

PERSPECTIVAS NA UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS CROSS LAMINATED TIMBER (CLT) NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO

Roberta Rodrigues Roubuste¹; Guilherme Valcorte²; Kássya Melissa Oliveira de Souza³; Fabio Santos Rangel Junior⁴; Laura Hoffmann de Oliveira⁵; Luciane Gorski⁶; Maiara Talgatti⁷; Darci Alberto Gatto⁸

RESUMO

No setor madeireiro, novos sistemas construtivos vêm sendo desenvolvidos no mundo para aperfeiçoar o método construtivo convencional. O objetivo desta estudo é abordar conceitos sobre este recente material, o Cross Laminated Timber (CLT) que apresenta características inovadoras para o setor construtivo. O respectivo trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura, na qual se realizou consulta em livros, revistas e periódicos *on-line*. O CLT apresenta vantagens em relação à madeira maciça e seus derivados reconstituídos, como a estabilidade dimensional devido à baixa absorção de umidade, alta resistência mecânica, bom desempenho acústico, conforto térmico e proteção frente à ação do fogo. Referente às características construtivas dos painéis CLT, destacam-se o elevado nível de pré-fabricação, leveza estrutural, sustentabilidade, a partir da obtenção renovável e menor geração de resíduos em obras. Para tal, a ampliação do conhecimento acerca do presente tema gera a otimização tanto do produto quanto do processo construtivo.

Palavras-chave: Estruturas de madeira; Madeira engenheirada; Painéis de madeira.

ABSTRACT

In the timber sector, new construction systems are being developed around the world to improve on the conventional construction method. The objective of this literature review is to address concepts about this recent material, the Cross Laminated Timber (CLT) that presents innovative features for the construction sector. This work was based on a literature review, in which books, magazines and online journals were consulted. CLT has advantages over solid wood and its reconstituted derivatives, such

¹ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal-UFSM. robertaroubuste@gmail.com

² Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal-UFSM. gvalcorte@gmail.com

³ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução-Museu Paraense Emílio Goeldi. engkassya@gmail.com

⁴ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais-ESALQ/USP. fabiorangel@usp.br

⁵ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal-UFPR. laura-hoff@hotmail.com

⁶ Engenheira Florestal, Dra. lu_gorski@hotmail.com

⁷ Engenheira Florestal, Dra. maiara.talgatti@hotmail.com

⁸ Orientador. Professor Titular do Curso de Engenharia Industrial Madeireira-UFPEL. darcigatto@yahoo.com

as dimensional stability due to low moisture absorption, high mechanical resistance, good acoustic performance, thermal comfort and protection against fire. The construction characteristics of CLT panels include a high level of prefabrication, structural lightness, sustainability thanks to renewable resources and less waste generation on construction sites. To this end, the expansion of knowledge on this subject leads to the optimization of both the product and the construction process.

Keywords: Wooden structures; Engineered wood; Wood panels.

Eixo Temático: Sociedade e Ambiente (SA).

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material utilizado desde o surgimento da humanidade, sendo empregada em diversos usos devido a sua versatilidade, que se estende desde a geração de energia calorífica até o uso como material construtivo (JUNIOR et al., 2003). Ainda, a madeira quando comparada aos materiais de construção convencionais como o aço e o concreto, apresenta uma excelente relação resistência e peso, bom desempenho térmico, baixo consumo para sua produção e é um material renovável (PFEIL; PFEIL, 2003).

A potencialidade na utilização da madeira está diretamente relacionada à obtenção do conhecimento a respeito das suas propriedades tecnológicas, as quais influenciam na qualidade e na destinação correta dos materiais de acordo com as propriedades requeridas. (GALLIO et al., 2016).

Neste sentido, os produtos resultantes da industrialização da madeira são materiais que em sua maioria visam à redução da madeira a frações ou componentes apropriados, para depois correlaciona-los por meio de cola, objetivando maior desempenho estrutural (PALMA; BALLARIN, 2011). No que diz respeito ao processo de produção de painéis de madeira, qualquer espécie pode ser utilizada, desde que as propriedades físicas e mecânicas obtidas estejam de acordo com as normas de comercialização (LIMA et al., 2013).

