SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto.** Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

# A IMPORTÂNCIA DOS DETALHES CONSTRUTIVOS EM PROJETO PARA A DURABILIDADE DE PAINÉIS EM CLT (CROSS LAMINATED TIMBER)[1]

**SOUSA, E. B. (1); QUEIROZ, C. A. (2); OLIVEIRA, F. L. (3); ZAMPERETI, L. O. (4)**

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, eltonbelsousa@usp.br

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, clara_aq@usp.br

(3) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, floliveira@usp.br

(4) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, leticia.zampereti@usp.br

## RESUMO

*Novas tecnologias construtivas estão se tornando cada vez mais relevantes na atualidade da construção civil no Brasil. Para garantir o desempenho necessário, essas tecnologias requerem uma atenção especial aos detalhes dos processos envolvidos na construção. Este trabalho tem como objetivo discutir a importância do projeto arquitetônico em propostas que utilizam o Cross Laminated Timber (CLT), com ênfase no estudo de detalhes construtivos que visam principalmente a durabilidade do sistema construtivo. Para elaboração do artigo foi realizada uma abrangente pesquisa bibliográfica sobre o assunto, leitura de projetos elaborados com o sistema construtivo estudado e análise de catálogos e manuais para projeto, de fornecedores nacionais e internacionais. Os painéis de CLT são elementos pré-fabricados formados pela sobreposição de lamelas de madeira umas às outras, podem ser utilizados em paredes autoportantes, lajes, pisos e estruturas. Neste sentido, um projeto arquitetônico compatibilizado é essencial, pois são os detalhes construtivos que garantirão a resistência e durabilidade da estrutura ao longo do tempo. A construção civil tem passado por uma transformação profunda em sua abordagem para construir cidades, logo, um bom projeto arquitetônico é fundamental para garantir que sistemas que utilizam madeira engenheirada, como o CLT, sejam duráveis, seguros e viáveis na construção.*

***Palavras-chave:*** *Cross Laminated Timber. Projeto Arquitetônico. Durabilidade. Detalhe Construtivo.*

## ABSTRACT

*New construction technologies are becoming increasingly relevant in today's Brazilian construction industry. To ensure the required performance, these technologies demand special attention to the details of the construction processes. This paper aims to discuss the importance of architectural design in proposals utilizing Cross Laminated Timber (CLT), with a focus on studying construction details primarily aimed at the durability of the construction system. The*

[1] SOUSA, E. B.; QUEIROZ, C. A.; OLIVEIRA, F. L.; ZAMPERETI, L. O. A importância dos detalhes construtivos em projeto para a durabilidade de painéis em CLT (Cross Laminated Timber). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 01-10. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.4011

*article resulted from comprehensive bibliographic research, including critical analysis of academic and technical sources. It also involved the consultation and analysis of construction detail catalogs from national and international companies. CLT panels are prefabricated elements formed by the layering of wooden lamellas on top of each other and can be used in self-supporting walls, slabs, floors, and structures. In this regard, a compatible architectural design is essential, as construction details will ensure the strength and durability of the structure over time. The construction industry has undergone a profound transformation in its approach to building cities; therefore, a good architectural design is fundamental to ensure that systems using engineered wood, such as CLT, are durable, safe, and viable in construction.*

***Keywords**: Cross Laminated Timber. Architectural project. Durability. Constructive Detail*

## 1 INTRODUÇÃO

O futuro da construção civil será marcado pela adoção de tecnologias e métodos construtivos mais eficientes e sustentáveis. Com o avanço da automação, robótica e inteligência artificial, espera-se um aumento na produtividade e na segurança no canteiro de obras, além de uma redução nos custos e no desperdício de materiais. Segundo Barros (2013), a inserção de sistemas construtivos industrializados, baseados na pré-fabricação, ocorreu devido à incorporação da ciência no campo da construção civil, especialmente na verticalização das edificações para absorver o adensamento urbano.

De acordo com Módena (2009), diversos elementos de uma edificação podem ser pré-fabricados usando vários materiais, incluindo a madeira. Para o autor, o uso da madeira em habitações apresenta aspectos positivos, pois trata-se de um material renovável, encontrado em abundância na natureza e bem adaptado ao clima brasileiro. Como um dos principais protagonistas no uso da madeira na construção civil, o CLT, sigla para *Cross Laminated Timber* ou Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC), é um exemplo dessa mudança na construção civil, devido ao uso da tecnologia. Esse sistema pode ser aplicado em projetos de arquitetura e design, permitindo a criação de estruturas complexas e altamente personalizadas.

