Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

MORFOLOGIAS TÍPICAS DE UM INCÊNDIO E SEUS EFEITOS EM PAREDES E BLOCOS DE ALVENARIA – UMA REVISÃO

TYPICAL FIRE MORPHOLOGIES AND THEIR EFFECTS ON MASONRY WALLS AND BLOCKS – A REVIEW

Amadeu Moura Fé Leopoldino Dantas
Especialista, Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: amadeumfldantas@gmail.com

Roberto Arruda Lima Soares
Doutor, Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: robertoarruda@ifpi.edu.br

Recebido: 01/03/2025 – Aceito: 27/03/2025

Resumo

Neste artigo de revisão, são abordadas as morfologias e temperaturas típicas de um sinistro de incêndio, analisando o comportamento das temperaturas em cada fase, comparando os parâmetros de incêndios reais, incêndios simulados e critérios padronizados por normas nacionais e internacionais. Buscou-se avaliar os efeitos dos incêndios em paredes e blocos de alvenaria, analisando o comportamento dos materiais quando submetidos às altas temperaturas, avaliando também diferentes metodologias para esse tipo de estudo. Ao final, são apresentadas as principais patologias sofridas pelas alvenarias em situações de incêndios, além de destacar as dificuldades inerentes às pesquisas dessa natureza.
Palavras-chave: Incêndio; Paredes de Alvenaria; Tijolos; Blocos; Altas temperaturas.

Abstract

In this review article, the typical morphologies and temperatures of a fire incident are addressed, analyzing the behavior of temperatures in each phase, comparing the periods of real fires, simulated fires and criteria standardized by national and international standards. Were evaluated the effects of fires on masonry walls and blocks, analyzing the behavior of this materials when

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

subjected to high temperatures, also evaluating different methodologies for this type of study. At the end, the main pathologies suffered by masonry in fire situations are presented, in addition to highlighting the difficulties inherent to research of this nature.
Keywords: Fire; Masonry Walls; Bricks; Blocks; High temperatures.

1. Introdução

Até o início dos anos 70, a regulamentação que tange a problemática dos incêndios no Brasil era dispersa, muito devido à ausência de grandes incêndios até aquela época. Devido ao crescimento populacional e ao inchaço urbano, o país foi abalado por grandes sinistros de incêndio, o que impulsionou o desenvolvimento de leis e normas para segurança contra esse tipo de sinistro (COUTINHO e CORREA, 2016).

Segundo LEITE (2016), incêndios são muitas vezes inevitáveis na construção civil, e as estruturas devem resistir a essas adversidades, visando primeiramente à segurança e a vida de seus ocupantes, e em segundo plano deve-se amortizar danos e avarias sofridas pelas estruturas.

Com o intuito de avaliar o desempenho de materiais construtivos em situações de incêndio, a norma brasileira NBR 14432 de 2001 preconizou exigências mínimas de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. Dentre os conceitos introduzidos pela norma, destaca-se o Tempo Mínimo de Resistência ao Fogo (TRRF), que se trata do tempo mínimo que um elemento construtivo precisa resistir em uma situação de incêndio, garantido que a construção não colapse antes que seus ocupantes tenham chance de evacuar. Em outras palavras, cada elemento construtivo precisa resistir no mínimo o TRRF durante um sinistro de incêndio. Esse tempo depende principalmente do tipo de construção, do seu uso e da sua altura.

Durante as pesquisas, constatou-se uma escassez de trabalhos que estudassem as dinâmicas de um incêndio, muito devido à dificuldade de realizar tais estudos, que são intrínsecas à própria temática. Esses trabalhos muitas vezes requerem a ocorrência de sinistros reais ou a realização de simulações,

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

que frequentemente consistem em recriar cômodos repletos de mobílias e atear fogo, sendo, portanto, estudos arriscados e dispendiosos.

