

APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROTEÇÃO PASSIVA PARA O CROSS LAMINATED TIMBER - CLT SEGUNDO A ABNT NBR 15575:2021

PASSIVE PROTECTION REQUIREMENTS FOR CROSS LAMINATED TIMBER ACCORDING TO ABNT NBR 15575:2021

APLICACIÓN DE LOS REQUISITOS DE PROTECCIÓN PASIVA PARA LA MADERA LAMINADA CRUZADA - CLT SEGÚN ABNT NBR 15575:2021

Patrícia Meira de Alcântara Costa Felix¹, Rosaria Ono¹, Fabiana Lopes de Oliveira¹

RESUMO:

O desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas vêm contribuindo para a introdução de novos sistemas construtivos industrializados na construção civil e um exemplo disso é o Cross Laminated Timber – CLT. No Brasil, já existem, vários exemplos de construções que adotaram este sistema, com tendência a aumentar, porém, para ser aplicado num mercado mais amplo, os sistemas construtivos inovadores precisam ser avaliados e homologados com base nos padrões técnicos de desempenho mínimo estabelecidos no país. Especificamente, para sistemas em estrutura de madeira, ainda não há uma normativa nacional que aborde o tema da segurança contra incêndio. Entretanto, com base nos requisitos gerais estabelecidos da norma ABNT NBR 15575:2021, o comportamento ao fogo do CLT pode ser avaliado e os critérios tanto para o desenvolvimento do projeto como para o seu processo de fabricação nacional pode ser especificado, visando a sua melhor incorporação nas decisões projetuais. Este artigo apresenta uma análise de parâmetros existentes para a avaliação dos sistemas construtivos em CLT em relação a segurança contra incêndio, e propõe a aplicação de critérios específicos para a avaliação de desempenho do CLT no Brasil, a fim de garantir a segurança aos usuários, tendo como recorte as edificações habitacionais unifamiliares, isoladas, geminadas ou sobrepostas, no âmbito nacional.

PALAVRAS-CHAVE: sistema construtivo; cross laminated timber; desempenho; segurança ao fogo

¹ Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Fonte de Financiamento:

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Conflito de Interesse:

Não há.

Submetido em: 15/04/2022

Aceito em: 06/12/2022

How to cite this article:

FELIX, P. M. A. et. al. Aplicação dos requisitos de proteção passiva para o cross laminated timber - CLT segundo a ABNT NBR 15575:2021. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v17, n4, 2022. <https://doi.org/10.11606/gtp.v17i4.196689>



ABSTRACT:

The development of new materials and construction techniques have contributed to the introduction of new industrialized construction assembly in civil construction, and an example of this is the Cross Laminated Timber – CLT. There are already in Brazil, with a propensity to increase, several buildings constructed by CLT system. However, in order to a new construction system be widely adopted it has to be evaluated and approved based on the minimum technical performance standards established in the country. For assembly contemplating wood structure there is no national regulation yet that addresses the issue of fire safety. Nevertheless, based on the general requirements established by ABNT NBR 15575:2021 standard, the fire behavior of the CLT can be evaluated and criteria for the development of the project as well as its national manufacturing process can be specified, therefore, allowing its inclusion in the decision-making process of the project. This article presents an analysis of existing parameters for the evaluation of construction systems in CLT related to fire safety and it proposes the application of specific criteria for the evaluation of CLT performance in Brazil, in order to ensure safety to users, focused on single dwelling buildings, detached homes, duplexes, townhouses, at the national level.

KEYWORDS: *building assembly; cross laminated timber; performance; fire safety*

RESUMEN:

El desarrollo de nuevos materiales y tecnologías en la construcción civil ha contribuido a la introducción de innovadores sistemas constructivos industrializados y un ejemplo de ello es la Madera Laminada Cruzada – CLT. En Brasil, ya hay varios ejemplos de construcciones que han adoptado este sistema, con una tendencia a aumentar, sin embargo, para ser aplicados en un mercado más amplio, incluida la gama de construcción para viviendas de bajos ingresos, los sistemas de construcción innovadores deben ser evaluados y aprobados con base en los estándares técnicos de rendimiento mínimo establecidos en el país. Para los sistemas en estructura de madera todavía no existe una normativa nacional que se ocupe de la cuestión de la seguridad contra incendios. Sin embargo, en base a los requisitos establecidos por la norma ABNT NBR 15575:2021, se puede evaluar el comportamiento al fuego del CLT y se pueden especificar los criterios tanto para el desarrollo del proyecto como para su proceso de fabricación nacional, para su mejor incorporación en las decisiones del proyecto. Este artículo presenta un análisis de los parámetros existentes para la evaluación de la seguridad contra incendios de los sistemas constructivos en CLT, y propone la aplicación de criterios para la evaluación del desempeño de CLT en Brasil, con el fin de garantizar la seguridad a los usuarios, teniendo como corte los edificios de viviendas unifamiliares, aislados, gemelos o superpuestos, a nivel nacional.

PALABRAS CLAVE: *sistema constructivo; madera laminada cruzada; performance; seguridad contra incendios*

INTRODUÇÃO

Os conceitos da segurança contra incêndio devem ser parte dos parâmetros do projeto arquitetônico desde a fase inicial do seu desenvolvimento e devem atender aos requisitos de desempenho ao fogo de modo a atestar a qualidade e a segurança do edifício. Portanto, é importante o projetista ter conhecimento do comportamento ao fogo dos materiais e componentes que fazem parte do sistema construtivo, assim como dos fenômenos fundamentais e dos parâmetros para o projeto da segurança contra incêndio, a fim de que se evite o início do incêndio e conseqüentemente a sua evolução.

Para sistemas e produtos inovadores, a aplicação de soluções de projeto adequadas se torna um desafio, pois normas técnicas que especifiquem as suas características e apresentem orientações para sua execução normalmente demoram a ser elaboradas. Desta forma, torna-se difícil certificar a qualidade, o desempenho e a segurança dos edifícios que pretendem adotá-los rapidamente.

Uma técnica construtiva inovadora no Brasil é o Cross Laminated Timber - CLT, ou Madeira Laminada Colada Cruzada - MLCC. O processo de fabricação do CLT no Brasil precisa se adequar para satisfazer os requisitos e critérios estabelecidos nas regulamentações e normas técnicas nacionais, para ser passível de avaliação técnica e assegurar todos os aspectos relevantes ao comportamento em uso do produto. O sistema construtivo deve ter o seu desempenho reconhecido pelos órgãos técnicos de avaliação, como o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT) que faz parte do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) (BRASIL, 2017), para ser passível à obtenção de financiamento habitacional por instituições públicas e privadas. Embora até o momento não exista uma norma técnica específica para o CLT, a norma ABNT NBR 15575:2021 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) tem contribuído para verificar o desempenho de sistemas construtivos inovadores na sua totalidade e das suas partes, assim como para a definição de critérios próprios para o produto fabricado no país.

Para maior segurança dos usuários em edificações habitacionais, se fazem necessárias ações que motivem a comprovação da segurança contra incêndio de sistemas construtivos inovadores e estimulem a sua adoção, por várias razões como a economicidade e a sustentabilidade ambiental, dentre outras.

OBJETIVOS

Este artigo pretende apresentar uma proposta estruturada para a constituição de critérios para a avaliação do sistema construtivo em CLT, com base nos requisitos da norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021), assim como para apresentar os principais cuidados, particulares a este sistema, que devem ser considerados tanto no processo de produção como no desenvolvimento do projeto arquitetônico de uma unidade habitacional unifamiliar, isolada, geminada ou sobreposta.

O recorte se justifica, pois no estado de São Paulo, edificações residenciais unifamiliares com área inferior a 750 m², como casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e em condomínios horizontais (Grupo A-1) são isentas de medidas de segurança contra incêndio por parte da legislação estadual específica (SÃO PAULO, 2018). Assim, o atendimento à norma brasileira de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) passa a ser o único instrumento técnico e legal que permite garantir a segurança contra incêndio dos usuários deste tipo de edificação residencial.

