CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.002
ISBN 978-65-86819-05-2

Paredes de vedação pré-fabricadas de concreto armado em situação de incêndio: análise experimental, em escala real, da influência da espessura na resistência ao fogo

Precast reinforced concrete walls in fire situation: Experimental analysis, in real scale, of the influence of thickness on fire resistance

MALVESSI, JOSÉ AUGUSTO
Graduando em engenharia civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
JOSEAUGUSTO99@EDU.UNISINOS.BR

PRAGER, GUSTAVO
Engenheiro civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
GPRAGER@UNISINOS.BR

BOLINA, FABRÍCIO
Professor doutorando em engenharia civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
FLBOLINA@UNISINOS.BR

MOREIRA, MICHAEL
Mestre em engenharia civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
MICHAELBM@UNISINOS.BR

ROSA, FERNANDO
Engenheiro civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
FERNANDO18 @CERTELNET.BR

TUTIKIAN, BERNARDO
Professor doutor em engenharia civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Rio Grande do Sul; Brasil
BFTUTIKIAN@UNISINOS.BR

RESUMO

A industrialização da construção civil, através da utilização de sistemas construtivos pré-fabricados, vem conquistando importante espaço no mercado, levando racionalização e sustentabilidade às obras. Dentre os sistemas pré-fabricados, destacam-se as paredes de vedação vertical sem função estrutural, que podem atuar na compartimentação dos ambientes em edificações para atender os requisitos de segurança ao incêndio. Este trabalho visa analisar o desempenho quanto à resistência ao fogo de duas tipologias de paredes, constituídas de placas de concreto armado pré-fabricado em escala real, com dimensões de 315x300 cm. As placas possuem o mesmo concreto, cuja variável foi apenas a espessura: uma com 8 cm (S1) e outra de 12 cm (S2). O estudo foi realizado expondo as amostras à uma curva de incêndio padrão imposta pela ISO 834-1 (ISO, 1999), avaliando-se a estanqueidade, o isolamento térmico e a resistência mecânica durante o programa térmico, de acordo com a NBR 10636 (ABNT, 1989). A amostra S1 de 8 cm apresentou uma resistência ao fogo de 88 minutos, podendo ser utilizada em edificações cujo tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) é de 60 minutos, de acordo com a NBR 14432 (ABNT, 2001), enquanto a amostra de 12 cm (S2), 180 minutos, podendo ser utilizada em edificações que possuem TRRF de 180 minutos.
Palavra-Chave: Segurança contra Incêndio; Concreto pré-fabricado; Desempenho; Resistência ao fogo

ABSTRACT

The industrialization of civil construction, using precast construction systems, is becoming more usual in this sector, taking rationalization and sustainability to construction. Vertical sealing walls stands out as a precast system, with no structural function, that can act as compartmentalization of edification spaces to meet fire safety requirements, based on NBR 15575 (ABNT, 2013). This work aims to analyze the performance, in terms of fire resistance, of two typologies of walls, made of precast reinforced concrete panels with different thicknesses. Two samples with 315x300 cm were tested in real scale. Panels with the same concrete were used, which variable was only the thickness: one of 8 cm (S1) the other (S2) 12 cm. The research was made exposing the samples to a standard fire curve imposed by the ISO 834-1 (ISO, 1999), measuring the leak-tightness, the thermal insulation and the mechanical resistance during the thermal program, in accordance with NBR 10636 (ABNT, 1989). Sample S1, with 8 cm of thickness, exhibited a fire resistance time of 88 minutes and could be used in buildings which Required Fire Resistance Time (RFRT) is 60 minutes, according to

ISBN 978-65-86819-05-2

standard NBR 14432 (ABNT, 2001), while the sample S2, with 12 cm, presented a fire resistance of 180 minutes and could be used in buildings with RFRT of 180 minutes.
Keywords: Fire Safety; Precast concrete; Performance; Fire resistance

1. INTRODUÇÃO

Com a conquista de espaço no mercado de trabalho dos sistemas verticais de vedação, os quais agilizam a construção civil com menor desperdício de material e menor quantidade de resíduos sendo descartados. Seu uso é um artifício vantajoso na construção de estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos e obras industriais (BRITO; GANTOIS, 2014). Porém, como existem diversas combinações de materiais para a obtenção do concreto dos sistemas pré-fabricados, cada qual possui um comportamento distinto quando exposto ao fogo, torna-se evidente o estudo deste material frente a altas temperaturas. (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011).

Mehta e Monteiro (2014) comentam que diversos fatores influenciam no comportamento do concreto quando submetido a altas temperaturas. A composição do material é um dos princípios fundamentais.

Costa (2005) afirma que a prevenção contra incêndio é a principal medida para evitar perdas materiais e principalmente riscos à vida dos usuários. Para que um incêndio não tome grandes proporções, a compartimentação de ambientes entra como uma das melhores opções. Neto (1995) e Costa et al. (2005) salienta que a subdivisão do edifício em células capazes de suportar a queima dos materiais, impedindo o alastramento do fogo é a principal solução para a redução do risco de incêndio em construções, ou seja, impedindo uma inflamação generalizada, tanto para não haver a propagação do fogo verticalmente ou horizontalmente durante o incêndio.

