



AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO, EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO, DE PRISMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO REVESTIDOS COM ARGAMASSA MISTA DE CAL E CIMENTO

Palavras-Chave: ISOLAMENTO TÉRMICO, ALVENARIA ESTRUTURAL, INCÊNDIO

Autores(as):

Larissa Yukie Moniva, FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Júnior (orientador), FECFAU – UNICAMP

Eng. Me. Cleber Eduardo Fernandes Leal, UFSCAR

INTRODUÇÃO:

A alvenaria estrutural vem sendo amplamente empregada no mercado de construção civil brasileiro, com destaque para edifícios residenciais. Esse sistema construtivo vem se consolidando por se mostrar um sistema viável, moderno e econômico (ROSEMANN, 2011). Entretanto, nacionalmente, há poucas informações sobre as propriedades mecânicas e térmicas de materiais e componentes da alvenaria estrutural sob altas temperaturas. No Brasil, a alvenaria estrutural ainda não conta com norma específica que permita verificações da estrutura sob situação de incêndio.

A resistência ao fogo de um elemento estrutural representa sua capacidade de permanecer, sob a ação de incêndio e, durante um determinado período, exercendo as funções para as quais foi projetado (MORENO JÚNIOR e MOLINA, 2012). A esse período atribui-se o nome Tempo Requerido de Resistência ao Fogo-TRRF (NBR 14432- ABNT, 2001).

Dentro dos estudos de alvenaria estrutural, a análise de prismas é de grande importância, uma vez que esses elementos são adotados como referências por normas ao redor do mundo, inclusive no Brasil, quando se deseja estimar a resistência de paredes. Além disso, quando comparados aos ensaios de paredes em escala real, os testes em prismas demandam menor tempo, custo e instrumentação necessária (PARSEKIAN, 2018).

Diante disso, este estudo propõe uma avaliação experimental da resistência ao fogo segundo o critério de isolamento térmica em prismas com blocos de concreto, revestidos ou não, com e sem chapisco. Considerando revestimento com argamassa mista convencional, com espessura de 1cm e 2cm, e chapisco de 0,5cm. Além de avaliar a influência do revestimento e do chapisco (como incremento de aderência do revestimento e do substrato do bloco) e comparar os resultados dos ensaios experimentais com os tempos previstos por normativa internacional, o ACI/TMS 216.1-14.

METODOLOGIA:

Para a montagem dos prismas foi utilizado blocos de concreto Classe C, de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016), com resistência nominal de 4MPa e dimensões de 14x39x19 cm (largura:comprimento:altura). Para a caracterização dos blocos foi seguido a NBR 12118 (ABNT,2013), a Tabela 1 apresenta as principais propriedades de interesse.

Para as argamassas de assentamento e revestimento foram utilizadas cimento Portland (CPII F32), cal hidratada (CH III), areia e água proveniente da rede de abastecimento. Para a argamassa de assentamento tipo convencional, a areia de cava peneirada foi extraída em Mogi-Guaçu (SP) e o traço dela é de 1:1,1:6,5 (cimento:cal:areia) em massa e relação água/cimento de 1,60. A argamassa do chapisco, conta com areia de cava de Pedreira (SP) e traço 1:4,57 (cimento: areia) em massa e relação água/cimento de 1,25. Para a argamassa de revestimento, a areia utilizada é tipo fina, de cava e extraída de Leme (SP). O traço utilizado é de 1:1,35:9,1 (cimento:cal:areia) em massa e relação de água/cimento de 2,20.

Os ensaios para a caracterização das argamassas foram descritos na NBR 13276- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. (ABNT, 2016) e NBR 7215- Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão (ABNT, 2019).

Foram moldados 15 prismas de modo que se obteve 5 combinações diferentes, como mostra a Tabela 2.

