

Avaliação da Influência das Placas de Gesso Standard em Sistemas tipo Wood Frame Submetidos ao Incêndio

Fernando Kuntze Cassel¹, Augusto Masiero Gil², Gustavo Prager³, Bernardo Tutikian⁴, Fabricio Longhi Bolina⁵,

¹Unisinos / ITT Performance / Estudante engenharia civil / fernandokc@edu.unisinos.br

^{2,3}Unisinos / ITT Performance / Estudante Mestrado Eng Civil / augustomg@unisinos.br, gprager@unisinos.br,

^{4,5}Unisinos / ITTPerformance / Professor Eng Civil /bftutikian@unisinos.br, fabriciolb@unisinos.br

Resumo

A construção civil tem buscado métodos para reduzir os impactos gerados ao meio ambiente. A partir disso o sistema *wood frame* vem gradualmente sendo introduzido ao mercado. Paralelo às demandas ambientais, a Norma de Desempenho das Edificações Habitacionais, a NBR 15575 (ABNT 2013), determina requisitos básicos aos sistemas construtivos, como a segurança contra incêndio. Nesse sentido, avaliou-se a influência de duas camadas adicionais de chapas de gesso acantonado *standard* em um sistema estrutural de wood frame, na função de resistência ao fogo, em escala real. A realização do ensaio seguiu as premissas da NBR 5628 (ABNT 2001), que prevê o emprego de carregamento e equipamento devidamente normatizado. A partir dos resultados obtidos, percebeu-se que as camadas adicionais de gesso contribuem significativamente para o desempenho do sistema construtivo. A amostra com uma camada de gesso na face exposta ao fogo apresentou um tempo de resistência ao fogo (TRF) de 38 minutos e deslocamento transversal de 17 mm, enquanto a amostra de três camadas, TRF de 67 minutos e deslocamento transversal de 10 mm, representando a melhora de 76,31% do seu desempenho.

Palavras-chave: Desempenho; Placa de Gesso; Segurança Contra Incêndio; Wood Frame

Introdução

Com o desenvolvimento do mercado da construção civil percebe-se uma tendência de busca por inovações no setor. Esse fato, segundo Costa e Nascimento (2015) ocorre com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir os custos e os desperdícios, através da racionalização dos recursos empregados. Nesse contexto, Allen e Thallon (2011) apontam que sistemas pré-fabricados se destacam pela diminuição significativa do tempo de construção, fato que aumenta a eficiência. Moura e De Sá (2013) também destacam que um ambiente industrializado colabora para redução da mão de obra e para diminuição significativa de desperdícios. Dessa forma o sistema de wood frame vem se mostrando uma alternativa viável, que está ganhando espaço no cenário nacional.

Segundo Cardoso (2015) o principal atributo da tecnologia *framing* é o fato de sua estrutura ser construída à seco, sendo essa formada por perfis leves. Suas características, fazem que o wood frame seja o método mais utilizado para construções

habitacionais nos Estados Unidos, segundo a *American Forest & Paper Association*. As principais vantagens do sistema são maior velocidade de construção, redução de resíduos e desperdícios, menor consumo de energia, processo parcial ou totalmente industrializado, custo competitivo e utilização de material renovável com vasta disposição no Brasil. De acordo com Allen e Thallon (2011), a utilização total de energia em uma edificação de madeira pode ser até 50% menor do que a construção de uma edificação de aço de mesmas proporções. Já Molina e Junior (2010) abordam outra vantagem deste modelo, que é o fato da pré-fabricação contribuir para redução de prazos, custos e desperdícios. Isso e o fato de o Brasil possuir condições naturais favoráveis, de acordo com os autores, torna o país um mercado altamente promissor.

Paralelamente às demandas ambientais e de mercado, o incêndio ocorrido na Boate Kiss, em 2013, na cidade de Santa Maria, RS enfatizou a necessidade do aprimoramento dos conhecimentos sobre o comportamento de materiais de construção em elevadas temperaturas. Rasbach (2004) aponta que é responsabilidade dos profissionais envolvidos no projeto prezar pela segurança dos usuários contra incêndios. Pannoni e Silva (2008) ressaltam que a prioridade dessa área sempre será a preservação da vida, de forma que os impactos financeiros gerados pelo colapso da estrutura devem ser considerados, mas de forma secundária.