Entre sistemas de compartimentação de pré-fabricados, há as paredes de vedação vertical sem função estrutural, as quais devem atender a ABNT NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Essa norma estabelece os requisitos, critérios e métodos de ensaio para a avaliação do desempenho desses tipos de sistemas para novas edificações, reformas ou edificações provisórias.

Portanto, em sistemas de vedação vertical, principalmente paredes divisórias entre ambientes, para promover a compartimentação é necessário que o sistema tenha resistência ao fogo durante um determinado tempo, de acordo com uso e ocupação da edificação, explanado pela NBR 14432 (ABNT, 2001). Para tal cumprimento, devem ser respeitadas três critérios segundo a NBR 10636 (ABNT, 1989), sendo elas, o isolamento térmico, a estanqueidade a gases quentes e fumaça, e a estabilidade estrutural.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A compartimentação dos ambientes é uma medida de proteção passiva que visa basicamente a contenção do incendio no ambiente de origem (COSTA, 2005). É realizada através da aplicação de barreiras corta-fogo, que consistem principalmente de sistemas com o tempo de resistência conhecido, construídos com o objetivo de impedir a propagação gradativa do fogo e da fumaça, que podem se propagar através de espaços vazios (GOSSELIN, 1989).

Segundo Caldas (2008), o desenvolvimento do incêndio em determinado compartimento pode ser dividido em três fases. Inicialmente, o incêndio é localizado e a distribuição da temperatura no compartimento é altamente variável de acordo com a carga de incêndio. Nesta fase ocorre o maior risco, podendo ocasionar mortes aos ocupantes devido à produção de gases quentes e fumaça. Caldas (2008) afirma que na transição da fase inicial para intermediaria a taxa de calor liberada se torna constante, ocorrendo uma elevação acentuada na temperatura, com uma propagação das chamas de forma descontrolada, chegando a um ponto em que o incêndio se torna irreversível, nesta fase os danos a estrutura atingem o máximo, ocorrendo efeitos que causam danos ao concreto, perdendo resistência mecânica entre as altas temperaturas desta fase. Esse é o ponto de inflamação, mais conhecido como *flash over*.

Em consequência ao comportamento do incêndio explanado anteriormente, o concreto convencional possui vantagem devido a sua propriedade incombustível. Entretanto, de acordo com Morales, Campos e Faganello (2011), por ser um material com diferentes possiblidade de obtenção, podem haver variabilidades de acordo com a sua composição quanto ao seu comportamento quando exposto a altas temperaturas, a exemplo do lascamento explosivo, conhecido como *spalling*.

Mehta e Monteiro (2014) destacam que muitos fatores controlam a resposta do concreto quando exposto ao fogo, sendo difícil antever o efetivo comportamento dos elementos constituídos por esse material. Os autores ainda comentam que a composição do concreto é essencial, sendo que tanto a pasta quanto o agregado se decompõem quando submetidos a altas temperaturas. A permeabilidade do concreto levada em consideração através da relação água/cimento e a resistência à compressão, a geometria e taxa de aumento de temperatura são importantes, pois remetem o comportamento de tal material nessa circunstância como afirmam Mehta e Monteiro (2014).

ISBN 978-65-86819-05-2

Segundo Oliveira (2013) quando tratado de concretos convencionais, a variação da resistência à compressão possui pouca influência no comportamento exposto ao fogo. O autor afirma que o tipo de agregado e de cimento utilizados na composição do concreto não acarreta alterações quando submetido ao ensaio de elevada temperatura.
Costa (2008) afirma que o concreto armado possui bom desempenho à compressão, através da solidariedade entre o aço e o concreto. Quando submetidos a temperaturas superiores a 100 °C o concreto armado perde a característica de material homogêneo, através do acréscimo da temperatura devido a transformações químicas, físicas e mineralógicas da matriz. Toda a perda de umidade gerada quando o concreto está exposto ao fogo tende a resultar na queda da resistência e do módulo de elasticidade. A umidade contida na pasta de cimento, consiste na água que restou após a hidratação do cimento, sendo que quando exposta ao calor, a temperatura do concreto não se deve aumentar, até que toda a água evaporável tenha sido removida (METHA; MONTEIRO, 2014).
Phan et al. (2010) afirma que alterações das propriedades do concreto podem provocar fenômenos que diversas vezes não são previstos nas fases do projeto, muitas vezes podendo comprometer a função dos elementos construtivos. Ao sofrer uma elevada temperatura entre a face exposta ao incêndio e o interior, o elemento construtivo fica propício a uma manifestação patológica, conhecida como desplacamento. Chan et al. (1999) afirma que o desplacamento tende a vir se manifestar quando a temperatura ultrapassa os 300 °C.
Kirchhof (2010) salienta que o desplacamento é causado pelas pressões internas oriundas da dilatação dos materiais constituintes dos sistemas e da poropressão causada através da vaporização da água.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para a realização da pesquisa, foram confeccionadas duas amostras do sistema de placas de concreto armado, com o mesmo traço de concreto, sendo uma com 8 cm de espessura (S1), composta por 3 placas, duas possuindo 314x117 cm e 1 de 314x66 cm. A amostra (S2) possuía 12 cm de espessura, sendo assim, composta por 2 placas de 314x150 cm. Ambos sistemas foram vedados com a aplicação do selante de poliuretano, denominado “PU de construção”. Os sistemas foram ensaiados sete dias após cada execução, totalizando assim 60 dias de cura para ambas placas de concreto. A Figura 1 apresenta a sequência de montagem dos sistemas. Para a realização do programa experimental foi utilizado o forno vertical localizado no itt Performance, na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos).