Para que se consiga avaliar o desempenho de um material quando submetido a um sinistro de incêndio, é imprescindível estudar as dinâmicas das chamas, o comportamento da temperatura nas suas diversas fases, além do tempo médio ao qual o material fica sujeito a essas condições. Na prática, compreender as dinâmicas de um incêndio norteiam os parâmetros dos testes os quais se deseja realizar em um determinado material.

A revisão bibliográfica reunirá diversos trabalhos que simularam situações de incêndio ou avaliaram edificações após o sinistro, focando nas análises dos desempenhos de paredes e blocos de alvenaria, visando estabelecer parâmetros de temperatura, duração, morfologia, efeitos nos materiais, entre outros. Ao final deste artigo, espera-se transmitir uma visão ampla desse tipo de sinistro, servido de base para pesquisas que objetivem avaliar o desempenho de paredes e tijolos em situações de incêndio.

1.1 Objetivos Gerais

- Estabelecer parâmetros comportamentais de um incêndio típico;
- Elencar os principais efeitos patológicos provocados por incêndios em paredes e blocos de alvenaria;
- Indicar possíveis fragilidades da literatura atual com relação a pesquisas em incêndios.

2. Revisão da Literatura

O trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, tendo como principais bases de dados a SciELO, Science Direct, Web of Science, Periódicos Capes, entre outras fontes de periódicos.

Pesquisou-se por artigos científicos e trabalhos publicados entre os anos de 2010 e 2025 que tratassem dos tópicos relacionados ao tema do trabalho, além de normas nacionais e internacionais atualmente em vigor, apresentando aspectos relevantes relacionados à morfologia de incêndios em construções, bem como métodos utilizados para ensaios dessa natureza, temperaturas atingidas em um

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

sinistro, duração do incêndio e comportamento dos materiais sujeitos a essas adversidades, especialmente paredes e blocos de alvenaria.

Foram utilizadas 26 referências na pesquisa, selecionando os trabalhos que melhor se relacionavam com cada tópico da pesquisa, utilizando trabalhos disponíveis nos idiomas português, inglês e espanhol.

2.1 Temperaturas Típicas E Morfologias De Um Incêndio

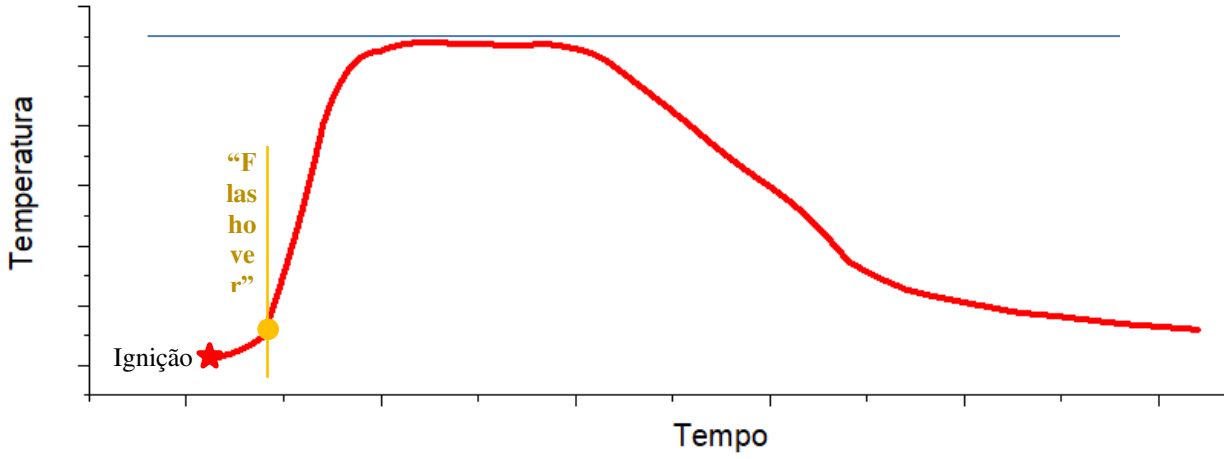
Para avaliar o desempenho de um material em um sinistro de incêndio, é imprescindível conhecer a dinâmica de um incêndio, além da determinação de parâmetros como a temperatura máxima atingida pela chama e o tempo ao qual o material fica sujeito a essa temperatura. Para uma maior compreensão desses parâmetros, foram analisados estudos que simulassem e avaliassem as condições em uma situação de incêndio. Segundo LUCHERINI e TORERO (2023), um incêndio pode ser dividido em quatro fases. A evolução da temperatura ao longo de um incêndio típico é mostrada na Figura 1:

- Fase de crescimento: após a ignição, o fogo cresce de acordo com as propriedades e com a disposição dos materiais combustíveis no local;
- Incêndio generalizado: etapa onde todos os materiais combustíveis do recinto queimam simultaneamente. A velocidade da queima e a temperatura atingida dependem da oferta de oxigênio no recinto. Nessa fase, é atingido o pico de temperatura;
- Fase de arrefecimento: fase onde o fogo começa a diminuir devido ao esgotamento do combustível, resultando em uma redução da temperatura;
- Fase de resfriamento: quando os principais processos de combustão cessam e o compartimento entra em um estado de puro resfriamento.

Figura 1: Evolução da temperatura ao longo das fases de um incêndio

Fase de crescimento	Incêndio generalizado	Fase de arrefecimento	Fase de resfriamento

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687



Fonte: Dados da Pesquisa, 2025

CORREA et al. (2017) simulou um incêndio em um cômodo de uma residência construída em alvenaria, contendo em seu interior uma cama de solteiro, um beliche, um guarda-roupas em madeira, eletrodomésticos e outros móveis. O incêndio teve duração de pouco mais que 45 minutos, sendo atingidas temperaturas de até 878ºC.

EHRENBRING et al. (2017) inspecionou uma laje aveolar pré-fabricada de uma edificação industrial, que havia sido exposta a altas temperaturas devido a um incêndio ocorrido no local. Foi constatado por esse estudo que as camadas mais externas da laje foram submetidas a temperaturas da ordem de 700ºC, e que o tempo transcorrido do início do princípio da chama até o início do combate foi de 30 minutos.

KERBER (2012) realizou seis simulações de incêndios em cômodos típicos residenciais, sendo três com mobília moderna e três com mobília antiga. O autor observou que nos cômodos com mobília antiga, o incêndio demorou cerca de 30 minutos para atingir seu pico, atingindo temperaturas de até 1100ºC, enquanto nos cômodos com mobília moderna o tempo para atingir o pico foi de apenas cinco minutos, atingindo temperaturas da ordem de 1200ºC. Destaca-se que nesse trabalho foi mostrado que o pico de temperatura durou aproximadamente cinco minutos, seguido de uma considerável redução de temperatura, devido à redução da chama por esgotamento do combustível disponível.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

A ISO 834-1 de 1999 desenvolveu uma curva padrão de incêndio, que é dada pela seguinte fórmula:

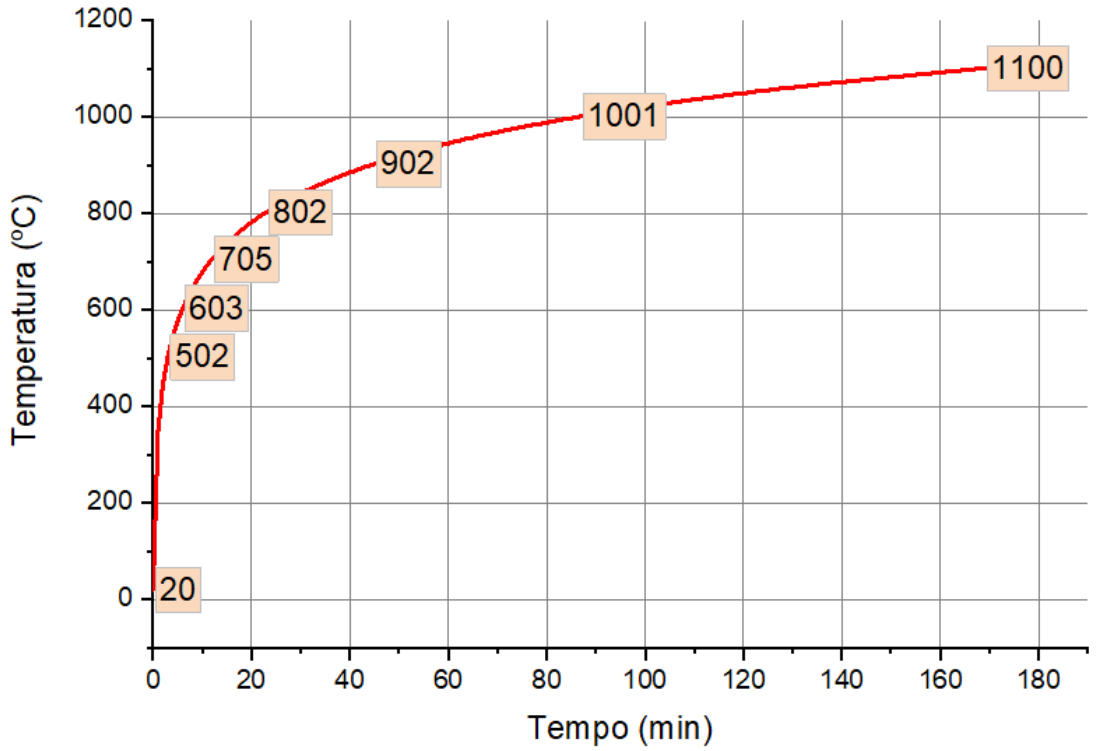
$$T = 345 \log10 (8t + 1) + 20$$

Onde

T = temperatura em ºC

t = duração da exposição durante o ensaio de incêndio em minutos

Figura 2: Curva típica de temperaturas de incêndios padrão ISO 834-1.



Fonte: ISO 834-1 de 1999

A ASTM E119 de 2000 também preconizou uma curva padrão de tempo-temperatura para ser utilizada em testes de simulações de incêndios. Essa curva não é descrita através de fórmula, sendo mostrada por intermédio de pontos discretos de temperatura ao longo de um intervalo de 8 horas. Seu comportamento se assemelha à curva da ISSO 834-1. Segundo BUCHANAN e ABU (2017),

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

existem várias fórmulas que tentam se aproximar do comportamento da curva da ASTM E119, sendo a equação a seguir uma das mais simples:

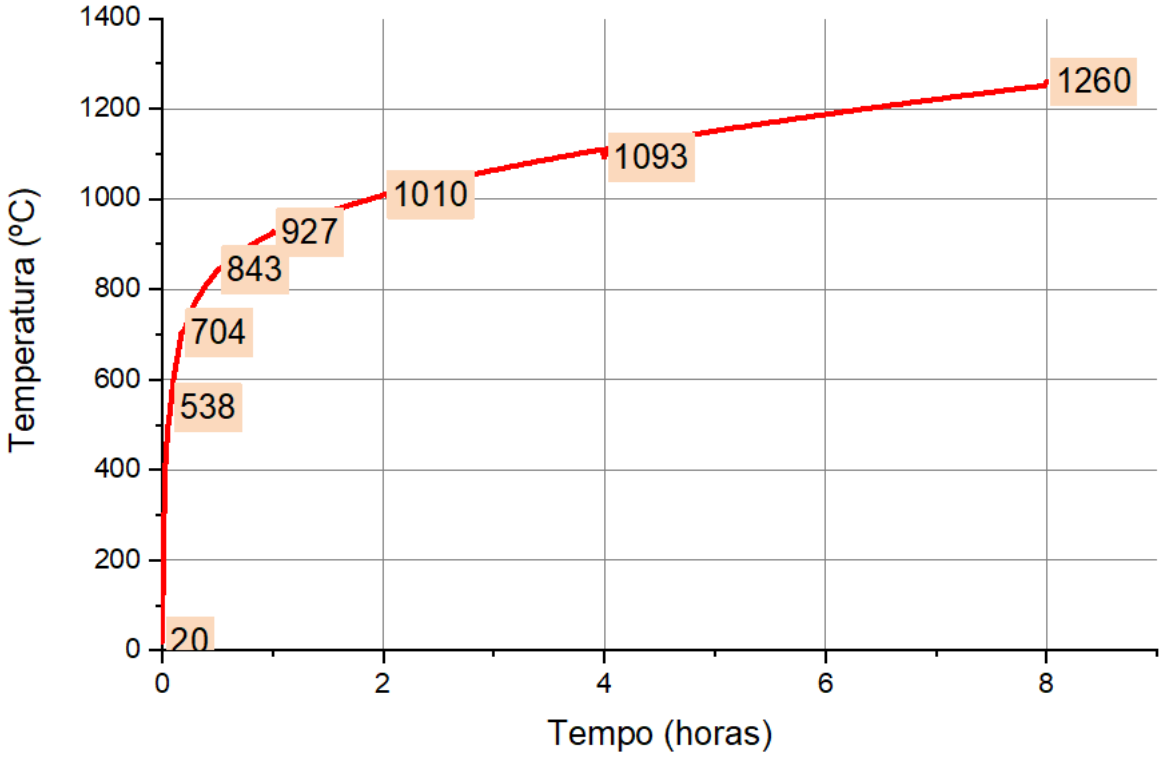
$$T_g = 20 + 750\,(1 - e^{-3.79553\sqrt{t_h}}) + 170{,}41\sqrt{t_h}$$

Onde:

T_g = temperatura em ºC

t_h = tempo em horas

Figura 3: Curva típica de temperaturas de incêndios padrão ASTM E119.



Fonte: ASTM E119 de 2000

Nota-se que as curvas da ISO 834 e da ASTM E119, apesar de serem bastante utilizadas em trabalhos que avaliem situações de incêndio, possuem algumas limitações quando comparado a situações reais, visto que elas não levam em consideração as cargas de incêndio ou condições de ventilação. Além disso, as

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

curvas da ISO e da ASTM apresentam um comportamento crescente, ou seja, a temperatura cresce indefinidamente e por um longo período de tempo, o que diverge das condições mostradas em situações reais de sinistro, onde normalmente o pico máximo de temperatura tem duração de apenas alguns minutos, sendo seguido por uma fase de arrefecimento e de resfriamento

2.2 Desempenho De Paredes De Alvenaria Em Situação De Incêndio

Paredes e divisórias desempenham um importante papel na segurança de um edifício em uma situação de incêndio. Para possibilitar a segura evacuação de um prédio, é necessário que as paredes apresentem uma boa resistência à chama, além de serem capazes de isolar as altas temperaturas de um cômodo em chamas, impedindo o rápido aquecimento de outros compartimentos da construção. Dessa forma, foram analisados alguns trabalhos na literatura que estudassem o desempenho de paredes, blocos e alvenarias quando expostos a situações de incêndio.

NETO (2020) simulou o desempenho de paredes em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos em condições de incêndio, aquecendo os materiais em um forno por 120 minutos de acordo com a curva padrão ISO 834, atingindo um pico de 1050ºC, seguido pelo desligamento dos queimadores e resfriamento dos materiais. O autor observou que os tijolos, após o ensaio, apresentavam fissuras verticais devido à dilatação térmica e à forma brusca pela qual a elevação de temperatura sucedeu. Entretanto, os mesmos blocos apresentaram uma densificação, o que reduziu sua porosidade, sua absorção de água e elevou sua resistência residual à compressão. Por outro lado, as argamassas utilizadas no assentamento dos tijolos apresentaram resistências residuais muito baixas após o ensaio de queima, com valores variando entre 3,7 e 7,1% da resistência original.