Essa preocupação vai ao encontro das legislações e regulamentações atuais, como por exemplo as premissas de desempenho para sistemas construtivos estabelecidos pela NBR 15525 (ABNT, 2013), a norma de desempenho de edificações habitacionais. Um dos critérios requeridos é a segurança contra incêndio, dentre ela a resistência ao fogo de sistemas estruturais que exercem função de compartimentação. Essa é entendida como a divisão da edificação em conjuntos isolados e estanques. A NBR 14432 (ABNT 2001) aponta que os objetivos da compartimentação são garantir a evacuação do usuário em segurança, como também possibilitar que as operações de combate ao incêndio ocorram sem incidentes.

O estudo do comportamento de materiais em situação de incêndio é imprescindível, fato acentuado quando se trata de sistema em wood frame, uma vez que, conforme Allen e Thallon (2011) é um sistema suscetível ao fogo. Pinto (2001) explica que, quando expostos ao fogo, elementos estruturais de madeira tendem a carbonizar em sua região periférica, de forma que o seu interior se preserve, praticamente intacto. Fenômeno que vai ao encontro do que Molina (2010) aborda; que o comportamento da madeira em situação de incêndio é excelente. Ou seja, os componentes do wood frame, que não os montantes estruturais, são de fundamental importância no desempenho do sistema em situação de incêndio, como o caso das placas de Gesso Acartonado, que é avaliado nesta pesquisa. Souza (2010) resalta que o revestimento tem papel essencial na proteção, ao fogo, de elementos construtivos, podendo aumentar consideravelmente o tempo de resistência ao fogo do sistema estrutural.

A partir disso, desenvolveu-se este programa experimental, o qual avalia dois sistemas semelhantes de wood frame em escala real, em situação de incêndio. Foi verificado a influência de duas camadas adicionais de placas de gesso acartonado *standard*, na face exposta ao fogo. A amostra com as camadas extras foi submetida a um carregamento mais intenso, fato que segundo Souza (2017) tende a diminuir o tempo de resistência ao fogo. Para determinação desse, utilizou-se os preceitos

estabelecidos pela NBR 5628 (ABNT 2001), norma que prevê o emprego de carregamento, e equipamento devidamente normatizado, como o forno vertical. Para a realização do ensaio laboratorial, ambos sistemas foram submetidos à curva de incêndio padrão estabelecida pela ISO-834

Dessa forma o objetivo deste artigo é avaliar a influência de camadas adicionais de placas de gesso standard em wood frame em situação de incêndio padrão, através da determinação do tempo de resistência ao fogo do com finalidade estrutural, através do procedimento descrito na ABNT NBR 5628:2001 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo. Para isso foi verificando as características de resistência mecânica, estanqueidade a passagem de gases e fumaça e isolamento térmico. Assim foi possível verificar a aplicabilidade de cada sistema a partir da NBR 14432(ABNT 2001) -Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações- e da Instrução Técnica N°8 do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Programa experimental

Foram avaliadas duas amostras de sistema tipo wood frame, denominadas amostras A e B. Os materiais e equipamentos utilizados estão descritos nos itens que seguem, assim como a metodologia adotada.

Materiais

Ambos são constituídos por montantes de madeira pinus autoclavado, espaçados em 60 cm, com dimensões, em milímetros de 2800x90x38, e densidade média de 550 kg/m³. O fechamento do sistema é composto por placas OSB, de espessura de 9,5 milímetros e densidade de 650 kg/m. O sistema é complementado com placas de gesso acartonado *Standard*, com densidade de 750 kg/m³ e espessura de 12,5 mm, sendo uma camada em ambos sistemas na face não exposta. Para a fixação do sistema utilizou-se parafusos e tratou-se as juntas das placas com massa para *Drywall*. A Tabela 1 apresenta as características de cada amostra, e o carregamento que cada uma foi submetida, enquanto a Figura 1 representa esquematicamente a composição de cada sistema.