À medida que novos sistemas construtivos trazem desenvolvimento e prosperidade para o setor da construção civil no Brasil, é necessário realizar estudos para compreender cada vez mais como garantir a durabilidade e segurança desses sistemas. Empreendimentos que utilizam sistemas construtivos não convencionais devem ser avaliados sob a perspectiva da pós-ocupação, a fim de validar futuras construções em larga escala (MARTUCCI; BASSO, 2002; ORNSTEIN et al., 2017). Do ponto de vista do projeto, o elemento chave para promover a durabilidade da edificação é o projeto arquitetônico.

Este estudo tem como objetivo aprofundar a compreensão sobre a relevância do projeto arquitetônico em empreendimentos que empregam o *Cross Laminated Timber* (CLT), destacando a investigação dos detalhes construtivos que devem ser considerados para a utilização desse sistema construtivo. Além disso, examina de que forma esses detalhes em projeto podem contribuir para a preservação, qualidade e durabilidade da nova estrutura proposta, ressaltando a importância de um projeto arquitetônico cuidadosamente concebido para o uso do CLT.

Para elaboração do artigo foi realizada uma abrangente pesquisa bibliográfica sobre o assunto, leitura de projetos elaborados com o sistema construtivo estudado e análise de catálogos e manuais para projeto, de fornecedores nacionais e internacionais. Dessa análise, foram selecionadas as interfaces entre elementos que

merecem atenção nos detalhes construtivos, pois interferiam diretamente na durabilidade do sistema construtivo. Por fim, foram propostos esquemas projetuais, trazendo uma perspectiva prática e aplicada ao artigo, visando contribuir com o exercício do arquiteto ao projetar edificações em CLT.

## 2 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

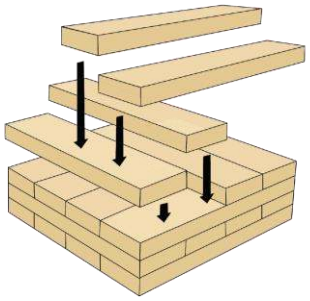
As tecnologias de construção industrializada são caracterizadas por uma maior precisão no canteiro, menor dependência do "saber fazer" dos prestadores de serviço, e maior racionalização e produtividade nas construções, o que pode reduzir os custos (ESPÍNDOLA, 2017). Devido a várias etapas serem realizadas em ambiente fabril, essas tecnologias também proporcionam um maior controle sobre o orçamento final, menor tempo necessário no canteiro e redução de desperdícios em toda a cadeia (THINK WOOD, 2018).

Neste grupo estão os inseridos os principais elementos da madeira engenheirada[2], no Brasil que são o *Glulam* (*Glued Laminated Timber* ou madeira lamelada colada - MLC) e o *CLT* (*Cross Laminated Timber* ou madeira lamelada colada cruzada - MLCC) . Ambos possuem alto grau de industrialização e juntamente com as mudanças já descritas, o processo de projetar com estes sistemas também deve ser repensado. Ressalta-se que o elemento abordado neste artigo é o painel de CLT.

Os painéis de CLT são elementos pré-fabricados que podem ser usados como paredes autoportantes, lajes, pisos, além de elementos estruturais ou não (OLIVEIRA, 2018). Conforme a autora, esses painéis são compostos por camadas de madeira serrada coladas de forma perpendicular entre si (Figura 1).

Figura 1 – A) Esquema de montagem das lamelas para compor um painel de CLT. B) Painel de CLT pronto

A)



B)



Fonte: A) Simpson (2019), adaptado pelos autores (2023); B) Simpson (2019)

Seu processo de fabricação consiste nas seguintes etapas: classificação da matéria prima, secagem, ajuste de comprimento das lamelas com a técnica de conexão *finger joint*, colagem dos elementos e a prensagem hidráulica para garantir a adesão entre as partes (SHIGUE, 2018). Após a fabricação do painel, ele passa por processos de usinagem, seguindo especificações do projeto. Conforme Oliveira (2018) a configuração cruzada das lamelas possibilita a distribuição das cargas de forma bidirecional, com mais resistência e rigidez, o que confere grande desempenho estrutural ao sistema, e possibilita a construção de edifícios de múltiplos pavimentos,

[2] Os produtos em madeira engenheirada são aqueles cuja madeira passa por um processo industrial, a fim de melhorias para minimizar deformidades e aumentar sua resistência, aprimorando seu desempenho. O produto final é um pré-fabricado em madeira apto a ser empregado em variados projetos de arquitetura (CALDAS et al., 2021).

resistentes e leves. Neste sentido surge também a possibilidade de fundações menos carregadas, devido ao menor peso próprio, como consequência da menor densidade da madeira em relação aos materiais tradicionais (SHIGUE, 2018).