Figura 1 - Execução dos sistemas S1 e S2 respectivamente.

3.1 Materiais

3.1.1 Armadura

Para a amostra S1 foi utilizado uma malha Q61 com uma barra de reforço de borda com 8mm. A amostra S2 de 12 cm de espessura foi utilizada duas malhas Q61 com reforço de duas barras com 10mm de diâmetro. As armaduras foram de aço CA-50 cuja tensão de escoamento é de 500 MPa.

3.1.2 Concreto

Para ambos sistemas, o cimento utilizado foi o CP II- F40, a areia foi de granulometria média, como agregado graúdo foi utilizado brita 0 e 1, utilizando um traço em massa de 1: 2,63: 3,16, respectivamente, sendo 35 MPa o Fck do concreto. O aditivo para a fabricação das peças foi o plastificante Rodoquímica. A relação água/cimento foi de 0,47. A Figura 2 apresenta a concretagem das placas.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 2 – Concretagem das placas.

3.2 Equipamentos

Os ensaios foram realizados no itt Performance na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), utilizando um forno vertical em conformidade com a ISO 834. Equipado com termopares do tipo K, sendo posicionados na parte interna para a verificação das temperaturas da face exposta ao fogo, e na parte não exposta ao fogo foram utilizados termopares do tipo T. Durante a realização dos ensaios, foram registradas as deformações horizontais das amostras, assim como registros das manifestações que intervém na estabilidade dos sistemas.
Para auxiliar na identificação de fissuras e pontos com acréscimo de temperatura, foi utilizada a câmera termográfica, analisando a face não exposta ao fogo. Para a verificação da estanqueidade à fumaça e gases quentes, foram utilizados chumaços de algodão, estes sendo secos em estufa a 100 °C durante uma hora. A Figura 3 demonstra o forno vertical e seus componentes.

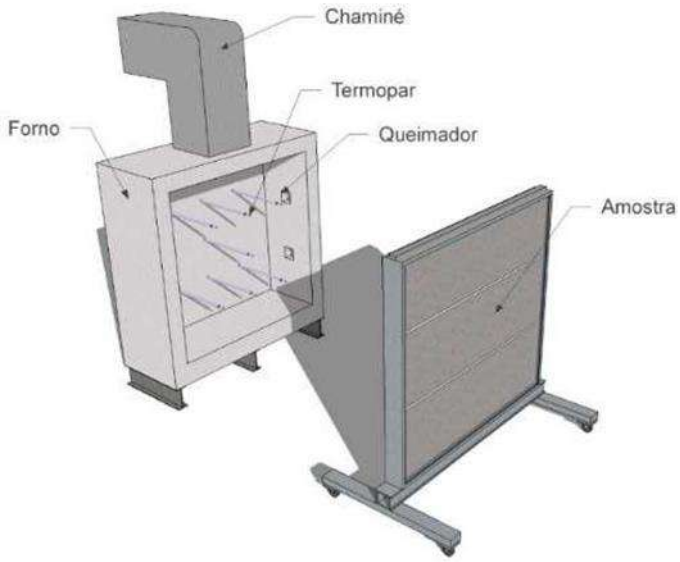


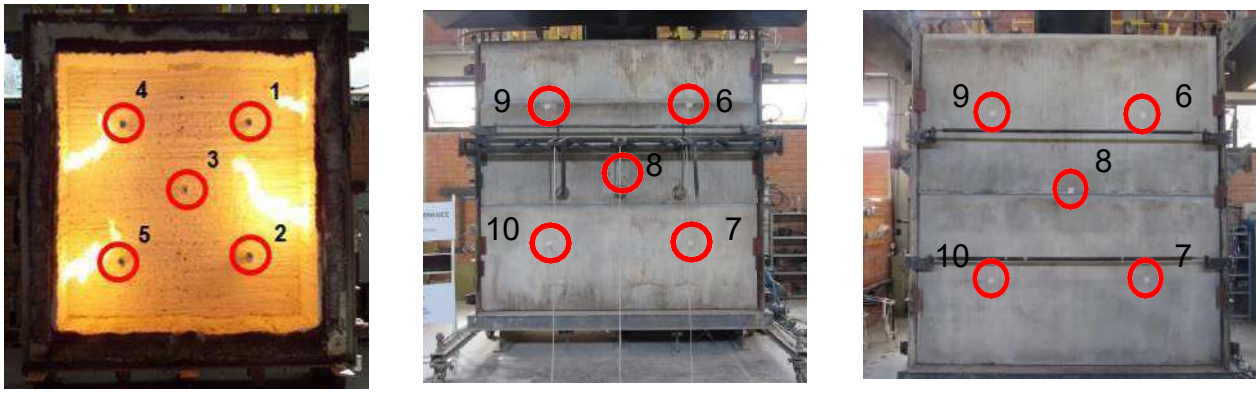
Figura 3 - Detalhamento do forno vertical

