

BEATRIZ SANTOS SILVA BETETTE^{1*}, LAURA BERNARDO CASTILHO¹

¹Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design – FAUeD – da Universidade Federal de Uberlândia – UFU. *E-mail: beatriz.betette@ufu.br.

RESUMO

A partir da disseminação de práticas tecnológicas atreladas a mecanização construtiva no campo do setor civil, novos sistemas materiais se inserem no mercado. O concreto armado é hoje o sistema material construtivo mais utilizado na execução de obras no Brasil. Fato que coloca em necessidade de estudo os sérios impactos de degradação ambiental a que este se insere, uma vez que sua produção é altamente poluente e ofensiva ao meio ambiente. O *Cross Laminated Timber* se insere no plano construtivo como alternativa a uma construção sustentável e eficiente, caracterizando dispositivo para estudo de caso no artigo em questão. Para tal, é analisado o comportamento mecânico do CLT, bem como apresentadas suas características, principais potencialidades e capacidade de uso na construção civil. Assim, constatou-se potencial mecânico semelhante ao observado no concreto armado, demonstrando, dessa forma, alta resistência a compressão e tração, somado a eficiência energética, caráter sustentável e rapidez de construção. O presente estudo se torna ferramenta importante para identificar soluções projetuais que se enquadrem aos requisitos funcional e sustentável, proporcionando projetos estruturais e arquitetônicos bem elaborados e em acordo com as questões ambientais, além de incitar o desenvolvimento de novas técnicas construtivas associadas a madeira de qualidade similar ao concreto armado.

Palavras-chave: Construção civil, Projeto sustentável, Madeira laminada cruzada.

USO DE *CROSS LAMINATED TIMBER* (CLT) EM PROJETOS ESTRUTURAIS**1. INTRODUÇÃO**

O material madeira é utilizado no setor da construção civil desde os primórdios da ordenação civilizatória, no Período Neolítico, segundo a cronologia histórica. Apesar de se mostrar satisfatório em muitos pontos, podendo ser citado a resistência mecânica e a

durabilidade, teve o seu uso altamente reduzido a partir do século XX e as seguidas revoluções industriais, decaindo a cada passo que a tecnologia do concreto se desenvolvia.

A partir da década de 1950, com a construção de Brasília, o betão armado, ou concreto armado, emplacou favoritismo quanto aos sistemas construtivos desenvolvidos no Brasil, consolidando-se rapidamente. Fato que se deve a sua alta capacidade mecânica de resistência a tração e compressão, além de oferecer maior liberdade quanto a plasticidade da obra construída, a partir de estruturas arrojadas e modernas. Outro ponto agregativo se tem no conhecimento do comportamento do concreto, a partir do estudo da ciência dos materiais empregados na sua mistura de preparo (COSTA, 2013). Somado ao concreto, os elementos utilizados na fabricação de materiais cerâmicos para uso construtivo, como tijolos e telhas, se mostram predominantes na execução de casas e edifícios. Dessa forma, temos um setor fabril altamente consolidado no plano construtivo.

No entanto, os resultados processuais ao contexto de fabricação dos produtos mencionados acima, se inserem no ambiente construído de maneira extremamente poluente. Cerca de um terço de toda a emissão de dióxido de carbono eliminado na atmosfera terrestre é feita pelo setor da construção civil. Fato que coloca em necessidade de estudo, soluções para melhor aproveitamento do produto tangente às questões ambientais. Neste ponto, temos a madeira como alternativa sustentável e de alto potencial construtivo. Dessa forma, o objetivo deste artigo finda na análise de desempenho construtivo do CLT, derivado da madeira, como solução projetual frente as necessidades atuais referentes ao plano ambiental.