O ensaio de isolamento foi uma adaptação da NBR 5628 (ABNT, 2022) e NBR 10636-1 (ABNT, 2022), seguindo com as seguintes etapas:

- 1- Aplicação de 6 termopares no prisma, 3 na face fria, 1 entre o revestimento e o bloco e 2 na face quente. Além de posicionar 1 termopar dentro do forno. Para a fixação dos termopares no prisma, foi utilizado argamassa refratária da empresa Refratek, como mostra as Figuras 1 e 2.

Propriedades Geométricas	Valores Médios
Largura (mm)	140.3
Comprimento (mm)	390.8
Altura (mm)	188.3
Área Líquida (mm ²)	23295.9
Área bruta (mm ²)	54810.9
Relação Alíq/Abruta	0.425
Propriedades Físicas	Valores Médios
Massa no estado seco (g)	9262.5
Índice de absorção de água (%)	6.6
Propriedades Mecânicas	Valores Médios
Resistência média à compressão – fbm, aos 28 dias (MPa)	4.3
Resistência característica – fbk, aos 28 dias (MPa)	2.7

Tabela 1- Propriedades dos blocos utilizados na pesquisa.

Combinação	Prismas (unid)
Bloco 14x39- fbk 4MPa- arg. assentamento 5MPa convencional- SEM revestimento	3
Bloco 14x39- fbk 4MPa- arg. assentamento 5MPa convencional- COM revestimento arg. convencional 1 cm - SEM chapisco	3
Bloco 14x39- fbk 4MPa- arg. assentamento 5MPa convencional- COM revestimento arg. convencional 2 cm - SEM chapisco	3
Bloco 14x39- fbk 4MPa- arg. assentamento 5MPa convencional- COM revestimento arg. convencional 1 cm - COM chapisco	3
Bloco 14x39- fbk 4MPa- arg. assentamento 5MPa convencional- COM revestimento arg. convencional 2 cm - COM chapisco	3
Total:	15

Tabela 2- Combinação dos modelos de prismas

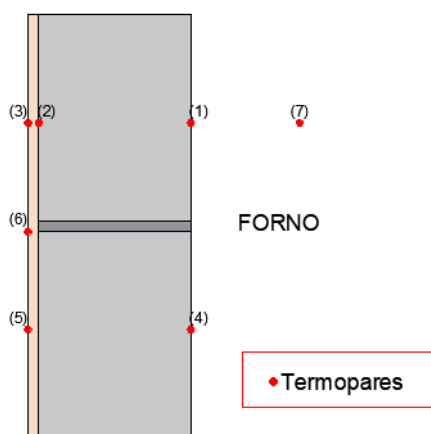


Figura 1- Posicionamento dos termopares



Figura 2- Posicionamento dos termopares na face não exposta

- 2- Posicionamento do prisma na abertura do forno e aquecimento seguindo a curva de incêndio padrão ISO 834-1.
- 3- Avaliação do isolamento térmico pelo tempo (em minutos) em que a média de pontos da face fria leva para atingir 140°C (+ temperatura ambiente) ou tempo em que um ponto isolado na mesma face atinge 180°C (+ temperatura ambiente). Para tal, foi utilizado a câmera termográfica Fluke Ti110, como mostra a Figura 3.



Figura 3- Medição da temperatura com a câmera termográfica

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Até o momento de redação deste trabalho, tem-se os resultados experimentais apresentados na Tabela 3. Foi calculado o tempo de isolamento pelo Método ACI/TMS 216.1 e foi obtido o período de resistência ao fogo pelo critério EI (Estanqueidade e Isolamento) pelo método tabular do Eurocode 6, para comparação com os resultados dos ensaios. É apresentada também a diferença entre os resultados experimentais e teóricos.