3.3 Análise experimental

O ensaio teve como objetivo a determinação do tempo de resistência ao fogo (TRF) das amostras, conforme a NBR 10636 (ABNT, 1989). Durante o aquecimento, três critérios foram verificados: isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade.

ISBN 978-65-86819-05-2

Isolamento térmico é a capacidade de transmitância térmica, o quanto aquele sistema tende a reduzir de calor de uma face para outra. A NBR 10636 (ABNT, 1989) determina que as temperaturas não devem superar a temperatura ambiente de início de ensaio acrescida de 140°C na média dos termopares fixados na parte externa e acrescida de 180°C no limite pontual em cada um dos termopares.
A estanqueidade se baseia com a colocação de um chumaço de algodão fixado em uma haste metálica, próxima a um determinado local que possua fissuras incidentes na amostra, devendo aproximá-lo a uma distância de 20 mm a 30 mm, mantendo-o por 10 segundos e observando o comportamento do chumaço, que não pode ocasionar na inflamação, caso contrário, é caracterizado a perda de estanqueidade, por passagem de gases quentes.
A estabilidade estrutural é verificada pela aplicação de uma carga distribuída na amostra. São analisadas deformações, fissuras, colapsos ou sinais de instabilidade que possam comprometer a segurança dos usuários. A Figura 4 demonstra a disposição dos termopares internos e externos.



(a) (b) (c)

Figura 4- Posição dos termopares na face (a) exposta fogo e (b), (c) não exposta ao fogo de ambos os sistemas.

4. RESULTADOS

Os ensaios das amostras S1 e S2 tiveram respectivamente 90 e 180 minutos. As Figuras 5 e 6 apresentam as ocorrências relatadas durante o programa térmico.

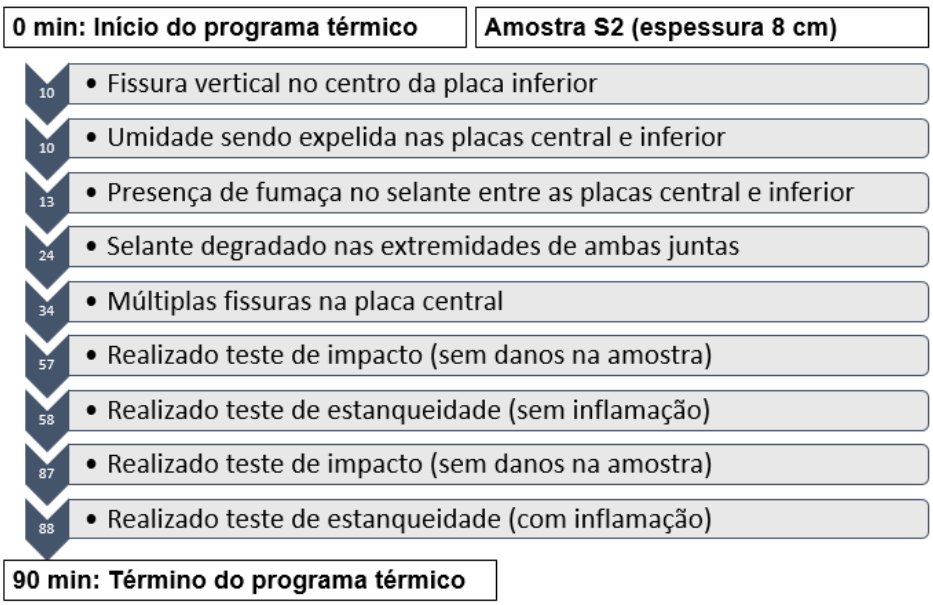


Figura 5- Ocorrências de ensaio do sistema S1.