Este artigo é parte do resultado da pesquisa desenvolvida numa dissertação de mestrado (FELIX, 2020).

CARACTERÍSTICAS DO CROSS LAMINATED TIMBER (CLT)

Desde os primórdios da civilização, a madeira é usada como material construtivo. E mais recentemente, novas técnicas e processos produtivos e construtivos apresentam soluções para aumentar a qualidade e garantir a segurança das edificações que utilizam esse material. Quando a madeira passa por processos de industrialização, surgem novos produtos com a aplicação do material conhecidos como madeira engenheirada, técnica essa desenvolvida com o intuito de corrigir algumas limitações naturais da madeira. Como resultado da aplicação de tecnologias e processos produtivos avançados, e uma criteriosa seleção da madeira, estes produtos pretendem eliminar as imperfeições naturais indesejáveis na matéria-prima melhorando as propriedades construtivas e consequentemente, o aumento do seu desempenho (MARTINI, 2016). Estes novos produtos de estruturas de madeira visam a produção de elementos construtivos com maior resistência mecânica e física, com maiores dimensões longitudinais e baixa variação dimensional a temperaturas extremas. Dentre estes produtos estão a Madeira Lamelada Colada (MLC) e o Cross Laminated Timber (CLT) ou MLCC.

O desenvolvimento do CLT se deu inicialmente na década de 1990 na Suíça, na Alemanha e, posteriormente, na Áustria, onde foi aprimorado por meio da cooperação entre a indústria e a universidade e onde se encontram os seus principais produtores, a saber: Stora Enso, Binderholz (BBS), Kreuzlangetholz (KLH) e May Melnhof Holz (MMH) (PASSARELLI, 2013).

Presente há mais de 20 anos no mercado internacional, o CLT tem sido assunto de estudo em diversos trabalhos acadêmicos internacionais para o estudo do seu desempenho referente à sua durabilidade, estabilidade, resistência sísmica e ao fogo, acústica e térmica (PAGE, 2016); (POPOVSK, M. et al., 2016); (PAGNONCELLI et al., 2014). Há pouco menos de uma década no Brasil, o sistema em CLT é empregado em diversas tipologias de edificações, para construções novas e em obras de *retrofit*. Atualmente, no Brasil, o sistema tem sido usado, principalmente, para construção de edificações residenciais de alto padrão, devido a seu alto custo inicial, porém a avaliação de custos abrange questões vantajosas, como redução do prazo de obra e a sustentabilidade, por exemplo.

O CLT é um produto pré-fabricado montado em grandes painéis e a partir destes são usinadas peças menores para a produção de elementos de vedação como paredes, pisos e coberturas. As madeiras mais comumente utilizadas são da espécie de coníferas, conhecidas como *softwood*, por apresentar maior maleabilidade para a laminação, por sua baixa densidade em comparação a espécies folhosas - o que também facilita a penetração dos adesivos, mas podem ser utilizadas também espécies de folhosas (*hardwoods*).

O MLC e o CLT são constituídos por peças prismáticas de madeira serrada denominadas lamelas. A diferença está na disposição das camadas, as lamelas do MLC são sobrepostas e coladas na mesma direção e o elemento pode ser reto ou curvo em relação ao seu eixo; já no CLT as camadas de lamelas são coladas ortogonalmente entre si e os painéis devem ser planos e possuir ao menos três camadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).

Em ambos, é utilizado adesivo estrutural e à prova d'água, submetidos a elevada pressão. No CLT, a disposição das camadas cruzadas contribui para resistência uniforme, pois a contração e a retração da madeira são menores no sentido perpendicular às fibras do que nos sentidos radial e tangencial. Os painéis podem suportar grandes cargas, possibilitando construções com vários pavimentos (CROSSLAM, 2022). A alta capacidade de carga e o peso próprio reduzido permitem o uso de elementos de elevada esbelteza, inclusive em vãos de grandes dimensões.

Uma norma que define os requisitos e critérios para a fabricação do CLT é a EN 16351:2015. Segundo esta norma europeia, a largura das lamelas deve ser maior ou igual a 40 mm e menor ou igual a 300 mm (figura 1a). A junção entre lamelas, chamado *finger*

joints, na direção do comprimento é formada por diversas saliências cônicas e simétricas coladas entre si (figura 1 b).

As peças de madeira que compõem os painéis de CLT devem apresentar uma umidade controlada que varia de 10-14%, de modo a evitar a retração do material.

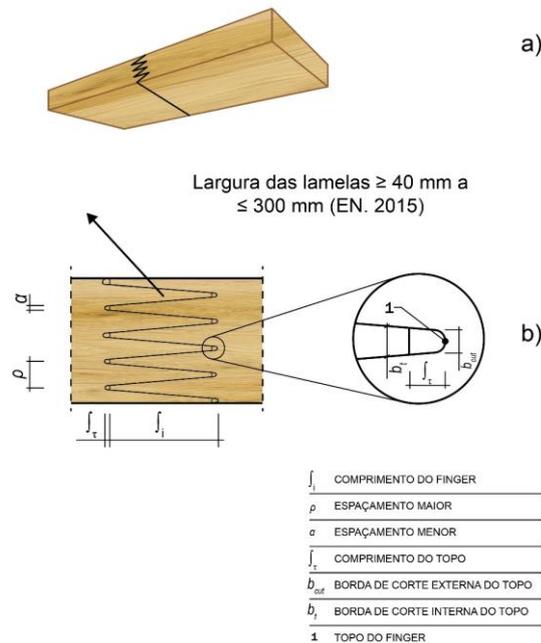


Figura 1. Composição do painel a) lamela; b) finger joint
Fonte: British Standard Institution (2015) adaptado pelos autores

A EN 16351:2015 estabelece lamelas com espessuras de 20, 30 e 40mm e largura igual ou superior a quatro vezes a espessura, adotando como padrão lamelas de 150mm de largura devido às tensões de cisalhamento. Devido aos diversos métodos de fabricação e da espécie utilizada, os produtos de madeira laminada cruzada podem possuir diferentes propriedades, em relação à rigidez, à resistência aos esforços de flexão e de cisalhamento.

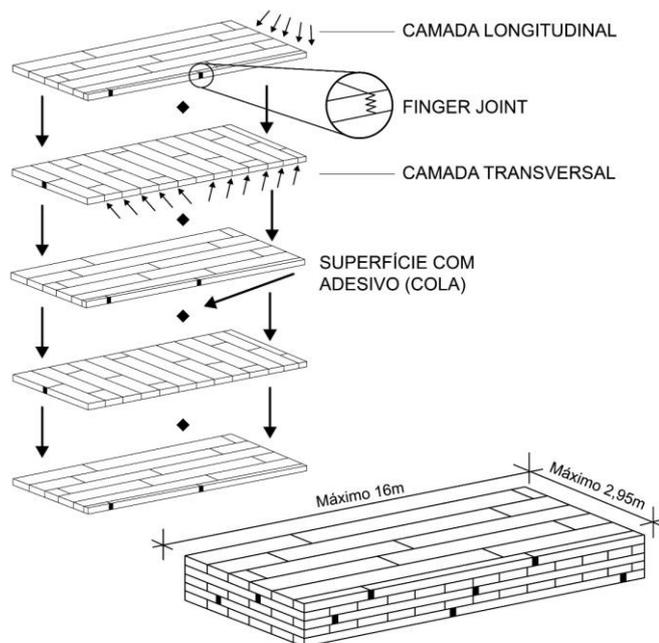


Figura 2. Esquema da configuração das camadas no painel CLT

Fonte: <https://www.storaenso.com/en/products/mass-timber-construction/building-products/clt>
 adaptado pelos autores

No Brasil, a fabricação dos painéis de CLT se iniciou em 2012 e a primeira fábrica está localizada na cidade de Suzano (SP). A madeira mais utilizada é da espécie *Pinus taeda*, mas também se adota o *Eucalyptus grandis*; a madeira serrada é seca em estufa para atingir a umidade de 12% com variação de +/- 2%, e pode receber tratamento em autoclave com

borato de cobre cromatado (CCB), ou com imersão do produto acabado em solução de boro. O adesivo utilizado é à base de poliuretano resistente ao fogo, monocomponente, livre de formaldeídos, com teor de sólidos de 100%, certificado para uso estrutural e à prova d'água (CROSSLAM, 2022).

