

## Madeira laminada e lamelada colada como tecnologia alternativa para a sustentabilidade em projetos de arquitetura

### *Laminated and Glued Laminated Timber as Alternative Technology for Sustainability in Architectural Projects*

**Samuel da Silva Santos, Doutorando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

arquitetosamuelsantos@hotmail.com

**Jane Eliza de Almeida, Dr<sup>a</sup>. Docente, Universidade do Estado de Mato Grosso.**

jane.almeida@unemat.br

**Matheus Zanghelini Teixeira, Doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina.**

matheus.zt@posgrad.ufsc.br

**Camila Alves Corrêa, Doutoranda, Universidade do Estado de Santa Catarina.**

ca.correa@edu.udesc.br

#### **Resumo**

Os produtos de madeira engenheirada, como a Madeira Lamelada Colada (MLC), a Madeira Lamelada Colada Cruzada (CLT) e o Laminated Veneer Lumber (LVL), são soluções promissoras para o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil nacional. Este estudo se concentra na definição e discussão do uso desses materiais industrializados em aplicações arquitetônicas, empregando mapeamento bibliométrico. Com propriedades construtivas eficientes, esses produtos alinham-se aos princípios da sustentabilidade. O estudo ressalta a necessidade de intensificar o debate e a adoção dessas tecnologias na construção civil brasileira, onde sua utilização ainda é mais comum em países europeus e norte-americanos.

**Palavras-chave:** Projeto; Arquitetura; Madeira industrializada; Construção Civil

#### **Abstract**

*Engineered wood products, such as Glued Laminated Timber (GLT), Cross-Laminated Timber (CLT), and Laminated Veneer Lumber (LVL), offer promising solutions for sustainable development in the national construction sector. This study focuses on defining and discussing the use of these industrialized materials in architectural applications through bibliometric mapping. With efficient structural properties, these products adhere to sustainability principles. The study emphasizes the need to intensify the debate and adoption of these technologies in Brazilian construction, where their use is currently more prevalent in European and North American countries.*

**Keywords:** Project; Architecture; Engineered Wood; Construction Industry

## 1. Introdução

O desenvolvimento sustentável é uma preocupação para o setor da construção civil, originando um esforço no sentido de transpor os conceitos de sustentabilidade para o ambiente construído, atendendo a elevada quantidade de recursos do consumo, o quantitativo de resíduos que produz, a sua implicação na economia e a sua inter-relação com a sociedade. No Brasil, o problema do descarte inadequado de resíduos é muito preocupante, a reciclagem é uma das principais alternativas como forma de proporcionar novas tecnologias em produtos construtivos, além da utilização de próprios recursos locais de origem natural [6].

A madeira está presente na vida do homem desde os primórdios servindo como sistema de abrigo, sempre exerceu um papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade civil, em decorrência de sua versatilidade e resistência estrutural. Ao longo dos tempos foram sendo dominadas técnicas de manipulação que permitiram sua utilização, esse material de fonte renovável foi o primeiro a ser utilizado para a construção de abrigos de proteção humana [7]. O Brasil é um país de grande reconhecimento florestal, no entanto, na visão de muitos brasileiros, construções feitas em madeira são associadas a improviso, ou uma arquitetura considerada “pobre”. Algo extremamente enganoso, pois este quadro de rejeição do material herdado por um processo de aculturação falho, tem mudado com o passar dos tempos [9].

A substituição de materiais como aço, concreto e alumínio por componentes de madeira tem o potencial de contribuir na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), desempenhando um papel crucial no desenvolvimento sustentável da indústria da construção [15]. O mercado global de produtos de madeira engenheirada já vale US\$ 1,7 bilhão, com expectativa de alcançar US\$ 3,6 bilhões até 2027, impulsionado pela demanda por edifícios sustentáveis em razão da adesão do mercado à agenda ESG atendendo à crescente demanda por mitigação dos impactos ambientais. Apesar de ser uma tecnologia nova no Brasil, produtos como o *Cross Laminated Timber* - CLT, a Madeira Lamelada Colada- MLC e o *Laminated Vanner Lumber* – LVL oferecem comprovada capacidade estrutural, funcional e estética, possibilitando projetos inovadores e facilitando sua aplicação por profissionais. Esses produtos, resultantes de avançada tecnologia de produção e seleção de matéria-prima, abrem novas possibilidades arquitetônicas [9; 14; 20].