ISBN 978-65-86819-05-2

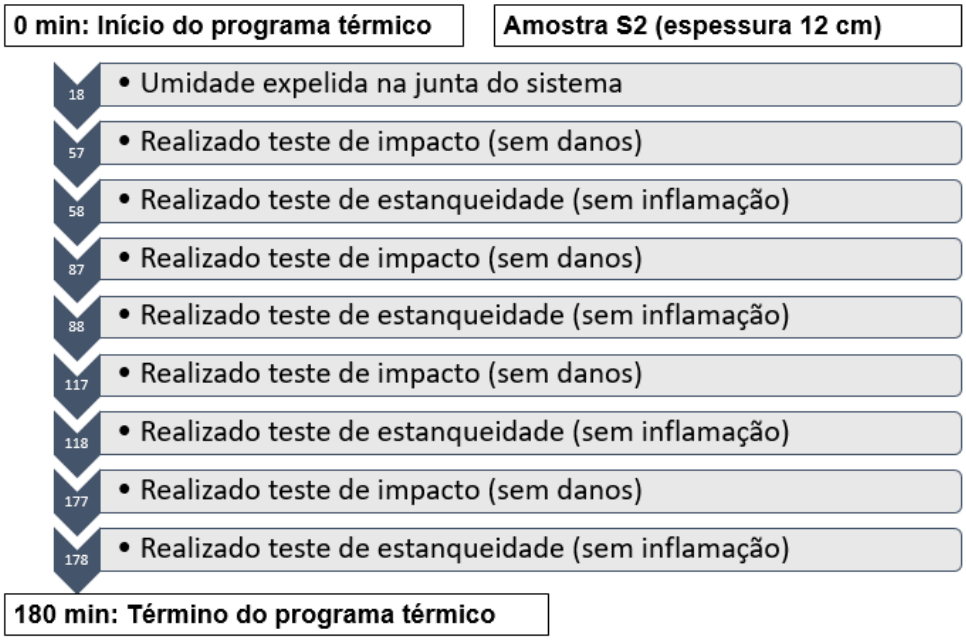


Figura 6- Ocorrências de ensaio do sistema S2.

4.1 Isolamento térmico

A Tabela 1 refere-se à temperatura inicial de ensaio, bem como os limites aritmético e pontual, indicados pela norma. Posteriormente, as Figuras 7 e 8, apresentam as medições realizadas pelos termopares da face não exposta ao fogo dos sistemas S1 e S2 respectivamente.

Tabela 1 – Limites de temperatura das amostras

Temperaturas	Amostra S1	Amostra S2
Inicial do ensaio (ºC)	27,5	34,9
Limite da média dos termopares (ºC)	167,5	174,9
Limite pontual dos termopares (ºC)	207,5	214,9