Os painéis são produzidos alinhando-se as lamelas na largura e no comprimento especificadas pelo fabricante, formando várias camadas colocadas em posição perpendicular em relação a próxima (ver figura 2). Cada camada recebe o adesivo e o conjunto é prensado, por meio de máquinas a vácuo, de forma uniforme. Após a cura do adesivo, os painéis são usinados, conforme estipulado no projeto, com recortes dos vãos para portas e janelas, além de outros detalhes como furos para a passagem de eletrodutos e instalações hidrossanitárias, dentre outros.

Para garantir a estabilidade das peças, é necessário determinar a carga a ser exercida sobre elas, para se especificar o número de camadas para cada elemento, como parede, laje e piso. Para paredes são utilizadas, normalmente, até sete camadas. A quantidade de camadas também influi no conforto térmico e acústico, e na segurança contra incêndio do produto – o edifício construído. No Brasil, a norma ABNT NBR 7190:2022 – Projeto de estruturas de madeira, também define os requisitos e critérios estruturais para a fabricação do CLT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).

ASPECTOS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

O risco de incêndio é determinado por características inerentes a cada edifício, tais como o perfil da população, o tipo de ocupação, o sistema construtivo e a localização do edifício. Para se obter a segurança necessária para um edifício, deve-se identificar os tipos de risco envolvidos e os objetivos da segurança ao fogo para o edifício em estudo (MITIDIERI, 2008).

Os fatores de risco de incêndio relacionados às características construtivas do edifício são definidos pelos materiais de construção utilizados e técnicas aplicadas, tipo de sistema estrutural adotado, tipo de instalações de serviço existentes, distribuição dos espaços, geometria, número de pavimentos, área total do edifício, área de cada pavimento, vãos para ventilação e a carga térmica, que é a soma das energias caloríficas possíveis de serem liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis contidos num espaço.

Identificado o nível de risco de incêndio, devem ser aplicadas medidas de proteção para a população, a propriedade e o entorno. Estas medidas objetivam conter o crescimento do incêndio e permitir a extinção do fogo no local de origem; restringir a propagação das chamas para outros ambientes e para edificações circunvizinhas; garantir a evacuação segura dos usuários e a eficácia das operações da equipe de combate e resgate; além de impedir o colapso estrutural do edifício.

As medidas de proteção contra incêndio das edificações são classificadas em dois grandes grupos, a saber: medidas de proteção passiva (medidas incorporadas ao elemento ou sistema construtivo) e medidas de proteção ativa (instalações prediais que são acionadas em caso de emergência, como os sistemas de detecção e alarme e os sistemas de extinção de incêndio).

PANORAMA INTERNACIONAL

Muitos países têm nos seus códigos construtivos nacionais recomendações específicas para a segurança contra incêndio para edificações residenciais unifamiliares, como o Reino Unido, os Estados Unidos e o Canadá. Os dois primeiros países, além das regulamentações

e códigos de construção civil, também têm normas específicas para sistemas construtivos de madeira, que incluem os produtos de madeira engenheirada, como o CLT.

As diretrizes para a avaliação técnica dos painéis de CLT são estabelecidas pela norma EAD 130005-00-0304 intitulada “*Solid Wood Slab Element to be Used as a Structural Element in Buildings*” (EUROPEAN ASSESSMENT DOCUMENT, 2015). Para ser aprovado na avaliação de reação ao fogo (o quanto e como o material contribui para a evolução do incêndio), os componentes e elementos de CLT devem ser classificados segundo a norma europeia como “D-s2, d0”, onde:

- D: *flashover*¹ somente depois de 2 minutos com fonte de ignição de 100kW (critérios de análise: ignição, propagação da chama, taxa de liberação de calor de acordo com ISO 11925-2:2010 (INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION, 2010) e BS EN 13823:2010 (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2014), com exceção de pisos);
- s2: classe intermediária da taxa máxima de desenvolvimento de volume total de fumaça produzido, no período entre 600s;
- d0: sem produção de partículas flamejantes durante a combustão.

Além disso, segundo a norma BS EN 13501-1: 2018 (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2018), para o uso como piso/pavimento (sem qualquer revestimento) o painel de CLT “bruto” deve ser classificado como “Dfl-s1” (material combustível com contribuição média ao fogo e sem ou fraca taxa de desenvolvimento de fumaça).

A norma britânica BS EN 16351:2015 - *Timber structures — Cross laminated timber — Requirements* (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2015), por sua vez, determina que avaliação de reação ao fogo do painel deve ser realizada conforme a norma BS EN 13986:2004 + A1:2015 e para as lamelas do painel, segundo a BS EN 14081-1: 2016 + A1:2019. Além das normas mais específicas para materiais que tem na sua composição a madeira, o CLT também deve ser avaliado segundo a BS EN 13501-1: 2018 (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2018), que estabelece a classificação ao fogo para os materiais de construção em geral.

Os adesivos utilizados na colagem dos *finger joints* devem ser testados e aprovados a elevadas temperaturas segundo os métodos de ensaio da ASTM 119:2019, em razão do comportamento de retração à alta temperatura no local de aderência, que pode causar a ignição da lamela seguinte devido à condução do calor.

O painel que recebeu tratamento contra-ataque de organismos xilófagos deve ser igualmente avaliado, de modo a atender às características de dificuldade de propagação de chamas correspondente ao seu uso e função, de acordo com a norma EN 15228 - *Structural timber. Structural timber preservative treated against biological attack* ((EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, 2009).

Para a avaliação da resistência ao fogo de estruturas em CLT, a EAD 130005-00-0304 indica que a avaliação e a classificação do painel devem seguir as disposições da BS EN 13501-2:2016, ou, deve-se calcular a resistência ao fogo segundo a *EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5: Design of timber structures - Part. 1-1: General - Common rules and rules for buildings* (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, 2004). Para a resistência ao fogo das estruturas de madeira, o Eurocode estabelece que o cálculo é com base na taxa de carbonização, sendo esta a razão ou a velocidade em que a madeira é convertida em carvão (FIGUEROA; MOARES, 2009). A taxa de carbonização é indicada por meio de ensaios laboratoriais, sendo que a seção transversal residual deve suportar cargas, oferecendo resistência da estrutura ao fogo.

¹ *Flashover* - inflamação generalizada.

Na Europa, para se definir as dimensões do sistema estrutural em madeira e o cálculo do seu projeto estrutural, usa-se o *EN 1995-1-1: Eurocode 5: Design of timber structures - Part. 1-1: General - Common rules and rules for buildings* (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, 2004). Ressalta-se que alguns países podem adotar regras específicas, o que pode gerar diferenças em alguns fatores a serem avaliados (KLH, 2018).

A norma europeia EN 1995-1:2004 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, 2004) considera que a redução residual deve estar na casa de 20% em relação à madeira intacta, demonstrada por um fator de redução decorrente do perímetro e da área da seção transversal do elemento exposto ao fogo.

Em alguns ensaios realizados, observou-se que as lamelas carbonizadas se despreendem dos painéis de CLT destinados a lajes e pisos. Entretanto, geralmente não é necessário um cálculo de resistência específico para estes painéis, pois a espessura do piso para limitar cargas de flexão e controlar as vibrações sob gravidade normal já fornecem resistência ao fogo suficiente para a estrutura. (FRANGI et al., 2009).