Tabela 1 – Informações das amostras

Informação	Amostra A	Amostra B
Camadas de placas de gesso na face não exposta ao fogo	1	1
Densidade das placas de gesso	750kg/m ³	750kg/m ³
Espessura da placa	12,5 mm	12,5mm
Espessura total do sistema	13,4 cm	15,9cm
Carregamento aplicado	0,82 tf/m	2,8 tf/m

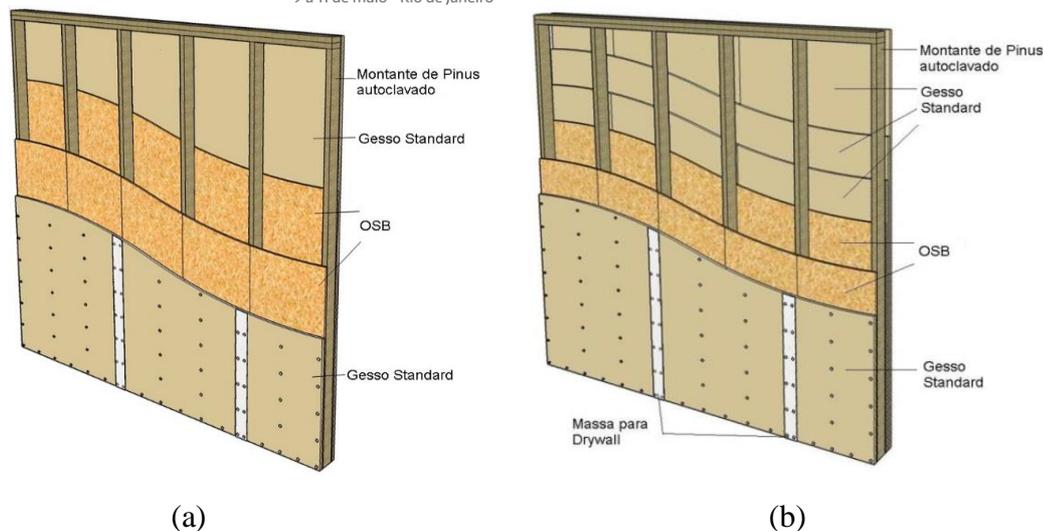


Figura 1 – Representação esquemática dos sistemas (a) amostra A e (b) Amostra B
Equipamentos

Para a realização do ensaio foi utilizado forno vertical do itt Performance/ Unisinos, cuja capacidade de aquecimento é de 1200°C, sendo as dimensões da superfície exposta às elevadas temperatura de 2500x2500 mm. Sua fonte combustível é Gás Liquefeito de Petróleo, a qual alimenta quatro queimadores laterais. O programa de aquecimento do forno ocorre de forma automática, sendo este programado para seguir a curva padrão de incêndio determinada pela ISO 834-1.

Foram utilizados termopares para as medições de temperatura, tanto na face interna da amostra, quanto na face externa, essa não exposta ao fogo. Sendo estes, respectivamente, do tipo K, de diâmetro de 3,0 mm e 7 do tipo T, de diâmetro de 0,7 mm empregados na amostra. Para o registro das deformações horizontais da amostra, utilizou-se uma trena laser, registrando o deslocamento ao centro geométrico da amostra. Para a avaliação requisito da estanqueidade utilizou-se chumaço de algodão, previamente aquecido em estufa à 100°C, anexados a um bastidor, como aponta a NBR 5628 (ABNT 2001). De forma, utilizou-se uma câmera termográfica, para contribuir na análise dos pontos críticos de aquecimento.

Métodos

Para a realização do experimento utilizou-se pórtico metálicos móveis, a fim de contribuir para a logística dos ensaios, a dimensão destes é de 2,80x3,00 m. Com as amostras finalizadas, estas foram devidamente instaladas junto ao forno vertical sendo este normatizado, para a realização do ensaio. O programa experimental seguiu as premissas da NBR 5628 (ABNT 2001), com a finalidade de determinar o tempo de resistência ao fogo de ambos sistemas estruturais. A norma técnica prevê três requisitos que devem ser cumpridos; estanqueidade, isolamento térmico e estabilidade estrutural, para que o sistema esteja apto para situação de incêndio, no intervalo de tempo que cumpra estes critérios.

A estabilidade estrutural é avaliada através da não ocorrência da ruína do sistema, durante o programa como também pela capacidade de suporte de carga durante o ensaio e na reaplicação de carga 24 horas após o término do ensaio. O critério de

estanqueidade é verificado pela inflamação do chumaço de algodão, este aplicado frente às aberturas durante o ensaio, assim como a ocorrência de chamas na face externa, com duração maior de 10 segundos. Já, em relação ao isolamento térmico, esse é verificado a partir da medição da temperatura pelos termopares, a norma aponta que não se pode haver acréscimo de temperatura de 180°C em um único ponto avaliado ou de 140°C em relação à média aritmética resultante dos cinco termopares principais. A figura 2 demonstra a disposição dos termopares internos e os posicionados na face não exposta ao fogo da amostra.