O uso de sistemas construtivos de madeira laminada e lamelada colada na arquitetura nacional potencializa o surgimento de novas alternativas construtivas e fortalece pautas relacionadas a sustentabilidade incorporada a produtos de utilização no campo da arquitetura e engenharia. Discussões por meio de estudos que viabilizem a utilização do material possui forte influência na difusão de sistemas construtivos de madeira, e contribui para o desenvolvimento sustentável desejado pela Agenda 2030, que busca garantir um planeta saudável às futuras gerações [13]. Objetiva-se apresentar os três principais produtos engenheirados de composição laminada e lamelada colada em madeira, apresentando análises de suas potencialidades para uso em projetos de arquitetura. Além disso, é avaliado o panorama mundial de discussão científica sobre a utilização desses produtos como sistema construtivo. Com isso, busca-se contribuir no processo de aculturação do uso da madeira como material construtivo aplicado por meio de técnicas capazes de proporcionar edificações eficientes e de qualidade no setor de construção civil.

## 2. Procedimentos Metodológicos

Esse trabalho está fundamentado em uma ampla pesquisa bibliográfica. Para a etapa de coleta de dados, definiu-se a base de dados Scopus® e banco de dados próprio, fruto de pesquisas já realizadas anteriormente.

Para a coleta de dados do panorama de discussão científica sobre a utilização dos produtos de CLT, MLC e LVL foi possível identificar em uma amostra de 1.780 artigos entre o período de 10 anos (2013 a 2023). Para delinear o levantamento da literatura científica pertinente, foi utilizada das seguintes frases-chaves: Madeira Lamelada Colada *Cross Laminated Timber*, e *Laminated Veneer Lumber* aplicado na construção civil. As informações de citação e as bibliográficas dos artigos foram exportadas da base de dados em formato CSV (excel) e importadas na ferramenta VOSviewer®, um software que cria, visualiza e explora mapas bibliométricos. No VOSviewer® foi gerado mapas dos principais países que publicam artigos com a temática de interesse.

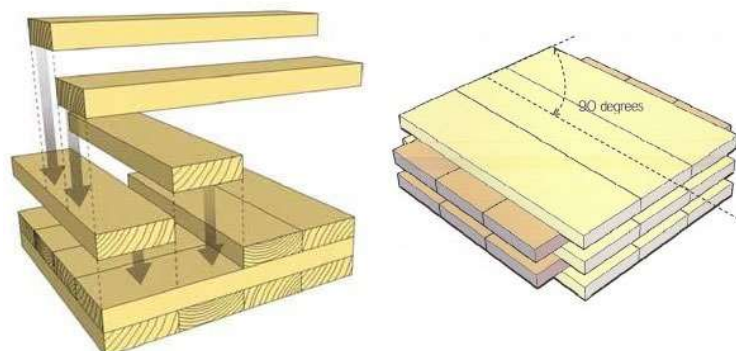
Com os mapas elaborados, foram explorados artigos com o objetivo de identificar os estudos mais relevantes sobre o uso de CLT, MLC e LVL como produtos de madeira laminada e lamelada colada, categorizados como engenheirados e aplicados no setor da construção civil. O intuito foi obter uma visão do panorama mundial de discussão sobre a aplicabilidade dessas tecnologias sustentáveis em projetos arquitetônicos entendendo seu desenvolvimento sobre a ótica de utilização da madeira como material contrutivo nas novas concepções projetuais.

