ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REJEITO DE MINEIRO DE FERRO/CIMENTO EM ALTAS TEMPERATURAS: ENSAIO DE INCOMBUSTIBILIDADE

Performance evaluation of iron ore tailings/cement at high temperatures: incombustibility test

Carrasco, E.V.M.
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, mantilla.carrasco@gmail.com

Mantilla, J.N.R.
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, judynorka@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho em altas temperaturas do compósito rejeito de minério de ferro e cimento por meio de ensaios de incombustibilidade. Esse compósito é empregado na fabricação de tijolos. O rejeito de minério de ferro é um subproduto da indústria de mineração, e sua aplicação na construção tem suscitado interesse devido ao seu potencial de aprimorar propriedades dos materiais, como resistência mecânica e durabilidade. Neste estudo, foram realizados ensaios de incombustibilidade para investigar a resposta do compósito em condições de alta temperatura. Os resultados dos ensaios demonstraram que o compósito apresenta propriedades de incombustibilidade satisfatórias em elevadas temperaturas, mantendo sua integridade estrutural durante exposição ao calor intenso. Esses resultados indicam que o compósito pode representar uma alternativa viável e promissora na fabricação de materiais de construção resistentes ao fogo. Contudo, a perda de resistência à compressão de 67,5% observada em condições extremas de calor compromete notavelmente sua capacidade de sustentação estrutural, o que aponta para a necessidade de uma avaliação mais rigorosa ao empregar o compósito em elementos construtivos autossustentáveis em tais ambientes.

Palavras-chave: Rejeito de minério de ferro; Cimento; Ensaio de incombustibilidade; Alta temperatura; Tijolo ecológico.

ABSTRACT

This article aims to evaluate the performance at high temperatures of the composite of iron ore tailings and cement through incombustibility tests. This composite is employed in brick manufacturing. Iron ore tailings are a byproduct of the mining industry, and their application in construction has aroused interest due to their potential to enhance material properties such as mechanical strength and durability. In this study, incombustibility tests were conducted to investigate the response of the composite under high-temperature conditions. The test results demonstrated that the composite exhibits satisfactory incombustibility properties at elevated temperatures, maintaining its structural integrity during exposure to intense heat. These findings suggest that the composite could serve as a viable and promising alternative in the production of fire-resistant construction materials. However, the significant 67.5% loss of compressive strength observed under extreme heat conditions notably compromises its structural load-bearing capacity, underscoring the need for a more rigorous evaluation when utilizing the composite in self-sustaining construction elements in such environments.

Keywords: Iron ore tailings; Cement; Incombustibility test; High temperature; Ecological brick.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está em constante busca por soluções eficientes e sustentáveis para enfrentar os desafios contemporâneos. Dentro desse cenário, a exploração de alternativas viáveis e recicladas tem emergido como uma estratégia promissora, não apenas para mitigar o impacto ambiental, mas também para aprimorar as propriedades dos materiais de construção. Uma dessas alternativas que tem ganhado crescente notoriedade é o compósito de rejeito de minério de ferro com cimento. O rejeito de minério de ferro, resultante em grande quantidade das atividades de mineração, traz consigo desafios consideráveis de gerenciamento e impacto ambiental. Contudo, estudos recentes têm direcionado sua atenção para o potencial desse rejeito como componente fundamental em materiais de construção, especialmente quando combinado com o cimento Portland (tijolos de solo/cimento). O cimento Portland, aglomerante preeminente na produção de concreto, ao ser integrado ao rejeito de minério de ferro, pode não somente reduzir a necessidade de cimento, mas também conferir valor ao próprio resíduo. A adoção desses compósitos como elementos construtivos surge como uma alternativa promissora para a reutilização sustentável de resíduos industriais, enquanto também contribui para a diminuição do impacto ambiental. Dessa maneira, a indústria da construção civil está trilhando um caminho inovador, onde a integração de materiais reciclados não só enriquece o campo da sustentabilidade, mas também promove uma transformação positiva no paradigma da construção, tornando-a mais eficiente e responsável (CHANG e YAO, 2019; CHEN e CHEN, 2020; TAURINO *et al.,* 2023). A união do rejeito de minério de ferro e do cimento no processo de produção de tijolos emerge como uma estratégia de consideráveis vantagens (LIU, LI, e ZHANG 2021). A integração do rejeito de minério de ferro exibe um potencial notável para aprimorar a resistência mecânica, a durabilidade intrínseca e até mesmo a incombustibilidade dos tijolos, contribuindo de maneira substancial para elevar a qualidade e confiabilidade do produto final. Por sua vez, o cimento atua como o agente ligante crucial nesse compósito, desempenhando um papel indispensável na conferência de coesão e resistência ao material (GUO, XU e ZHAO, 2020). Essa sinergia entre o rejeito de minério de ferro e o cimento desencadeia um efeito sinérgico, resultando em tijolos que transcendem as limitações tradicionais, proporcionando uma combinação única de robustez mecânica e durabilidade prolongada. Portanto, a integração criteriosa desses elementos, embasada em pesquisas científicas sólidas, promove um avanço substancial na engenharia de materiais para a construção civil. Esse enfoque inovador não apenas reforça a sustentabilidade e a eficiência do setor, mas também lança as bases para uma geração de tijolos que atendem aos requisitos mais rigorosos de desempenho estrutural e resistência ao longo do tempo (FIGUEIREDO *et al.,* 2021).