Para reduzir os impactos ambientais da construção civil, é essencial adotar métodos construtivos mais sustentáveis. Uma alternativa promissora são as tecnologias construtivas pré-fabricadas, que oferecem diversos benefícios em comparação aos métodos tradicionais. Além de reduzirem significativamente a geração de resíduos ao longo do processo produtivo, essas tecnologias proporcionam maior controle de custos e diminuem o tempo de execução da obra. Essas vantagens tornam os sistemas pré-fabricados uma solução viável para promover a sustentabilidade no setor da construção no futuro.

## 3 O PROJETO ARQUITETÔNICO E O DETALHAMENTO TÉCNICO PARA A DURABILIDADE DO CLT

Para garantir uma implementação bem-sucedida, eficiência e qualidade na construção de projetos que utilizam o CLT como método construtivo, é fundamental que a proposta leve em consideração aspectos relevantes de desenho e detalhamento arquitetônico. A integração cuidadosa desses elementos contribui para a otimização do desempenho estrutural, aprimoramento da resistência e durabilidade, além de assegurar a harmonia entre forma e função.

São os detalhes construtivos, ou seja, as especificidades dos encontros entre superfícies, das técnicas empregadas, materiais, conectores entre outros elementos que irão garantir que aquela estrutura terá a resistência e durabilidade necessárias à nova edificação. No Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2021, p.7) que estabelece os requisitos e critérios de desempenho nas edificações, especifica que a durabilidade é definida como a "capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção". Ainda do ponto de vista da legislação, os projetos com estruturas em madeira devem ser executados conforme as diretrizes presentes na NBR 7190 (ABNT, 2022), que trata do projeto de estruturas de madeira, inclusive de estruturas de CLT, e estabelece classes de resistências das madeiras, com o intuito de padronizar as suas propriedades físicas quando do seu uso em cada subsistema da edificação.

Esse ganho advindo do emprego de novas técnicas e materiais, como é o caso da madeira, vai exigir uma maior atenção ao seu detalhamento construtivo. Para Oliveira (2018) é necessário atentar-se para o desenvolvimento de detalhes construtivos eficazes que tenham como objetivo isolar a estrutura em CLT e protegê-la da exposição às condições climáticas, especialmente da umidade.

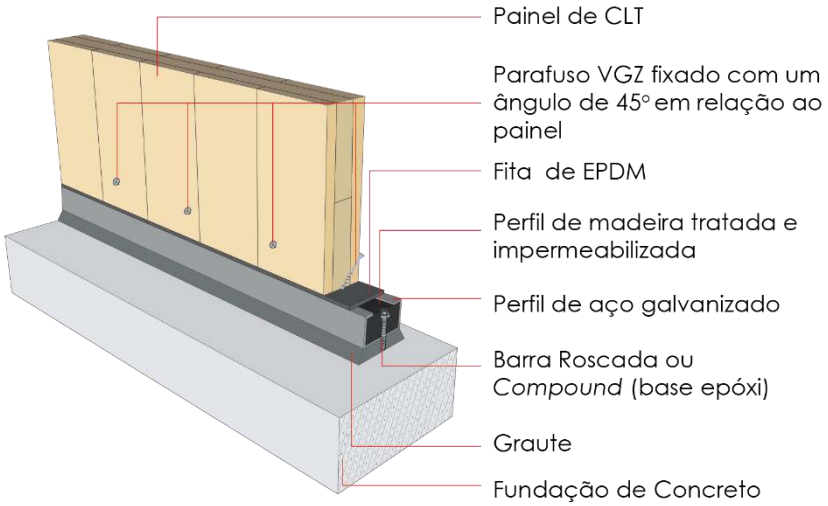
### 3.1 Detalhes construtivos para a conexão do painel CLT com a fundação

As edificações construídas com madeira engenheirada podem ter exatamente todas as suas estruturas compostas em madeira. Estas, contudo, precisam estar protegidas contra a umidade vinda do ambiente e principalmente do solo. Deste modo, é preciso se atentar a como essa construção vai se relacionar com as fundações.