No setor madeireiro, novos sistemas construtivos vêm sendo desenvolvidos no mundo para atender a população e também para aperfeiçoar o método construtivo convencional. Nesta perspectiva, painéis Cross Laminated Timber (CLT) são considerados como uma inovação tecnológica mundial, cujas características

permitem a produção de edificações de madeira por meio de painéis, tanto em paredes como em lajes (ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017).

Assim, o objetivo do presente trabalho é abordar a caracterização dos painéis CLT e seu modo de produção, por meio de uma revisão da literatura, bem como suas potencialidades da sua implantação na construção civil.

2. METODOLOGIA

O respectivo trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura em periódicos nacionais e internacionais, nas plataformas Periódicos Capes, Scopus e Google acadêmico, além de livros disponíveis sobre o tema de estudo. Para isso, utilizou-se as palavras-chave “painéis Cross Laminated Timber”; “madeira laminada colada cruzada” e “CLT na construção civil”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS CLT E O PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os painéis CLT caracterizam-se como um produto de madeira confeccionado no formato de placa podendo ser utilizado não somente como elemento de parede, como também de laje (BRANDNER, 2013). Esses painéis são compostos por camadas de lamelas de madeira orientadas transversalmente às camadas adjacentes. Essa laminação cruzada propicia a redução dos efeitos de retração e inchamento do material, proporcionando uma placa com elevada resistência (KUILEN et al., 2011).

Atualmente, além da Áustria, Alemanha e Suíça, os países como a Suécia, Noruega, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá e Austrália também têm voltado à produção desse tipo de painel (CRESPELL; GAGNON, 2010).

No processo de fabricação dos painéis de CLT, de acordo com a norma ANSI/APA PRG 320 de 2012, sugere-se que sejam utilizadas espécies de madeira com densidade acima de $0,35 \text{ g cm}^{-3}$. O teor de umidade adequado para a madeira é de $12\% \pm 3\%$, pois assim será proporcionada melhor ação do adesivo aplicado e também impedidas possíveis variações dimensionais do material (MOHAMMAD et al., 2012).

A madeira por se tratar de um material heterogêneo, há a possibilidade de durante o procedimento de fabricação, utilizar as peças de madeira com melhores

propriedades mecânicas, propiciando melhor desempenho da estrutura do material (GSELL et al., 2007; CREPELL; GAGNON, 2010).

As lamelas de madeira que serão utilizadas para a confecção dos painéis, além de passarem pelo processo de secagem até atingir teor de umidade constante, devem ser tratadas com preservativos, a fim de proporcionar durabilidade das peças e também proteção ao ataque de agentes deterioradores (GAGNON; PIRVU, 2011; SCHICKHOFER, 2013).

Além da classificação visual, a classificação mecânica da elasticidade das lâminas utilizadas na confecção de madeira laminada colada (MLC), segundo Bodig e Jayne (1993), também incrementa o seu desempenho, possibilitando um controle da capacidade de carga do material para avaliação da qualidade. A norma americana ASTM D 245 (2006) prevê a classificação visual da madeira serrada com distinção de classes, para a presença e proporção de nós e outros defeitos mais comumente encontrados (ROSA et al., 2020).

3.2 MONTAGEM E PRENSAGEM

O processo de fabricação dos painéis CLT inicia-se com a seleção da madeira serrada, classificação visual e mecânica das lamelas secas e aplainamento das lamelas, seguido da realização de cortes ou emendas dentadas (*finger joints*) caso haja necessidade, colagem nas faces estreitas das lamelas de uma mesma camada (opcional), organização e colagem das camadas, prensagem do painel, acabamentos, embalagem e transporte (BRANDNER 2013; WANG; PIRVU; LUM, 2011).

Os painéis de CLT são compostos por um número ímpar de camadas, geralmente de três a sete, e por razões técnicas possuem espessura limitada em 500 mm (KUILEN et al., 2011). Conforme a ANSI/APA PRG 320 de 2012, a espessura das lamelas deve estar entre 16 mm e 51 mm, sendo que a largura na direção principal deve ser maior que 1,75 vezes a espessura e na direção secundária maior que 3,5 vezes a espessura.

As dimensões dos painéis podem variar de acordo com os fabricantes, mas as larguras mais usuais são de 0,6 m, 1,2 m e 3 m, podendo chegar a 5 m em casos específicos, enquanto o comprimento pode ser de até 18 m. Deve-se ressaltar que o

transporte pode impor limitações ao tamanho do painel de CLT (FPINNOVATIONS, 2011).