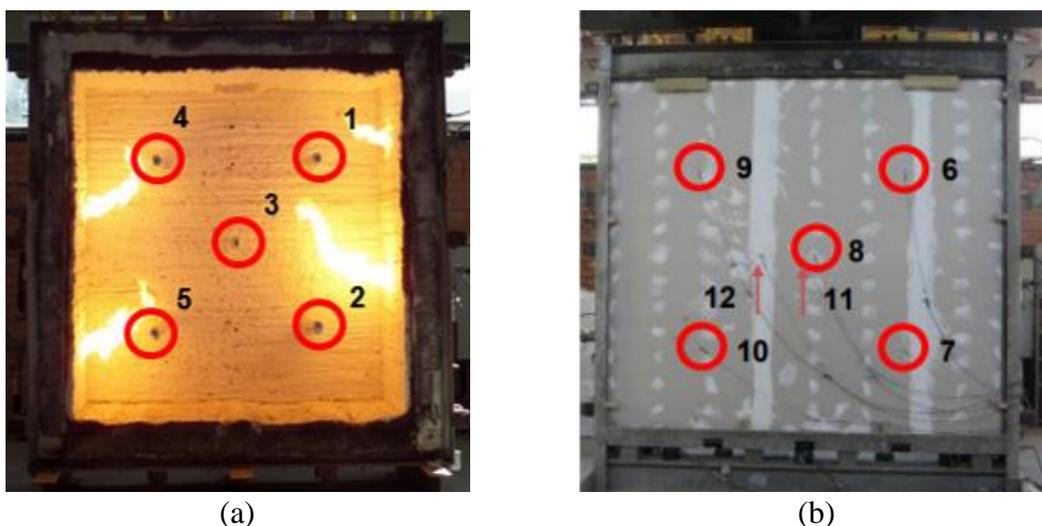


Figura 2 – Disposição dos termopares (a) internos e (b) externos, face não exposta ao fogo

Resultados e Discussão

Os ensaios das amostras A e B tiveram duração de 47 e 84 minutos, respectivamente, sendo que ambas vieram a reprovar, devido à perda de estanqueidade.

Isolamento Térmico

A temperatura inicial, assim como o limite pontual e aritmético, indicados pela norma, estão apontados na Tabela 2. As Figuras 3 e 4 apresentam as medições realizadas pelos termopares da face não exposta ao fogo das amostras.

Tabela 2 – Limites de temperatura

Informação	Amostra A	Amostra B
Temperatura inicial do ensaio (°C)	21,8	31,0
Limite de temperatura média (°C)	161,8	171,0
Limite de temperatura pontual (°C)	201,8	211,0