A incombustibilidade dos tijolos assume um papel de extrema importância no que tange à segurança estrutural e à mitigação de riscos de incêndios em edifícios. A avaliação meticulosa da incombustibilidade desses tijolos, concebidos com a incorporação de rejeito de minério de ferro e cimento, é conduzida por meio de ensaios específicos de incombustibilidade (KHALIQ, WANG, YAO e HUANG, 2020). Tais ensaios desempenham um papel crucial ao mensurar a capacidade do material em enfrentar as condições de calor extremo, avaliando a resistência do compósito a altas temperaturas sem comprometer sua integridade estrutural. A abordagem destes ensaios não se restringe apenas à resistência estrutural sob altas temperaturas; também se estende à análise da perda de massa, indicativo valioso das possíveis modificações do material durante a exposição ao fogo. Esta avaliação abrangente, além de ser uma medida confiável da resistência da mistura rejeito de minério de ferro /cimento, é também uma peça-chave para garantir a viabilidade e segurança do uso desse compósito inovador na construção. No contexto das regulamentações e normas de construção, a investigação da incombustibilidade e da resposta do material ao fogo assume um papel ainda mais vital. Ao garantir que os tijolos produzidos com essa composição especial possuam as propriedades necessárias para resistir às altas temperaturas e limitar a perda de massa, a indústria da construção e os reguladores podem estar seguros de que as edificações estarão preparadas para enfrentar adversidades de maneira segura e confiável. Assim, a análise rigorosa da incombustibilidade dos tijolos à base de rejeito de minério de ferro e cimento não apenas consolida a segurança estrutural, mas também reafirma a importância da pesquisa e da inovação na construção de ambientes mais resilientes e preparados para desafios extremos (MD AZREE, 2023; DAHISH e ALMUTAIRI, 2023; CARRASCO *et al.,* 2017). Assim o objetivo deste trabalho consiste em conduzir uma avaliação meticulosa do comportamento dos corpos de prova cilíndricos (CPs), fabricados utilizando o material de tijolos desenvolvido, sob os rigores dos ensaios de incombustibilidade e integridade. Essa investigação visa não apenas a determinação da adequação desses CPs às diretrizes normativas estabelecidas, mas também a obtenção de um entendimento profundo sobre como esses materiais reagem às condições de exposição a altas temperaturas, contribuindo assim para o enriquecimento das bases científicas que informam a utilização segura e eficaz desses compósitos na esfera da construção civil, com um foco específico na preservação da segurança estrutural em cenários de incêndio e situações de calor extremo dos tijolos confeccionados com este compósito.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos (CPs) a partir de uma composição que envolveu a mistura de rejeitos de minério de ferro, cimento para estabilização e água, sendo posteriormente submetidos ao processo de prensagem. Os resultados dos ensaios de granulometria permitiram classificar os rejeitos em dois grupos, sendo o primeiro como grosso, com porcentagens correspondentes de 44% de areia e 54% de silte, e o segundo como fino, com 14% de areia e 79% de silte. Em misturas de solo-cimento, as proporções da fração fina e da grossa influenciam nas características e propriedades de resistência. Segundo Carrasco (2019), os solos que apresentam uma maior porção de areia em sua composição, na maioria das vezes, levam a uma maior resistência mecânica à compressão do solo-cimento. Dessa forma, após várias misturas com proporções diferentes dos rejeitos grosso e fino, definiu-se a que melhor representasse em termos de granulometria: 75% de rejeito grosso e 25% de rejeito fino. Para estabilizar a mistura dos rejeitos, o teor de cimento utilizado foi de 10% e o tipo de cimento foi Cimento Portland - CP V - ARI (Alta Resistência Inicial). A carga calculada para ser aplicada na prensagem dos CPs, tendo em vista o cimento CP V – ARI, foi de 20 kN, correspondendo a uma pressão de 20 MPa. A mistura dos elementos e sua homogeneização para a confecção dos CPs é muito importante. Nesse sentido, adotou-se a sequência de misturar inicialmente os rejeitos, depois o cimento e, por fim, a água aos poucos, em um misturador de argamassa. Em seguida, a mistura foi colocada no molde para aplicação da carga por uma prensa hidráulica e, ao final do processo, o CP foi extraído para sua cura.