## 3. Resultados

Os produtos de madeira laminada e lamelada colada oferecem capacidades estruturais superiores e propriedades que eliminam deficiências como rachaduras, nós e limitações de comprimento encontradas na madeira maciça. Adaptam-se a diversas aplicações, como vigas, caibros, painéis e assoalhos, sendo ideais para projetos arquitetônicos e de engenharia. Suas propriedades físicas e mecânicas são determinadas pelas especificações da madeira utilizada e por rigorosos processos de fabricação e controle de qualidade. Na arquitetura, são usados tanto em elementos não estruturais, como divisórias e fabricação de mobiliários, quanto em elementos estruturais, como telhados e paredes. Produtos industrializados de madeira oferecem flexibilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade, possibilita a produção de vigas, pilares, decks, revestimentos e outras necessidades arquitetônicas [3; 19; 20]

### 3.1. *Cross Laminated Timber* – CLT

Os painéis CLT são pré-fabricados e compostos por camadas de lamelas de madeira (tábuas) que são dispostas ortogonalmente, ou seja, sobrepostas de forma perpendicular entre si, e unidas com adesivo estrutural submetido a alta pressão (Figura 1). Um painel de CLT é composto por camadas em numeração ímpar, seja de 3, 5 ou 7; que resulta em placas com até 3,00 m de largura e 12,00 m de comprimento [1; 2]. Os painéis são fabricados, e levados até o local de montagem da estrutura. Após montar a estrutura projetada, os tetos e paredes podem receber argamassas e pinturas diretamente na superfície da madeira além do uso de placas de gesso, cimentícia e entre outras, que possibilita a aplicação de revestimentos convencionais como cerâmica e porcelanato em qualquer ambiente, até mesmo em áreas molháveis [2; 5].



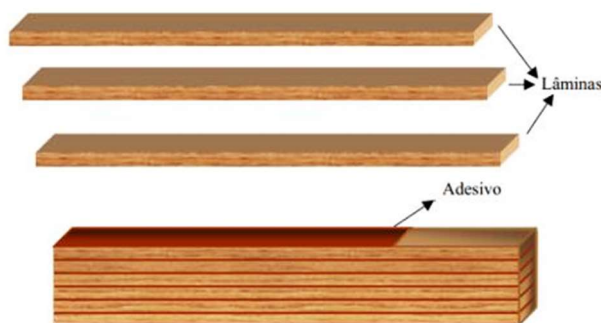
**Figura 1:** Princípio básico da formação de painéis de CLT. Fonte: Dias (2018).

A montagem de estruturas em CLT não exige um grande número de mão de obra, em razão das paredes e pisos utilizarem apenas conectores de metal para sua fixação e união entre eles. Atualmente existem diversos tipos de conexões utilizadas para fixar os painéis de CLT. Utiliza-se de parafusos ou conectores metálicos, como: cantoneiras, chapas perfuradas, T metálico, entre outros que possibilitem unir as diferentes peças estruturais [2; 5].

O CLT possui características físicas que propiciam um eficiente desempenho mecânico. Entre elas, estão as resistências à flexão e compressão, que por meio da estrutura de laminação cruzada proporciona uniformidade e alta capacidade mecânica. É possível criar vãos livres maiores, balanços e cargas que podem ser projetadas em diferentes direções que propiciam ao projetista novas, diferentes e inovadoras possibilidades de design na arquitetura [5].

### 3.2. Madeira Lamelada Colada- MLC

O MLC consiste na fabricação realizada por meio da técnica de união de lamelas (tábuas) unidas por adesivos (Figura 2). A formação do MLC constitui-se na disposição em que as fibras estejam paralelas entre si, projetando as mais diversas formas estruturais, desde pequenas passarelas e abrigos, até mesmo grandes estruturas das mais variadas formas estéticas, chegando a cobrir vãos com até 100 m sem a necessidade de qualquer apoio. O produto de MLC possui propriedades que oferecem alta durabilidade e resistência à umidade. Utiliza-se na construção de vigas, pilares, pergolados, coberturas, passarelas, escadas, painéis e em diversos revestimentos. O MLC proporciona peças de madeira estrutural capazes de produzir formas curvas e arqueadas. Sua conexão é feita com a ajuda de parafusos, buchas e chapas de aço [10; 12].



