

## **Panorama internacional e nacional do uso e aplicação do sistema construtivo Cross Laminated Timber – CLT**

### **International and national overview of the use and application of the Cross Laminated Timber construction system - CLT**

Amanda Ceinoti de Almeida<sup>1\*</sup>, Jessica Lie Hirosawa<sup>1</sup>, Isabela Messias Mariano<sup>1</sup>, Ricardo Dias Silva<sup>1</sup>

---

#### **RESUMO**

Nas últimas décadas o sistema construtivo Cross Laminated Timber - CLT passou por um processo de disseminação mundial significativa. Tal crescimento é pautado principalmente nas questões de sustentabilidade, visto que, a matéria-prima do CLT é a madeira procedente do plantio florestal. Entretanto, enquanto em alguns países o CLT é um sistema construtivo consolidado, em outros, o uso ainda encontra-se em processo inicial de desenvolvimento. Desta forma, o objetivo dessa pesquisa é analisar o panorama internacional e nacional do uso e aplicação do CLT, a fim de compreender as potencialidades e os desafios da expansão deste sistema construtivo. O método de análise tem por embasamento a revisão de literatura de artigos por pares. Os resultados indicam que na Europa e América do Norte, o CLT é um sistema de construção amplamente utilizado, enquanto que na Ásia, Oceania, África do Sul, América Central e no continente sul-americano ainda encontra-se em processo de consolidação.

**Palavras-chave:** Cross Laminated Timber - CLT; Sistema construtivo; Sustentabilidade.

---

#### **ABSTRACT**

In the last decades the Cross Laminated Timber - CLT construction system has gone through a process of significant worldwide dissemination since its inception, such growth is mainly based on sustainability issues, since the raw material of CLT is wood from forest plantations. However, while in some countries the CLT is a consolidated building system, in others its expansion and use are still in the process of development. Therefore, the objective of this research is to analyze the international and national panorama of the use and application of CLT, in order to understand the potential and challenges of the expansion of this construction system. The analysis method is based on a literature review of peer-reviewed articles. The results indicate that in Europe and North America, CLT is a widely used construction system, while in Asia, Oceania, South Africa, Central America and the South American continent it is still in the process of consolidation.

**Keywords:** Cross Laminated Timber – CLT; Construction system; Sustainability.

---

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá.

\*E-mail: amanda-ceinoti@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a emissão dos gases de efeito estufa e o aumento da procura por materiais e técnicas sustentáveis é pauta de pesquisas há algumas décadas. Neste contexto, o sistema construtivo *Cross Laminated Timber* - CLT entra em destaque na construção civil, visto que, tem como matéria-prima a madeira procedente do plantio florestal.

O CLT surgiu em meados dos anos de 1990, na Áustria e Alemanha, de uma parceria entre a indústria austríaca KLH® *Massivholz GmbH* e as pesquisas da *Graz University of Technology*. A inserção do sistema construtivo na construção foi lenta e nos anos 2000 teve aumento significativo (FPINNOVATIONS, 2011).

Entre as principais vantagens do sistema estão o desempenho estrutural competitivo, estabilidade dimensional (passível da industrialização na produção dos painéis), a rapidez na construção, redução ou isenção de resíduos na obra e bom isolamento térmico e acústico. Além disso, o CLT tem boa resistência ao fogo devido ao fato de a madeira maciça das lamelas externas carbonizar lentamente, enquanto as lamelas internas são preservadas, mantendo assim a integridade da estrutura global por maior período, condição que reduz e retarda falhas estruturais. Outra característica é a capacidade de estocagem de CO<sub>2</sub> pela madeira serrada (MOHAMMAD *et al.*, 2012).

A popularização do CLT ocorreu principalmente pela facilidade de produção, otimização da matéria-prima, montagem rápida, fácil conexão entre peças e processo produtivo automatizado. Condição que levou o sistema construtivo a difundir-se com facilidade pelos países da Europa Central, Japão, Nova Zelândia, Austrália, Canadá e Estados Unidos (CARETA; VIAL, 2018).

Entretanto, por ser uma tecnologia relativamente nova, o CLT ainda se encontra em processo de introdução em outros países ao redor do mundo, o que somado a sua alta mecanização e necessidade de integração dos processos produtivos, acaba por dificultar seu desenvolvimento em localidades que não possuem um cenário favorável para essa adaptação. Muitos dos aspectos socioeconômicos e culturais acabam por influenciar diretamente na maneira que a indústria, bem como o mercado da construção civil, permite essa inserção.

Sendo assim, o objetivo da pesquisa em questão é analisar o panorama internacional e nacional do uso e aplicação do CLT, a fim de compreender as potencialidades e os desafios para expansão deste sistema construtivo, categorizando os

países e/ou continentes como consolidados ou em processo de introdução ou em consolidação.

## **PANORAMA INTERNACIONAL - USO E IMPLANTAÇÃO DO CLT: PAÍSES CONSOLIDADOS**

### **Europa**

Os países europeus estão entre os primeiros a utilizar o CLT como sistema construtivo. Os estudos começaram a ser desenvolvidos no início da década de 1990 nas cidades de Lausanne e Zurique. Após 1996, com a introdução da tecnologia na Áustria, houve um rápido progresso, devido à parceria entre indústria e academia. A empresa austríaca KHL, uma das primeiras a trabalhar na fabricação e desenvolvimento do CLT, juntou esforços com a *Graz University of Technology*, uma das universidades públicas do país. Assim, não demorou para que nos anos seguintes, outros países da Europa Central adotassem o sistema construtivo, o que abriu espaço para que esta fosse uma das regiões onde seu uso fosse primeiro consolidado (LI *et al.*, 2020).

Na Europa, as primeiras construções realizadas em CLT foram estruturas baixas, especialmente casas de um ou dois pavimentos. No entanto, edifícios de médio porte têm sido feitos desde 2007 e arranha-céus começaram a aparecer no cenário da construção civil a partir de 2014 (LESKOVAR; PREMROV, 2021).

Isso, ainda segundo Leskovar e Premrov (2021), advém do desenvolvimento tecnológico das estruturas em madeira e dos produtos relacionados, o que permitiu um aumento significativo de construções de edifícios de vários pavimentos no mundo. Tal situação, aliada ao fato de que a tecnologia CLT é bem desenvolvida nos países europeus, fez com que essa tendência fosse incorporada. Como resultado, é possível ver o crescimento do número de projetos com este sistema construtivo na região.

No entanto, ao considerar o atual contexto tecnológico, o número de edifícios que utilizam apenas CLT como sistema construtivo ainda é baixo. Isso acontece, segundo Leskovar e Premrov (2021), devido à mudança nos sistemas de fachadas, com a diminuição das fachadas portantes e o aumento de fachadas envidraçadas, ou pelo uso de geometrias assimétricas e materiais aparentes.

Leskovar e Premrov (2021) apontam ainda que, enquanto a estratégia estrutural dominante nas construções até 2013 foi caracterizada pelo sistema de painéis maciços, com paredes e lajes autoportantes em CLT, a mudança é evidente para os edifícios recém-

construídos. Estes, quando construídos inteiramente em madeira, podem combinar o sistema CLT com *Glulam* (Madeira Laminada Colada – MLC) ou *Wood Frame*.

Tal combinação ocorre principalmente em áreas sismicamente menos ativas, como no caso do edifício *Treet*, localizado em Bergen - Noruega e finalizado em 2015 (figura 1). O edifício vertical de 14 pavimentos, projetado pelo escritório Artec, foi considerado o mais alto feito em madeira da época e apresenta um complexo sistema estrutural (LESKOVAR; PREMROV, 2021).

**Figura 1** - *Treet* - Edifício de apartamentos em Bergen, Noruega.



Fonte: ARTEC, 2015.

Leskovar e Premrov (2021), destacam também a combinação da madeira com outro material construtivo, como concreto e/ou aço, o que pode aumentar significativamente a estabilidade horizontal dos edifícios altos. Nestes casos, evidencia-se o aumento do uso do núcleo de concreto, em substituição ao CLT, principalmente em regiões propensas à ocorrência de terremotos (abalos sísmicos).

Contudo, a maioria das obras foram construídas em áreas sismicamente menos ativas, onde as cargas horizontais decisivas são as do vento e não as provenientes de tremores de terra. A partir disso, é possível constatar que no início do século XXI, houve um aumento acentuado no número de edifícios de madeira de vários pavimentos nos países europeus.

### **América do Norte: Canadá e Estados Unidos**

Considerando o contexto de surgimento e desenvolvimento do sistema CLT nos países europeus, sua disseminação se deu nas décadas seguintes, de maneira gradativa em outros continentes. Na América do Norte, o Canadá foi o primeiro país a estabelecer oficialmente linhas de produção de CLT em fábricas de duas de suas províncias, acompanhado, na sequência, pelos Estados Unidos, que começou a produzir painéis não

estruturais de CLT no final da primeira década do século XXI (MUSZYNSKI *et al.*, 2017).

