4° Workshop de tecnologia de sistemas e processos construtivos
TECSIC 2023

Porto Alegre, RS, Brasil, 23 e 24 de agosto de 2023

Análise da estanqueidade de painéis de *Cross Laminated Timber* (CLT) para uso em sistema de vedação vertical externo (SVVE)

Analysis of the tightness of Cross Laminated Timber (CLT) panels for use in external vertical sealing system (EVSS)

Elton Belarmino de Sousa
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | eltonbelsousa@usp.br
Fabiana Lopes de Oliveira
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | floliveira@usp.br
Ana Carolina Belizário
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | anabelizario@usp.br
Felipe Hideyoshi Icimoto
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | felipe.icimoto@urbembr.com
Maurizio Vairo
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | m.vairo@gmail.com

Resumo
O crescimento das contribuições da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento da construção civil impõe desafios na implementação de novos sistemas construtivos. Os painéis de Cross Laminated Timber (CLT), placas compostas por várias camadas de tábuas de madeira (lamelas) sobrepostas entre si, requerem proteção contra ação de intempéries por usarem a madeira como principal material constituinte. Isso se dá através da consideração em projeto de detalhes construtivos, cujo objetivo é de prover barreiras de proteção dessa estrutura contra a umidade. Objetiva-se neste artigo apresentar os resultados dos ensaios de estanqueidade de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) composto por um elemento em CLT frente à ação da água. O ensaio foi realizado no ITT Performance (Unisinos), com dois exemplares de dimensões aproximadas de 180x180 cm, unidos por uma junta vertical, considerando as especificações da NBR 15575 (2021). Como resultado, não foram identificadas manchas de umidade na face interna dos exemplares amostrados, nem indícios de penetração de água em seu interior. Logo, é possível inferir que os painéis CLT, com espessura de 10 cm e aplicação de

Como citar:
SOUSA, E. B.; OLIVEIRA, F. L.; BELIZÁRIO, A. C.; ICIMOTO, F. H.; VAIRO, M. Análise da estanqueidade de painéis de Cross Laminated Timber (CLT) para uso em sistema de vedação vertical externo (SVVE). TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 27-32.

verniz na sua face externa, se mostraram estanques, podendo ser utilizados em vedações de fachadas de edificações.

Palavras-chave: *Cross Laminated Timber*, Estanqueidade, Sistema de Vedação Vertical.

Abstract

The growth of science and technology contributions to the development of civil construction poses challenges in the implementation of these new resources. Cross Laminated Timber (CLT) panels, boards made up of several layers of wooden boards (lamellae) superimposed on each other, as they use wood as the main product, require protection against the weather. This will be done through the application of constructive details, whose objective will be to provide barriers to protect this structure against moisture. Thus, the objective of this work was to verify the tightness of the external vertical sealing system (SVVE) composed of an element in CLT against the action of water. The test was carried out at ITT Performance (Unisinos), with two examples of an external vertical sealing system (SVVE) with approximate dimensions of 180x180 cm, joined by a vertical joint, using the specifications of NBR 15575 (2021). No moisture stains were identified on the inner surface of the sampled specimens, nor evidence of water penetration into its interior. Therefore, it is possible to infer that the CLT panels, with a thickness of 10 cm and application of varnish on their external face and tested in this analysis, proved to be watertight, being able to be used in the application of facades of buildings.

Keywords: Cross Laminated Timber, Watertightness, Vertical Sealing System.

INTRODUÇÃO

Ao passo que aumentam as contribuições da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento da construção civil, crescem também os desafios na implementação dessas novas técnicas. A mudança na percepção da utilização da madeira como protagonista desse processo tem dado passos largos, sendo ela, atualmente, o principal elemento de sistemas construtivos não convencionais, mais sustentáveis e ágeis na sua fabricação, como é o caso do *Cross Laminated Timber* (CLT).

Desenvolvido por volta dos anos 1990, Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC), é a tradução do termo em inglês para *Cross Laminated Timber*, ou *X-Lam* como é chamado na Europa (MENDES, 2020). Trata-se de uma técnica que consiste na produção de painéis compostos a partir da união de várias camadas de tábuas de madeira (lamelas) sobrepostas umas às outras de maneira transversal com um ângulo de 90º e coladas sob alta pressão, THISTLETON & THISTLETON (2018). Como é um sistema que utiliza a madeira, esse painel precisa de proteção contra ação de intempéries, e isso se dá por meio da aplicação de detalhes construtivos, cujo objetivo é de prover barreiras de proteção contra a umidade.