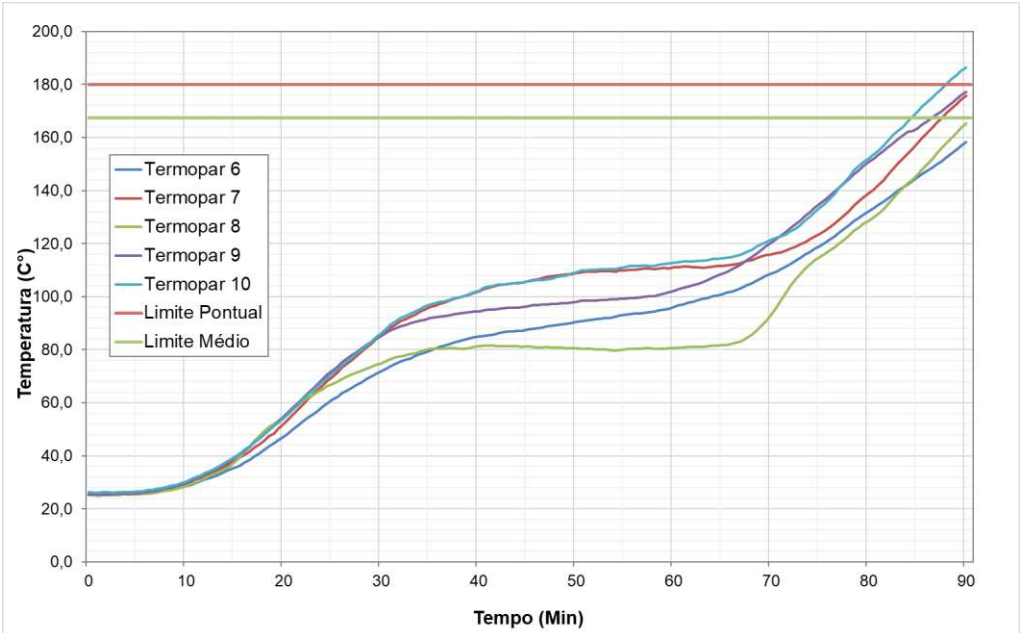


Figura 7 – Temperaturas obtidas na face não exposta ao fogo da amostra S1

ISBN 978-65-86819-05-2

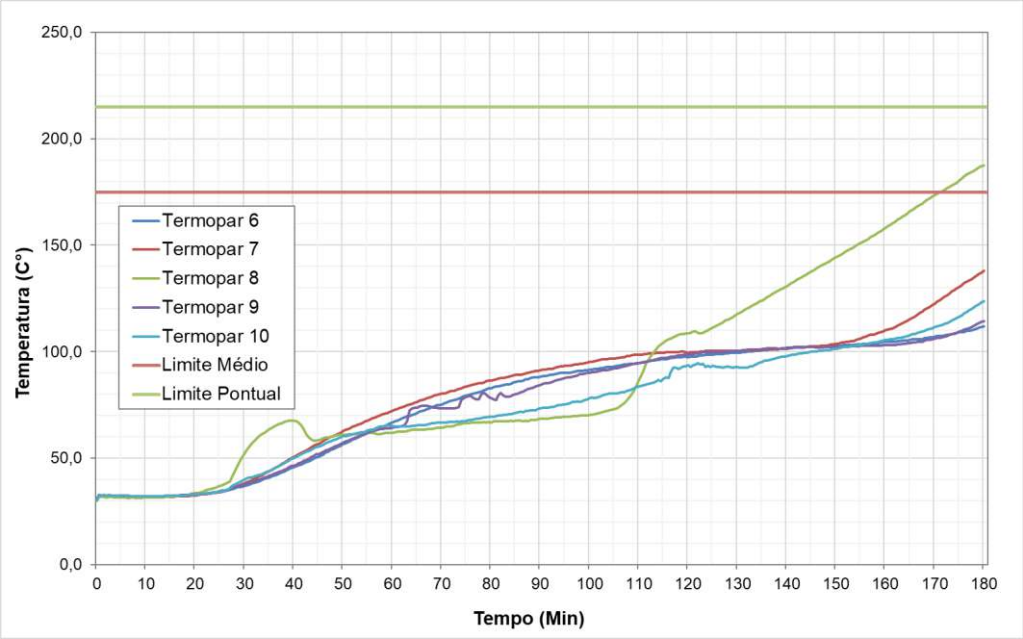


Figura 8 – Temperaturas obtidas na face não exposta ao fogo da amostra S2

4.2 Estanqueidade

Os testes de estanqueidade devem ser realizados em pontos onde estão localizadas fissuras, que possam ocasionar a passagem de calor ou fumaça para o ambiente durante determinado incêndio. Na amostra S1 notou-se a presença de fumaça entre as placas central e inferior aos 13 minutos, e aos 23 entre as placas central e superior, realizou-se o teste de estanqueidade aos 58 e 88 minutos, sendo que aos 88 minutos o chumaço de algodão inflamou, assim a amostra perdeu a estanqueidade. Já para S2, realizou-se o teste aos 58, 88, 118 e 178 minutos, de forma a não ocorrer a inflamação em ambos testes. Desta forma a amostra apresentou estanqueidade durante ao longo de todos os 180 minutos de ensaio. A Figura 9 demonstra a realização do teste de estanqueidade em ambos os sistemas.



Figura 9 – Teste de estanqueidade realizado em ambos os sistemas.

4.3 Estabilidade estrutural

Ambas amostras se mantiveram íntegras durante todo ensaio, o tempo de estabilidade estrutural é igual ao intervalo de tempo que ocorreu o ensaio. Na amostra S1 foi realizado o teste de integridade estrutural aos 57 e 87 minutos, não gerando desgaste do sistema. Na amostra S2, para a qual o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) foi de 180 minutos, foi realizado o teste aos 57, 87, 117 e 177 minutos que não afetaram o sistema ensaiado. A Figura 10 demonstra a realização do teste de integridade estrutural realizado em ambos sistemas, a Figura 11 consequentemente

ISBN 978-65-86819-05-2

demonstra as deformações ocorridas nas amostras durante todo o período de ensaio. As deformações foram verificadas em tempos pré-determinados através da utilização de um trena a laser centralizada no centro geométrico de cada sistema.



Figura 10 – Teste de integridade estrutural realizados nas amostras S1 e S2 respectivamente.