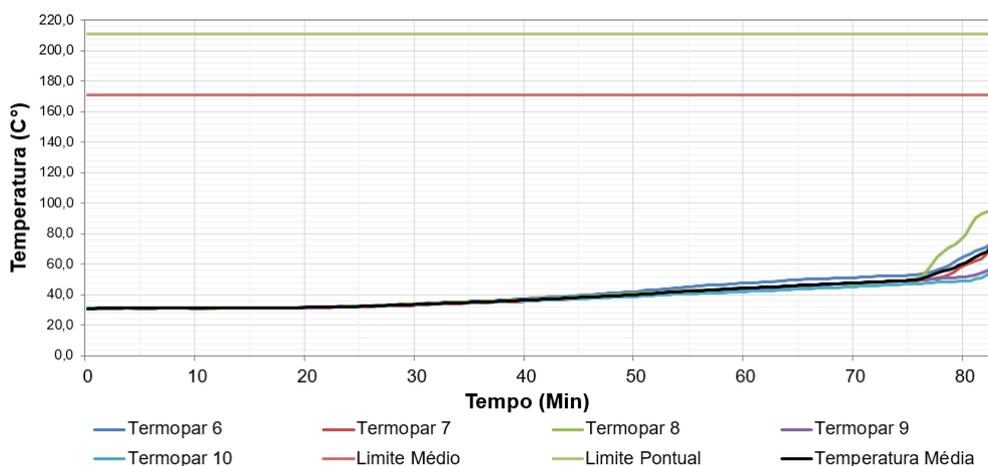


Figura 3 – Temperaturas obtidas na face não exposta da amostra A

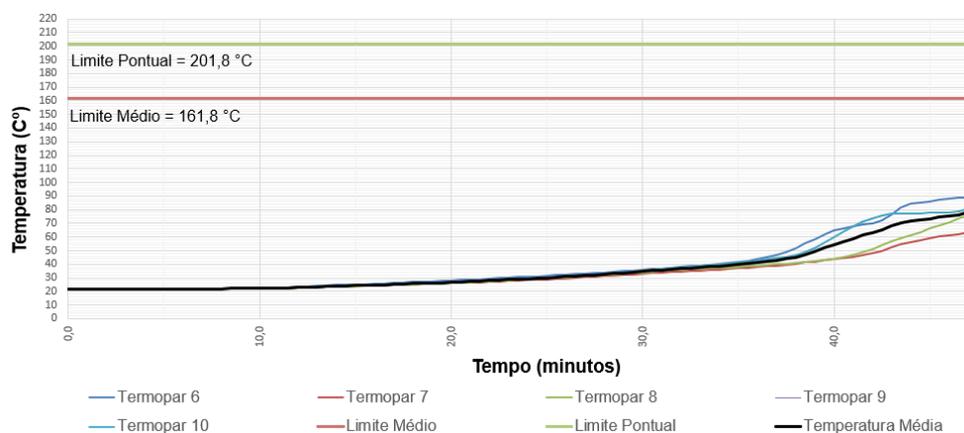


Figura 4 – Temperaturas obtidas na face não exposta da amostra B

Dessa forma, analisando os gráficos é possível verificar que nenhuma amostra superou tanto o limite médio quanto o limite pontual de temperatura. Assim considera-se que ambos sistemas construtivos apresentam isolamento térmico satisfatório ao longo do período que foi realizado o ensaio. A Tabela 3 demonstra a média dos cinco termopares externos principais, comparativamente das duas amostras no intervalo de tempo que coincide o ensaio de ambas, desconsiderando a temperatura inicial.

Tabela 3 – Variações de temperatura e diferença de variação entre as amostras

Tempo (min)	temperatura média da amostra A (°C)	temperatura média da amostra B (°C)	Diferença entre temperatura média da amostra A com a amostra B (°C)
5	0,12	0,12	0
10	0,12	0,12	0
15	2,5	0,50	2
20	4,94	0,80	4,14
25	8,20	1,46	6,74
30	12,70	2,70	10
35	17,96	4,08	13,88
40	32,62	5,40	27,22
45	51,52	7,36	44,16

Os resultados obtidos evidenciam o fato que o gesso é um bom isolante térmico quando submetido à situação de incêndio. Esse fato se deve à sua baixa condutividade térmica. O isolamento gerado pela amostra com três camadas possivelmente é maior pelo fato de as camadas expostas ao fogo demorar mais tempo para se desintegrar. A umidade contida nas placas também contribui para o retardo do aumento de temperatura. De forma que possivelmente a evaporação da água contida no gesso fez com que a taxa de aumento de temperatura fosse maior.

Estanqueidade à gases quentes e fumaça

Os testes são realizados em pontos críticos, onde houver abertura de fissuras. A destes testes de estanqueidade está demonstrada na Figura 5.



Figura 5 – Realização do teste de estanqueidade (a) na amostra A e (b) amostra B

Durante a realização do ensaio da amostra A percebeu-se a liberação de fumaça tanto na parte superior quanto na lateral direita respectivamente aos 23 e 30 minutos, sem que houvesse a perda da estanqueidade. Já aos 43 minutos foi observado uma fissura na junta das placas externas no centro direito da amostra, se tornando assim um ponto crítico. Dessa forma, realizou-se teste de estanqueidade sem inflamação do

chumaço aos 44 minutos. O ensaio teve prosseguimento, entretanto aos 47 minutos realizou-se novamente o teste de estanqueidade, porém, dessa vez com a inflamação do chumaço, caracterizando a perda de estanqueidade.

Já, o ensaio da amostra B, a qual possui duas camadas adicionais de gesso acartonado, somente foi constatada liberação de fumaça na lateral direita da amostra aos 77 minutos. Aos 82 minutos foi observada liberação de fumaça na junta entre placas de gesso à direita da amostra. Um minuto após, nessa mesma localidade, ocorreu chamejamento, consolidando-o como um ponto crítico. Imediatamente, aos 84 minutos, realizou-se o teste de estanqueidade, no qual ocorreu a inflamação do chumaço caracterizando a perda de estanqueidade e, por conseguinte o fim do ensaio.