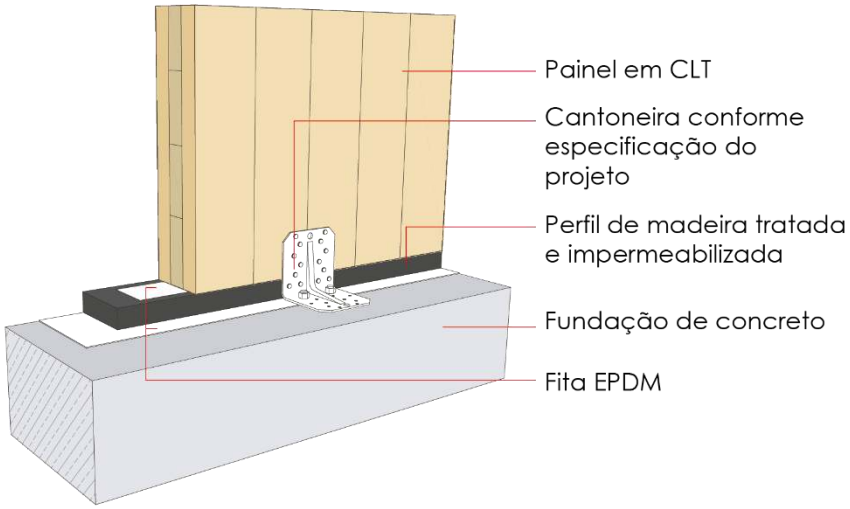
Nas imagens da Figura 2 é possível observar como as estruturas podem ser compostas a fim de evitar a transmissão de umidade.

Figura 2 – Detalhe construtivo para conexão entre painel e fundação. A) Através de perfil em aço galvanizado e parafusos. B) Através de cantoneira metálica

A)




B)




Fonte: A) Crosslam (2016); B) KLH (2019), ambos adaptados pelos autores (2023)

As fundações em concreto, quando não impermeabilizadas adequadamente, são susceptíveis à passagem de umidade por capilaridade. Logo, painéis em CLT ou demais estruturas em madeira, não podem estar em contato direto com a mesma. A preocupação com os detalhes construtivos e as conexões entre os elementos construtivos, incluindo as fundações de concreto é destacada por Oliveira (2018). É de extrema importância isolar adequadamente a estrutura em CLT a fim de evitar a transmissão de umidade proveniente das fundações.