É fundamental a atenção e garantia de que todas as lamelas de uma mesma camada possuam a mesma espessura, para assegurar que durante a prensagem toda a superfície do painel esteja exposta a uma pressão uniforme. Ademais, uma pressão mínima deve ser aplicada no painel, sendo esta dependente do tipo de adesivo utilizado. Cabe salientar que o excesso de pressão provoca danos no material, como por exemplo, o esmagamento da estrutura da célula da madeira (BRANDNER, 2013).

Em termos de colagem do adesivo, a superfície de colagem deve estar aplainada e sem variações que possam interferir no processo da colagem (ANSI/APA PRG 320, 2012). Após a aplicação do adesivo, a etapa seguinte é a prensagem, em que o equipamento mais usual é a prensa hidráulica. Todavia, prensas a vácuo e de ar comprimido também são utilizadas, dependendo da espessura do painel e do adesivo utilizado (CRESPELL; GAGNON, 2010).

O tempo de montagem e de prensagem é dependente da temperatura e da umidade. Sugere-se que durante a prensagem a temperatura ambiente seja superior a 15 °C, pois alguns adesivos podem ter uma cura mais longa a baixas temperaturas (WANG et al., 2011).

3.3 ADESIVOS UTILIZADOS NA COLAGEM DOS PAINÉIS CLT

Os principais adesivos utilizados na colagem dos painéis de CLT são o poliuretano de um componente (PUR), melamina-ureia-formaldeído (MUF) e os adesivos de polímero de emulsão isocianato (EPI) (BRANDNER et al., 2016).

A colagem da face lateral geralmente é realizada de forma mecânica e sem contato com as lamelas sobre um instrumento de passagem contínua em um suporte de posicionamento ou prensa em camadas pré-posicionadas (BRANDNER et al., 2016).

De acordo com Brandner (2013), a colagem das faces estreitas das lamelas de uma mesma camada é optativa, uma vez que oferece benefícios em relação ao comportamento do fogo, desempenho acústico e estanqueidade do ar. Contudo, esse procedimento pode proporcionar restrições devido às tensões internas em razão do inchaço e retração, ocasionados pela variação climática.

Os adesivos a base de poliuretano monocomponente (PUR) são os mais utilizados no mercado europeu para a fixação dos elementos estruturais de madeira. Dentre as vantagens do adesivo PUR destacam-se a linha de cola incolor, fácil aplicabilidade de um adesivo monocomponente e o rápido endurecimento no intervalo de uma a três horas sem aplicação de calor (BODIG; JAYNE, 1993).

O adesivo PUR é fabricado sem a adição de solventes ou de formaldeído, sendo reativo à umidade e, devido à reação química, geralmente produz uma rápida formação de espuma durante o processo de cura (WANG et al., 2011). A aplicação do adesivo no painel deve ser realizada dentro do período recomendado da colagem, que é o período de tempo entre a aplicação e o início da cura do adesivo. O tempo de montagem varia para cada adesivo, sendo definido pelo fabricante, e comumente este período é inversamente proporcional ao aumento da temperatura do local da colagem (MOHAMMAD; GAGNON, 2010).

Os ambientes com umidade e temperatura controlados são os mais recomendados para a etapa de aplicação do adesivo no painel. É sugerível que todos os estágios de aplicação do adesivo sigam uma sequência de etapas para gerar um padrão de produção que reduza a probabilidade de falhas esta etapa (MOHAMMAD; GAGNON, 2010).

3.4 PERSPECTIVAS DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O avanço da produtividade dos painéis CLT em diversos países se dá pela facilidade de pré-fabricação do mesmo, como por exemplo, simples trabalhabilidade, boa relação peso e resistência, soluções fáceis e eficientes de conexão entre peças, racionalização e redução de desperdício de matéria-prima, uso de sistemas automatizados e computadorizados no processo produtivo, rapidez de montagem, o que proporciona ganhos de produtividade e desempenho, além de custos competitivos com os materiais tradicionais da construção civil (PASSARELLI, 2013). Como é demonstrado no estudo de Terezo et al. (2020), que comprovaram menores custos em construções realizadas com CLT em relação à alvenaria.

Os painéis CLT destacam-se por sua elevada resistência mecânica, aparência, versatilidade e sustentabilidade. O seu desempenho mecânico, quando comparado aos sistemas construtivos tradicionais, como o concreto armado, mostra-se aceitável.