RIGÃO (2012) testou paredes em alvenaria de tijolo cerâmico e argamassas em sinistros de incêndio, simulando o desempenho desses materiais em testes que duraram seis horas e atingiram temperaturas máximas de 400ºC e 900ºC, avaliando suas resistências e densidades após o ensaio. Ao final do teste, foram

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

observadas fissuras verticais nos tijolos cerâmicos, porém os blocos ainda apresentavam boa resistência residual. Por outro lado, as argamassas apresentaram resistência residual à compressão de 39,0 a 56,6% da sua resistência original quando ensaiadas a temperatura de 400ºC, enquanto que as argamassas submetidas a 900ºC não apresentaram resistência residual significativa.

BUSON et al. (2012) comparou o desempenho em incêndio de paredes construídas com tijolos de solo cimento comuns e tijolos de solo cimento com adição de resíduo de papel kraft oriundo de sacos de cimento. As paredes foram submetidas a um aquecimento ao longo de 120 minutos seguindo a curva padrão da ISSO 834, seguido do desligamento dos queimadores após esse intervalo. O autor concluiu que ambos os tipos de bloco apresentaram um desempenho satisfatório após a simulação, prevenindo a passagem de chamas, gases aquecidos e fumaça, apresentando apenas pequenas fissuras ao final. O autor também concluiu que as paredes feitas com tijolo de solo-cimento apresentaram um isolamento térmico bem superior ao que é recomendado pelas normas, especialmente quando comparado a ensaios com outros tipos de alvenaria.

FERREIRA et al. (2018) estudou o comportamento ao fogo de blocos de solo-cimento com a incorporação de resíduo orgânico. Os autores verificaram que a adição de resíduo orgânico reduziu levemente o desempenho mecânico do material. Por outro lado, os blocos, ao serem submetidos a temperaturas de 200ºC, 400ºC e 600ºC, obtiveram um incremento na sua resistência mecânica.

NGUYEN e MEFTAH (2012) testaram a resistência ao fogo de paredes construídas com tijolos cerâmicos vazados, comparando o comportamento de paredes estruturais e não estruturais com diferentes espessuras e revestimentos, usando como temperaturas de aquecimento a curva da ISO-834. Os pesquisadores observaram que as paredes não estruturais apresentaram uma maior resistência à chama do que as paredes estruturais, mantendo sua integridade por mais tempo. Isso se deve ao fato de que as paredes estruturais estavam submetidas a uma carga constante, que contribuiu para a fragmentação dos seus tijolos ao longo do

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

aquecimento. Observou-se também que todas as paredes testadas apresentaram deformações mecânicas, dobrando-se em direção ao lado exposto ao fogo.

SCIARRETTA (2014) Fez uma análise computacional do desempenho de paredes de alvenaria estrutural submetidas ao fogo, utilizando a curva da ISSO-834 como referência, comparando os resultados obtidos com outros estudos que realizaram simulações reais. No geral, os resultados obtidos na simulação foram satisfatórios quando comparados com simulações reais, especialmente na previsão do surgimento de fissuras nas paredes e a deterioração mecânica dos blocos. Esse estudo demonstra a possibilidade do desenvolvimento de softwares e algoritmos que possibilitem estudar incêndios sem a necessidade da ocorrência de um, reduzindo assim os custos de uma pesquisa dessa natureza.