**Figura 2:** Princípio básico da formação do MLC. Fonte: Shigue (2018).

O MLC é um produto de madeira lamelada que permite realizar grandes envergaduras por possuir capacidade de suporte de carga, baixo peso próprio e flexibilidade com curvaturas que permite construir formas arquitetônicas com maior liberdade. Possui alta resistência ao fogo, a substâncias químicas, aplicação de forças mecânicas, estabilidade dimensional, exige um número menor de ligações e possui leveza que propicia um fácil manuseio do material na sua montagem, além de ser de matéria prima renovável [4].

### 3.3. *Laminated Venner Lumber – LVL*

O LVL segue o mesmo princípio básico de montagem do MLC, o que difere é que nesse produto ocorre a união de lâminas e não lamelas de madeira, posteriormente, também coladas por adesivo estrutural adequado. Os folheados de madeira que formam o LVL podem ser de 2 a 4 mm de espessura colados por adesivos fenólicos resistentes às intempéries (Figura 3). A tecnologia empregada na fabricação do LVL possibilita maiores dimensões do produto final sem muitas limitações, o que permite sua utilização na produção de painéis de madeira que podem derivar na produção de outros produtos de aplicação estrutural. Um produto de LVL é comparado ao potencial de resistência de uma madeira maciça, concreto e até mesmo do aço [8; 11].



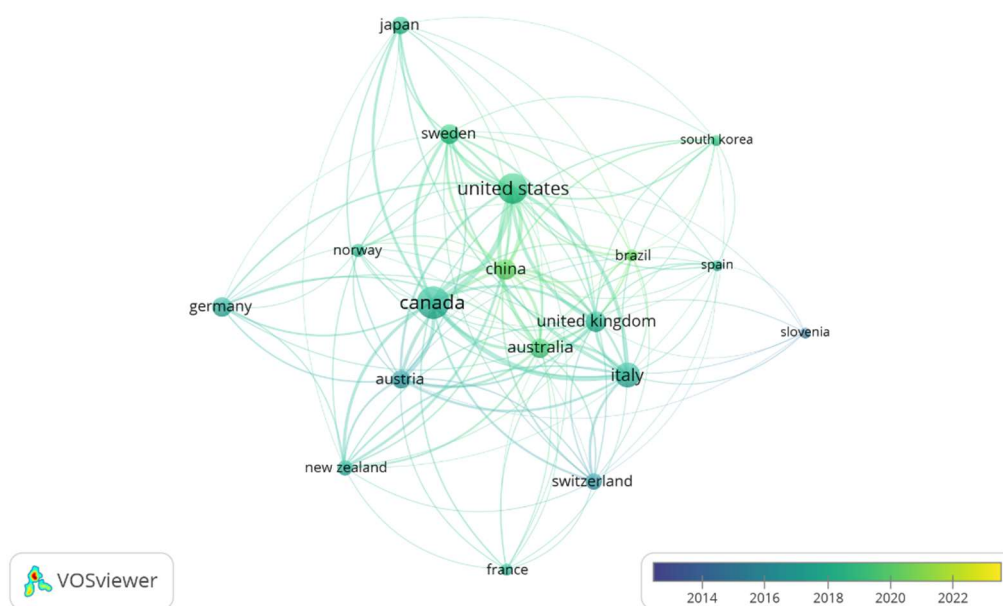
**Figura 3:** Chapas de LVL. Fonte: Acervo do autor (2020).