Foram confeccionados 5 CPs seguindo as recomendações da NBR 12024 (1992). As dimensões foram de 3 cm x 9 cm. Os CPs foram divididos ao meio. Uma das partes foi destinada ao ensaio de incombustibilidade e, logo depois, foi realizado o ensaio para determinar a resistência à compressão (resistência pós-queima). A outra metade foi submetida ao ensaio de compressão (resistência antes da queima), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Corpos de prova para ensaios



Fonte: Acervo dos autores

2.2 EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO

Para os ensaios de incombustibilidade, foram utilizados: um forno mufla modelo NA1221, com limite de temperatura de 1100°C, controlado por 10 termo resistências PT100 calibradas pela empresa Analógica (Figura 2). Uma balança da marca Marte Balanças, modelo AL 500, com resolução de 0,001 g, devidamente calibrada, foi utilizada para a medida da massa. Os termopares utilizados foram do tipo K, com bainha de aço inoxidável, sendo um termopar inserido no interior do CP para a medida da temperatura interna e outro na face do CP.

O Sistema de Aquisição de Dados (SAD) utilizado é composto por uma placa condicionadora de sinais que amplifica e condiciona o sinal, uma placa conversora A/D (analógica/digital) e uma placa controladora que contém um multiplexador e 16 canais com seus respectivos condicionadores de circuito. Todo esse sistema está conectado a um notebook. Os termopares foram conectados em canais individuais. As informações coletadas podem ser obtidas com frequências muito elevadas. No entanto, o ensaio foi realizado com uma frequência de leitura de 10 Hz, ou seja, 10 leituras por segundo (Figura 2).

Figura 2: Forno Mufla e Sistema de aquisição de dados (SAD)



Fonte: Acervo dos autores

Para os ensaios de resistência foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca Emic/Instron, modelo DL 30000 com capacidade de 300 kN. A máquina é Servo controlada. Para os ensaios foi acoplada uma célula de carga de 50 kN.

2.3 METODOLOGIA DE ENSAIO

O método de ensaio foi adaptado das recomendações das seguintes normas: Norma ISO 1182, NBR 5628, NBR 9442 e NBR 14432. O procedimento de ensaio adotado foi o proposto pela ISO 1182, com pequenas adaptações em relação ao forno e às dimensões do CP.