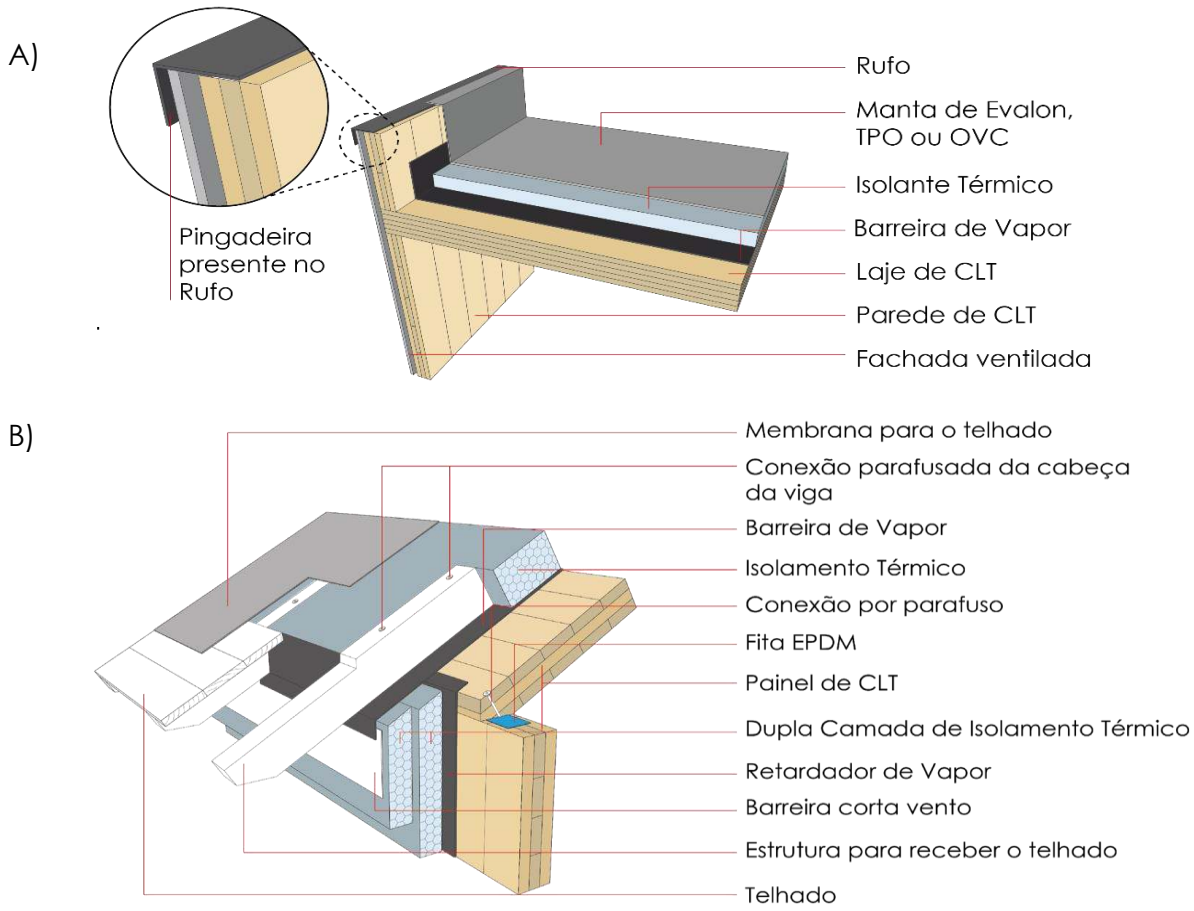
Ao analisar os detalhes representados na Figura 2 é possível observar diferentes componentes utilizados para a conexão entre as estruturas de madeira e de concreto. No exemplo da Figura 2A, o painel em CLT é fixado em uma estrutura composta por um perfil de madeira impermeabilizada (barrote), revestido por um perfil de aço galvanizado, que, por sua vez, é apoiado em um graute. Essa configuração não apenas proporciona suporte ao painel, mas também o mantém fixo à fundação, sem que haja o contato direto entre ambos. Já o detalhe ilustrado

na Figura 2B segue o mesmo princípio, porém fixa o painel diretamente na fundação utilizando uma cantoneira metálica, novamente evitando a conexão direta entre o painel e a fundação de concreto. Nesse caso, elementos com materiais emborrachados como fitas de EPDM (etilenopropilenodieno-monômero), juntamente com um perfil de madeira tratada e impermeabilizada, impedem o contato entre o painel em madeira e a fundação, evitando a passagem de umidade proveniente da fundação e do solo para o painel de madeira.

## 3.2 Detalhes construtivos para lajes e coberturas em CLT

Em construções que têm a madeira como elemento principal, a gestão adequada da umidade representa uma preocupação fundamental. Nesse sentido, a proteção contra as águas pluviais é indispensável para superfícies como lajes e coberturas. As imagens retratadas na Figura 3 exemplificam detalhes construtivos associados à cobertura da edificação e destacam como os elementos utilizados podem salvaguardar a estrutura em CLT aplicada à proposta.

Figura 3 – Detalhe construtivo visando a durabilidade da cobertura. A) Estrutura com conexão parede e laje. B) Estrutura com conexão telhado e parede




Fonte: A) Crosslam (2016); B) KLH (2019), ambos adaptados pelos autores (2023)

No exemplo da Figura 3A, observa-se a impermeabilização de lajes em CLT. Como se trata de uma estrutura que vai estar diretamente exposta à chuva, elementos de proteção devem ser aplicados a fim de preservar a estrutura. Nota-se a presença do

rufo com acabamento de pingadeira que vai evitar que a água da chuva penetre pelas paredes, a manta impermeabilizante sobre a estrutura que objetiva ser um elemento físico para evitar o contato da laje com a água. Outros elementos como o isolante térmico e a barreira de vapor, além de proverem mais proteção entre o sistema em madeira e a água vinda do ambiente externo, também buscam balancear a temperatura interna da edificação evitando a penetração de umidade dentro do painel e a formação de umidade no isolamento térmico dentro do vão dos painéis externos.