O LVL proporciona versatilidade para a execução de projetos de arquitetura e engenharia e possibilita substituir peças de madeira utilizadas convencionalmente em usos estruturais, tanto em aplicações externas ou internas, na aplicação de acabamentos, elaboração de mobiliário, e outros usos de possível emprego ao material [16]. O LVL possui capacidade mecânica de suportar cargas pesadas, além de percorrer distâncias maiores do que a madeira maciça. O produto laminado tem a capacidade de possibilitar cortes em diferentes formas que viabilizam a criação de inovações estruturais com formas angulares e curvas. Além disso, trata de um material econômico e sustentável, proporciona uma alta confiabilidade e resistência estrutural nas aplicações dentro da engenharia e arquitetura [3].



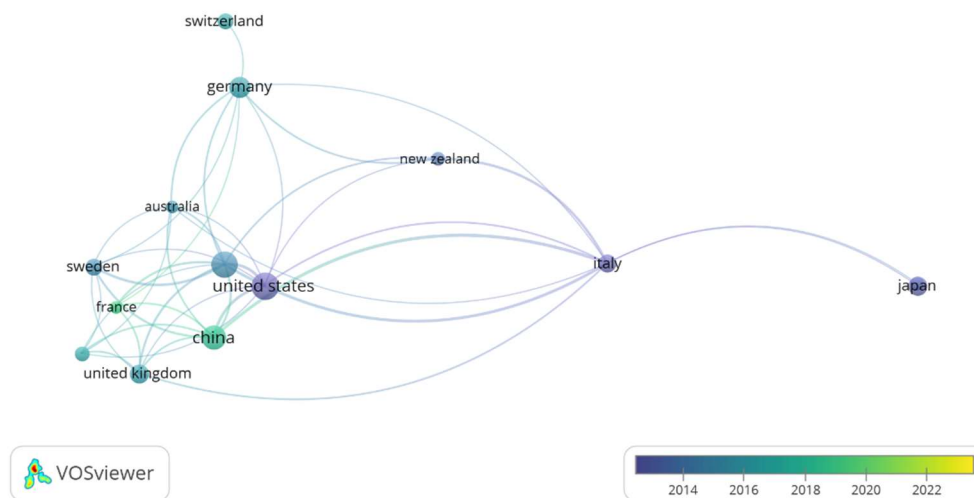
#### 4. Discussões

O conhecimento de utilização do CLT como material de construção civil, já possui uma extensa rede de pesquisadores em diferentes países que produzem materiais técnico-científico como forma de comprovar suas potencialidades de uso em projetos de arquitetura. Na Figura 4 é possível identificar esse panorama mundial, com destaque para o Canadá, Estados Unidos e Itália como os maiores países produtores desse conhecimento. O Brasil encontra-se como um dos países com menor concentração de discussões científicas sobre a temática. No entanto, devido à natureza relativamente nova dessa tecnologia, que está gradualmente ganhando espaço e aceitação nacional, é possível identificar que as discussões adquirem maior atualidade durante o período analisado.