Estabilidade Estrutural

As deformações ocorridas em ambas amostras são mostradas na Figura 6. As medições foram realizadas utilizando uma trena laser em intervalos pré-determinados, sendo estas em um ponto central, de forma a ser apenas uma leitura representativa da deformação que cada sistema sofreu.

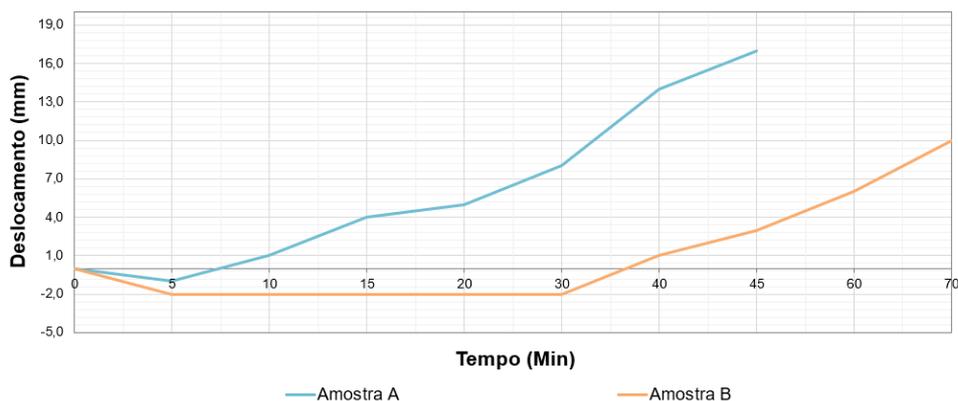


Figura 6 – Deformações ocorridas nas amostras A e B

Observou-se que ambas amostras se deslocaram em direção ao fogo, o fato ocorre devido à dilatação térmica dos materiais na face exposta ao fogo. Posteriormente o deslocamento ocorreu em sentido contrário, talvez explicado pela desintegração da face exposta ao fogo. Esta deformação, associada à aplicação de carga, provoca o acúmulo de tensões na face não exposta ao fogo. A hipótese vai ao encontro do fato da amostra A, que possui uma camada de gesso na face exposta ao fogo, apresentar troca de sentido de deslocamento antes da amostra B, que possui três camadas de gesso na face exposta ao fogo, uma vez que provavelmente uma camada de placa de gesso se desintegrou antes que as três camadas de placa de gesso. A imagem a seguir demonstra esquematicamente esses possíveis acontecimentos. A diferença do comportamento dos deslocamentos não é conclusiva, visto que a aplicação de carregamento é diferenciada entre as amostras.

Como ambas amostras não vieram a ruína, a estabilidade estrutural dessas seria igual ao intervalo de tempo que ocorreu o ensaio. Entretanto na reaplicada da carga 24 horas após a realização, não foi possível a aplicação da carga, considerado como tempo de estabilidade estrutural 80% do tempo de ensaio. Dessa forma, como em ambos sistemas, não foi possível reaplicar a carga, o tempo de resistência mecânica é de 38 e 67 minutos das amostras A e B respectivamente.

Tempo de Resistência ao Fogo (TRF)

A amostra A apresentou tempo de resistência ao fogo de 38 minutos. A amostra B obteve tempo de resistência ao fogo de 67 minutos. A Figura 8 demonstra o estado final das amostras após o ensaio.