Outro ponto a destacar é que a madeira pode se ignizar espontaneamente quando exposta à alta radiação. Assim, durante um incêndio, as chamas, a fumaça e o calor podem se propagar entre edificações, por radiação, podendo ocorrer a ignição da superfície de edifícios vizinhos. Para evitar tal situação, são definidas dimensões máximas de abertura para o exterior e distâncias mínimas entre edificações. Além disso, muitos códigos construtivos, como da Austrália e do Reino Unido, estabelecem que edificações de madeira devem receber proteção de fachada com revestimento de material incombustível. Nos E.U.A., o código estabelece que a madeira de acabamento externo deve ter tratamento contra os efeitos do fogo.

PANORAMA NACIONAL

Diferentemente dos países citados, o Brasil não tem um código de construção civil de segurança contra incêndio para as edificações de uso residencial unifamiliares, geminadas ou sobrepostas.

Sem uma regulamentação de segurança ao fogo compulsória para estes tipos de edificações de uso residencial, fica sob responsabilidade dos projetistas adotar soluções adequadas, e para tanto devem estar familiarizados com as principais diretrizes de projeto que incluem o conhecimento do comportamento dos materiais empregados na edificação, e a necessidade da adoção da compartimentação, que limita a propagação do fogo e da fumaça entre ambientes e entre edifícios.

Os compartimentos corta-fogo são formados por elementos de compartimentação horizontais e/ou verticais como paredes, lajes ou pisos com propriedades de resistência mecânica, estanqueidade e isolamento térmico, impedindo a propagação de gases quentes, fumaça, chamas e calor (SÃO PAULO, 2018).

À vista disso, elementos de separação na divisa, como paredes, das unidades habitacionais adjacentes, devem ter resistência ao fogo e seguir a altura do edifício da fundação até a cobertura. As paredes externas do edifício e a cobertura (telhados) também devem atender ao requisito de dificuldade de propagação do fogo entre edifícios e considerar a localização do edifício dentro do lote, assim como sua altura e categoria de uso.

Conceitualmente, para evitar que durante uma situação de incêndio ocorra o colapso estrutural do edifício é preciso que os elementos estruturais e de compartimentação mantenham as condições seguras por tempo suficiente para a saída das pessoas e o acesso das operações de resgate e combate ao incêndio. A Instrução Técnica 08/18 - Segurança estrutural contra incêndio (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018) estabelece que os materiais de construção atendam aos Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo (TRRF), que é a capacidade que um elemento construtivo tem para resistir aos efeitos do fogo, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) Integridade estrutural, isto é, a capacidade de manter a suas propriedades estruturais em situação de incêndio;
- b) Estanqueidade, manter a capacidade de resistência à penetração de chamas, gases e calor do incêndio;
- c) Isolamento, poder resistir à transferência de calor excessivo.

ANÁLISE DA SEGURANÇA AO FOGO DO CLT SEGUNDO A ABNT NBR 15575:2021

No Brasil, a norma de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) estabelece os requisitos e critérios para a construção de unidades habitacionais abrangendo todas as tipologias, assim como todos os sistemas e os seus componentes, independentemente dos materiais utilizados ou da dimensão do edifício.

A norma, dividida em seis partes, contempla tanto requisitos gerais do edifício, como requisitos específicos para seus sistemas: estruturais, pisos, vedação vertical interior e exterior, coberturas e instalações. A avaliação do desempenho deve considerar as premissas de projeto básicas, assim como requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para cada sistema (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

Os requisitos estabelecidos para segurança contra incêndio são:

- a) dificultar o princípio de incêndio;
- b) facilitar a fuga em situação de incêndio;
- c) dificultar a inflamação generalizada;
- d) dificultar a propagação de incêndio;
- e) segurança estrutural em situação de incêndio;
- f) sistema de extinção e sinalização de incêndio.

Entre os requisitos citados acima, quatro (a, c, d, e) podem ser relacionadas diretamente às ações de proteção passiva no sistema construtivo. Assim, em sequência, serão discutidos os requisitos de segurança contra incêndio considerando, especificamente, as características do material do sistema construtivo de CLT. Quando detectada a necessidade de complementação aos requisitos estabelecidos na norma brasileira vigente, são apresentados os parâmetros propostos neste trabalho, com base em pesquisa bibliográfica, para o caso de unidades habitacionais isoladas, geminadas e unidades sobrepostas que utilizarão este sistema.

DIFICULTAR O PRINCÍPIO DE INCÊNDIO

Para evitar o princípio de incêndio devem ser minimizados os possíveis riscos que causam a ignição do material incorporado no sistema, como descargas elétricas, falhas nas instalações elétricas ou de gás, dentre outros. Os painéis em CLT são inteiramente constituídos de madeira, material combustível que pode contribuir para a evolução do incêndio (SEITO et al, 2008). Por exemplo, um curto-circuito nas instalações elétricas pode causar a ignição no painel de CLT e dar o início ao incêndio. Para evitar tal situação, propõe-se que os componentes e elementos das instalações elétricas sejam protegidos ou revestidos com uma camada de material resistente à elevada temperatura, com baixa condutividade térmica ou sejam tratados com produtos retardantes de chamas para evitar o início do incêndio de origem elétrica. Devem ser utilizados materiais resistentes às temperaturas acima de 1120°C, ensaiados pelo método ISO 540 (INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION, 2008) e materiais que impeçam a passagem das chamas por meio das instalações, como o concreto, a fibra mineral de alta temperatura ou

a fibra cerâmica de alta temperatura, além de seguir as recomendações de dimensionamento de redes elétricas conforme a norma específica.

DIFICULTAR A INFLAMAÇÃO GENERALIZADA

A fim de se evitar a inflamação generalizada no local onde se deu início ao incêndio e que excesso de fumaça produzida dificulte a saída dos usuários, deve ser avaliado o desempenho ao fogo dos sistemas de piso (comportamento ao fogo quanto a reação das faces inferior e superior - camada estrutural) e dos sistemas de vedações verticais e externas (reação ao fogo das faces internas e externas - camada estrutural). O sistema construtivo de CLT e os seus elementos, em particular, precisam demonstrar sua capacidade de controle das características de propagação de chamas. Além disso, o desempenho ao fogo dos materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico utilizados na face interna do sistema construtivo também devem atender aos mesmos requisitos.

O elemento de CLT fabricado no Brasil, até o momento, para vedação (exceto piso) com menor espessura, tem 57 mm. O método de ensaio a ser adotado para os painéis de CLT, nestes casos, é a ABNT NBR 8660 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), aplicável a materiais constituídos por várias camadas com espessura total maior que 25 mm. A classificação dos painéis de CLT fabricados na Europa, para este caso é “D-s2, d0”, que corresponde à classificação “IV A” no Brasil, de acordo com metodologia de ensaio EN 13823:2010. No entanto, conforme os critérios nacionais, os painéis de CLT sem proteção não atendem à classe exigida para uso em cozinhas, espaços comuns e espaços no interior de escadas enclausuradas, onde se estabelece, respectivamente “classificação mínima III A e IIA. Portanto, verifica-se que a exigência brasileira é mais rigorosa que a europeia, neste caso.

DIFICULTAR A PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIO

Para dificultar a propagação de incêndio, a norma de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) determina que devem ser avaliados os sistemas ou elementos de vedação entre pavimentos, compostos entrepisos e elementos estruturais associados, sistemas de vedação vertical, sistemas de cobertura quanto a resistência, reação ao fogo, selagem das instalações assim como a propagação do fogo entre unidades contíguas ou edificações contíguas.

Após a avaliação e classificação dos elementos e sistemas, que seguem, neste caso, métodos de ensaio similares aos europeus, poderão ser determinados os recursos para prevenção e proteção. Por exemplo, prumadas de esgoto sanitário e ventilação aparentes, localizadas em dutos verticais (*shafts*) ou fixas em alvenaria, devem ser constituídos de material incombustível, segundo a ISO 1182 (INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION, 2010) e submetidas a uma análise de projeto, para verificação de solução adotada.