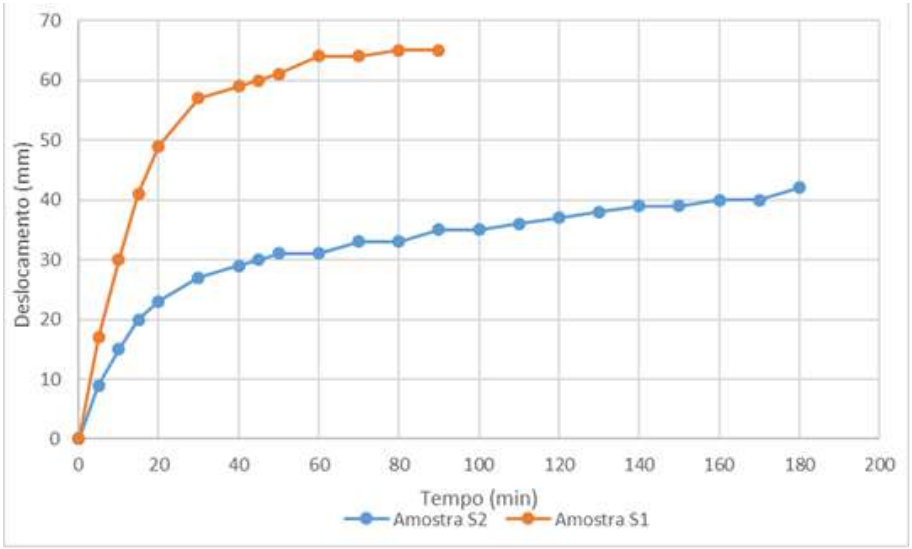
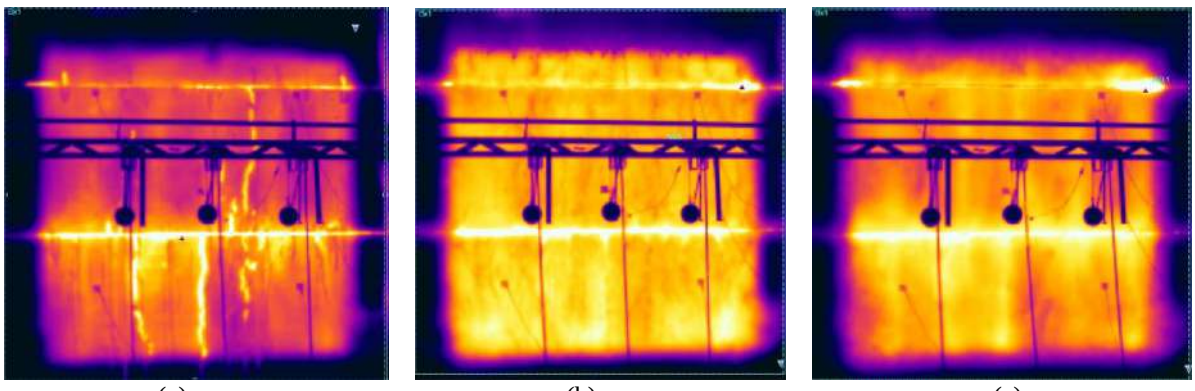


Figura 11 - Deslocamento transversal das amostras S1 e S2

4.4 Aplicabilidade

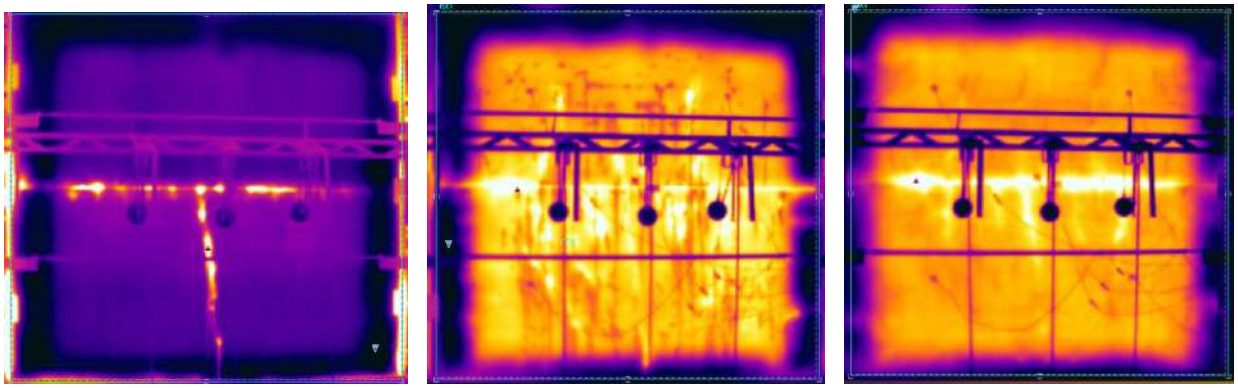
As Figuras 12 e 13 tratam-se das imagens capturadas pela camêra termográfica durante o ensaio das amostras S1 e S2 respectivamente.



(a) (b) (c)

ISBN 978-65-86819-05-2

Figura 12 – Acréscimo de temperatura na amostra S1, de acordo com a câmera termográfica, aos (a) 20 minutos, (b) aos 60 minutos e (c) aos 90 minutos



(a) (b) (c)

Figura 13 – Acréscimo de temperatura na amostra S1, de acordo com a câmera termográfica, aos (a) 20 minutos, (b) aos 60 minutos e (c) aos 150 minutos

A amostra S1 apresentou (TRF) de 88 minutos, sendo classificada como Corta Fogo de 60 minutos, podendo ser utilizada em edificações habitacionais de classe P1, P2 e P3, conforme 14432 (ABNT 2001), podendo ser utilizada na prática em construções de até 23 metros de altura. A amostra S2 apresentou (TRF) de 180 minutos, resultando em 180 minutos de Corta Fogo. Possuindo uma aplicabilidade para classes P1 até P8, podendo ser utilizado em edificações habitacionais de até 250 metros de altura. A figura a seguir demonstra ambas amostras depois de serem submetidas ao ensaio de resistência ao fogo.