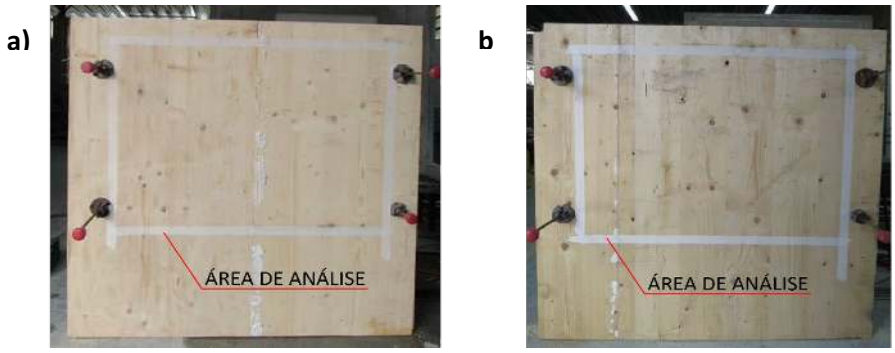
Quando utilizados como elementos de vedação para as fachadas das edificações, os painéis em CLT são revestidos com diferentes materiais, o que evita o aparecimento de manifestações patológicas em função da umidade (OLIVEIRA et al., 2018). Contudo pergunta-se, e quando for requerido que a madeira desses painéis fique exposta, em função dos requisitos de projeto, estética, exigência do cliente, dentre outros motivos? Esta pode ser uma situação-problema para o painel em CLT, que pode ter a sua durabilidade comprometida, e dessa forma, comprometer toda a vida útil do projeto potencial definida pelo arquiteto.

Conforme a NBR 15575 (ABNT, 2021), é essencial considerar a exposição à umidade durante o projeto da edificação, pois isso pode acelerar a deterioração e comprometer a habitabilidade do ambiente. Para garantir a durabilidade, é necessário garantir a estanqueidade dos elementos da edificação em relação à umidade externa. Neste trabalho, busca-se avaliar a estanqueidade do sistema de vedação vertical externo (SVVE) composto por CLT (*Cross Laminated Timber*) de acordo com as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) frente à ação da água.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado nas dependências permanentes do Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil (*ITT Performance*), da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e foram utilizadas como amostras dois exemplares de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) com dimensões aproximadas de 180x180 cm (comprimento x altura), sem aberturas (Figura 1).

Figura 1: Condição inicial das faces internas dos painéis analisados antes dos ensaios (a) 6698-1 e (b) 6698-2



Fonte: Os autores.

Cada amostra era composta por dois painéis, unidos por uma junta vertical, cuja composição pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição construtiva das amostras

Sistema	Material	Propriedade	
Revestimento externo	*Isolare*[1]	2 demãos após lixamento com grana 120-150	
	Stain[2]	2 demãos após aplicação de Isolare e lixamento grana 280-320	
Substrato	Placas de Madeira Laminada (CLT)	$f_{c,0,k}$	24 MPa
		Dimensões	300x294x10 cm
Revestimento interno	Sem revestimento		
Junta	Disp. de fixação	Parafusos Rothoblaas® HBR 6x100 a cada 15 cm em encaixe tipo “meia madeira”	
	Tratamento	Selante a base de silicone	

Fonte: Os autores.

[1] O *Isolare* é um produto que reduz os impactos causados pelos compostos extrativos presentes nas madeiras resinosas, ele aprimora a aderência do revestimento que será aplicado.
[2] O *stain* é um tipo de impregnante de acabamento acetinado que possui como função preservar a aparência natural da madeira de forma "invisível”.

Os painéis foram ensaiados conforme especificações do Anexo C da NBR 15575-4 (2021). Foi utilizada uma câmara de estanqueidade com área de exposição de 135x105 cm e aplicada uma vazão de água constante de 3 L/min/m². A Tabela 2 lista os equipamentos utilizados para a realização do ensaio.