Adicionalmente, propõe-se que para impedir a propagação de gases e chamas, nos furos e nos cortes para a instalação de serviços no painel de CLT, sejam adotadas medidas de proteção desde a fase inicial do projeto, pois percursos característicos de propagação de chamas em razão de perfurações e uniões podem comprometer a segurança estrutural de todo o edifício.

A propagação do incêndio entre edifícios está relacionada à severidade do incêndio no compartimento de origem. Há vários fatores, como volumetria, dimensão, área do compartimento e ventilação, que definem a severidade de um incêndio. Para sistemas construtivos compostos de material combustível, como o CLT, deve se observar que qualquer superfície de madeira exposta aumentará a intensidade de combustão no local de origem: o que também se aplica aos elementos de madeira sem função estrutural. Além

disso, cuidados especiais devem ser observados no dimensionamento das aberturas da fachada e na resistência ao fogo dos painéis de vedação vertical e horizontal.

Para definir a distância mínima, assegurar o isolamento térmico e a estanqueidade entre edifícios, segundo a norma brasileira vigente, os painéis das faces externas da fachada em material combustível devem ser submetidos à avaliação da reação ao fogo. A norma europeia de ensaio para o CLT é o EN 13823:2010, no qual devem ser atendidos os índices a seguir: $SMOGR^2 \leq 30 \text{ m}^2\text{s}^2$ e $TSP^3 600s \leq 50 \text{ m}^2$. Podem também ser adotados outros recursos para impedir a propagação de incêndio de edifícios vizinhos, como a inserção de recuos/ áreas livres (distanciamento seguro) ou de barreiras de proteção (anteparos e/ou paredes de material incombustível ou resistente ao fogo).

GARANTIR A SEGURANÇA ESTRUTURAL EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Para garantir que o edifício não entre em colapso em situação de incêndio antes da saída segura de todos os seus ocupantes, os elementos de qualquer sistema construtivo, como paredes e pisos, devem ser dimensionados para se manter funcionais pelo tempo mínimo de resistência ao fogo pré-estabelecido.

A norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) estipula os seguintes critérios para a avaliação da segurança estrutural em situação de incêndio:

- Resistência ao fogo dos elementos de compartimentação entre pavimentos e elementos estruturais associados;
- Resistência ao fogo dos elementos estruturais e de compartimentação vertical;
- Resistência ao fogo do sistema de cobertura;
- Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas;
- Proteção de prumadas enclausuradas (*shafts*);
- Proteção de escadas, elevadores, monta-cargas.

Segundo a NBR 15575:2021, para as paredes estruturais de compartimentação e adjacentes a áreas comuns, a resistência ao fogo deve ser de, no mínimo, 30 minutos, para edifícios residenciais unifamiliares, isolados, até dois pavimentos e paredes de geminação (paredes entre unidades) de edifícios térreos ou sobrados geminados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

O método de avaliação básico é por meio da análise do projeto estrutural em situação de incêndio. A norma de projeto para estruturas de madeira recomenda a adoção do método da seção reduzida, que considera a carbonização da seção transversal do elemento e, alternativamente, sugere os métodos avançados de análise térmica com base na EN 1995 1-2, desde que adaptados aos requisitos de segurança estrutural da NBR 7190:2022 ou a adoção de métodos de ensaio laboratorial segundo a ABNT NBR 5628 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022). Conforme o Eurocode 5, os elementos estruturais devem ser projetados para exposição às chamas em ambos os lados e ter resistência ao fogo de até 60 minutos, e para tanto devem ser consideradas as interferências dos materiais que compõem os elementos e a sua disposição na instalação. É importante, adicionalmente, realizar a análise dos elementos pós-flashover para o cálculo estrutural, para evitar que a estrutura entre em colapso (FELIX,2020).

O método indicado para esta análise é o da seção transversal reduzida, para o cálculo da resistência ao fogo dos elementos de CLT, assim como para as lamelas com as suas

² SMOGRA -Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência (NBR 15575:2021).

³ TSP600s - Produção total do calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (NBR 15575:2021).

respectivas taxas de carbonização. Deve-se considerar que as taxas de carbonização diferem para:

- a) áreas sem proteção ao longo da exposição ao fogo;
- b) áreas protegidas antes da perda da proteção;
- c) áreas desprotegidas após a perda da proteção.

De modo geral, a elevação da resistência ao fogo pode ser obtida ao adotar os seguintes recursos:

1. aumentar a espessura do elemento CLT;
2. aumentar o número de camadas do elemento CLT;
3. aumentar a espessura do revestimento de proteção correspondente.

Para elementos estruturais de compartimentação vertical deve se considerar a eventual necessidade de elevação da sua resistência ao fogo em situações como a existência de vãos para a instalação de caixilhos, onde se propõe um distanciamento mínimo de 300 mm entre a verga e as aberturas dos vãos; neste caso, é necessário considerar aumentar a taxa de carbonização para garantir a resistência ao fogo requerida.

No caso do CLT, onde há entalhes de canaletas ou furos para as instalações de serviços nos painéis, estas instalações necessitam ser vedadas com materiais resistentes ao fogo (intumescentes, massas, colarinhos/anéis corta-fogo etc.) ao seu redor ou devem continuar seguindo pela canaleta e evitar juntas contínuas para garantir a resistência ao fogo do conjunto.

Figura 3. Dimensões mínimas entre aberturas do painel para garantir a resistência

Fonte:
European Technical Assentment – ETA – 06/138 (2017) tradução nossa e adaptado pelos autores

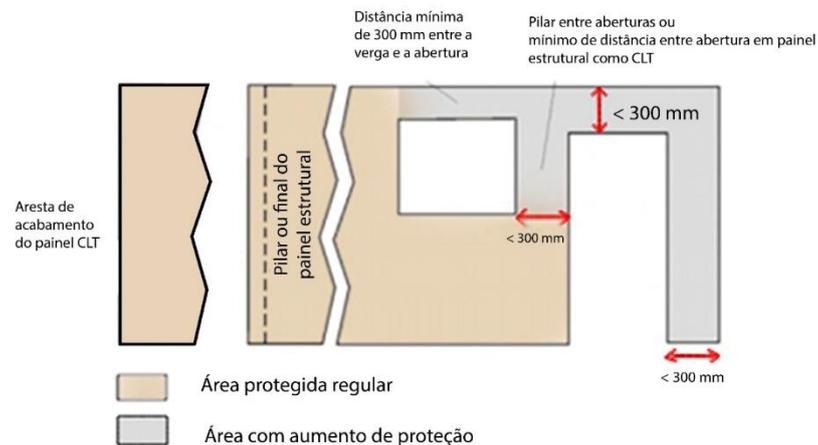


Figura 4. Exemplo de materiais intumescentes nos sistemas passivo e ativo

Fonte:
Klippel e Just (2018) adaptado pelos autores



Sistemas com materiais intumescentes se expandem quando expostos a elevadas temperaturas, selando com eficácia o vão entre o elemento de CLT e as junções dos dispositivos corta-fogo. No caso de sistemas onde não ocorre essa expansão sob a ação do fogo, recomenda-se a aplicação de materiais como massa de gesso, ou um selante adicional

em ambos os lados do elemento, para garantir a estanqueidade conforme demonstrado na figura 4 (KLIPPEL; JUST, 2018).

Os sistemas de vedação em CLT devem receber proteção por meio de materiais incombustíveis e isolantes como, por exemplo, placas de lã mineral, pois a sua superfície é combustível.



Figura 5. Etapas a seguir para a proteção da tubulação metálica no painel de CLT

Fonte:
Teibinger e Matzinger (2013)
adaptado pelos autores

Embora a vedação das instalações seja suficiente para impedir a transferência de gases quentes pelo seu interior, no caso de tubulações metálicas, o calor conduzido pelo material deve ser sempre considerado. Tubos metálicos conduzem o calor e quando instalados em elementos constituídos de madeira podem ignizar o elemento combustível que estiver em contato direto com o tubo. Por isso, na Europa, existem manuais de orientação para a segurança contra incêndio que determinam um espaçamento mínimo de 15 mm ao redor do tubo metálico, com preenchimento deste vão com lã mineral, garantindo uma calafetação segura (figura 5).