No modelo demonstrado na Figura 3B, a cobertura formada pela conexão entre o telhado (painel inclinado) e a parede também precisa receber o mesmo tratamento protetivo, com o intuito de que a integridade e durabilidade da edificação sejam preservadas. Elementos como a membrana protetiva sobre o telhado pode ser vista como um elemento a mais a ser empregado de acordo com as necessidades do projeto. Neste sentido, a barreira e o retardador de vapor, além do isolamento térmico também são importantes para manter a umidade longe da estrutura em madeira, e garantir a sua segurança. Além de proteger contra umidade, todo esse arranjo protetivo, também almeja manter toda a parte em madeira da edificação, totalmente isolada e sem exposição às intempéries, fatores que podem causar danos severos ao CLT.

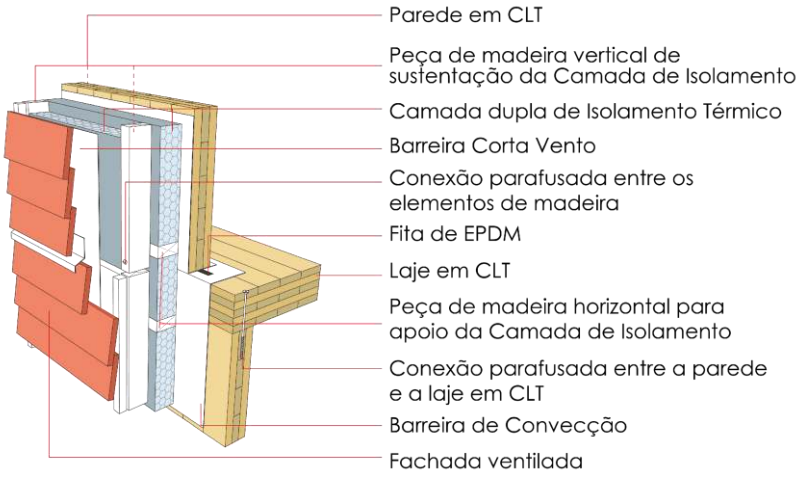
Para Costa (2013), por se tratar de um método construtivo que permite uma grande flexibilidade projetual, o CLT naturalmente vai exigir uma grande quantidade de detalhes construtivos, tanto em função do seu elevado número de peças, como também, para um maior nível de controle dos materiais, montagem, durabilidade, entre outros. Ainda conforme o autor, a durabilidade das edificações em CLT não tem por que ser inferior à das construções tradicionais, desde que respeitada a sua manutenção (COSTA, 2013).

## 3.3 Detalhe para parede externa e esquadria

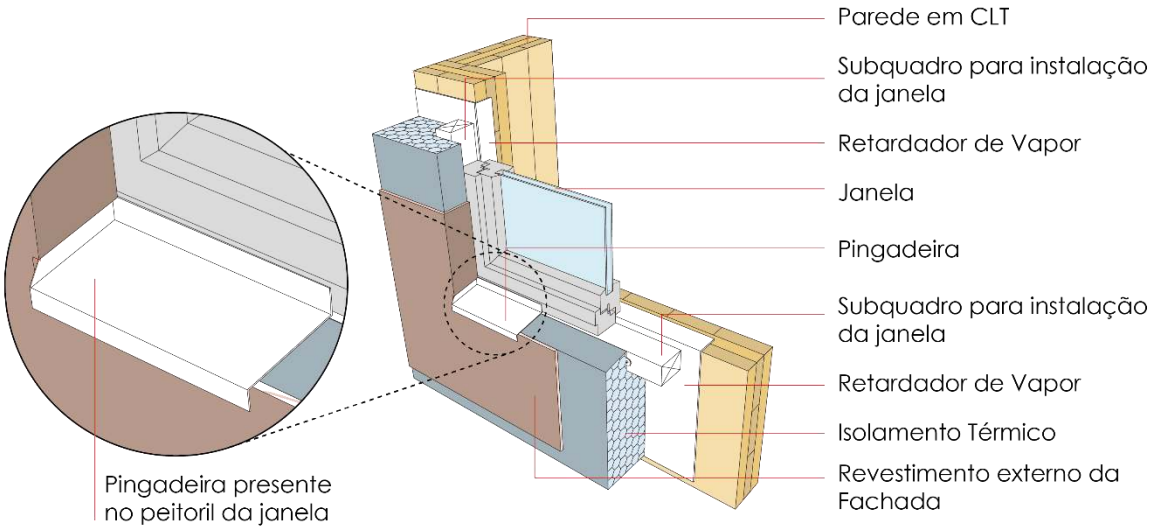
Também se torna importante proteger estruturas que servirão como fachadas, cobrindo-as com um revestimento que se torna uma espécie de segunda pele, como pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Detalhe construtivo para fachada. A) Parede externa com fachada ventilada. B) Parede externa com presença de esquadria