2. A MADEIRA COMO MATERIAL SUSTENTÁVEL

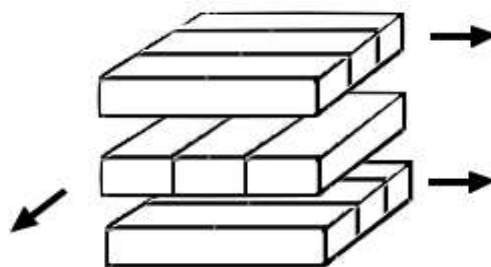
Entendida como material sustentável devido a proveniência natural de reflorestamento e possibilidade de reposição ao meio, a madeira torna-se ferramenta imprescindível ao contexto da adoção de práticas atreladas a preservação do meio ambiente. Além disso, é um material com baixo consumo energético e de taxa de poluição no processamento de fabricação, se comparado aos processos atuais do concreto e componentes cerâmicos. Além de possuir propriedades fisiológicas tangíveis ao aproveitamento do carbono, uma vez que a madeira absorve o carbono presente na atmosfera (ainda que em quantidades reduzidas). Dessa forma, a madeira se insere na assimilação da Economia de Baixo Carbono no setor da construção civil.

3. **CROSS LAMINATED TIMBER (CLT) OU MADEIRA LAMINADA CRUZADA**

A madeira utilizada na construção civil pode ser dividida em duas categorias principais: madeira maciça e madeira industrializada ou transformada. No contexto das madeiras transformadas, temos os chamados MLC (madeira laminada colada), amplamente utilizados para fins estruturais. São chapas condensadas formatadas através de várias camadas de madeira adjuntas por cola, conformando potencialidade às propriedades mecânicas. Dentro dessa classificação, temos o CLT (*cross laminated timber* ou madeira laminada cruzada).

Este material baseia-se no mesmo conceito de colagem de várias camadas de tábuas (MLC), mas que, no caso, cola camadas sucessivas com tábuas dispostas ortogonalmente. Pormenorizando, o CLT não se configura apenas como um material construtivo, como propriamente dito, mas, como um novo processo construtivo (COSTA, 2013).

Figura 1 – Representação organizacional das lamelas no CLT.



Fonte: Betette BSS, Castilho LB, 2019.

4. **CARGAS BIDIRECIONAIS**

Devido à disposição das tábuas na colagem da unidade, o CLT confere elevada capacidade de carga, com resistência a tração e compressão. A formatação em chapas, permite que o material seja utilizado de variadas formalidades, ultrapassando o convencionalismo a que os conjuntos lineares expunham conduzindo cargas unidirecionais. No sistema de chapas, o CLT assume funcionalidade estrutural e de vedação, apiloando-se na bidirecionalidade de cargas a que se insere (AMORIM e outros, 2018). As orientações ortogonais das tábuas coladas oferecem caminhos distintos e expansivos as cargas recebidas pelo material, redirecionando as mesmas, e garantindo rigidez estrutural (PEREIRA, 2014).

A disposição das lamelas empilhadas se limita a números ímpares, variando entre 3, 5 e 7, de forma a consolidar-se unidade com eixo de simetria nuclear conferindo aspecto maciço. No mesmo mecanismo de lamelas coladas, o MLC é inserido na assimilação do sistema de pilares, com carregamento unidirecional de cargas. No caso do CLT, as cargas distribuem-se em plano de forma bidirecional, processo assimilativo ao sistema de lajes.

5. DESEMPENHO COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

Quando comparado a outros elementos originários da madeira, a retratibilidade no CLT é muito reduzida. Para isso, as lamelas utilizadas em seu processo de confecção, são cuidadosamente selecionadas, apresentando um teor de água das tábuas que constituem o elemento, de aproximadamente 12%, saindo da fábrica com um teor de água entre 10 e 14%. Dessa forma, na concepção do projeto a ser executado, os valores das dimensões utilizadas na execução do projeto são precisos, reduzindo custos.