A incombustibilidade é uma característica que garante que um produto, em situação de incêndio, mantenha sua integridade, não propague chamas nem as sustente, e emita uma quantidade mínima de fumaça que não seja tóxica. Os critérios de desempenho nos ensaios de incombustibilidade são os seguintes: a) O aumento da temperatura do termopar do forno (TPF) e do termopar da superfície do CP (TPS) não deve exceder 50°C em relação à sua temperatura média inicial. b) O tempo médio de chamejamento não deve exceder 20 segundos. c) A perda média de massa não deve ser superior a 50%.

Antes de iniciar o ensaio, os CPs devem ser colocados em uma estufa a uma temperatura de 60°C ± 0,5°C por um período de 21 horas. Em seguida, eles devem ser retirados da estufa e colocados em um dessecador para resfriar, verificando o resfriamento com um termômetro. Após confirmar o resfriamento, os CPs devem ser pesados para obter a massa inicial (mi). Em seguida, o forno mufla é ligado com o sensor ajustado para 750°C ± 5°C. É necessário permitir que o forno estabilize por um período de 10 minutos, durante o qual não deve haver variação acima de 2°C. Todo o sistema de ensaio deve ser verificado: o forno mufla estabilizado, o SAD, os termopares TPS e TPC. Em seguida, o TPC é inserido no interior do CP e posicionado dentro do forno. Essa operação deve durar no máximo 5 segundos.

O monitoramento foi iniciado imediatamente, registrando as temperaturas interna e de superfície do CP. O ensaio é finalizado quando as temperaturas dos dois termopares se estabilizam por um período de 10 minutos. O ensaio tem duração de aproximadamente 30 minutos. Em seguida, o CP é retirado do forno mufla, sem qualquer fragmento ou cinza visível. Após o resfriamento, o CP é pesado. Esse procedimento é repetido para os outros 4 CPs restantes. Após esse procedimento, os CPs (queimados e não queimados) são ensaiados para determinar sua resistência à compressão.