A)



B)




Fonte: A) e B) KLH (2019), ambos adaptados pelos autores (2023)

A Figura 4A exibe uma possibilidade de detalhamento construtivo para a parede externa de uma edificação. Como se trata da parede mais exposta às condições ambientais, elementos como isolantes térmicos, barreira corta vento e de convecção, integradas com elementos auxiliares internos também em madeira irão garantir um perfeito isolamento da estrutura em CLT. Além disso, a aplicação de fachadas ventiladas sobre essa estrutura "sanduíche" também pode contribuir para a durabilidade dos painéis de fachada. Conforme apontado por Oliveira (2018), é viável aplicar uma variedade de materiais de revestimento nas fachadas de edifícios em CLT, desde que sejam garantidos níveis adequados de ventilação nos painéis

De acordo com *Materials* (2015), a fachada ventilada alia inovação e eficiência energética auxiliando na melhoria do conforto térmico, sendo capaz de reduzir entre 30% a 50% o consumo de energia de um edifício. É também um recurso a promover um sistema respirante que facilita a dispersão do vapor presente no interior das paredes e elimina a umidade dos edifícios. Esse sistema ainda promove uma proteção contra degradação precoce, uma vez que, em função das características higroscópicas da madeira, os painéis podem adquirir a capacidade de regular o teor de umidade do ar no ambiente, sendo capazes de absorver, reter e liberar umidade (OLIVEIRA, 2018; COSTA, 2013). Na Figura 4B é possível observar como deve ser o detalhamento quando há a presença de uma esquadria. Os mesmos elementos que visam proteger a estrutura em CLT presentes no exemplo da Figura 4A podem ser utilizados, a exemplo dos isolantes térmicos e dos retardadores de vapor. O rufo pingadeira presente no peitoril da janela é um detalhe essencial para promover a dissipação da água naquela região, uma vez que vai apresentar uma leve inclinação (~2%), que impedirá que a água se acumule próxima à janela, e que possa causar algum tipo de manchamento.

Conforme mencionado por Oliveira (2018), a atenção minuciosa ao detalhamento das construções em CLT transcende a mera proteção da estrutura de madeira da edificação. Essa abordagem abrangente da preservação do sistema construtivo engloba preocupações mais amplas, como a preservação da saúde humana e a proteção ambiental, levando a um planejamento mais adequado das edificações. O objetivo é evitar o surgimento de manifestações patológicas, por meio da

implementação de detalhes construtivos e projetos arquitetônicos eficazes.

É importante ressaltar que os detalhes construtivos terão forte impacto na durabilidade das estruturas em CLT. Enquanto metodologia construtiva, ainda em ascensão no Brasil, promover edificações duráveis e de qualidade é fator primordial para que este modo mais sustentável de construir, se torne cada vez mais presente no cenário nacional da construção civil.

## 4 CONCLUSÕES

A tecnologia aplicada à construção além de prover novas formas de construir, constitui um caminho sem retorno dentro desse setor. Esse novo cenário exige a qualificação e a constante realização de pesquisas para a continuidade do seu desenvolvimento. Um bom projeto arquitetônico é essencial para que os projetos que utilizam a madeira engenheirada, bem como o CLT, possam ser duráveis, estruturalmente seguros e viáveis à construção.

Com a transferência da construção do canteiro de obra para a indústria, ocorrem mudanças nos focos e nos desafios de produção. Para a madeira engenheirada a adoção de um olhar clínico, com especial atenção aos detalhes construtivos pode fazer a diferença no que se refere à durabilidade das edificações. Por isso, é importante que os projetistas realizem uma análise minuciosa do local e considerem as condições climáticas, as cargas estruturais e as características dos materiais utilizados na construção, bem como realizem um planejamento detalhado das conexões, juntas, fixações e de como será feita proteção contra a umidade dessa estrutura. Um detalhamento bem executado vai ainda facilitar a manutenção e a inspeção da edificação, possibilitando a detecção precoce de problemas e a realização de reparos antes que estes se agravem.