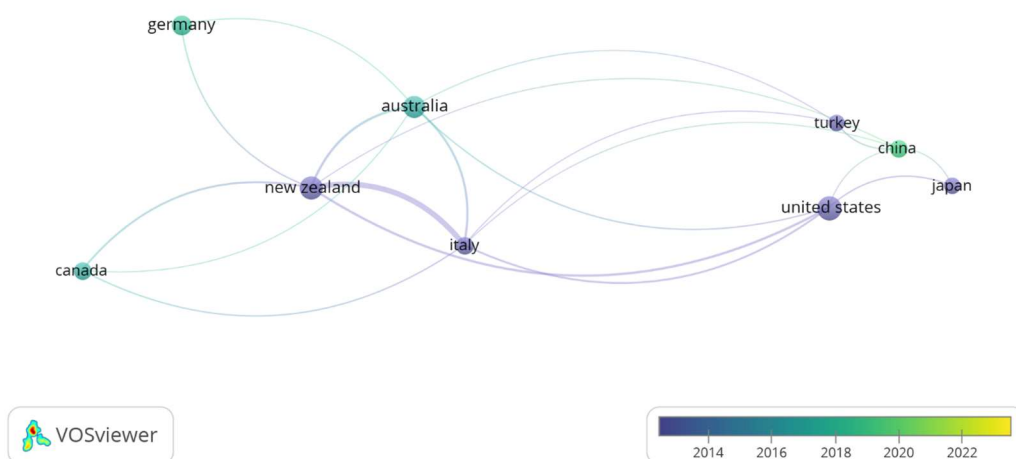
**Figura 4:** Mapa dos principais países com produção científica sobre o CLT. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Assim como o CLT, o MLC é um dos produtos de madeira engenheirada que possui uma ampla utilização no setor de construção civil e forte presença nas produções científicas com abordagens de sua aplicabilidade em projetos de arquitetura e engenharia. Na Figura 5 é possível identificar que os Estados Unidos, a China e a Alemanha estão entre os países com maior número de produção científica, a respeito da aplicação do MLC como produto de construção civil. Em contrapartida, o Brasil não se encontra entre os principais produtores desse conhecimento, com destaque para a China e França com maior atualidade de produções científicas entre o período analisado.



**Figura 5:** Mapa dos principais países com produção científica sobre o MLC. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em um panorama mundial sobre a discussão do produto de madeira laminada em LVL como sistema construtivo, os países com maior difusão desse conhecimento científico são: Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália. O Brasil não aparece como produtor científico acerca dessa temática, dando maior destaque para a China com produções científicas mais atualizadas, seguidas da Austrália, Alemanha e Canadá em relação ao período analisado (Figura 6). O LVL é um produto ainda pouco explorado no Brasil, entretanto, já existe sua utilização e fabricação em território nacional. A nacionalização desse produto laminado contribui no processo de aculturação sobre a utilização de elementos construtivos em madeira e potencializa a difusão de novas tecnologias sustentáveis para a aplicação no setor de construção civil [14].



**Figura 6:** Mapa dos principais países com produção científica sobre o LVL. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 5. Considerações Finais

É inegável a forte relevância de discussões acerca da necessidade de se pensar novos materiais construtivos que possam atender as necessidades do ser humano, sem que provoque ou impacte de forma negativa o meio ambiente e comprometa o futuro sustentável do planeta terra. Materiais renováveis de base biológica, neste caso, podem substituir materiais fósseis e levar a menores impactos parcialmente significativos e conseqüentemente o aumento da sustentabilidade. A madeira é uma das alternativas mais promissoras para a construção civil. Quando utilizada com técnicas adequadas, seu potencial construtivo pode gerar efeitos positivos na relação entre o ser humano, o futuro da construção e o meio ambiente.

O CLT, MLC e o LVL destacam-se como sistemas construtivos inovadores e eficazes para aplicação na construção civil. Assim como outros meios convencionais de construção, esses produtos podem ser revestidos, recortados e submetidos a outras intervenções. Suas características incluem flexibilidade, maiores dimensões, propriedades físicas e mecânicas eficientes, além de rápida execução, entre outras. Estas características os tornam produtos com potencial sustentável para aplicação na arquitetura. Estudos demonstram a capacidade estrutural, funcional e estética desses produtos na construção, beneficiando seus usuários.

Apesar de ainda ser pouco empregada no território nacional, já existem evidências concretas da eficácia e legitimidade da tecnologia em termos de resistência mecânica, versatilidade e eficiência como produtos para o setor de construção civil. A madeira é o símbolo contemporâneo de modernidade e futuro. Competem aos profissionais de arquitetura, engenharia, madeireiros e outros que trabalham com esse material de fonte renovável, firmar o elo que falta entre as tecnologias avançadas no campo da construção, as madeiras cultivadas no Brasil e o maior compromisso na difusão de conhecimentos na área.