Quanto ao desempenho frente a atividades sísmicas, um estudo experimental denominado Project SOFIA, demonstrou que um edifício de 7 pavimentos (escala real), essencialmente estruturado por CLT, quando exposto a atividade sísmica demonstra desempenho positivo. O material se mostra resistente as interferências sísmicas devido a sua conformidade nuclear maciça, conferindo rigidez e estabilidade (CECCOTTI e outros, 2010). Também, o CLT, apresenta satisfatório desempenho frente a exposição e contenção ao fogo – no entanto, se apresenta inflamável quando não recebe tratamento ignífugo – , além de alto desempenho térmico e acústico. Ademais, o sistema de contraventamento pode ser empregado com alto aproveitamento funcional. Logo, o material pode ser utilizado na elaboração de edifícios com vários pavimentos, como é demonstrado na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Exemplos de projetos elaborados estruturalmente com CLT.

Título	Edifício Brock Commons	International House Sydney	Edifício Amata
Autor	Acton Ostry Architects	Alec Tzannes	Triptyque
Local	Vancouver, Canadá	Sidney, Austrália	São Paulo, Brasil
Ano de conclusão	2017	2017	-
Situação	Construído	Construído	Não construído

Fonte: Betette BSS, Castilho LB, 2019.

O subsistema de revestimento é um diferencial na aplicabilidade de edificações executadas com CLT. Os mecanismos de revestimento e acabamento podem ser definidos

de forma ampla e genérica, como na maioria dos sistemas construtivos. É possível revestir externamente e internamente o conjunto construído de forma a maquiar o material utilizado. Evidenciando, assim, que uma construção em CLT não define o caráter visual e paisagístico a que a obra se insere, podendo esta, se adequar as necessidades projetuais requeridas, demonstrando grande versatilidade de projeto.

6. BENEFÍCIOS E VANTAGENS

No contexto da usualidade de materiais madeira transformados e industrializados, a técnica de wood frame mostra-se como uma alternativa ao emprego do CLT. Ambos elementos de coordenação modular, se inserem no campo da construção civil e mercado construtivo de maneira preeminente distinta. A similaridade na disposição de chapas verticais e horizontais, ofertando soluções aos propósitos de vedação de mesmas direções com ligamento finger joint, se diferem quanto ao manuseio do produto. O wood frame se insere na modulação esquelética de ossatura periférica, necessitando de preenchimento sólido no fechamento da vedação proposta (COLLINETTI, 2016). Alternativas apiloam-se no uso de placas cimentícias e OSB. Do mesmo modo, o CLT apresenta-se como mecanismo estrutural e de vedação de forma unitária, além de oferecer benefícios na elaboração projetual, como os listados abaixo.

1. Tempo: Elementos em CLT são processados e fabricados off-site e transportados ao campo de obra. Por utilizarem uma lógica CAD/CAM de produção, o projeto e execução das peças são previamente planejados e precisos, a partir do uso de mecanismos industriais mecânicos de precisão – BIM – facilitando o trabalho e reduzindo o tempo de mão-de-obra.
2. Estrutura: O material se apresenta de forma robusta e forte quando se insere na funcionalidade estrutural, equiparando-se a elementos como concreto e aço.
3. Design: Peças em CLT se tornam ferramentas flexíveis na plasticidade arquitetônica projetual.
4. Meio Ambiente: Como toda madeira, o CLT é um material de potencial renovável e sustentável. Sua produção fabril é vista como limpa, se comparada aos materiais construtivos usuais como concreto e componentes cerâmicos, uma vez que estes elementos utilizam de recursos naturais em seu processo de fabricação, além de emitir grandes quantidades de dióxido de carbono na atmosfera terrestre.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frente ao que foi exposto em texto, temos um panorama do uso e capacitações do CLT para fins estruturais no âmbito da construção civil. Como visto, o material analisado mostra-se altamente eficiente como dispositivo construtivo, elencando potencialidades em diversos pontos. O CLT se destaca por sua alta resistência mecânica, aparência, versatilidade e sustentabilidade. O seu desempenho mecânico, quando comparado a sistemas construtivos usuais, como o concreto armado, mostra-se satisfatório. Entre eles, podemos citar: a resistência a compressão e tração; bom desempenho quando sujeito a atividade sísmica e sistema de contraventamento; capacidade de verticalização; leveza estrutural direcionado a partir do peso próprio a que o material se modela; bom desempenho térmico e acústico; e durabilidade. É necessário enfatizar, que para que o material apresente todas os pontos elencados em texto, é preciso haver tratamento prévio da madeira a ser utilizada no processo de lamelas, bem como a sua manutenção periódica.