Nesse contexto, a relação entre a madeira e a umidade se torna um problema que requer atenção minuciosa aos detalhes, encaixes, revestimentos e outros materiais que possam expor a estrutura. Assim, o detalhamento construtivo desempenha um papel fundamental na promoção da durabilidade dos elementos em CLT, garantindo a segurança, eficiência e longevidade da edificação

## AGRADECIMENTOS

A equipe agradece o apoio na forma de concessão de bolsa de estudos da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (Processo: 88887.704299/2022- 00), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo: 163402/2022-1) e do Programa Unificado de Bolsas da Universidade de São Paulo pelas bolsas de estudo concedidas.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de Edificações Habitacionais:** Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 2022.

BARROS, M. M. S. B. Tecnologias construtivas para produção de edifícios no Brasil: perspectivas e desafios. In.: BARROS, M. M. S. B. **Subsídios para a Definição de Estratégias de Apoio à Indústria da Construção Civil**. Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Instituto Euvaldo Lodi (IEL) - Núcleo Regional do Estado do Rio de Janeiro - Produto 4 - Diagnóstico da Divisão da Construção de Edifícios - 2ª Ed. Rio de Janeiro: FCG, 2013.

CALDAS, L. R.; PEÇANHA, R. S.; SIMAS, M. G.; SILVOSO, M. M. Avaliação ambiental de produtos engenheirados de madeira: identificação dos principais hotspots e oportunidades de melhoria. In: IV Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, **Anais...**, Online. 2021.

COSTA, A. A. P. **Construção de edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)**. 2013, 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.

CROSSLAM. **Guia orientativo para uso e manutenção de estruturas de MLC e CLT**. Crosslam: São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.crosslam.com.br/home/?q=downloads>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ESPÍNDOLA, L. R. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil.** 2017. 331 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

KLH Massivholz GMBH**. Component Catalogue for Building Your Own Home**. KLH: Áustria, 2019. Disponível em: <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/09/klh-own-home-en.pdf>. Acesso em> 29 mar. 2023.

MARTUCCI, R.; BASSO, A. Uma visão integrada da análise e avaliação de conjuntos habitacionais: aspectos metodológicos da pós-ocupação e do desempenho tecnológico. In: ABIKO, A. K; ORNSTEIN, S.W. (eds.) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da habitação de interesse social**. São Paulo: FAUUSP, 2002.

MATERIALS ArchDaily. **Conheça as vantagens das fachadas ventiladas**. ArchDaily: Brasil, 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/775512/conheca-as-vantagens-das-fachadas-ventiladas>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MÓDENA, L. **Construção industrializada: uma contribuição para habitações de interesse social**. 2009, 101f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, 2009.

OLIVEIRA, G. L. **Cross Laminated Timber (CLT) no Brasil:** processo construtivo e desempenho. Recomendações para o processo do projeto arquitetônico. 2018, 194f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ORNSTEIN, S. O.; FABRICIO, M. M.; ONO, R.; OLIVEIRA, F. L.; MENDES, M. C.; PEREIRA, L. M.; BUZZAR, M. A. Avaliação Pós-Ocupação em Sistemas Construtivos Inovadores: Considerações Finais. In.: MINTO, F. M.; BRITO, A C.; VITTORINO, F. (Orgs). **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras:** conforto ambiental, durabilidade e pós-ocupação. Porto Alegre: ANTAC, 2017.

SHIGUE, E. K. **Difusão da Construção em Madeira no Brasil:** Agentes, ações e produtos. 2018. 250f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018

SIMPSON Strong-Tie. **Conexões e fixações para montagens CLT**. Simpson: França, 2019. Disponível em: <https://www.strongtie.pt/sites/default/files/field_download_file/2021/05/27/105821/catalogue-clt_2019_ptg_internet.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

THINK WOOD. **Designing Sustainable, Prefabricated Wood Buildings**. Think Wood: [S/L], 2018. Disponível em: <https://www.thinkwood.com/wp-content/uploads/2018/07/Designing-Sustainable-Prefabricated-Wood-Buildings_Think-Wood-CEU.pdf>. Acesso em 22 fev. 2023.