A partir destas ações, pesquisadores da área se organizaram para elaborar a primeira norma referente ao uso do CLT, a qual se aplicaria a ambos os países, orientando e regulamentando seu uso na América do Norte. Disso, resultou a norma ANSI/APA PRG 320 (2018), oficializada em 2012 e atualizada em 2018, que permitiu a viabilização dessa nova tecnologia nesses países (MALLO; ESPINOZA, 2014).

Até 2015 ainda existiam grandes dificuldades na utilização do CLT nos Estados Unidos, visto que o código de construção usado como referência pela maioria dos estados americanos, o *International Building Code* (IBC), não havia incluído a nova tecnologia em seu texto, tornando o processo de licença para sua utilização extenso e excessivamente burocrático (MALLO; ESPINOZA, 2014).

Após a atualização do documento em 2015, integrando a possibilidade de construções em CLT, os trâmites legais para seu uso ficaram mais simples, permitindo sua expansão, com estimativas de crescimento e valorização de mercado a partir do ano de 2017, com uma Taxa de Crescimento Anual Composta (CARG) de 16,2% (ADHIKARI *et al.*, 2020).

No panorama referente aos últimos 4 anos, o uso do CLT na América do Norte, bem como sua popularidade, cresceu de forma considerável, contudo, o cenário que ocorre na prática não necessariamente reflete a inserção esperada e o total aproveitamento das possibilidades que o sistema e sua pré-fabricação possibilitam. O CLT tem sido utilizado na América do Norte, majoritariamente, em esteiras de acesso em estradas e locais de difícil passagem, sendo o principal mercado consumidor dessa tecnologia, ficando muito à frente do uso na arquitetura (SCHWARZMANN; HANSEN; BERGER, 2018).

Isso se dá devido ao caráter não estrutural das peças utilizadas para compor as esteiras, ampliando assim as possibilidades de empresas fornecedoras, visto que para fabricação de componentes que não funcionam como estrutura, dispensa-se a necessidade de certificação do processo produtivo pela APA - *The Engineered Wood Association*, órgão responsável pela regulamentação das construções em madeira na América do Norte (ADHIKARI *et al.*, 2020).

## **PANORAMA INTERNACIONAL - USO E IMPLANTAÇÃO DO CLT: PAÍSES EM PROCESSO DE INTRODUÇÃO**

## Ásia: Japão e China

Seguindo o panorama de expansão do CLT para outros países, no Japão, introduziu-se a tecnologia em meados de 2010, dando início à primeira linha de produção no final de 2011. Este momento coincide com a implantação em outros países em um período de descentralização do CLT em relação à Europa, passando a expandir-se para outros continentes (PASSARELLI; KOSHIHARA, 2018).

Ainda em 2010, a madeira reconquistou o local de destaque e prioridade dentro da construção civil japonesa, com a implementação da “Lei de Promoção do Uso da Madeira em Edifícios Públicos” (*Act for Promotion of Use of Wood in Public Buildings*). Esta lei determina que as obras de caráter público com até 3 pavimentos incorporem a madeira como elemento estrutural, objetivando assim aumentar sua presença como material construtivo (NAKANO *et al.*, 2020).

O crescimento dessa demanda era necessário para incentivar o mercado produtor de madeira, abalado desde meados dos anos 70, após o alto consumo na reconstrução do país pós Segunda Guerra Mundial. Nesse mesmo período, inseriu-se muita madeira importada com menor custo no mercado, a fim de atender a alta procura, o que reduziu a rentabilidade dos produtores locais e afetou sua produção consequentemente (PASSARELLI; KOSHIHARA, 2018).

Dado esse contexto, em 2012, também foi criada a Associação de CLT do Japão (*Japan CLT Association*) como forma de incentivar o uso do CLT para fins estruturais, em especial para edifícios de médio a grande porte. No ano seguinte, em 2013, foi promulgada a JAS n° 3079 (*Japanese Agricultural Standards*), norma específica para CLT, com a última revisão publicada em 2019. Esta norma engloba desde as especificações para cada espécie passível de ser aplicada às classificações e especificações dos adesivos utilizados, bem como os testes mecânicos a serem adotados para averiguar a resistência dos painéis fabricados (KURZINSKI; CROVELLA; KREMER, 2022).

A produção de CLT no Japão utiliza matéria-prima nativa, sendo a principal o Cedro-japonês (*Cryptomeria japonica*), espécie predominante nas reservas e que atende os padrões para produção das peças. Os fabricantes devem ter seu processo produtivo aprovado pela JAS n° 3079. No momento, existem 8 unidades produtoras de CLT

certificadas no Japão, com volume anual total de produção em torno de 63.000 m<sup>3</sup> (NAKANO, KARUBE, HATTORI, 2020; HUZITA *et al.*, 2022).

A primeira obra utilizando CLT como elemento estrutural no país foi o *Otoyo Sawmill Employee Dormitory* (Figura 2), na cidade de Otoyo, na província de Kochi, em 2014 (PREFEITURA DE KOCHI, 2014 *apud* KOSHIHARA, 2021). Este edifício consiste em um dormitório para funcionários e utilizou o CLT nas lajes, paredes e cobertura (SECRETARIA DO GABINETE, 2022).

**Figura 2** - Edifício *Otoyo Sawmill Employee Dormitory*, em Otoyo, Kochi.



Fonte: *Tokyo Mokkougou Arts & Crafts Furnishings*, 2014.

Em 2020, contabilizava-se um total de 594 obras construídas utilizando o CLT, com previsão para conclusão de mais 121 até 2021 (SECRETARIA DO GABINETE, 2022). Logo, o Japão encontra-se em processo de expansão do uso do CLT na construção civil.

Na China, a inserção do CLT deu-se em um período próximo ao ocorrido na América do Norte e no Japão, em meados de 2010. Para tal, diversos estudos acerca de suas propriedades mecânicas e o potencial de produção para incorporação na indústria foram verificados, buscando analogamente compor informações, a fim de conceber uma normatização que regulamentasse seu uso nas diferentes esferas de aplicação, em especial na construção civil (LI *et al.*, 2019; WANG, YIN, 2021).

No entanto, apesar do início quase que concomitante, o desenvolvimento do CLT dentro da China não acompanhou a mesma velocidade que a do ocidente, tanto da Europa quanto da América do Norte, visto que apenas alguns dos institutos de pesquisa chineses tomaram a frente nos estudos relacionados ao sistema construtivo, estando este ainda em processo de desenvolvimento e consolidação no país (LI *et al.*, 2019).

Dessa forma, com um andamento mais gradativo, o CLT passou a ser incorporado em normas já existentes de construções em madeira, apresentando orientações gerais sobre a concepção das peças e as formas de conexão entre elas. As normas GB 50005 (2017) e GB/T 51226 (2017), revisadas em 2017, passaram a incorporar instruções para

o uso dos componentes em CLT, com peças estruturais e não estruturais, aplicadas à construção de múltiplos pavimentos. Contudo, ambas ainda careciam de regulamentações necessárias para total inserção do CLT na construção civil (WANG, YIN, 2021; LI *et al.*, 2019).

Posteriormente, em 2019, foi oficializada a norma LY/T 3039 (2018), específica para o uso do CLT, a qual abrange todos os aspectos fundamentais para a viabilização em diferentes tipologias de obras no país (LI *et al.*, 2019). Esse processo de normatização recente influenciou diretamente o cenário do CLT na China e seu panorama de evolução nos últimos 5 anos.

O Instituto de Pesquisa de Tecnologia de Baixo Carbono Ningbo Sino-Canadá (*Ningbo Sino-Canada Low-Carbon Technology Research Institute - SCLC*), de associação chinesa e canadense, foi o primeiro a estabelecer uma linha de produção de CLT na China, em 2016, baseando-se na normativa norte-americana e utilizando madeira originária do Canadá para seu desenvolvimento (LI *et al.*, 2019; SCLC, 2022).

No ano de 2021, existiam apenas quatro empresas produtoras de CLT chinesa, nas províncias de Hebei, Shandong, Zhejiang e Jiangsu. Nesta última, está instalada a *Jiangsu Global CLT Co. Ltd.* que se estabeleceu em 2017, trabalhando na produção de peças estruturais e painéis de CLT, bem como na execução de obras desse sistema construtivo, na China e em outros continentes (WANG; YIN, 2021).

Dado isso, observou-se poucas obras em CLT na China, a maioria sendo construções de pequeno porte, utilizando um sistema construtivo misto, associado ao concreto armado, aço, ou até mesmo a outro sistema em madeira, como a Madeira Laminada Colada - MLC. Nos últimos anos notou-se ainda, sua inserção em obras de caráter público, como conjuntos habitacionais, nicho com boa perspectiva de crescimento no país (LI *et al.*, 2019; WANG, YIN, 2021).

### **Oceania: Austrália e Nova Zelândia**

Analisando o contexto dos principais países que compõem a Oceania, a Austrália e a Nova Zelândia, pode-se identificar que a inserção do CLT, assim como na Ásia e América do Norte, ocorreu em 2010.