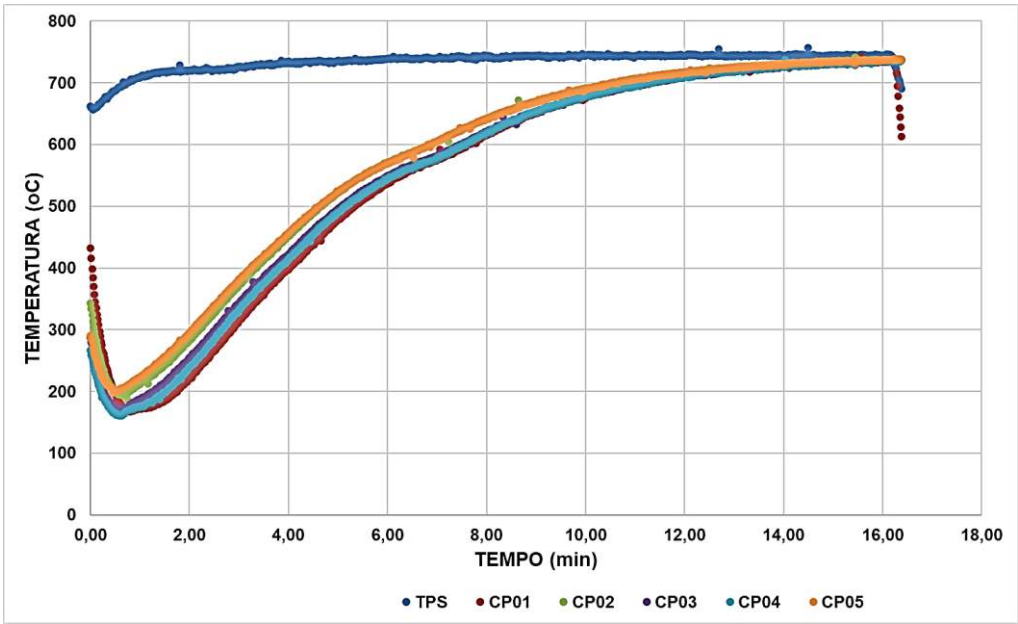
3 RESULTADOS E DISCUSÕES

A análise dos resultados referentes às medições de temperatura nos termopares da superfície e interior dos CPs é importante para compreender o comportamento térmico do compósito de rejeito de minério de ferro/cimento durante o ensaio de incombustibilidade. Como evidenciado pelo gráfico representado na Figura 3, os termopares da superfície dos CPs não apresentaram variações significativas de temperatura ao longo do tempo de ensaio. Isso é indicativo de que a superfície do compósito atingiu rapidamente uma temperatura estável e manteve essa estabilidade sem oscilações. Essa observação sugere que a superfície do CP respondeu de maneira consistente ao aumento gradual da temperatura, sem demonstrar comportamentos anômalos ou instabilidades térmicas. Além disso, o comportamento térmico uniforme observado entre os termopares do interior dos CPs é um resultado importante. Isso implica que a transferência de calor ocorreu

de maneira homogênea e eficiente dentro do compósito. A uniformidade da temperatura interna é um indicador importante da qualidade da distribuição de calor e da homogeneidade da composição do material, elementos cruciais para garantir que o compósito resista eficazmente às altas temperaturas.

A rápida estabilização da temperatura na superfície dos CPs e a correspondência no comportamento térmico entre o interior e a superfície são fatores positivos quando se avalia a resistência à compressão em altas temperaturas. Uma distribuição uniforme de temperatura e resposta consistente às variações térmicas contribuem para resultados mais confiáveis durante o ensaio de incombustibilidade, oferecendo uma avaliação mais precisa da capacidade do compósito de manter sua integridade estrutural sob condições extremas.

Figura 3: Resultados de ensaio de imcombustibilidade



Fonte: Para a referência da fonte usar Arial, tamanho 8, 3pt antes e 12pt depois, centralizada

Durante os ensaios, não foi observada nenhuma emissão de fumaça. A temperatura do termopar do forno (TPF) não apresentou variação significativa, ou seja, foi menor que 50ºC. Não foi observado nenhum chamejamento nos corpos de prova durante o ensaio.

Na fotografia mostrada na Figura 4, é possível ver os CPs antes e depois do ensaio. É perceptível que ocorreram mudanças de cor e que pequenas fissuras surgiram em alguns dos CPs ensaiados.

Figura 4: Vista dos corpos de prova antes e depois do ensaio



Fonte: Acervo autores

Na Tabela 1, são fornecidos os valores das massas iniciais e finais de cada corpo de prova (CP), juntamente com a porcentagem de perda de massa para cada CP, a média e o desvio padrão. Os resultados demonstram uma perda média de massa de 3,8%, o que se mostra significativamente abaixo do limite máximo permitido de 50%. Esse dado é encorajador e sugere que os compósitos de rejeito de minério de ferro /cimento

possuem boa resistência à degradação térmica, reforçando seu potencial aplicabilidade em condições de alta temperatura. Essa característica é vital, especialmente em contextos onde a incombustibilidade e a estabilidade dimensional dos materiais são críticas, como em situações de incêndio.

A baixa perda de massa observada pode ser atribuída à interação sinérgica entre os componentes do compósito, onde o cimento age como agente ligante, proporcionando coesão e estabilidade ao material, enquanto o rejeito de minério de ferro atua como um componente reforçador. Essa combinação resulta em uma matriz composta que é capaz de resistir a altas temperaturas sem sofrer degradação substancial. Além disso, a presença do rejeito de minério de ferro pode contribuir para a formação de produtos refratários durante a exposição ao calor, ajudando a manter a integridade estrutural do compósito.

A consistência dos resultados, conforme indicada pelo desvio padrão relativamente baixo, sugere uma boa uniformidade na composição e fabricação dos CPs. Isso aumenta a confiabilidade dos dados e reforça a validade das conclusões.