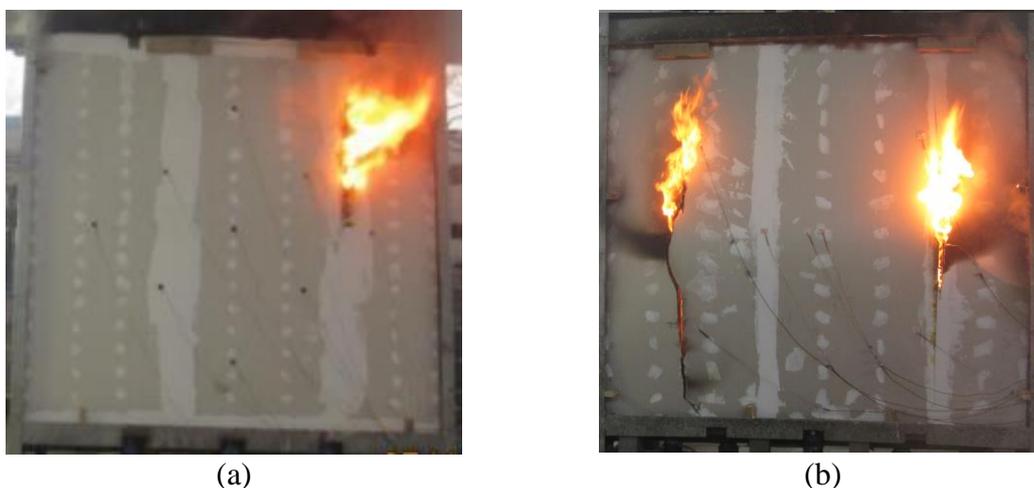


Figura 8 – Estados das amostras (a) A e (b) B no momento do término de seus respectivos ensaios

4 Conclusão

Foi possível observar que os pontos de maior fragilidade de ambas amostras foram nas juntas, uma vez que nessas é que se configurou a perda de estanqueidade. A amostra B, não somente, apresentou um TRF 76,31% superior ao TRF da amostra A, como também um deslocamento transversal inferior no mesmo intervalo de tempo, entretanto não se pode ser definitivo, visto que a aplicação de carga foi diferente entre ambas as amostras. A amostra B conseguiu isolar $44,16^{\circ}\text{C}$ a mais do que a amostra A.

A melhora de desempenho também impacta a viabilidade de aplicação. A consequência desse fato é que o sistema B pode ser utilizado em construções residenciais de até 23 metros de altura, enquanto o sistema A está apto para ser empregado em edificações residenciais de no máximo 12 metros segundo a NBR 14432 (ABNT, 2000). Pode-se afirmar que a influência de camadas adicionais de placas de gesso *standard* em wood frame é significativa em relação ao desempenho do sistema construtivo em situação de incêndio padrão, uma vez que essa adição acrescenta TRF ao sistema, garantindo assim maior gama de aplicação.

Referências

- ALLEN, E.; THALLON, R. *Fundamentals of Residential Construction*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, p. 57-59 2011.
- AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION. *Details for Conventional Wood Frame Construction*. Washington, DC, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5628: Componentes Construtivos Estruturais - Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 14432: Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 15575: Edificações Habitacionais: desempenho, Rio de Janeiro, 2013.
- CARDOSO, L.A. *Estudo do Método Construtivo Wood Framing para Construção de Habitações de Interesse Social*. Trabalho de conclusão do curso – Universidade Federal de Santa Maria, p. 12-13, 2015
- CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO – Instrução Técnica 08: Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção, São Paulo, 2011
- COSTA, A.T.; NASCIMENTO, F.B.C. - Uso de Gesso Acartonado em Vedações Internas, *Cadernos de graduação: ciências exatas e tecnológicas*, Vol. 2, no. 3, p. 99-106, 2015.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR– ISO 834-1 Fire resistance tests - Elements of Building Construction - Part 1: General requirements, Genebra, 2014.
- MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. Sistema Construtivo em Wood Frame para Casas de Madeira. In: *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010.
- MOURA, A.; De Sá, M.V.V.A. Influência da Racionalização e Industrialização na Construção Sustentável. *Revista tecnologia e informação*, Vol.1 p. 72 – 74, 2013
- PANNONI, F. D. E SILVA, E. P. et al. - *A Segurança Contra Incêndio no Brasil* - São Paulo: Projeto Editora, p. 414, 2008.
- PINTO, E. M. *Proteção Contra Incêndio para Habitações em Madeira*. Dissertação Mestrado – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, p. 62, 2001
- RASBACH, D. J. et al. - *Evaluation of Fire Safety* - Chichester etc: Wiley p. 496 2004.
- SOUZA, M. F. *Estudo Numérico do Isolamento Térmico de Painéis do Sistema Light Steel Framing em Situação de Incêndio*. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, p. 75 – 145, 2010.
- SOUZA, R.P. *Avaliação da Influência da Espessura do Revestimento Argamassado e do Carregamento no Comportamento da Alvenaria frente a Altas Temperaturas*. Dissertação Mestrado - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, p. 123-124, 2010.