O início é marcado pela construção da primeira linha de produção na Nova Zelândia, e posterior comercialização das peças em 2012 (XLAM, 2017 *apud* MUSZYNSKI *et al.*, 2017). Nesse mesmo ano, ocorreu a primeira aplicação no país, em

um edifício residencial na Ilha Waiheke, a qual utilizou painéis em CLT, aproveitando o caráter pré-fabricado das peças para proporcionar agilidade à construção em um local remoto e de difícil acesso (IQBAL, 2018).

Na Austrália, também em 2012, foi inaugurado o Edifício Forté (Figura 3), em Melbourne, que além de ser a primeira obra em CLT do país, foi também considerado, em 2014, o maior edifício vertical produzido com esse sistema construtivo no mundo (LEND LEASE, 2014). Com 10 pavimentos e uso habitacional, o edifício *Forté* foi executado com peças de CLT importadas da empresa austríaca KLH® *Massivholz GmbH*, visto que ainda não existiam linhas de produção australianas (LEWIS; SHRESTHA; CREWS, 2014).

**Figura 3** - Edifício *Forté* em Melbourne, Austrália.



Fonte: KLH *Massivholz GmbH*, 2022.

O interesse da Austrália e da Nova Zelândia em integrar o CLT à construção civil, é justificado, principalmente, pela corrente da sustentabilidade emergente nesse setor, bem como a possibilidade da madeira se estabelecer como um material competitivo, especialmente em edifícios verticais, devido ao seu baixo custo, a priori. Também pôde-se observar a necessidade e a viabilidade de aumento da produção local para atender a demanda de um mercado com boas perspectivas de crescimento (LEWIS; SHRESTHA; CREWS, 2014).

Para possibilitar o desenvolvimento do CLT nesses países, foram utilizadas como base as normas europeias para composição das diretrizes a serem estabelecidas na confecção das peças e em suas regulamentações de uso e aplicação. Estudos mostraram a viabilidade de aproveitamento do pinho australiano nas peças de CLT, possuindo propriedades muito semelhantes ao abeto europeu citado nas normas de referência.

Atualmente, é a espécie empregada em todas as unidades produtoras de CLT em ambos os países (LEWIS, SHRESTHA, CREWS, 2014; EVISON, KREMER, GUIVER, 2018).

### África: África do Sul

O uso de madeira na construção sul-africana tem um aspecto mais vital, em comparação com outras partes do mundo. As comunidades rurais usam este recurso como forma de abastecê-las com bens e serviços. Estudos em várias regiões da África do Sul mostraram que o uso da madeira era um elemento fundamental, se não crucial, para as áreas rurais sobreviverem (KURZINSKI; CROVELLA; KREMER, 2022).

A espécie mais utilizada na indústria do país é o Pinho Sul-africano, como madeira estrutural. Além disso, espécies de eucaliptos, também são empregadas em componentes estruturais e em laminados. O uso é regulamentado pelos Padrões Nacionais da África do Sul (SANS), os quais são desenvolvidos sob a supervisão do Bureau Sul-Africano de Normas (SABS) (KURZINSKI; CROVELLA; KREMER, 2022).

Em abril de 2020, o SABS publicou um padrão de desempenho para o CLT, a SANS 8892-2020. Este padrão foi feito a partir de modificações da norma norte-americana, ANSI/APA PRG 320 (2018), e passou a facilitar o trabalho com o CLT no país.

**Figura 4** - Residência em CLT, África do Sul.



Fonte: XLAM South Africa, 2022.

O único fabricante do material na África do Sul é a *XLAM South Africa*, com sede na Cidade do Cabo, produzindo obras comerciais e residenciais (figura 4). A empresa utiliza a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) para desenvolver os modelos utilizados na produção do CLT e, apesar de apresentar uma história recente, tem produção

crecente (XLAM, 2022). Isso, aliado à criação de um padrão sul-africano, aponta para um panorama favorável ao desenvolvimento do produto na região.

### **América Central: Costa Rica**

Na América Central ainda não é possível encontrar muitas informações sobre o emprego do CLT, o que demonstra que o material está em processo de introdução. Um país em especial, apresenta pesquisas sobre o assunto: a Costa Rica.

Os pesquisadores Sánchez-Machado, *et al.* (2021) estudam duas espécies arbóreas encontradas na região, a *Tectona grandis* e a *Gmelina arborea*, e apontam para existência de indústrias com condições e capacidade para o desenvolvimento de novos produtos utilizando madeira. Estes produtos poderiam ser implementados no setor da construção, especificamente no desenvolvimento de elementos estruturais.

Entretanto, ainda não há dados sobre a produção de painéis de CLT ou edifícios construídos com o material. Dessa forma, Sánchez-Machado, *et al.* (2021) justificam que esse é um dos motivos para a investigação das propriedades dessas espécies. Assim, será possível caracterizar o comportamento de ambas, com relação à concepção de um produto estrutural, o qual poderá promover o uso da madeira nacional como matéria-prima. Um processo inovador, de acordo com a realidade do setor florestal da Costa Rica.

### **América do Sul: Chile e Uruguai**

Dos países da América do Sul que trabalham com CLT, quase todos usam padrões europeus ou norte-americanos para construções com o produto. No Chile, a justificativa para tal uso é o fato de não existirem normas técnicas chilenas aplicáveis. Entretanto, é necessário a adaptação dos códigos europeus para aplicação das espécies arbóreas locais. Contudo, a preocupação vai além da diferença entre as espécies utilizadas, uma vez que o país se encontra em uma área de grande risco de abalos sísmicos (TANNERT *et al.*, 2018; KURZINSKI, CROVELLA, KREMER, 2022).

Para projetos de estruturas em madeira, a norma chilena específica aplicável é a NCh1198 (2014). Entretanto, não contém nenhuma regulamentação para o projeto de estruturas em CLT. No que tange ao dimensionamento dos edifícios de madeira em função de sua resistência a abalos sísmicos, a NCh433 (2009) contém dados apenas para estruturas leves e contraventadas (TANNERT *et al.*, 2018).

No entanto, é permitido o uso de madeira em qualquer sistema construtivo, desde que o projeto estrutural atenda aos requisitos da Portaria Geral de Urbanismo e Construção – OGUC (DS N°47). Sendo assim, projetos de edifícios em CLT devem seguir as disposições e os requisitos das duas normas citadas (TANNERT *et al.*, 2018).

Já em relação ao Uruguai, a construção civil utiliza principalmente concreto armado, cerâmica e aço, com pouco destaque para produtos de madeira e madeira engenheirada. No entanto, nos últimos anos, a disponibilidade de madeira no mercado nacional, bem como a necessidade de reduzir os tempos de execução das obras, tem proporcionado mudanças nesta situação, ainda que lentamente (BAÑO *et al.*, 2018).

Em 2018, no Uruguai, as construções com CLT foram feitas com o sistema construtivo importado da Itália e Espanha, devido às propriedades mecânicas das madeiras italianas e espanholas serem superiores às da madeira uruguaia. A primeira obra com esse sistema construtivo, de produção local, é o protótipo de uma ponte para a passagem de veículos pesados, na qual o piso foi feito em CLT de pinho uruguaio e, para as vigas principais, optou-se por madeira laminada colada, da mesma espécie, conforme figura 5 (BAÑO *et al.*, 2018).

**Figura 5** - Protótipo da ponte em CLT no Uruguai



Fonte: Baño *et al.*, 2017

A ponte foi projetada de acordo com as normas europeias, seguindo o *Eurocode* 5 (EN 1995-1-1 2004), já que no Uruguai não há uma normativa que inclua as regras de classificação, classes de resistência da madeira e os requisitos de fabricação CLT (BAÑO *et al.*, 2018).

## PANORAMA NACIONAL - USO E IMPLANTAÇÃO DO CLT NO BRASIL

No Brasil o uso do CLT ainda não está completamente difundido, mas encontra-se bem mais consolidado, se comparado a realidade chilena e uruguaia. O produto foi

introduzido no país em 2012, pela empresa precursora em produção de painéis CLT, a Crosslam, situada em Suzano - SP. Sendo a companhia responsável pela primeira obra construída em CLT no território brasileiro, uma residência unifamiliar, localizada em Tiradentes, no estado de Minas Gerais (Figura 6) (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2018).

**Figura 6** - Primeira residência em CLT do Brasil.



Fonte: *Crosslam*, 2020.

Após uma década desde a construção da primeira obra em CLT no Brasil, apenas recentemente foi oficializada a normatização referente a esta tecnologia. A revisão da NBR 7190 (1997), que trata sobre projeto em estruturas de madeira, foi iniciada em 2013 e publicada em julho de 2022 (NBR 7190, 2022). A norma conta com os parâmetros de cálculo para estrutura de CLT e também da Madeira Lamelada Colada - MLC (*Glulam*).