PRISMA	Temperatura ambiente (°C)	Horário inicial	Temperatura final(°C)	Horário final	TRF experimental (min)	TRF ACI (min)
Bloco com argamassa convencional com 1 cm e sem chapisco	21,6	15:18	201,6	16:53	83	58.1
Bloco com argamassa convencional com 1 cm e com chapisco	18,7	10:52	198,7	12:14	88	65.6
Bloco com argamassa convencional com 2 cm e sem chapisco	21	14:49	201	16:30	101	73.1
Bloco com argamassa convencional com 2 cm e com chapisco	24	14:17	204	15:40	95	80.6

Tabela 3- Resultados dos ensaios

Observa-se que os valores teóricos, pelo Método ACI, apresentam diferenças de até 30% em relação aos obtidos experimentalmente. Que pode ser explicado pelos diferentes tipos de materiais, complexidades e singularidades, além da existência de certo grau de conservadorismo do método numérico.

Além disso, é possível notar que o ensaio do prisma com 2 cm de revestimento mostra uma discrepância em relação aos outros resultados, por ter sido um dos primeiros ensaios em que a instrumentação ainda estava em desenvolvimento, por isso será refeito esse ensaio e descartado esse valor.

CONCLUSÕES:

Nessa pesquisa foram determinadas os TRF de prismas com e sem chapisco e com e sem revestimento. Assim, o aumento da espessura do revestimento em 1 cm pode levar ao aumento do tempo de resistência ao fogo em aproximadamente 18% a mais experimentalmente e pelo método ACI, pode aumentar 20% do tempo. Ao utilizar chapisco nos prismas, houve um aumento de 5,7% para o método experimental, enquanto pelo método ACI houve um aumento de 11%. Com isso, a diferença entre o método experimental e o método teórico ACI é de até 30%.

BIBLIOGRAFIA

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628: Componentes construtivos estruturais - Ensaio de resistência ao fogo**. Rio de Janeiro, 2022. 65p.

_____. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016. 10p.

_____. **NBR 10636-1: Componentes construtivos não estruturais - Ensaio de resistência ao fogo - Parte 1: Paredes e divisórias de compartimentação**. Rio de Janeiro, 2022. 46p.

_____. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. 2014. 14p.

_____. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2001. 14p.

_____. **NBR 16945: Classificação da resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações**. Rio de Janeiro, 2021. 69p.

ACI, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE; TMS, THE MASONRY SOCIETY. **ACI/TMS 216.1-14: Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies**. Farmington Hills. 2014.

BUENO, G.M. **Avaliação da resistência ao fogo de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos com instalações prediais**. Dissertação de mestrado, UNISINOS/ São Leopoldo, 2019.

DUPIM, R. H. Resistência residual de compressão de blocos, prismas e pequenas paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto submetidos à situação de incêndio. São Carlos, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1996-1-2: Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.** [S.I.]. 2005b. 83p.

ISO, INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 834-1: Fire resistance tests - elements of building construction - Part 1: General requirements.** Geneva, 1999. 25p.

LEAL, D.F. et al. Experimental investigation on structural concrete masonry in fire: emphasis on the thermal behavior and residual strength, Rev. IBRACON Estrut. Mater., vol. 14, no. 4, 2021.

LEAL, C. E. F. et al. Proposta para determinação do tempo de resistência ao fogo em alvenaria estrutural quanto à isolamento térmica. Concreto & Construções, [S.L.], v. , n. 108, p. 81-86, 2022. Editora Cubo.

LEITE, H. A. L.; MORENO JÚNIOR, A.; TORRES, D. L. Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: contribuição à futura normatização nacional. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 2., p. 89-107, abr./jun. 2016.

MORENO JÚNIOR, A.; MOLINA, J. C. Considerações de interesse sobre a avaliação em laboratório de elementos estruturais em situação de incêndio: contribuições à revisão da NBR 5628: 2001. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4., p. 37-53, out./dez. 2012.

NETO, J.A.D.F. **Estudo experimental do comportamento de elementos de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos em situação de incêndio.** Dissertação de mestrado, USP/São Carlos, SP, Brasil, 2020.

PARSEKIAN, G. A. et al. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural.** 2a Edição. São Carlos: EdUFSCar, 2013. 625p.

ROSEMANN, Fernando. Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2011.,