Dentre as características desse material, pode-se destacar a resistência à compressão e tração, bom desempenho quando sujeito a atividade sísmica, capacidade de verticalização, leveza estrutural direcionada a partir do peso próprio a que o material se molda, bom desempenho térmico e acústico e durabilidade (BETETTE; CASTILHO, 2019).

Além disso, esses painéis permitem a utilização de madeira de baixo valor agregado para uma aplicabilidade de grande valor agregado, contribuindo para uma melhor utilização dos recursos florestais (MALLO; ESPINOZA, 2015).

Segundo Leite e Sánchez (2018), os painéis de CLT podem resistir em torno de duas horas de ação do fogo, tempo considerável para evasão de moradores das edificações com segurança. Ademais, a utilização desses painéis possibilita uma construção simples, rápida e com redução de erros durante a montagem, uma vez que os mesmos chegam prontos ao local definitivo para serem fixados. (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017).

Em um estudo realizado por Almeida et al. (2019) com corpos de prova de CLT, buscou-se realizar uma análise comparativa entre os corpos de prova produzidos em laboratório e concreto, em relação a resistência à compressão paralela às fibras e à densidade. Após os ensaios, observou-se que o concreto era mais denso que o CLT, mostrando-se, da mesma forma, com mais resistência à compressão. Os autores salientaram também os benefícios ambientais propiciados pelo CLT em comparação a estruturas de concreto.

Por fim, cabe salientar que, em relação às mudanças climáticas e o esgotamento das fontes de energia não renováveis, é fundamental o estudo da madeira como material estrutural, já que a mesma apresenta uma diversidade de condições para abrandar os impactos causados pelo cenário da construção civil (ECKER, 2017). Além disso, o Brasil, especificamente, apresenta áreas extensas de florestas tropicais e de reflorestamento que, se utilizadas adequadamente, tornam a madeira um material de grande viabilidade para ser utilizado no sistema construtivo.

4. CONCLUSÃO

O uso dos painéis Cross Laminated Timber no sistema construtivo proporciona e reforça os princípios de pré-fabricação na construção civil, como a otimização no

processo de produção e montagem; redução de resíduos e de desperdício de trabalho da equipe durante o processo de produção e montagem; redução da mão-de-obra; redução no tempo de montagem e custos competitivos quando comparados aos materiais convencionais da construção civil.

Além disso, a escolha da madeira com ausência de defeitos, ou a remoção dos mesmos, e também o controle do teor de umidade deste material com processos de secagem cautelosos, são métodos que irão resultar em painéis com qualidade para o seu uso no sistema construtivo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C de. et al. **Cross Laminated Timber vs concreto: Resistência mecânica a compressão paralela às fibras e densidade**. In: Tullio FBM Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias. Atena Editora, 2019. p. 145-157.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/APA PRG 320**: Standard for performance-rated cross-laminated timber. Tacoma, 2012.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 245**: Standard Practice for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visually Graded Lumber. West Conshohocken, 2006.

BETETTE, B. S. S.; CASTILHO, L. B. Uso de Cross Laminated Timber (CLT) em projetos estruturais. **Revista Artigos.Com**, v. 7, p. 1-7, 2019.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Nova York: Krieger Publishing, 1993. 712p.

BRANDNER, R. **Production and technology of cross-laminated wood (CLT): State of the art report**. In: Focus solid wood solutions - European Conference on Cross Laminated Wood (CLT), 2013. p. 3-36.

BRANDNER R.; FLATSCHER, G.; RINGHOFER, A.; SCHICKHOFER, G.; THIEL, A. Cross laminated timber (CLT): overview and development. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 74, n. 3, p. 331-351, 2016.

CRESPELL P.; GAGNON, S. **Cross laminated timber: a primer**. [S.l.]: FPInnovations, 2010.

ECKER, T. W.; MIOTTO, J. L.; TURMINA, G. Painéis de madeira laminada colada cruzada para lajes: avaliação experimental mecânica sob diferentes níveis de consumo de adesivo. **Science & Engineering Journal**, v. 26, n. 1, p. 17-25, 2017.



EN 16351. **Timber structures – Cross laminated timber-Requirements.** Draft version, European Committee for Standardization (CEN), 2014.