Logo, o Brasil se destaca por ser pioneiro na criação de uma norma própria. O que é importante pois, como o país possui uma grande quantidade e variedade de espécies arbóreas, os códigos europeus precisariam ser ajustados para utilização das espécies locais (KURZINSKI; CROVELLA; KREMER, 2022).

Referente à aplicação do sistema construtivo, outro projeto que se destaca é o do MiniMOD – módulos estruturais em CLT, que aliam conceitos de sustentabilidade e tecnologia construtiva, materializada pelo escritório binacional MAPA (Figura 7) (GRATONE; LEITE; SÁNCHEZ, 2018).

Esse projeto foi desenvolvido através de uma parceria entre o escritório e a empresa Crosslam, que se interessou pelo MiniMOD após ver o trabalho realizado pelo MAPA com o sistema construtivo em Steel Frame. No caso dos módulos em CLT, a montagem dos painéis é toda realizada na fábrica em Suzano - SP, demandando cerca de 2 semanas (figura 7). O prazo, entre o desenvolvimento do projeto até a entrega final, foi de 3 meses (GRATONE; LEITE; SÁNCHEZ, 2018).

**Figura 7** - Projeto MiniMOD Curucaca em Santa Catarina.



Fonte: MAPA Architects, 2022.

Apesar da difícil aceitação da madeira como produto na construção e dos obstáculos em decorrência da produção com painéis CLT, o Brasil dispõe de um cenário extremamente favorável para o uso desse material (GRATONE; LEITE; SÁNCHEZ, 2018). O país tem grande diversidade de espécies e a indústria deste setor está em crescimento, com destaque para as regiões Sudeste e Sul.

Na região Sudeste, na cidade de Suzano-SP, a fábrica da Crosslam apresenta uma produção em ascensão. Na mesma cidade, há também a CG Sistemas Construtivos, que trabalha com vigas de escoramento (Vigas H20), vigas laminadas coladas (MLC), *Cross Laminated Timber* (CLT) e edificações temporárias (LOPES; CARMO; SERRA, 2021).

No que tange à região Sul, no estado do Paraná, tem-se a Amata Urbem e a Pisosul. Esta última, localizada em Foz do Iguaçu, apresenta em seu portfólio uma casa de 538m<sup>2</sup> (Figura 8), feita inteiramente em CLT, no período de 10 meses (PISOSUL, 2020).

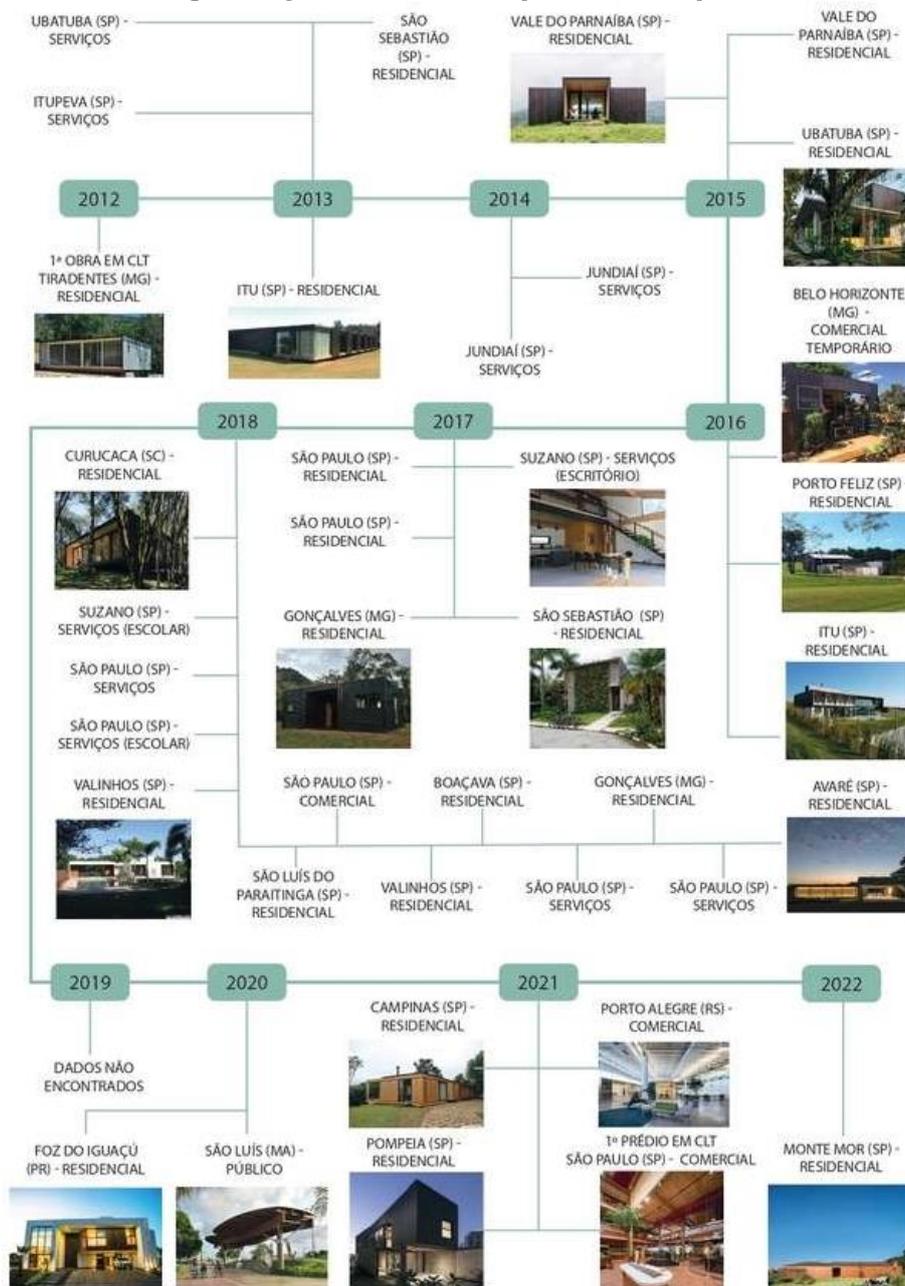
**Figura 8** - Maior residência em CLT do Brasil.



Fonte: Pisosul, 2020.

Já a empresa Amata Urbem está localizada em Curitiba e lançou em 2021 um *software* para auxiliar nos projetos, no qual é possível calcular e verificar as tensões e deslocamentos das lajes em CLT. A empresa conta com a produção de painéis CLT e o MLC ou *Glulam* em seu portfólio (AMATA, 2021).

**Figura 9** - Cronologia do tipo de uso e localização das edificações em CLT no Brasil.



Fonte: Autores, 2022. Imagens Compilação dos autores, 2022<sup>2</sup>.

Com base na produção de edificações construídas em CLT no Brasil, criou-se uma linha cronológica ilustrativa das obras, desde a primeira realizada em 2012 até 2022, conforme figura 9. Nota-se, que as edificações têm uso principalmente residencial, além de comercial, comercial temporário e uma obra pública.

<sup>2</sup> Compilação de imagens feitas com base em informações fornecidas pela Crosslam (2022), Pisosul (2022), Amata Urbem (2022), Archdaily (2021) (2022) e Oliveira (2018).

A maior parte das obras levantadas foi produzida pela *Crosslam*, até o ano de 2018, período que apresenta o maior número de construções finalizadas. Nos anos seguintes, percebe-se também a presença das empresas Pisosul e Amata Urbem. Esta última, em 2021, tornou-se responsável pela construção do primeiro prédio comercial em CLT no Brasil, com 4 pavimentos.

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

A pesquisa teve como base a revisão bibliográfica da literatura, que segundo Cervo, Bervian e Silva (2007) tem como objetivo conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas passadas a respeito de um tema, assunto ou problema. Sendo assim, o método empregado apoiou-se em dados extraídos de artigos revisados por pares, dissertações e teses, além de trabalhos publicados em eventos com relevância científica.

O rastreamento dos artigos, dissertações e teses foi feito com base nas seguintes palavras-chave: *Cross Laminated Timber*; X-Lam; Cross-Lam, Madeira Lamelada colada cruzada; Panorama construtivo *cross laminated timber*; implantação *cross laminated timber*; construção com MLCC. Para tal, houve um recorte temporal, priorizando publicações de 2018 a 2022, que tivessem como enfoque a análise do contexto de implantação do CLT em todos os continentes. Para aprofundamento no cenário nacional, foi realizado um recorte dos anos 2012 (início do uso do CLT no Brasil) até 2022.

O material obtido ficou dividido em: a) Panorama internacional uso e implantação do CLT - países no qual o sistema construtivo encontra-se consolidado - continente Europeu e América do Norte; b) Panorama internacional uso e implantação do CLT - países em processo de introdução e consolidação do sistema construtivo - Ásia, Oceania, África, América Central e América do Sul; e por fim, c) Panorama nacional - abordagem sobre o desenvolvimento e expansão do CLT no Brasil.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Países com uso e implantação consolidados**

Com base na pesquisa realizada, identificou-se que a primeira utilização do CLT como sistema construtivo aconteceu no continente europeu. Isso deve-se ao fato do CLT ter surgido na Áustria e Alemanha. É também na Europa, onde o sistema construtivo encontra-se mais consolidado em relação a utilização e aplicação.