Em síntese, os resultados da perda de massa apresentados na Tabela 1 indicam que os compósitos de rejeito de minério de ferro/cimento possuem uma notável capacidade de manter sua integridade em condições de altas temperaturas, conferindo-lhes um perfil promissor para aplicação em situações onde a incombustibilidade é crucial. Entretanto, para uma compreensão mais abrangente e detalhada, análises futuras poderiam explorar a evolução das propriedades mecânicas e estruturais dos compósitos em uma variedade de regimes térmicos, enriquecendo ainda mais nossa compreensão de seu desempenho em cenários de exposição ao calor extremo.

Tabela 1: Resultados do ensaio de incombustibilidade CP's queimados, 750º C

Corpo de Prova	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Perda de massa (g)
1	84,88	81,68	3,21
2	78,15	75,29	2,85
3	83,61	80,46	3,15
4	82,45	79,27	3,18
5	79,80	76,70	3,10
Média	81,78	78,68	3,10
Desvio Padrão	2,24	2,15	0,10

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão realizados nos corpos de prova (CPs), abrangendo tanto os CPs que foram expostos ao fogo quanto aqueles que não foram submetidos ao mesmo. Observamos uma perda significativa de resistência à compressão nos CPs que foram submetidos ao calor, atingindo um valor de 67,5%. Essa redução na resistência é considerável e pode ter implicações cruciais em termos de desempenho estrutural. A perda de resistência à compressão nos CPs queimados pode ser atribuída aos efeitos da exposição prolongada a altas temperaturas. A elevação da temperatura pode induzir processos físicos e químicos nos materiais constituintes do compósito de rejeito de minério de ferro/cimento, levando a mudanças em sua estrutura interna e propriedades mecânicas. A decomposição do cimento e a possível oxidação do rejeito de minério de ferro em temperaturas elevadas podem comprometer a integridade das ligações e interfaces internas do material, resultando em uma diminuição da resistência à compressão (ZHANG e TAN, 2022).

Tabela 2: Resultados do ensaio de compressão CP's não queimados e queimados

Corpo de Prova	Tensão de ruptura CP não queimado (MPa)	Tensão de ruptura CP queimado (MPa)
1	17,36	5,86
2	10,65	4,34
3	15,08	4,11
4	15,07	3,74
5	11,41	4,57
Média=	13,91	4,52
Desvio Padrão=	2,31	0,55

É importante ressaltar que, embora a perda de resistência à compressão seja significativa, isso não necessariamente inviabiliza o uso do compósito em aplicações específicas. A resistência à compressão é apenas uma das propriedades que define a adequação de um material para determinada finalidade. Outros fatores, como a incombustibilidade, a durabilidade e a estabilidade dimensional, também desempenham papéis críticos em muitos contextos de aplicação. Portanto, a avaliação abrangente do desempenho do

compósito de rejeito de minério de ferro/cimento deve considerar uma gama de critérios relevantes. As descobertas deste estudo destacam a importância de um projeto e especificações adequadas ao utilizar o compósito em cenários de exposição ao fogo ou altas temperaturas. Estratégias de reforço ou modificações na composição podem ser exploradas para mitigar a perda de resistência observada. Além disso, o conhecimento adquirido sobre a perda de resistência à compressão pode contribuir para a formulação de diretrizes de projeto que levem em consideração as propriedades térmicas dos materiais. Resumindo, os resultados expressos na Tabela 2 indicam uma perda considerável de resistência à compressão nos CPs queimados, sugerindo a necessidade de abordagens cuidadosas ao usar o compósito de rejeito de minério de ferro/cimento em ambientes com potencial exposição ao fogo ou altas temperaturas. É essencial que futuras investigações explorem estratégias para otimizar o desempenho do compósito nessas condições específicas, a fim de maximizar sua utilidade e aplicabilidade.

4 CONCLUSÕES

No que se refere à incombustibilidade dos compósitos, os resultados obtidos indicam claramente que eles atendem a todos os requisitos de desempenho estabelecidos. Esse fato reforça a sua classificação como produtos incombustíveis, sugerindo um potencial significativo para a prevenção de incêndios e a proteção dos profissionais de combate a incêndios, como os bombeiros. Essa característica confere ao material uma vantagem notável no contexto da proteção passiva contra incêndios.