(a) (b)

Figura 14 – Estado das amostras (a) S1 e (b) S2 após o término de seus respectivos ensaios

5. CONCLUSÕES

A influência da espessura de placas de concreto armado no tempo de resistência ao fogo (TRF) pode ser notada quando exposta a determino incêndio, inferindo diretamente na aplicabilidade dos sistemas, visto que a que melhor demonstrou TRRF foi o sistema S2 com 12 cm de espessura suportando os 180 minutos de ensaio. O sistema S1 com 8 cm de espessura TRRF de 90 minutos, visto que o TRF deste sistema foi de 60 minutos.

O *spalling* pode ser considerado um dos principias motivos na classificação de sistemas de vedação compostos por placas de concreto armado, visto que possui uma influência diretamente na temperatura ao longo da seção, inferindo principalmente no isolamento térmico. Ambos os sistemas apresentaram pequenos desplacamentos, podendo apenas serem visualizados quando próximo à amostra pós incêndio, o desplacamento está interligado ao tempo de cura das amostras, quanto maior o tempo de cura menor será o desplacamento. Com base nos resultados pode-se concluir que a espessura está diretamente interligada no TRF.

Pode-se observar que durante o aquecimento a amostra S1 demonstrou um aumento da temperatura maior e mais rápido do que o sistema S2, outro fator de importância relevância a ser considerado, foi que ao longo do incêndio o selante

ISBN 978-65-86819-05-2

entre as placas do sistema S1 se consumiu mais rapidamente do que o sistema S2, que pode ser demonstrado devido a espessura das placas contidas no sistema. Ambas as amostras contaram com o baixo coeficiente de condutividade térmica do concreto, visto que a armadura não foi exposta ao incêndio, devido a não ter ocorrido desplacamentos de grande porte.

REFERÊNCIAS

SEITO, A. I. et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Projeto Editora, 2008. v. 53.

SILVA DE BRITO, Rafael; JORGE GANTOIS, Carlos Henrique. Estruturas de concreto pré-fabricadas em edifícios de múltiplos pavimentos contraventados por núcleo de rigidez. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 13, 2014.

MORALES, G.; CAMPOS, A.; FAGANELLO, AMP. A ação do fogo sobre os componentes do concreto. **Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 32, n. 1, p. 47-55, 2011.
COSTA, C. N.; ONO, R.; SILVA, V. P. A Importância da compartimentação e suas implicações no dimensionamento das estruturas de concreto para situação de incêndio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – CBC2005, 47., Volume III. **Anais**... Trabalho 47CBC0539, 2005. p. III 1-26.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: edificações habitacionais: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

NETO, Manoel Altivo da Luz. Condições de Segurança contra incêndio. **CEP**, v. 70058, p. 900, 1995.

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 10636: paredes divisórias sem função estrutural – determinação da resistência ao fogo – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1989.

GOSSELIN, G.C. (1989). Fire Compartmentation and Fire Resistance. Building Science Insight. **Institute for Research in Construction**. National Research Council Canada.

CALDAS, Rodrigo Barreto. Análise numérica de estruturas de aço, concreto e mistas em situação de incêndio. **Minas Gerais, Tese (Doutorado) -Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais**, 2008.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

OLIVEIRA, T. A. de C. P. **Fire Resistance of Composite Columns Made of Concrete Filled Circular Hollow Sections and With Restrained Termal Elongation**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013.

PHAN, L. T.; MCALLISTER, T. P.; GROSS, J. L.; HURLEY, M. J. **NIST Technical Note 1681**: best practice guidelines for structural fire resistance design of concrete and steel buildings. USA: Nat. Inst. Stand. Technol., 2010.
CHAN, S.Y.N.; PENG, G-F.; ANSOM, M. Fire behavior of high-performance concrete made with sílica fume at various moisture contentes. **ACI Material Journal**, v.96, nº 3, p.405-411, 1999.

KIRCHHOF, L. D. **Estudo teórico-experimental da influência do teor de umidade no fenômeno de spalling explosivo em concretos expostos a elevadas temperaturas**. 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia) -- Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2010.

SILVA DE BRITO, Rafael; JORGE GANTOIS, Carlos Henrique. Estruturas de concreto pré-fabricadas em edifícios de múltiplos pavimentos contraventados por núcleo de rigidez. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 13, 2014.

ISBN 978-65-86819-05-2

ROSSO, Teodoro. Incêndios e arquitetura. **São Paulo: FAUUSP**, 1975.

ONO, R. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos**. Ambiente Construído, v. 7, n. 1, p. 97–113, 2007.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO – Instrução Técnica 08: **Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção**, São Paulo, 2018.

BOTTIN, G.; PRAGER, G. L.; GIL, A. M.; TUTIKIAN, B. F.; BOLINA, F. **Estruturas de alvenaria em situação de incêndio: avaliação experimental em escala real da influência da geometria dos blocos cerâmicos no desempenho estrutural às altas temperaturas**. In: X CBPE - Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio Janeiro, 2018. p. 1-10.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. Instrução Técnica n. 8: resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2011.

SHUTTLEWORTH, P. **Fire Performance of concrete for tunnel linings: channel tunnel rail link**. London: Rail Link Engineering, 1997. (Technical Report n. 000-RUG-RLEEX-00005-AB).