RUSSO e SCIARRETA (2013) fizeram uma revisão bibliográfica avaliando o comportamento e as propriedades mecânicas de paredes de alvenaria submetidas a elevadas temperaturas. Os autores concluíram que existem uma boa bibliografia quanto ao estudo de variados tipos de alvenaria, porém com pouco detalhamento quanto ao tipo de junta entre os blocos das paredes. Afirmara também que há uma boa base de dados quanto ao comportamento de blocos e argamassas baseadas em cimento, enquanto há informações escassas referentes a blocos cerâmicos, à influência da espessura da parede, da forma com que a parede foi resfriada após o incêndio e da geometria dos blocos utilizados. Por fim, citaram os custos elevados dos testes empíricos dessa natureza.

DAWARE e NASER (2021) revisaram as metodologias empregadas na testagem da resistência de alvenarias ao fogo. Os autores observaram que não há uma boa padronização nos testes disponíveis na literatura, de forma que cada trabalho apresenta uma metodologia distinta, o que dificulta a criação de um modelo padrão para esse tipo de ensaio, demonstrando a necessidade da realização de mais estudos e revisões com essa temática.

3. Considerações Finais

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

Este trabalho revisa uma série de estudos relativos à morfologia de incêndio, além da resistência ao fogo de diversos tipos de paredes em alvenaria. Com base nos trabalhos, é possível observar que existem diversas maneiras de se analisar a resistência de uma parede em situações de incêndio, desde a reprodução de um incêndio real até simulações computacionais. No geral, a maior parte das patologias decorrentes da chama destacados nos trabalhos se deu pela fragmentação de pedaços dos blocos que a compunham, devido à dilatação térmica e às deformações sofridas pelas paredes durante o aquecimento. Além disso, as argamassas utilizadas na construção das paredes sofreram com reduções significativas de suas resistências após a exposição à chama, com aparecimento de fissuras frequentes nas juntas entre os blocos.

Foi observada uma dificuldade para a reprodução dos testes estudados devido aos altos custos inerentes a esse tipo de pesquisa. Além disso, um obstáculo constatado com a pesquisa foi a falta de padronização nos testes analisados na literatura, de forma que cada trabalho adotou uma metodologia distinta para os testes de resistência à chama, e mesmo outras revisões bibliográficas enfatizaram a falta de uma normatização nesses testes.

Destaca-se a necessidade de um estudo amplo dos testes ao fogo de diferentes materiais e partes de uma construção, tais como concretos, pilares, lajes, coberturas, entre outros elementos, visando uma normatização dos padrões para testes de resistência à chama de uma construção.

Referências

1. ABDALLAH, R. The influence of thermal gradients on the fire behavior of raw earth and cement stabilized bricks at various water contentes. **Academic Journal of Civil Engineering.** V. 40, 2022.

2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E119: Standard Methods for Fire Test of Building Construction and Materials.** Pennsylvania, 2000.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.** Rio de Janeiro. 2001.

4. AWOYERA, P; ONOJA, E; ADESINA, A. Fire resistance and thermal insulation properties of foamed concrete incorporating pulverized ceramics and mineral admixtures. **Asian Journal of Civil Engineering.** V. 21, 2020.

5. BRITEZ, C; CARVALHO, M; HELENE, P. Ações e efeitos deletérios do fogo em estruturas de concreto. Uma breve Revisão. **Revista ALCONPAT.** V. 10, 2020.

6. BUCHANAN, A. H; ABU, A. K. **Structural design for fire safety.** Nova Zelândia: John Wiley & Sons, 2017.

7. BUSON, M; LOPES, N; VARUM, H; SPOSTO, R. M; REAL, P, V. Evaluation of performance under fire of compressed earth blocks. **In: 15th International Conference on Experimental Mechanics.** Porto, 2012.

8. CORREA, C; BRAGA, G. C; JUNIOR, J. B; SILVA, J. J. R; TABACZENSKI, R; PIRES, T. A. Incêndio em compartimento de residência na Cidade do Recife: Um estudo experimental. **Revista ALCONPAT.** v. 7, 2017.