Em relação às instalações elétricas, devem ser observados os cortes para instalar as caixas das tomadas e dos interruptores, pois poderá haver um aumento da carbonização no seu entorno, resultado do calor gerado pela instalação. É importante também considerar, desde a fase inicial do projeto, os cortes no painel de CLT para as tubulações elétricas, para especificar medidas que garantam o desempenho e a segurança contra incêndio de todo edifício que se utiliza deste sistema construtivo (FELIX, 2020).

Para a instalação elétrica no painel como soquetes, interruptores e ligações correspondentes, podem ser utilizadas as seguintes soluções:

- a) adicionar uma camada de proteção nas passagens das instalações dos componentes elétricos (figura 6);
- b) instalações elétricas revestidas com materiais isolantes;
- c) soquetes revestidos de materiais resistentes ao fogo e com classificação de incêndio;
- d) passagens de tubulação elétrica preenchidos com isolantes térmicos incombustíveis como lã de rocha e calafetados com massa de gesso ou compostos intumescentes ao redor de toda sua espessura (figuras 7 e 8);
- e) aumentar a espessura do painel (KLIPPEL; JUST, 2018).

Figura 6. a) Material intumescente ao redor da instalação; b) vista em corte da aplicação da pintura intumescente;

Fonte:
Klippel e Just (2018)
adaptado pelos autores

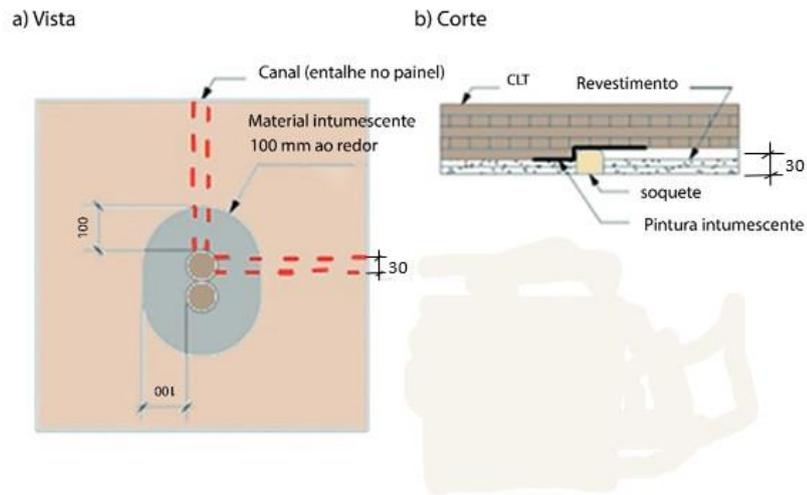
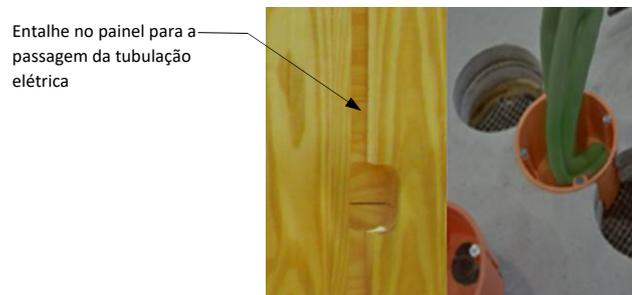


Figura 7. Revestimento de proteção do painel para as instalações elétricas

Fonte:
Klippel e Just (2018)
adaptado pelos autores



A norma brasileira estabelece um critério mínimo de TRRF 30 minutos para os elementos de vedação do shaft, cujas soluções devem ser detalhadas em projeto e avaliadas por meio de ensaios de resistência ao fogo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021). Para atender a norma, as aberturas para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas (shafts) entre pisos nos elementos de vedação horizontal devem receber selagem corta-fogo e apresentar a mesma resistência ao fogo do elemento de vedação. Para prumadas enclausuradas não é exigida a selagem das aberturas de piso, pavimento a pavimento, quando comprovada sua resistência ao fogo do enclausuramento por meio de métodos de ensaios padronizados. E no caso de dutos para a exaustão da fumaça de lareiras, churrasqueiras e similares deve-se seguir o mesmo procedimento.

A norma de desempenho estabelece uma exigência mínima de 30 minutos de resistência ao fogo também para a estrutura das escadas para edifícios residenciais assobradados e unidades sobrepostas.

Ensaios em elementos de vedação vertical de escadas usadas para saídas de emergência com painéis de CLT comprovaram que os elementos resistem a um tempo maior que 30 minutos e não ocorreram mudanças de temperatura e geração de fumaça no eixo de circulação da escada e poço do elevador durante o período de ensaio (SU; MURADORI, 2015).

Outra solução para garantir a segurança contra incêndio das escadas em CLT seria a aplicação de revestimentos nos painéis da escada utilizando materiais de classe I ou II A. Esta alternativa poderia contribuir para alcançar o mesmo TRRF e ainda retardar o avanço das chamas e proteger os patamares e degraus. Entretanto, estes recursos devem ser detalhados no projeto e testados por meio de ensaios padrões para a avaliação efetiva do comportamento ao fogo do conjunto.

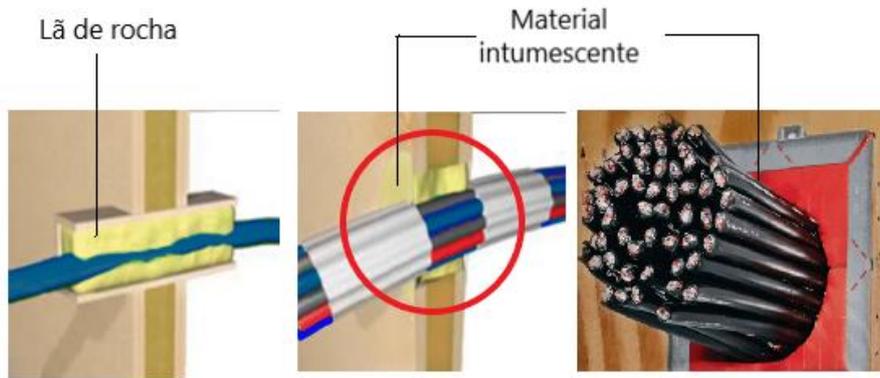


Figura 8. Instalação elétrica revestida com material isolante como lã de rocha e calafetada com compostos intumescentes em toda espessura do elemento

Fonte:
Klippel e Just (2018)
adaptado pelos autores

Para a resistência ao fogo de dispositivos de fixação e conexão dos painéis de parede e piso é necessária a proteção desses dispositivos contra a ação do fogo. Segundo a norma brasileira, devem ser adotadas as exigências estabelecidas no Eurocode 5. A proteção empregada deve garantir resistência ao fogo igual à requerida para a parede estrutural, ou seja, de 30 minutos.

| Fixadores | Resistência ao fogo $t_{d, fi}$ em min. | Dimensões |
|------------------------------|---|------------------------|
| Cavilha | 20 | $t_1 \geq 45\text{mm}$ |
| Conectores (EN 912) | 15 | $t_1 \geq 45\text{mm}$ |
| Parafuso sextavado com porca | 15 | $t_1 \geq 45\text{mm}$ |
| Parafuso | 15 | $d \geq 2,8\text{mm}$ |
| Prego | 15 | $d \geq 2,8\text{mm}$ |

Tabela 1. Resistência mínima dos diferentes tipos de fixadores

Fonte:
European Committee for
Standardisation (2004)
adaptado pelos autores

O Eurocode 5 estabelece uma resistência mínima a ser atendida (ver Tabela 1) para os diversos tipos de fixadores/conectores (pregos, cavilhas, cavilhas, parafusos etc.) dos elementos e componentes com resistências ao fogo até 60 minutos. Além da resistência mínima estabelecida para cada tipo de fixador, também são utilizados cálculos para determinar a resistência das conexões com ou sem proteção.