Tabela 2: Lista de equipamentos utilizados e suas respectivas especificações

Descrição	Fabricante/Modelo	Capacidade Técnica	Calibração	Rastreabilidade
Câmara de estanqueidade (E204P)	Itt Performance / Padrão ABNT NBR 15575-4 (2022)	--	--	--
Medidor de vazão tipo rotâmetro (E111P)	Blaster Controles / BLI-200	2 a 20 l/min	Data: 18/09/2020 Certificado: 2020/029620 Validade: 1 ano	Laboratório: GERO
Manômetro diferencial digital (E239P)	TESTO 510	0 a 10000 Pa	Data: 28/02/2020 Certificado: 182854/20 Validade: 1 ano	Laboratório: ABSI Laboratório de Calibração e Ensaio
Cronômetro digital (E011P)	EXTECH Instruments / 365510	00:00'01" a 99:99'99" – 00:00'01"	Data: 27/08/2020 Certificado: 7940/20 Validade: 1 ano	Laboratório: Laboratório de Metrologia NOVUS
Cronômetro digital (E038P)	EXTECH Instruments / 365510	00:00'01" a 99:99'99" – 00:00'01"	Data: 28/08/2020 Certificado: 7929/20 Validade: 1 ano	Laboratório: Laboratório de Metrologia NOVUS

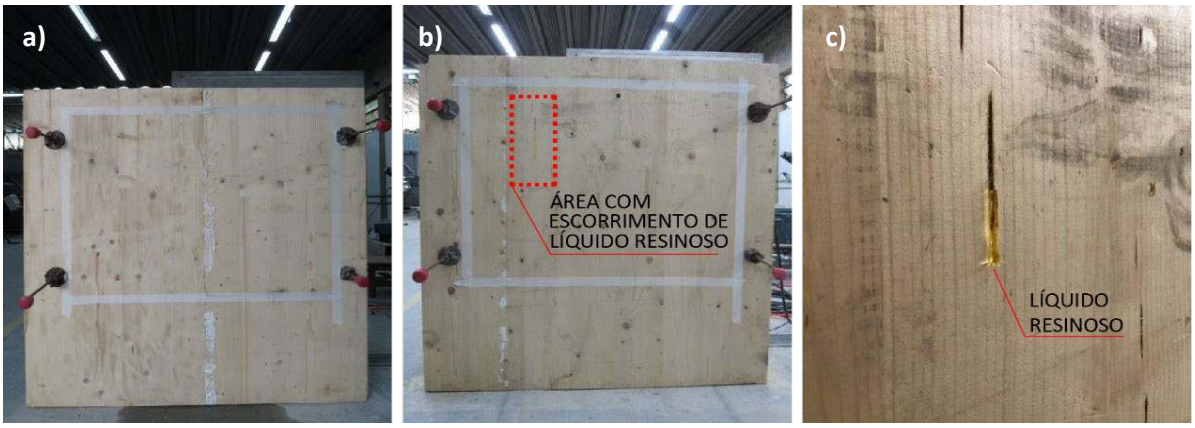
Fonte: Os autores.

A pressão requerida para este ensaio foi determinada conforme a região de utilização do sistema, sendo adotado 50 Pa, que corresponde a região 5 do Mapa de Ventos do Brasil (SAMUEL NETO, 2005), equivalente a 45-50m/s. O ensaio teve duração de 7 horas, período no qual foi verificado de forma visual, quaisquer manifestações de presença de umidade na face dos exemplares diretamente oposta à face ensaiada. Nesta análise, apenas a face externa do sistema construtivo foi submetida às ações da água e pressão de ar, enquanto a face interna foi o objeto de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios podem ser observados nas imagens da Figura 2.

Figura 2: Face interna após a realização do ensaio dos exemplares avaliados, 6698-1 (a) e 6698-2 (b). Ocorrência de vazamento de líquido resinoso na face interna do exemplar 6698-2 (c)



Fonte: Os autores.

Pela Figura 2 pode-se verificar que após o ensaio não foram identificadas manchas de umidade na face interna dos exemplares amostrados, nem indícios de penetração de água no interior das paredes dos painéis avaliados. Em comparação com o estudo realizado por Oliveira et al. (2018) que analisou painéis com dimensões de 120x150 cm e espessura de 8cm, também à luz da NBR 15575 (ABNT, 2013), foram observados vazamentos na junta entre os painéis (corpo de prova 1) e extremidade (corpo de prova 2), totalizando seis pontos de vazamento entre os exemplares amostrados. Tais ocorrências não foram observadas no presente estudo.