FPINNOVATIONS. **Introduction to cross-laminated timber. CLT Handbook: cross laminated timber.** Québec: Canadian. 2011. cap. 1.

GALLIO, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A.; SOUZA, J. T. de.; RAVASI, R.; MENEZES, W. M. de.; FLOSS, P. A.; BELTRAME, R. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* et Cambage. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 3, p. 244-250, 2016.

GAGNON, S.; PIRVU, C. **CLT handbook: cross-laminated timber.** Quebec: FPInnovations, 2011.

GSELL, D.; FELTRIN, G.; SCHUBERT, S.; STEIGER, R.; MOTAVALLI, M. Cross laminated timber plates: evaluation and verification of homogenized elastic properties. **Journal of Structural Engineering**, v.133, n. 1, p. 132-138, 2007.

JUNIOR, C.C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira.** Editora Manole. 2003.152p.

KUILEN, J. W. G. V.; CECCOTTI, A.; XIA, Z.; HE, M. **Very tall wooden buildings with cross laminated timber.** In: EAST ASIA-PACIFIC CONFERENCE ON STRUCTURAL ENGINEERING AND CONSTRUCTION, 12., 2011, Hong Kong. Proceedings... Hong Kong: Elsevier. p. 1621-1628, 2011.

LEITE, T. M.; SÁNCHEZ, J. M. **O processo produtivo de painéis estruturais em Cross Laminated Timber: potencialidades e desafios de implantação na construção civil brasileira.** 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324441211_O_processo_produtivo_de_painéis_estruturais_em_cross_laminated_timber_potencialidades_e_desafios_de_implantacao_na_construcao_civil_brasileira>. Acesso: 23 ago. 2023.

LIMA, N. N.; MENDES, L. M.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L. Propriedades físico-mecânicas de painéis LVL produzidos com três espécies amazônicas. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 407-413, 2013.

MALLO, M. F. L.; ESPINOZA, O. Awareness, perceptions and willingness to adopt cross laminated timber by the architecture community in the United States. **Cleaner Production**, v. 94, p. 198-210, 2015.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing.** Miller Freeman Inc., San Francisco, 1993. 689p.

MOHAMMAD, M.; GAGNON, S. Introduction to Cross Laminated Timber. **Wood Design Focus**, v. 22, n. 2, p. 1-12, 2010.



MOHAMMAD, M, GAGNON, S.; DOUGLAS, B. K.; PODESTO, L. Introduction to cross laminated timber. **Wood Design Focus**, v. 22, n. 2, p. 3-12, 2012.

OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, F. L. de. **As interferências do processo produtivo na Concepção de projeto de edifícios em clt – Cross Laminated timber**. 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/tecsic/papers/as-interferencias-do-processo-produtivo-na-concepcao-de-projeto-de-edificios-em-clt-----cross-laminated-timber>>. Acesso: 23 ago. 2023.

PALMA, H. A. L.; BALLARIN A. W. Propriedades físicas e mecânicas de painéis LVL de Eucalyptus grandis. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 559-566, 2011.

PASSARELLI, R. **Cross Laminated Timber: Diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no estado de São Paulo**. 174 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

PFEIL, W.; PFEIL, M. S. **Estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, Editora LTC. 2003. 224p.

SCHICKHOFER, G. **CLT-European experience: idea & development; technology & applications**. In: CLT Forum, Tokio. 2013.

ROSA, T.; VIEIRA, H.; TEREZO, R.; CUNHA, A.; SAMPAIO, C.; WALTRICK, D.; ZANGALLI, C.; ROSA, G. Classificação visual e mecânica da espécie Cryptomeria japonica D. Don para utilização em madeira laminada colada. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 451-462, 2020.

TEREZO, R. F.; ROSA, T. O.; BOURSCHEID, C. B.; SAMPAIO, C. A. P.; JACINTO, R. C.; CIARNOSCHI, D. D. Comparação do custo de produção de painel CLT produzido artesanalmente com outros materiais de construção convencionais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68584-68590, 2020.

WANG, B.; PIRVU, C.; LUM, C. **Cross-laminated timber manufacturing**. In: **FPInnovations**. CLT Handbook: cross-laminated timber. Revisão de Romulo C. Casilla, Y. H. Chui e Bob Knudson. Québec: Canadian. 2011. cap. 2.