9. COUTINHO, B. A; CORRÊA, A. R. A Interpretação do Controle de Materiais de Acabamentos e de Revestimento no Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico. **Engineering and Science,** v. 5, 2016.

10. DAWARE, A; NASER, M. Z. Fire performance of masonry under various testing methods. **Construction and Building Materials.** V. 289, 2021

11. EHRENBRING, H, Z; ORTOLAN, V; BOLINA, F; PACHECO, F; GIL, A. M; TUTIKIAN, B. F. Avaliação da resistência residual de lajes alveolares em concreto armado em uma edificação industrial após incêndio. **Revista Matéria**, v. 22, 2017.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

12. FERREIRA, D. M; LUSO, E. P; CRUZ, M. L; NEPOMUCENO, E. Comportamento ao fogo de blocos ecológicos de solo-cimento com incorporação de resíduos orgânicos. **6as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos.** Coimbra, 2018.

13. FILHO, S. K; PRAGER, G. L; SILVA, P. E. M. da; BOLINA, F. L; TUTIKIAN, B; F. Comparative study of fire resistance and acoustic performance of ceramic brick walls in concern to NBR 15575 in residential buildings in Brazil**. Revista DYNA.** V. 85, 2018.

14. GUIMARÃES, I. F; DUTRA, J. F; LANES, P. G; DIAS, F. M; FERNANDES, F. G. F. Avaliação de Tijolos Ecológicos Produzidos a Partir de Resíduo de Cerâmica Vermelha e Condição de Altas Temperaturas. **22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais.** Natal, 2016.

15. ISO 834-1: Fire-resistance tests: elements of building construction: Part 1: General requirements. **International Organization for Standardization,** Genebra, 1999.

16. KERBER, S. Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes. **Fire Technology**, v. 48, 2012.

17. LEITE, H. A. L; JÚNIOR, A. L. M; TORRES, D. L. Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: contribuição à futura normatização nacional. **Ambiente Construído,** v. 16, 2016.

18. LUCHERINI, A; TORERO, J. L. Defining the fire decay and the cooling phase of post-flashover compartment fires. **Fire Safety Journal,** v. 141, 2023.

19. NETO, J. A. D. F. **Estudo experimental do comportamento de elementos de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos em situação de incêndio.** Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v6i1.3687

20. NGUYEN, T. D; MEFTAH, F. Behavior of clay hollow-brick masonry walls during fire. Part 1: Experimental analysis. **Fire Safety Journal.** V. 52, 2012.

21. NGUYEN, T. D; MEFTAH, F. Behaviour of clay hollow-brick masonary walls during fire. Part 2: 3D finite element modeling and spalling assessment. **Fire Safety Journal.** V. 66, 2014.

22. RIGÃO, A. O. **Comportamento de pequenas paredes de alvenaria estrutural frente a altas temperaturas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

23. RUSSO, S; SCIARRETTA, F. Masonary exposed to high temperatures: Mechanical behaviour and properties – An overview. **Fire Safety Journal.** V. 55, 2013.

24. SALES, C. A. S; NASCIMENTO, C. F. G; SILVA, T. M; BARRETO, L. M; LORDSLEEM JR, P. C; SOARES, W. A; BORGES, P. C; MONTEIRO, E. C. B. Resistência ao fogo de blocos de alvenaria cerâmica de vedação utilizando proteção de tinta intumescente. **Revista ALCONPAT.** V. 10, 2020.

25. SCIARRETTA, F. Modeling of Mechanical Damage In Traditional Brickwork Walls After Fire Exposure. **Advanced Materials Research.** V. 919-921, 2014.

26. WI, S; YANG, S; BERARDI, U. KIM, S. Assessment of recycled ceramic-based inorganic insulation for improving energy efficiency and flame retardancy of buildings. **Environment International.** V. 130, 2019.