Embora haja diferenças entre os dois estudos, principalmente quanto à espessura dos painéis, a amostragem ensaiada é pequena para invalidar ou não a estanqueidade de painéis de CLT. Ainda mais que Oliveira et al. (2018) identifica falhas de execução na junta entre painéis e levanta o questionamento se o problema foi pontual, ocasionado por falhas durante o processo de fabricação, ou se painéis de CLT com 80 mm de espessura e 3 camadas não são de fato estanques, necessitando de mais estudos. Além disso, os painéis analisados no presente estudo, tinham junta meia madeira com 1 linha de selante para vedação, tipologia diferente considerada em Oliveira et al. (2018).

Apesar de não ter sido evidenciado o manchamento por umidade na face interna de nenhuma das amostras ensaiadas, fazendo o percentual de manchamento ser considerado nulo conforme a ABNT 15575 (ABNT, 2021), no exemplar 6698-2 (Figura 2b e 2c) ocorreu a liberação de um material líquido, viscoso e de aspecto resinoso (Figura 2c) a partir das 3h de ensaio. Fato este que não deveria ter ocorrido, uma vez que, os processos de secagem e posterior aplicação do fundo reparador que minimiza os efeitos causados pelos extrativos existentes nas madeiras resinosas, como o *Isolare* deveriam ser suficientes para garantir o não manchamento e comprometimento do acabamento, embora justifique-se esse acontecimento devido à armazenagem e transporte do painel na horizontal, desde a Áustria, sendo natural que a bolsa de resina escorra ao posicionar o painel na vertical. Além disso, houve ainda o fator "temperatura do ambiente", que na época do ensaio estava muito elevada.

Um elemento não estanque aplicado em uma edificação pode promover a variação de umidade de todo elemento e de acordo com Brito (2014), essa variação pode favorecer o ataque de agentes bióticos e potencializar a deterioração da estrutura em madeira por agentes abióticos. Para Oliveira (2018), os ensaios laboratoriais são importantes, pois visam investigar o desempenho dos painéis fabricados no Brasil, avaliando tanto a estanqueidade das juntas entre painéis, como o próprio elemento em CLT, à medida que simulam a exposição que essas estruturas podem vir a ter, com relação à chuva, umidade de outras fontes ou mesmo o vento.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, pode-se inferir que os corpos de prova demonstraram que os painéis de CLT analisados com espessura de 10 cm e aplicação de verniz na sua face externa, avaliados conforme requisitos da verificação de estanqueidade de SVVE, descrito pela NBR 15575 (ABNT (2021) se mostraram estanques. Estando para este

atributo, em plenas condições de serem utilizados em vedações de fachadas de edificações. É importante mencionar que as juntas dos painéis analisados, meia madeira, foram realizadas em fábrica e com a aplicação de selante em uma linha no laboratório e se apresentou satisfatória quanto à estanqueidade.

A ausência de umidade nas interfaces do painel de CLT, entre as lamelas, pode ser atribuída à eficiência do processo de produção, particularmente à qualidade da colagem realizada durante a fabricação, que desempenha um papel fundamental no desempenho do elemento em questão. É importante ressaltar que, embora o presente estudo tenha se limitado a analisar apenas uma unidade, espera-se que os resultados técnicos obtidos possam contribuir para pesquisas em andamento sobre painéis de CLT no contexto brasileiro. Além disso, é fundamental reconhecer a necessidade de manutenções periódicas nas juntas e na camada de verniz aplicada, a fim de evitar possíveis comprometimentos na estanqueidade ao longo do tempo, caso não sejam tomados os devidos cuidados durante as fases de utilização, operação e manutenção da edificação.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

[2] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

[3] BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira:** metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação. 2014, 512f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2014.

[4] MENDES, R. A. B. **Comportamento estrutural de painéis Cross Laminated Timber sob cargas perpendiculares ao seu plano:** abordagem experimental e numérica. 2020, 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2020.

[5] 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.

[6] OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, F. L.; BRAZOLIN, S. Análise da estanqueidade de painéis de Cross Laminated Timber (CLT) para uso externo em fachadas de edificações. In: XIV INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDING PATHOLOGY AND CONSTRUCTIONS REPAIR. **Proceedings...**, Florence, Italy, 2018.

[7] SAMUEL NETO, A. **Análise e Controle de Centrais Eólicas a Velocidade Variável Utilizando ATPDraw**. 2005, 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2005.

[8] THISTLETON, W.; THISTLETON, A. **Hundred UK CLT Projects**. Canadá: Waugh Thistleton Architects, 2018.