o acompanhamento de duas construtoras na qual uma foi responsável pela fundação e a outra pela montagem.

Ainda de acordo com Valle (2017), na época foi feito o orçamento e a construção em madeira laminada colada resultou em um preço mais barato que a construção em aço. O valor por metro quadrado do local foi R\$ 700,00.

Apesar de todo o receio que a população brasileira possui sobre a construção em madeira, hoje a receptividade das pessoas acerca deste assunto está maior. O grande pulsor do aumento dessa aceitação é o meio ambiente, simplesmente pelo fato dos brasileiros estarem mais ligados às construções naturais e rápidas, algo que a madeira laminada colada oferece. Com isso, futuramente o Brasil terá um crescimento maior e linear quanto a demanda da madeira.

Outro fato importante como conclusão é que pesquisas sobre o assunto existem e estão abertas ao público, porém, infelizmente, o conhecimento acerca da madeira laminada colada não se encontra organizado, o que dificulta bastante o acesso às informações. A grande maioria das pesquisas é técnica e específica, e são estudos designados para o meio científico. Por serem profundamente técnicas, estas pesquisas passam a dificultar a compreensão e o entendimento das pessoas, inclusive dos profissionais que atuam no mercado de trabalho.

Durante a realização deste trabalho, pôde-se perceber a falta de parâmetros de projetos e de dimensionamento das estruturas em MLC para que possam

colaborar com o conhecimento de projetistas e empresas, o que impede que profissionais obtenham maior segurança ao projetar em madeira laminada colada.

Sem dúvidas, com esse trabalho podemos perceber o difícil acesso ao conhecimento já produzido nesta área e a estudos e pesquisas comprovados no Brasil, sendo a falta de norma técnica um exemplo disso.

Este trabalho nos ajuda a chegar na conclusão de que o futuro da construção civil depende do crescimento da utilização de estruturas em madeira, principalmente por ser um recurso 100% renovável, o qual considera-se infinito e também ecologicamente correto, diminuindo assim os problemas causados no mundo inteiro.

7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Ampliar os estudos sobre a Madeira Laminada Colada, contando com laboratórios de pesquisa a fim de realizar testes de esforços e carregamentos sobre a estrutura de MLC.
- Fazer um estudo comparativo de preço entre estruturas de Madeira Laminada Colada, concreto e o aço.
- Fazer uma pesquisa com a população brasileira sobre o uso desse sistema.
- Realizar campanhas educativas sobre sustentabilidade e os problemas causados pela construção civil.
- Realizar estudos através de programas próprios para cálculos de dimensionamentos de estruturas de madeira.

8 BIBLIOGRAFIA

ADEODATO, S.; VILLELA, M.; BETTIOL, L. S.; MONZONI, M. **Madeira de ponta a ponta**. 1. Ed. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190 – **Projetos de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 2012.

DIAS, Alan; BASTOS Paulo. **A Madeira Laminada Colada**. Disponível em: <http://www.carpinteria.com.br/?page_id=1610>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

IBDA. **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura**; Fórum da Construção. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>>. Acesso em: 03 de maio de 2017.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo, 2013.

NETO, Carlito Calil. **A Madeira Laminada Colada**. Disponível em: <<http://madeiralaminadacolada.com/mlc.php>>. Acesso em: 29 de abril de 2017.

NORDENSON, Guy. **Seven Structural Engineers**. Nova York, 2010.

PFEIL, Walter. **Estruturas de Madeira**. 6. Ed. Rio de Janeiro, 2003.

REMADE. **Revista de Madeira**. Disponível em <<http://www.remade.com.br/>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

SOUZA, Líria Alves de. **Madeira; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/madeira.htm>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

STEURER, Anton. **Developments in Timber Engineering: The Swiss Contribution.** 1. Ed. Suíça, 2006.

VOLZ, H. N. S. **Timber Construction Manual.** Ed. Detail. Munique, Alemanha, 2009.

WWF. **World Wildlife Fund.** Disponível em < <http://www.wwf.org.br/> >. Acesso em: 13 de maio de 2017.

ZERBINI, Fabíola. **Cenário da Madeira no Brasil; FSC Brasil.** São Paulo, 2014.