Por outro lado, faz-se necessário lembrar sobre as fragilidades a que o CLT se expõe como madeira e material maciço. O alto custo do manuseio do material se demonstra como barreira quanto a consolidação do seu uso no Brasil. As empresas especializadas na fabricação e modelação do CLT estão em fase inicial, encontrando alguma dificuldade para enraizar-se e tornar a sistematização de MLC um produto usual. Além disso, para a execução em obra, é necessário o emprego de mão-de-obra especializada, uma vez que a montagem dos painéis é um trabalho mecanizado e preciso. Ainda, não é possível que a obra seja executada com uso amplo do material em todos os estágios do seu andamento. Fases como fundação e cobertura devem ser elaboradas em conjunto com outros mecanismos construtivos, como betão e aço, por exemplo. A madeira se torna suscetível ao contato com o solo e a umidade, necessitando de um tratamento especializado.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disseminação do emprego do CLT nos projetos de construção civil, se mostra essencial na elaboração de novos mecanismos construtivos que se apoiem a práticas sustentáveis, de baixo impacto ambiental e funcionais. O uso da madeira faz-se necessário e urgente, no contexto conjuntural do aquecimento global e intenso crescimento urbano, ao passo que a degradação ambiental acomete a qualidade de vida da população global atual e de gerações futuras.

Ainda, em vista da situação socioeconômica mundial, atrelada a política de unidades habitacionais, a necessidade de adoção de mecanismos que se demonstrem eficientes quanto a modelagem construtiva, somado a velocidade a que o processo se estrutura, são cada vez mais entendidos como intrínsecos a boa qualidade de vida. Também, as potencialidades relativas ao desempenho de conforto ambiental no edifício são vistas como inerentes à elaboração de moradias.

Dessa forma, tornam-se claros os benefícios e vantagens a que o sistema de CLT se insere e oferece ao mercado construtivo. Este, por outro lado, se alicerça ao novo sistema, ainda em fase inicial no Brasil, e visiona uma oportunidade de desempenho comercial, não somente em fabricação de elementos estruturais, como, também, na confecção de móveis e derivados de uso doméstico. Por fim, o CLT se demonstra como um material inovador, detentor de diversos benefícios, e se mostrando, potencialmente, como possível sucessor ao betão no ramo da construção civil.

REFERÊNCIAS

1. AMORIM, S. MANTILLA, J. CARRASCO, E. A madeira laminada cruzada: aspectos tecnológicos, construtivos e de dimensionamento. *Matéria (Rio J.)* vol.22 supl.1, Rio de Janeiro, Jan 08, 2018.
2. CECCOTTI, A. SANDHAAS, C. YASUMURA, M. Comportamento Sísmico de Edifícios Multivalentes de Madeira Cruzada. *Actas da Convenção Internacional da Sociedade de Ciência da Madeira e Tecnologia e da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa - Comitê da Madeira*, 11-14 de outubro. Genebra, 2010.
3. COLLINETTI, DA. Estudo de caso da eficiência energética de dois sistemas construtivos em madeira: clt e wood frame. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Itapeva, 2016.
4. COSTA, AAP. Construção de Edifícios com *Cross Laminated Timber (CLT)*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2013.
5. PEREIRA, MCM. Metodologia para estudo da caracterização estrutural de painéis de madeira laminada colada cruzada. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.