Segundo a EN 1995 1-2: 2004, com o uso de conectores com cavilhas, pregos ou parafusos com cabeças não sobressalentes sem proteção é possível aumentar o período de resistência ao fogo ($t_{d, fi}$) por tempos superiores aos indicados na Tabela 1, de até 30 minutos. O acréscimo no tempo (Δt_{fi}) pode ser conseguido por meio dos recursos:

- aumento da espessura dos elementos;
- aumento da largura dos elementos;
- aumento da distância final e da aresta aos elementos de fixação.

Já quando há proteção dos conectores, o início de carbonização (t_{char}) deve ser superior ou igual o tempo de resistência exigida (t_{req}) e ser subtraída do índice do coeficiente de proteção multiplicado pelo período de resistência ao fogo do fixador. Como o exemplo dado no EN 1995 1-2:2004, para placa de gesso acartonado com resistência ao fogo:

$$t_{char} \geq t_{req} - 1,2 t_{d, fi} \quad \text{(Equação 1)}$$

Nota: Coeficiente de proteção para a placa de gesso acartonado resistente ao fogo $K_2 = 1,2$ (EN 1995 1-2:2004). A EN 1995 1-2:2004 também orienta quanto ao distanciamento entre fixadores, distâncias de embutimento e outros recursos que estão especificadas na própria norma. A instalação de fixadores nos elementos de CLT deve respeitar cuidados específicos pois os painéis não são homogêneos devido a sua composição com camadas de madeira maciça. Estes devem ter comprimento suficiente para serem introduzidos além da camada

carbonizada (dchar) e da camada atingida pela temperatura (d0), considerada sem resistência. As dimensões mínimas dos espaçamentos entre fixadores e a distância em relação à aresta do painel são cuidados que devem ser tomados para garantir a estabilidade entre os elementos e componentes fixados entre si.

A NBR 7190:2022 também dá orientações quanto ao uso dos conectores e fixadores para a segurança ao fogo.

SÍNTESE DOS PARÂMETROS DE SEGURANÇA AO FOGO PARA O CLT

Nos itens anteriores foram apresentados os requisitos da segurança contra incêndio da ABNT NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) que estão vinculados ao sistema construtivo, referentes às características de reação e resistência dos materiais. A Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros de projeto com base na norma de desempenho para o sistema construtivo de CLT.

Tabela 2. Resumo dos parâmetros de projeto com base na norma de desempenho para o sistema construtivo de CLT.

Fonte:
os autores

| REQUISITOS DA ABNT NBR 15575 | PARÂMETROS PARA PROJETO |
|---|---|
| <p>Dificultar o princípio de incêndio</p> <p>Proteção contra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descargas atmosféricas; 2. Ignição nas instalações elétricas; 3. Vazamento de gás. | <ul style="list-style-type: none"> - Descargas atmosféricas – conforme ABNT NBR 5419 - Instalações elétricas – conforme ABNT NBR 5410 - Instalações de gás – conforme ABNT NBR 13523 e NBR 15526 - Proteção das superfícies combustíveis com materiais incombustíveis ou com índice de inflamabilidade controlada, baixa condutividade térmica ou com aplicação de produto retardante de chamas ou outro que resista às temperaturas acima de 1120°C, conforme ISO 540 |
| <p>Dificultar a ocorrência de inflamação generalizada</p> <p>Avaliação da reação ao fogo na:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Face inferior e superior do sistema de piso (laje); 2. Face interna do sistema de vedação vertical; 3. Face interna e externa do sistema de cobertura das edificações. | <ul style="list-style-type: none"> - Garantir propriedade de reação ao fogo controlada em materiais de revestimento, acabamento e isolamento termoacústico em geral - Classificação para os elementos de vedação vertical (método EN 13823): SMOGRA $\leq 30 \text{ m}^2\text{s}^2$ e TSP 600s $\leq 50 \text{ m}^2$ - Determinação do fluxo crítico de energia radiante dos elementos de vedação horizontal pelo método ABNT NBR 8660 - Classificação segundo a ABNT NBR 16626, na classe mínima sem proteção para cozinhas e para escadas enclausuradas - Tratamento dos elementos contra-ataques de organismos xilófagos conforme EN 15228 - Considerar as características dos <i>finger joints</i> para a classificação de reação ao fogo |
| <p>Dificultar a propagação de incêndio</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reação ao fogo da face externa dos elementos que compõem a fachada; 2. Resistência ao fogo de elementos de compartimentação entre pavimentos e elementos estruturais associados. | <ul style="list-style-type: none"> - Proteção de juntas contínuas e a vedação das instalações com selantes, massas, colarinhos/anéis corta fogo etc. - Classificação dos elementos em relação à reação ao fogo segundo o método de ensaio EN 13823: SMOGRA $\leq 30 \text{ m}^2\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 50 \text{ m}^2$ - Obtenção da espessura mínima para a resistência ao fogo requerida ou a proteção necessária do elemento segundo sua função e a distância mínima entre edifícios (habitações unifamiliares: TRRF de 30 min.) |
| <p>Garantir a segurança estrutural em situação de incêndio</p> <p>Resistência ao fogo:</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Garantir a compartimentação e a estabilidade estrutural dos elementos de vedação horizontal (ABNT NBR 14432) - Avaliação da resistência estrutural ao fogo conforme ABNT NBR 5628: TRRF de 30 minutos para os sistemas de entepiso |

| REQUISITOS DA ABNT NBR 15575 | PARÂMETROS PARA PROJETO |
|---|---|
| 1. Compartimentação entre pavimentos e elementos estruturais associados 2. Compartimentação vertical 3. Sistema de cobertura 4. Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas 5. Prumadas enclausuradas (<i>shafts</i>) 6. Escadas, elevadores, monta-cargas | -Avaliação pelo método da seção transversal residual, se a seção transversal restante das junções for de pelo menos 20 mm, conforme ABNT NBR 7190 e EN 1995 1-2:2004 - Prever espaçamento mínimo de 300 mm entre aberturas para garantir a resistência estrutural no painel de CLT - Evitar juntas contínuas e garantir selagem das instalações com selantes, massas, colarinhos/anéis corta fogo etc. - Instalação de conexões e fixadores conforme ABNT NBR 7190:2022 e EN 1995 1-2:2004 |

Embora não haja uma norma técnica específica para o CLT, como é possível verificar, a ABNT NBR 15575 tem contribuído para a avaliação do desempenho dos componentes e elementos do sistema construtivo de CLT em vários requisitos da segurança ao fogo.

Além disso, a ABNT NBR 7190:2022 contempla vários aspectos voltados para o CLT, assim como a norma britânica BS EN 16351 (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 2015), estabelecendo disposições quanto a geometria (por exemplo, dimensões das lamelas transversais), as espécies de madeira utilizadas com a sua densidade característica, classe de resistência da camada de madeira ou classe técnica, a taxa de carbonização da espécie de conífera utilizada para o elemento, as características do adesivo empregado, a pressão exercida para a aderência entre as lamelas e camadas para a verificação da resistência ao fogo do painel.

Para a produção dos painéis de CLT podem ser adotados diversos métodos, que além das particularidades de cada fabricante, envolvem a diversidade das espécies que podem ser utilizadas em cada país, com suas próprias características e propriedades físicas, que influenciam diretamente na reação e resistência ao fogo, tema de diversas pesquisas acadêmicas mais atuais (GARCIA et.al 2021).

Outro aspecto a se considerar é a avaliação não somente das partes, mas do conjunto como um todo, por se tratar de um sistema constituído inteiramente por material combustível, que pode aumentar a severidade de um eventual incêndio na edificação.