## Referências

- [1] CLT HANDBOOK. *CLT structures – facts and planning*. Stockholm, Suécia, 2019.
- [2] CROSSLAM. Apresentação CLT, 2016. Disponível em: <http://www.crosslam.com.br/home/sites/default/files/apresentacaoCLT.pdf>. Acesso em: 23Set.2022.
- [3] DIAS, A. CARPINTERIA: Carpinteria fecha parceria com empresa de vigas LVL, 2019. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2019/01/15/carpinteria-fecha-parceria-com-empresa-de-vigas-lvl/>. Acesso em: 23Jul.2021.
- [4] DIAS, A. CARPINTERIA: Conheça as vantagens da MLC – Madeira Laminada Colada (GLULAM), 2018. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2018/11/02/conheca-as-vantagens-da-mlc-madeira-laminada-colada/>. Acesso em: 23Fev.2023
- [5] DIAS, A. CARPINTERIA: Madeira Laminada Colada Cruzada (CLT); Produção e Desenvolvimento, 2018. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2018/04/08/madeira-laminada-cruzada-clt/>. Acesso em: 23Fev.2023.
- [6] GANDINI, J. M. D. Aplicação de conceitos de sustentabilidade no desenvolvimento de projeto de componentes estruturais pré-fabricados com emprego de madeira de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2016.
- [7] JUNIOR, C. R. C; SILVA, W. C. R; SOARES, T. M. L. Uso da madeira na construção civil. V.2. Rio de Janeiro, 2017. Pag. 79-93.
- [8] LVL HANDBOOK EUROPE. *Federation of the Finnish Woodworking Industries*, 2019. Punamusta, Finland 2019.
- [9] MARTINI, S. Madeira engenheirada, Revista opiniões, São Paulo, 2013.
- [10] MIGLIANI, A. ARCHDAILY: O que é Madeira Laminada Colada (MLC ou Glulam), 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/928061/o-que-e-madeira-laminada-colada-mlc-ou-glulam>. Acesso em: 20Abr.2023.
- [11] MULLER, M. T. Influência de diferentes combinações de lâminas de Eucalyptus saligna e Pinus taeda em painéis estruturais LVL, 2009. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria-RS, 2009.
- [12] NETO, C. C. A madeira laminada colada. Revista da madeira, Edição N°124, 2010.
- [13] ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015.
- [14] SANTOS, S. S.; MORAES, P. D.; TEREZO, R. F. Fabricação de chapas de *laminated veneer lumber* (LVL) com madeira de pinus. 4º Congresso luso-brasileiro de materiais de construção sustentáveis, p 269–281, 2022.
- [15] SHIGUE, E. K. Difusão da Construção em Madeira no Brasil: Agentes, Ações e Produtos. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2018.

- [16] SOUZA, F. Propriedades mecânicas, físicas, biológicas e avaliação não destrutiva de painéis de lâminas paralelas (LVL) com madeira de pinus oocarpa e p.kesiya. 2009. xv, 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- [17] TAVARES, S. F.; INO, A.; OMETTO, ARc. Construção em Madeira e Edificação Circular: potencialidades para a sustentabilidade. *In: 6 th International Workshop| Advances in Cleaner Production– Brazil, 2017.*
- [18] TENORIO C.; MOYA R.; MUÑOZ F. *Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing Gmelina arborea trees. Journal of Wood Science, 57, p 134–139, 2011.*
- [19] WEI, Y; RAO, F; YU, Y *et al. Fabrication and performance evaluation of a novel laminated veneer lumber (LVL) made from hybrid poplar. European Journal of Wood and Wood Products. v 77, p 381–391, 2019.*
- [20] ZEUG, W; BEZAMA, A; THRÄN, D. *Application of holistic and integrated LCSA: Case study on laminated veneer lumber production in Central Germany. The International Journal of Life Cycle Assessment. v 27, p 1352–1375, 2022.*