No entanto, com relação à normatização, embora o projeto e as propriedades para o CLT tenham sido regulamentados internacionalmente desde 2006, através das Aprovações Técnicas Europeias (*European Technical Approvals* - ETA), e o primeiro Padrão Europeu (EN 16351) tenha sido lançado em 2015, o CLT ainda não foi adotado no atual código de projetos de estruturas em madeira o *Eurocode 5* (LI *et al.*, 2020).

Apesar disso, o continente europeu segue com destaque no uso do sistema construtivo. As principais fabricantes europeias de CLT são empresas austríacas, como a já mencionada indústria KLH® *Massivholz GmbH*, dentre outras alemãs e escandinavas. Cada empresa apresenta um sistema de produção próprio, com semelhanças na etapa de aquisição e classificação da qualidade da madeira (WIERUSZEWSKI; MAZELA, 2017).

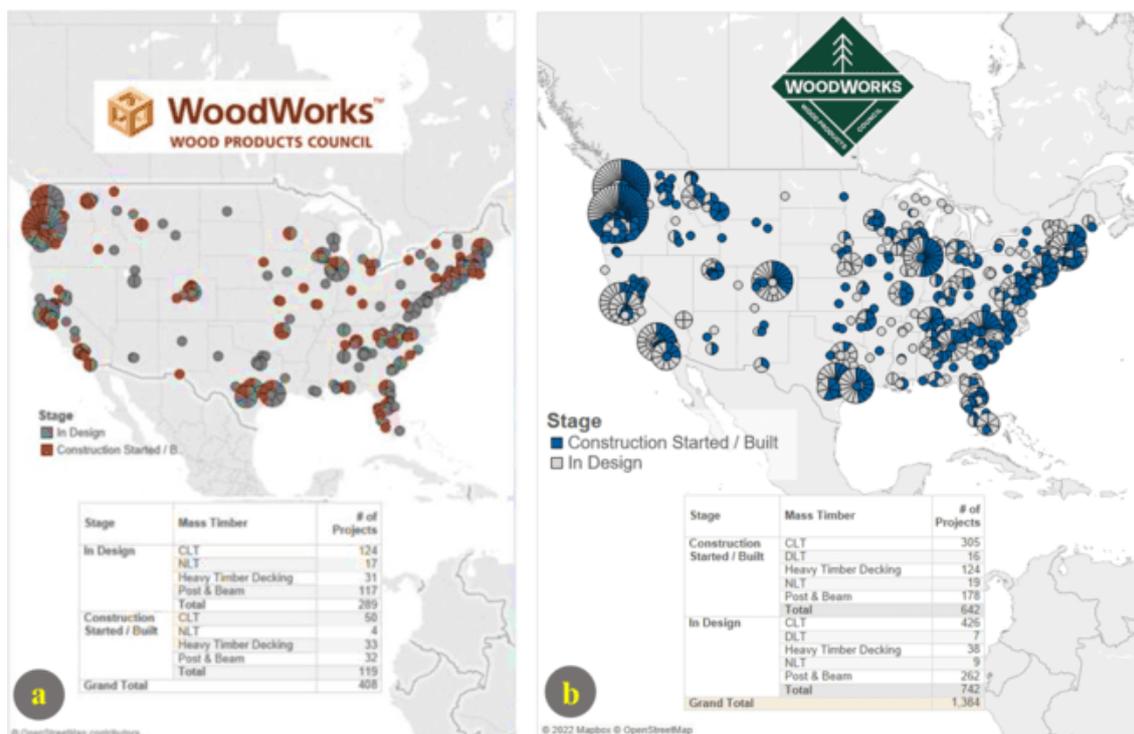
Entretanto, considerando a grande cobertura florestal e a indústria de construção em madeira pré-fabricada, bem desenvolvidas em muitos países europeus, o potencial construtivo permanece parcialmente inexplorado (LESKOVAR; PREMROV, 2021). Sendo assim, o continente europeu ainda tem capacidade para ampliar o uso e aplicação do CLT.

Com a disseminação do CLT da Europa para os demais países, a América do Norte é o próximo continente onde o sistema construtivo ganhou destaque e teve rápida consolidação. Neste contexto os Estados Unidos da América - EUA foi o principal protagonista no uso e aplicação do CLT.

No que refere-se ao mercado de construção em madeira, especificamente o CLT, em 2022 nos EUA constam 731 projetos em processo de elaboração ou execução no país, conforme figura 10-b. Essa quantidade representa 52,8% das construções em sistemas de madeira maciça nos EUA, o que denota o crescimento e ampliação dessa tecnologia dentro do nicho da construção civil nos últimos anos, principalmente quando comparado aos valores de 2018, mostrados na figura 10-a (WoodWorks, 2022).

Relacionando as informações presente na figura 10-a e 10-b, pode-se aferir que o número total de obras em CLT desenvolvidas nos EUA entre 2018 e 2022 mais que dobrou, apontando para uma tendência de expansão, com boas perspectivas, dada a situação de mercado favorável.

**Figura 10** - Projetos em madeira maciça em processo de elaboração e construção nos Estados Unidos: a) Setembro de 2018 e b) Março de 2022 .



Fonte: WoodWorks, 2022.

Além disso, Schwarzmann, Hansen e Berger (2018) destacam o potencial para reprodução em série de unidades habitacionais de baixo custo como um campo de interesse nos EUA, o qual se beneficiaria da rapidez e eficiência do sistema, favorecendo ainda mais o mercado para o CLT no país.

Entretanto, ao analisar e comparar a aplicabilidade do CLT na América do Norte e na Europa, pesquisadores apontam questões que ainda dificultam a ampliação do uso do sistema construtivo na construção civil, como, por exemplo, o mau acabamento de recortes em peças de vedação vertical, aberturas para janelas e portas (SCHWARZMANN; HANSEN; BERGER, 2018).

Este problema ocorre pela mecanização parcial dos processos produtivos das peças, ainda sendo empregada muita mão de obra, a qual está suscetível a falhas humanas e imprecisões que impactam na qualidade final do produto e em sua compatibilização com os demais componentes da obra. A automação parcial e a falta de integração das cadeias produtivas reduz a eficiência e rapidez da execução, sem um total aproveitamento do potencial que a pré-fabricação poderia trazer a esse processo, dificultando ainda mais sua expansão nesses países (SCHWARZMANN; HANSEN; BERGER, 2018).

Outro ponto mencionado foi a necessidade de aprimorar e expandir o ensino sobre construções em madeira em diferentes níveis, principalmente nas universidades, para que aqueles que irão trabalhar com o sistema, engenheiros e arquitetos, sintam-se

familiarizados e confiantes o suficiente para incorporar e propor seu uso nos projetos, criando a demanda necessária para o avanço do mercado de CLT na construção civil (SCHWARZMANN; HANSEN; BERGER, 2018).

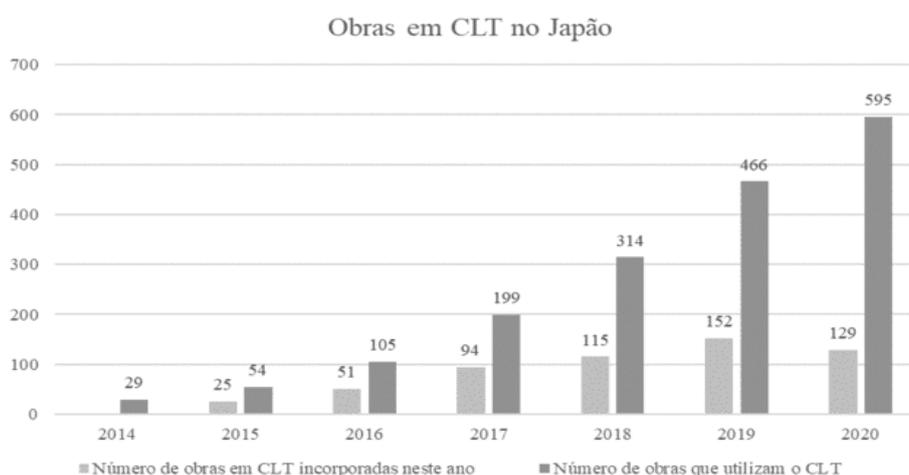
O investimento na educação acerca das construções em madeira também contribuiria para mitigar o preconceito existente, tanto entre a população leiga, quanto entre os profissionais da área, de que o uso da madeira prejudica o meio ambiente e contribui para o desmatamento (SCHWARZMANN; HANSEN; BERGER, 2018).

### Países com uso e implantação em processo de introdução

A adoção do CLT como técnica construtiva na Ásia e Oceania, ocorre no mesmo período que na América do Norte. Entretanto, o desenvolvimento nesses continentes foi menos expressivo, quando comparado o norte-americano.