Adicionalmente, seguem algumas recomendações para o desenvolvimento do projeto de segurança contra incêndio com o sistema construtivo em CLT:

- A instalação de serviços prediais (elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado etc.) deve ser considerada e definida desde o início do projeto para o cálculo e/ou adequação estrutural para evitar falhas na estrutura;
- Para elevar a resistência ao fogo do CLT pode-se aumentar o número de camadas dos painéis, assim como a espessura do revestimento de proteção;
- Para evitar a passagem de gases quentes através das juntas, recomenda-se o uso de fitas de vedação e a aplicação de materiais intumescentes;
- Revestimentos não aderidos com espaços vazios entre os componentes de fixação, como barrotes ou perfis metálicos, devem receber uma camada interna de isolamento térmico para que não haja propagação de chamas ou gases entre o revestimento e o painel de CLT;
- Instalações elétricas e hidrossanitárias devem ser seladas com materiais resistentes ao fogo (selantes, materiais intumescentes, massas, colarinhos/anéis corta-fogo etc.);

- Nas instalações com tubulações metálicas, é essencial o preenchimento de juntas com isolantes térmicos ou materiais intumescentes para evitar a ignição da madeira pela condução do calor através do material metálico.

Além disso, também é importante analisar o comportamento ao fogo do sistema de CLT com o emprego de revestimentos constituídos de outros materiais e a execução com outros sistemas como, por exemplo, o *steel frame (sistemas mistos)*. Nestes aspectos, os ensaios em escala real de todo conjunto, em protótipos, podem determinar melhor o distanciamento seguro e as formas de proteção dos painéis das fachadas para se evitar a propagação de chamas entre edificações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que o Brasil careça de uma legislação de segurança contra incêndio para as edificações de uso residencial exclusivamente unifamiliares, geminadas ou sobrepostas, a norma ABNT NBR 15.575:2021 dispõe de requisitos e critérios de desempenho, estabelecendo um grau de risco e possibilitando que o edifício possa ser avaliado na totalidade, ao invés de focar somente em elementos específicos. Desta forma, esta norma possibilita a proposição de soluções alternativas que podem contribuir para a introdução de novos sistemas construtivos e produtos no mercado nacional, como o CLT, considerando os riscos potenciais de ocorrência de incêndio, assim como de prejuízo consequente.

A norma ABNT NBR 15.575 deve ser instrumento de consulta para as decisões projetuais. O projetista deve estabelecer os materiais e sistemas que serão adotados no projeto, de forma que os requisitos da norma de desempenho sejam atendidos. As soluções de projeto também devem ser compatíveis com os níveis de desempenho estabelecidos da cadeia produtiva da construção civil habitacional. Por isso, é importante a capacitação técnica dos profissionais projetistas para que o nível de desempenho esperado seja alcançado (SHIN,2019).

Como visto neste trabalho, são vários os pontos que devem ser levados em consideração no projeto de edificação utilizando o CLT. Para garantir a segurança contra o incêndio do sistema é necessário o desenvolvimento de uma diretriz para a harmonização dos procedimentos, para que fabricantes nacionais possam submeter o seu produto à avaliação. Por outro lado, entende-se que os ensaios de segurança ao fogo podem envolver um alto custo, limitando ou prolongando o processo de avaliação e de comprovação do desempenho do sistema construtivo produzido no Brasil. Ainda são grandes os desafios para a popularização do sistema neste país.

Espera-se que este trabalho possa contribuir neste processo de aplicação da norma NBR 15575 ao sistema construtivo em CLT, e no desenvolvimento de diretrizes brasileiras de segurança contra incêndio próprias para o sistema.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa de mestrado sobre o tema.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14432** - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8660** - Ensaio de reação ao fogo em pisos — Determinação do comportamento com relação à queima utilizando uma fonte radiante de calor. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575** - Edificações habitacionais – Desempenho. ABNT: Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16626** - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190** - Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5628** - Componentes construtivos estruturais 4 Ensaio de resistência ao fogo. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5419** - Proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5410** – Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13523** – Central de Gás Liquefeito de Petróleo. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15526** – Redes de distribuição interna de gases combustíveis em instalações residenciais – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) - Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT)**. Brasília, DF. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: abr. 2017.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS EN 13823:2010+A1:2014**: Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. London: UK, 2010.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS EN 16351**: Timber structures. Cross laminated timber. Requirements. London: UK, 2015.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS EN 13501-1**: Fire classification of construction products and building elements Classification using data from reaction to fire tests. London: UK, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica N°08** - Segurança estrutural contra incêndio. São Paulo. 2018.

CROSSLAM. Sobre o CLT, 2022. Disponível em: < <http://crosslam.com.br/> >. Acesso em mar. 2022.

EUROPEAN ASSESSMENT DOCUMENTS - **EAD 130005-00-0304** Solid Wood Slab Element to be Used as a Structural Element in Buildings.mar.2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION. **EN 1995-1-1: Eurocode 5**: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings. CEN. 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION. **EN 15228:2009** Structural Timber - Structural Timber Preservative Treated Against Biological Attack. CEN. 2009.

EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL. **ETA - 06/138** - Solid wood slab element to be used as structural elements in buildings Edition March 2015. With validity from 10.09.2012 to 09.09.2017. Viena, 2017 Disponível em: <http://www.klhuk.com/media/9379/klh_eta_certificate_en.pdf>. Acesso: out.2019.

FELIX, P. M. A. C. , 2020. Parâmetros de segurança contra incêndio do sistema construtivo em Cross Laminated Timber (CLT). Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 2020.

FIGUEROA, M. J. M.; MOARES, P. D. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas.** Ambiente construído. Florianópolis, nov. 2009.

FRANGI, A. et al. Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire. *Fire Safety Journal*. 44. 1078-1087. 10.1016/j.firesaf.2009.07.007. Acesso em: maio de 2019

GARCIA, H. V. S. et al. **Desempenho de painéis de madeira laminada colada cruzada constituídos com eucalipto, seringueira e bambu.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e33210817181-e33210817181, 2021.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO 11925-2:** Reaction to fire tests — Ignitability of products subjected to direct impingement of flame — Part 2: Single-flame source test. Geneva, 2010.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO 540:** Hard coal and coke — Determination of ash fusibility. Geneva, 2008 a.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO 1182:** Reaction to fire tests for products — non-combustibility test Geneva, 2010.

KLIPPEL, M, JUST, A (eds) **Guidance on Fire design of CLT including best practice**, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018.

MARTINI, S. Disponível em: <<https://www.montana.com.br/noticias/Mais-noticias/Madeira-engenheirada>>. Acesso jul. 2016.

MITIDIERI, M. L. **O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo - reação ao fogo (Capítulo V).** In Seito et al (org.) **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto, 2008.

PAGE, T. S. A. D. **The durability of manufactured structural buildings materials**, 47th IRG. Annual Meeting. Lisboa: [s.n].2016.

PAGNOCENCELLI, L. et al. **Acoustic performance of cross-laminated timber system (CLT): in situ. Measurements of airborne and impact sound insulation for different configurations.** 40th IAHS World Congress on Housing: Sustainable Housing Funchal: [s.n].2014.

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

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual Nº 63.911** de 10/12/2018. Institui o Regulamento de Segurança Contra Incêndios das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.

SEITO, A. I. et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SHIN, Herbert Berndt. **Os Desafios da Norma de Desempenho no Mercado da Construção Civil.** *Gestão e Gerenciamento*, v. 1, n. 4, 2019.

STORA ENSO. **Cross-laminated timber (CLT).** Disponível em: <https://www.storaenso.com/en/products/mass-timber-construction/building-products/clt>. Acesso em 02 dezembro 2022.

SU, J.; MURADORI, S. **Fire Demonstration: Cross-Laminated Timber Stair/Elevator Shaft.** Technical Report. 10.4224/21277597 jan.2015.

TEIBINGER, M; MATZINGER, I. **Construction with Cross-Laminated Timber in multi-storey buildings**. Focus on building physics. Guidelines. Viena, fev. 2013.

Patrícia M. A. C. Felix
patricia.arq77@gmail.com

Rosaria Ono
rosaria@usp.br

Fabiana Lopes de Oliveira
floliveira@usp.br