Contudo, o crescimento é perceptível na Ásia, especificamente no Japão. No período de um ano (2014-2015) houve um aumento significativo de 87% no número de obras em CLT construídas no país, de 29 obras para 54 (figura 11). Comparando esses dados aos de 2020, o crescimento é ainda maior, com 595 obras utilizando o sistema construtivo.

**Figura 11 - Panorama das obras em CLT no Japão.**



Fonte: SECRETARIA DO GABINETE, 2022. Adaptado pelos autores, 2022.

Apesar do contínuo crescimento no número de obras, especialistas da área já visualizam a tendência na redução da demanda, a longo prazo, do CLT em construções habitacionais. Isso se dá pela constante queda no crescimento populacional japonês,

sendo o setor de construção habitacional o nicho de maior demanda pela madeira como material construtivo (HUZITA *et al.*, 2022).

Mesmo considerando o impacto dessa queda no mercado do CLT, a aplicação em obras comerciais e institucionais manteria um mercado ativo, sendo também estudada a aplicabilidade do CLT na manutenção de pontes de pequeno porte, em substituição ao concreto armado (HUZITA *et al.*, 2022).

Dado isto, outro país asiático importante foi a China. Entretanto, diferente do Japão, na China o CLT encontra-se ainda em processo de introdução. Segundo Li *et al.* (2019) para que o cenário da construção civil em CLT na China tire proveito das possíveis reduções de custo com a incorporação de um material nativo, ampliando sua utilização com a análoga expansão do mercado em CLT tradicional, ainda serão necessários alguns anos, mas com excelentes perspectivas de evolução pelas possibilidades de usos no contexto chinês.

A utilização de um sistema eficiente e pré-fabricado, com inúmeras formas de aplicação estrutural e não-estrutural, vão de encontro à necessidade incipiente da China em produzir habitações, principalmente edifícios verticais, visto sua crescente e vasta população, e com a disponibilidade de área cada vez mais reduzida no país (LI *et al.*, 2019).

Uma questão que afeta diretamente o desenvolvimento e ampliação do uso do CLT na China é a indisponibilidade de matéria-prima para compor as peças, visto que de maneira geral utilizam-se espécies importadas do Canadá. Isso acaba por acarretar custos de importação e transporte que impactam diretamente no valor do CLT, tornando-o um sistema menos acessível e dificultando sua expansão dentro do país. Muitos estudos têm sido feitos a fim de incorporar espécies nativas na produção, como o eucalipto, o larício japonês, que apesar de sua origem também está presente na China, além do bambu (LI *et al.*, 2019).

O bambu, em especial, tem chamado a atenção para possível incorporação nas peças de CLT, visto que além da abundância em território chinês, possui um rápido crescimento e uma baixa taxa de absorção de umidade, quando comparado a madeira, assim como boas propriedades mecânicas, como maior resistência e rigidez específicas, por exemplo (WANG; YIN, 2021).

Por possuir propriedades distintas e muitas vezes complementares à madeira, o bambu, assim como as demais madeiras nativas, estão sendo testados para confecção de

CLT híbrido, associado à madeira canadense já utilizada. Isso reduziria o custo das peças, contribuindo para sua inserção no mercado e aumento de seu uso (LI *et al.*, 2019).

Apesar das possibilidades oferecidas pelo desenvolvimento desse CLT híbrido, ainda são necessárias pesquisas em relação ao desempenho mecânico das peças, bem como a forma de aderência entre os diferentes materiais, para que assim seja possível regulamentar seu uso e propagá-lo na prática (LI *et al.*, 2019).

Na Oceania, a expansão tem perspectiva similar à China. De acordo com Evison, Kremer e Guiver (2018) é possível notar o crescimento do CLT no mercado, mas ainda configurando uma posição de nicho na construção civil, junto de outras tecnologias em madeira maciça.

Essa dificuldade de pleno estabelecimento do CLT nos países da Oceania (Austrália e Nova Zelândia) se dá por diversos motivos, um deles são as normatizações ainda muito limitadas quanto a construções em madeira, carecendo de informações que amparem os produtores e os idealizadores dos projetos (EVISON; KREMER; GUIVER, 2018).

Atualmente, não há uma norma específica para o CLT na Oceania, também não sendo abordado de maneira adequada no Código de Obras Australiano (Building Code of Australia - BCA). A norma geral para estruturas em madeira da Austrália, a AS 1720.1-2010, também não cita, ou se quer detalha, qualquer informação sobre o CLT, o que reitera a carência de informações que auxiliem os produtores e incorporadores do sistema e, conseqüentemente, dificulta sua propagação (KURZINSKI; CROVELLA; KREMER, 2022).

Na Nova Zelândia, houve grande incentivo governamental acerca da inclusão de tecnologias em madeira na construção civil. Investiu-se na geração de fundos para construção de obras e para contratação de professores de ensino superior direcionados a essa área, a fim de qualificar os profissionais atuantes, bem como incentivar os estudos científicos. Também foi criada uma empresa, a qual possuía um programa de pesquisa destinado a desenvolver as tecnologias em madeira, a *Structure Timber Innovation Company* (STIC). No entanto, esta foi descontinuada em 2013, acompanhada da redução de investimentos e incentivos à madeira na construção civil, o que certamente impactou o ritmo de desenvolvimento do CLT no país nos últimos anos (EVISON; KREMER; GUIVER, 2018).

Ademais, o baixo custo da madeira como material construtivo, apontado inicialmente como potencialidade, é um fator ponderável, visto que a espécie local utilizada tem baixa disponibilidade de exemplares com alta rigidez, de modo que a escassez implique no aumento do custo final da peça produzida. O custo do CLT confeccionado com essa espécie nativa acaba equivalendo ao valor de importação de fabricantes europeus, o que estabelece um cenário de concorrência permanente no mercado australiano e neozelandês (EVISON; KREMER; GUIVER, 2018).

Ainda que há esse ponto desfavorável, o pinho australiano possui melhor adaptação a tratamentos químicos que visam a maior durabilidade da peça e que aumentem sua resistência à umidade. Isso sinaliza a existência de possibilidades para uso do material nativo, mas que deve ser melhor estudada e avaliada, dentro da realidade atual do mercado (EVISON; KREMER; GUIVER, 2018).

Apesar dos entraves identificados, o emprego do CLT tem crescido na Oceania, tanto na Austrália quanto na Nova Zelândia, já tendo sido comprovada sua viabilidade econômica como alternativa aos sistemas construtivos convencionais, em diferentes tipologias de construção (IQBAL, 2018). Isso se dá, principalmente, em obras de edifícios verticais de médio a grande porte, visto a economia de material propiciada pelo CLT, com alta resistência, somada à leveza das estruturas e menor quantidade necessária para suportar as cargas aplicadas (EVISON; KREMER; GUIVER, 2018).

Por conseguinte, na hierarquia de desenvolvimento e crescimento no uso e aplicação do CLT, a África e América Central são os continentes em que a implantação do sistema construtivo ainda é incipiente. Na África do Sul a principal contribuição para o desenvolvimento do CLT é a normativa publicada em 2020, possibilitando parâmetros para projetistas, que por sua vez, estimulam o uso do CLT. Além disso, até o presente momento, a única empresa produtora do CLT também é a *XLAM South Africa*, apontando para expansão do uso dessa técnica no continente. Enquanto que, na América Central, a madeira, como matéria-prima do CLT, é objeto de pesquisa dos costarriquenhos, não tendo ainda construções ou normas para esse sistema construtivo.

Já na América do Sul, a expectativa é melhor, sendo o Chile, Uruguai e o Brasil os principais países nos quais o CLT encontra-se em processo de introdução. No Chile e Uruguai a maior dificuldade é a falta de normas, resultando na adaptação de normas europeia ou norte-americana. Para os chilenos, essa adaptação gera outro problema: a

diferença das espécies arbóreas e o fator risco de abalos sísmicos no país, que necessita de cálculos específicos.

### **Brasil: crescimento e desenvolvimento do uso e aplicação do CLT**

Na perspectiva nacional, o CLT está em processo de desenvolvimento e crescimento como sistema construtivo. Dois acontecimentos importantes impactam diretamente a disseminação no país: a primeira refere-se ao aumento de indústrias produtoras do CLT, concentradas principalmente na região sudeste e sul; e a segunda, é a existência de uma normativa para projetos de CLT, a NBR 9170 (2022). Entretanto, alguns entraves ainda precisam ser superados.

Oliveira e Oliveira (2018) apontam que no clima tropical, os painéis são mais suscetíveis a patologias de construção causadas por fungos e insetos xilófagos, já que nesses locais existem condições ambientais mais agressivas, relacionados à biodiversidade, temperatura e umidade, do que climas frios e secos. Tais aspectos demandam uma investigação mais assertiva a respeito de estratégias para a proteção estrutural e aumento da durabilidade da madeira em CLT. Isso se reflete no uso dos painéis sem função estrutural que, quando utilizados em ambientes externos, são revestidos por diferentes tipos de materiais. Além disso, há o receio dos projetistas em utilizar o material no térreo, com este recebendo materiais mais convencionais e o CLT sendo empregado apenas no pavimento superior (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2018).

Outros obstáculos podem ser citados como entraves no emprego do CLT no Brasil: i) a ausência de conhecimento técnico dos profissionais para projetar estruturas em madeira, especialmente em CLT; ii) a conscientização da população em relação ao desmatamento, distinguindo a madeira proveniente de floresta nativa e plantada; iii) eliminar o estigma das construções em madeira serem destinadas à população de baixa renda e apresentarem baixa qualidade e durabilidade; iv) resistência do CLT em situações de incêndio; e por último, v) o custo da construção com o emprego do CLT (ALMEIDA, SILVA, MOURA, 2021).

Ademais, Gratone, Leite e Sánchez (2018) também apontam algumas limitações que precisam ser superadas para o uso do CLT no Brasil. O primeiro é referente ao processo produtivo. Ao desenvolver propostas industrializadas, o projeto precisa ter uma maior integração entre as disciplinas – arquitetura, estrutura e instalações. Isso pode

ser feito através da utilização de softwares BIM (*Building Information Modeling*), como o Revit. Porém, nem todas as empresas brasileiras trabalham com essa tecnologia.

Em complemento, ainda há o despreparo na produção de sistemas que necessitam de alta precisão. Pelo processo milimétrico dos painéis CLT, qualquer diferença de tamanho das esquadrias poderia resultar em um problema futuro para o encaixe, por exemplo (GRATONE; LEITE; SÁNCHEZ, 2018).

Entretanto, o Brasil tem condições de incorporar esta tecnologia construtiva, sobretudo devido a disponibilidade de matéria-prima, visto que o setor florestal brasileiro tem uma produção significativa de madeira proveniente de florestas plantadas com potencial de crescimento (ALMEIDA, SILVA, MOURA, 2021).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo Cross Laminated Timber - CLT tem sido uma tecnologia em destaque mundialmente. A justificativa é pautada nas questões de sustentabilidade, com a redução de emissão dos gases de efeito estufa por meio de técnicas alternativas ao concreto e aço, especialmente os produtos derivados da madeira procedente do plantio florestal.

Logo, essa pesquisa teve como finalidade analisar o panorama internacional e nacional do uso e aplicação do CLT, buscando a compreensão das potencialidades e os desafios da expansão desta técnica construtiva, categorizando os países e/ou continentes como consolidados ou em processo de introdução e consolidação deste sistema construtivo.

Os resultados evidenciaram que a Europa, local de surgimento do CLT, é o continente no qual a tecnologia encontra-se mais consolidada em relação à utilização e aplicação na construção civil. Atualmente, o principal obstáculo a ser vencido são as questões estruturais relacionadas às edificações verticais. Nos países europeus, o CLT é associado a outras técnicas construtivas ou sistema construtivo híbrido para construções de edifícios altos, devido, entre outros detalhes, às fachadas envidraçadas.

Na América do Norte, a situação de uso e aplicação do CLT é bem similar à europeia, sendo os Estados Unidos da América o país com maior destaque e quantidade significativa de obras feitas com CLT. Os entraves norte-americano estão relacionados a baixa qualidade de acabamento de recortes em peças de vedação vertical, aberturas para janelas e portas, consequentes da automação parcial dos processos produtivos.

A partir disso, os demais continentes encontram-se em processo de introdução do CLT, alguns com crescimento mais avançado e outros, ainda em fase de implantação. O continente asiático tem o Japão como país mais evoluído neste contexto, com aumento expressivo de obras em CLT no ano de 2020. Entretanto, pesquisadores estão prevendo redução do uso do CLT a longo prazo, devido à queda do crescimento populacional japonês.

A China, por sua vez, encontra-se em um panorama diferente, em processo de introdução do sistema, que tem como principal entrave a falta de matéria-prima para produção de CLT, utilizando espécies importadas. Pesquisas têm sido feitas para incorporar espécies nativas, incluindo o bambu.

Na Oceania, a expansão tem perspectiva similar à China, está em processo de introdução, sendo a maior dificuldade as normatizações bastante limitadas. A África e a América Central são os continentes em que a implantação do sistema construtivo ainda é incipiente. Entretanto, na África do Sul a existência de normativa específica para o CLT e a primeira empresa produtora do sistema, é um fator importante para disseminação do sistema.

Por conseguinte, o CLT encontra-se ainda menos difundido na América Central, visto que, a busca por soluções acerca da matéria-prima está em processo de estudo. O continente sul-americano também é composto por países em desenvolvimento do uso e aplicação do CLT. No Chile e Uruguai o maior obstáculo, é a falta de normativas. Já o Brasil, mostrou-se bastante promissor em relação à adoção do CLT.

No contexto nacional, as diversas empresas produtoras dessa tecnologia construtiva e a existência de norma específica para o desenvolvimento de projeto em CLT apontam para o crescimento e disseminação. Algumas limitações foram identificadas, como o processo produtivo industrializado que necessita de um projeto bem alinhado. Entretanto, a capacidade do setor florestal brasileiro, se bem aproveitada, permite a incorporação do CLT e expansão de forma cada vez mais significativa.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 7190**- Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 2022.

ADHIKARI, Sailesh; QUESADA, Henry; BOND, Brian; HAMMETT, Tom. Potential of Hardwood Lumber in Cross Laminated Timber in North America: A CLT Manufacturer's Perspective. **Mass Timber Construction Journal**, [S. l.], v. 3, 2020.

ALMEIDA, A. C. de; SILVA, R. D.; MOURA, J. D. M. M. Potencial de implantação do sistema construtivo Cross Laminated Timber - CLT no Brasil. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 7, n. 6, p. 57607-57619. jun. 2021.

AMATA. Está no ar a primeira calculadora de lajes de clt alinhada às normas brasileiras. 2021. Disponível em: <<https://amatabrasil.com.br/esta-no-ar-a-primeira-calculadora-de-lajes-de-clt-alinhada-as-normas-brasileiras/>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ANSI/APA PRG 320. ANSI/APA PRG 320-2018: Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber The Engineered Wood Association (APA), 2018.

ARCHDAILY. Residência Haras Larissa / Felipe SS Rodrigues + Sergio Sampaio Arquitetura + Planejamento. 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/987775/residencia-haras-larissa-felipe-ss-rodrigues-plus-sergio-sampaio-arquitetura-plus-planejamento>>. Acesso em: 08 set. 2022.

\_\_\_\_\_. Sede da Uniced / Arquitetura Nacional. 2021. Disponível em: <[https://www.archdaily.com.br/br/972477/sede-da-unicred-arquitetura-nacional?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_projects](https://www.archdaily.com.br/br/972477/sede-da-unicred-arquitetura-nacional?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_projects)>. Acesso em: 08 set. 2022.

ARTEC. Treet. 2015. Disponível em: <<https://artec.no/prosjekter/treet/#>>. Acesso em: 2 jun. 2022.

BAÑO, Vanessa; GODOY, Daniel; DOMENECH, Leandro; MOYA, Laura Maria. Influencia de las clases resistentes del pino uruguayo en el diseño de paneles de madera contralaminada (Influence of the strength classes of Uruguayan pine in the design of cross-laminated timberpanels). In: XVI Encontro Brasileiro Em Madeiras E Em Estruturas De Madeira (XVI EBRAMEM) + III Congresso Latino-Americano De Estruturas De Madeira (III CLEM 2018) 2018, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: SOAC EESC USP, 2018.

BAÑO, Vanessa; MAZZEY, Carlos; VEGA, Abel; GODOY, Daniel; MOYA, Laura. Fabricación De Un Prototipo De Puente Vehicular a Partir Pino Uruguayo Manufacturing a Prototype of a Vehicular Bridge From Wood-Pine Engineered Products Developed in Uruguay. In: II Congreso Latinoamericano De Estructuras De Madera (CLEM) - II Congreso Ibero-Latinoamericano De La Madera En La Construcción (CIMAD) 2017, Buenos Aires. **Anais [...]**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017. p. 1–11.

CARETA, Sebastião Aloisio; VIAL, Rafael Matos. Construções em CLT: o uso da madeira na construção civil como elemento sustentável. **Angewandte Chemie International Edition**, 6(11), 951–952., [S. l.], p. 10–27, 2018.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6 Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CROSSLAM. Crosslam Projetos Residenciais. 2022. Disponível em: <[https://www.crosslam.com.br/site/projetos\\_residencias/#gkit-popup](https://www.crosslam.com.br/site/projetos_residencias/#gkit-popup)>. Acesso em 08 set. 2022.

EN 1995-1-1. **Eurocode 5**: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. Brussels, Belgium, 2004.

EVISON, David C.; KREMER, Paul D.; GUIVER, Jason. Mass timber construction in Australia and New Zealand-status, and economic and environmental influences on adoption. **Wood and Fiber Science**, [S. l.], v. 50, p. 128–138, 2018. DOI: 10.22382/wfs-2018-046.

**FPINNOVATIONS**. CLT Handbook: Cross Laminated Timber. FPInnovations. Canadá.2011.

GRATONE, Julia. R.; LEITE, Thaisa Marques; SÁNCHEZ, José Manoel Morales. MiniMOD: desenvolvimento de projeto em cross laminated timber no brasil. In: XVI Encontro Brasileiro Em Madeiras E Em Estruturas De Madeira (XVI EBRAMEM) + III Congresso Latino-Americano De Estruturas De Madeira (III CLEM 2018) 2018, **Anais** [...]. [s.l: s.n.] p. 1–12.

HUZITA, Tomohumi; SASAKI, Takanobu; ARAKI, Shogo; KAYO, Chihiro. Life Cycle Regional Economic Impacts of Bridge Repair Using Cross-Laminated Timber Floor Slabs: A Case Study in Akita Prefecture, Japan. **Buildings**, [S. l.], v. 12, n. 2, 2022. DOI: 10.3390/buildings12020158.

IQBAL, Asif. Cross Laminated Timber in New Zealand: Introduction, Prospects and Challenges. **New Zealand Timber Design Journal**, [S. l.], v. 22, p. 3–8, 2018.

**KLH Massivholz GmbH**, 2022. Disponível em: <<https://www.klh.at/en/references/forte-tower-melbourne/>>. Acesso em: 3 ago. 2022.

KOSHIHARA, Mikio. Recent Developments in the Emerging Technology of CLT in Japan. In: FLEMING, Patrick Hugh; KOSHIHARA, Mikio (org.). Cross-Laminated Timber: Pioneering innovation in massive wood construction. [S. l.] : **Takenaka Carpentry Tools Museum**; ETH Zurich, 2021. p. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000501844>.

KURZINSKI, Shaghayegh; CROVELLA, Paul; KREMER, Paul. Overview of Cross-Laminated Timber (CLT) and Timber Structure Standards Across the World. **Mass Timber Construction Journal**, [S. l.], v. 5, 2022. DOI: 10.55191/MTCJ.2022.1.

**LEND LEASE**. Lend Lease Corporation Limited, 2014. Disponível em: <<https://www.lendlease.com/-/media/llcom/investor-relations/media-releases/2014/20140913-lend-leases-fort-takes-environmental-excellence-award-at-api-awards.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2022.

LESKOVAR, Vesna Žegarac; PREMROV, Miroslav. A review of architectural and structural design typologies of multi-storey timber buildings in Europe. **Forests**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 757, 2021. DOI: 10.3390/F12060757.

LEWIS, Kirsten; SHRESTHA, Rijun; CREWS, Keith. Introduction to cross laminated timber and development of design procedures for Australia and New Zealand. In: Scott T. Smith (Org.) 23rd Australasian Conference On The Mechanics Of Structures And

Materials 2014, Byron Bay, Australia. **Anais [...]**. Lismore, New South Wales: Southern Cross University, 2014. p. 601–606.

LI, Hao; WANG, Brad Jianhe; WEI, Peixing; WANG, Libin. Cross-laminated Timber (CLT) in China: A State-of-the-Art. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 22–31, 2019. DOI: 10.21967/jbb.v4i1.190.

LI, Xin; ASHRAF, Mahmud; SUBHANI, Mahbube; KAFLE, Bidur; KREMER, Paul. Resistance of Cross Laminated Timber Members Under Axial Loading—A Review of Current Design Rules. In: **Lecture Notes in Civil Engineering**. [s.l.] : Springer Singapore, 2020. v. 54p. 179–184. DOI: 10.1007/978-981-15-0802-8\_25.

LOPES, Shara Carvalho; CARMO, Murilo Elias Rosa Do; SERRA, Sheyla Mara. Levantamento de soluções construtivas em madeira industrializada. In: 3º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos (TECSIC 2021) 2021, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–6.

MALLO, Maria Fernanda Laguarda; ESPINOZA, Omar. Outlook for cross-laminated timber in the United States. **BioResources**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 7427–7443, 2014. DOI: 10.15376/biores.9.4.7427-7443.

MOHAMMAD, M. et al. Introduction to Cross Laminated Timber. **A Journal of Contemporary Wood Engineering**, p. 3–12, 2012.

MUSZYNSKI, Lech; HANSEN, Eric; FERNANDO, Shanuka; SCHWARZMANN, Gabriel; RAINER, Jasmin. Insights into the global cross-laminated timber industry. **BioProducts Business**, [S. l.], v. 2, n. 8, p. 77–92, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22382/bpb-2017-008>.

NAKANO, Katsuyuki; KARUBE, Masahiko; HATTORI, Nobuaki. Environmental impacts of building construction using cross-laminated timber panel construction method: A case of the research building in Kyushu, Japan. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1–14, 2020. DOI: 10.3390/su12062220.

NAKANO, Katsuyuki; KOIKE, Wataru; YAMAGISHI, Ken; HATTORI, Nobuaki. Environmental impacts of cross-laminated timber production in Japan. *Clean Technologies and Environmental Policy*, [S. l.], v. 22, n. 10, p. 2193–2205, 2020. DOI: 10.1007/s10098-020-01948-2.

NCh, Norma Chilena. **NCh1198**: Madera - Construcciones en madera - Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, 2014.

NCh, Norma Chilena. **NCh433**: 1996 Mod 2009: Diseño sísmico de edificios. Instituto Nacional de Normalización, 2009.

OLIVEIRA, Gabriela Lotufo. **Cross Laminated Timber (CLT) no Brasil**: processo construtivo e desempenho. Recomendações para o processo do projeto arquitetônico. 2018. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP), [S. l.], 2018.

OLIVEIRA, Gabriela Lotufo; OLIVEIRA, Fabiana Lopes De. A construção em cross laminated timber no brasil. In: XVII Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído (ENTAC 2018) 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018. p. 2892–2900.

PASSARELLI, Rafael Novais; KOSHIHARA, Mikio. The implementation of Japanese cross laminated timber: Current situation and future tasks. In: World Conference On Timber Engineering, 2018, Seul. **Anais eletrônicos [...]**. [s.l: s.n.].

**PISOSUL**. Residência em X-lam: Sistema construtivo inovador. 2020. Disponível em: <<https://www.pisossul.com.br/residencia-xlam/>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SÁNCHEZ-MACHADO, José David; MUÑOZ, Freddy; MOYA, Roger; TENORIO, Carolina. Propiedades físico-mecánicas de madera contralaminada CLT fabricados con Tectona grandis y Gmelina arborea, procedente de plantaciones forestales en Costa Rica. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, [S. l.], v. 19, n. 44, p. 29–39, 2021. DOI: 10.18845/rfmk.v19i44.6099.

**SECRETARIA DO GABINETE**. Cabinet Secretariat, Government of Japan, 2022. Disponível em: <<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/index.html>>. Acesso em: 6 set. 2022.

SCHWARZMANN, Gabriel; HANSEN, Eric; BERGER, Gunter. Cross-laminated Timber in North America: What can we learn? **BioProducts Business**, [S. l.], v. 3, n. 7, p. 81–91, 2018. DOI: 10.22382/bpb-2018-007.

**SCLC**. Ningbo Sino-Canada Low-Carbon Technology Research Institute.Co.Ltd., 2022. Disponível em: <<http://www.cclowcarbon.com/m/about.php>>. Acesso em 26 jun. 2022.

TANNERT, Thomas; FOLLESA, Maurizio; FRAGIACOMO, Massimo; GONZÁLEZ, Paulina; ISODA, Hiroshi; MORODER, Daniel; XIONG, Haibei. Seismic design of Cross Laminated Timber buildings. **Wood and Fiber Science**, [S. l.], v. 50, p. 3–26, 2018.

**TOKYO MOKKOUJOU ARTS & CRAFTS FURNISHINGS**. Shimizu Corporation, 2022. Disponível em: <<https://www.shimz.co.jp/mokkou/english/topics/detail/index.html?id=7>>. Acesso em: 6 set. 2022.

WANG, Zhiqiang; YIN, Tianxiao. Cross-Laminated Timber: A Review on Its Characteristics and an Introduction to Chinese Practices. In: GONG, Meng (ed.). **Engineered Wood Products for Construction**. [S. l.]: IntechOpen, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.98956.

WIERUSZEWSKI, Marek; MAZELA, Bartłomiej. **Cross Laminated Timber (CLT) as an Alternative Form of Construction Wood**. **Drvna industrija**, [S. l.], v. 68, n. 4, p. 359–367, 2017. DOI: 10.5552/drind.2017.1728.

**WOODWORKS.** Wood Products Council, 2022. Disponível em: <<https://www.woodworks.org/resources/u-s-mass-timber-projects/>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

**XLAM South Africa,** 2022. Disponível em: <[https://xlam.co.za/?page\\_id=35](https://xlam.co.za/?page_id=35)>. Acesso em: 7 set. 2022.

*Recebido em: 21/08/2022*

*Aprovado em: 23/09/2022*

*Publicado em: 28/09/2022*