A integridade física dos compósitos em situações de incêndio também se mostrou satisfatória, uma vez que os requisitos de desempenho estabelecidos foram plenamente atendidos. No entanto, é crucial considerar a resistência à compressão como um aspecto crítico para a aplicação desses materiais em ambientes sujeitos a altas temperaturas. A perda de resistência de 67,5% observada em condições extremas de calor compromete notavelmente a sua capacidade de sustentação estrutural, o que indica a necessidade de uma avaliação mais rigorosa ao utilizar o compósito para elementos construtivos autossustentáveis em tais ambientes.

Assim, enquanto os compósitos de rejeito de minério de ferro/cimento demonstraram ser altamente eficazes em termos de incombustibilidade e integridade física perante incêndios, a atenção deve ser direcionada para a resistência à compressão em altas temperaturas. Esta pesquisa destaca a importância de explorar e otimizar os parâmetros de produção desses compósitos, visando mitigar a perda de resistência em condições extremas, sem comprometer a sua capacidade de prevenção de incêndios. Esse esforço contínuo é fundamental para a aplicação bem-sucedida desses materiais em ambientes desafiadores e para garantir a segurança e sustentabilidade das estruturas construtivas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Samarco Mineração pelo financiamento da pesquisa e pelo fornecimento do material, ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro na forma de bolsas e recursos para aquisição de equipamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** NBR 12024: **Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 6. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** NBR 14432: **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 14. 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** NBR 9442: **Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante**. Rio de Janeiro, p. 20. 2019.

CARRASCO, E.V.M.; MAGALHAES, M.D.C.; SANTOS, W.J.D.; ALVES, R.C.; MANTILLA, J.N.R. Characterization of mortars with iron ore tailings using destructive and nondestructive tests. **Construction and Building Materials**. 131, 31–38, 2017.

CARRASCO, E.V.M.; MANTILLA, J.N.R.; PIANCASTELLI, E.M.; MAGALHÃES, A. G.; SILVA, F.J.; REZENDE, M.A.P.; SANTOS, W.J. Failure Mechanisms of Interlocked Bricks of Soil-Cement and Wood Fibers**. International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, 6, 44-48, 2019.

CHANG, K.; YAO, J. Sustainable utilization of iron ore tailings in building materials. **Journal of Cleaner Production**, 230, 342-351, 2019.

CHEN, Z.; Li, X.; CHEN, L. Utilization of iron ore tailings as fine aggregate in ultra-high-performance concrete. **Construction and Building Materials**, 253, 119157, 2020.

DAHISH, H. A.; ALMUTAIRI, A. D. Effect of elevated temperatures on the compressive strength of nano-silica and nano-clay modified concretes using response surface methodology. **Case Studies in Construction Materials**, 18-7, e02032 2023,

FIGUEIREDO, R. A. M.; SILVEIRA, A. B. M.; MELO, E. L. P.; COSTA, G. Q. G.; BRANDÃO, P. R. G.; AGUILAR, M. T. P.; HENRIQUES, A. B.; MAZZINGHY, D. B. Mechanical and chemical analysis of one-part geopolymers synthesised with iron ore tailings from Brazil. **Journal of Materials Research and Technology**, 14, 2650-2657, 2021.

GUO, Z.; XU, L.; ZHAO, X. Study on the preparation and properties of sintered bricks with iron tailings. **Construction and Building Materials**, 230, 117086, 2020.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 1182: **Reaction to fire tests for products - Non-combustibility test.** Paris, p. 125. 2020.

KHALIQ, W.; WANG, D.; YAO, J.; HUANG, Z. Properties of sustainable bricks made from tailings of iron ore beneficiation plants. Journal of Cleaner Production, 255, 120220, 2020.

LIU, L.; LI, H.; ZHANG, C. Utilization of iron ore tailings as a replacement to clay for producing building bricks. **Journal of Cleaner Production**, 306, 127063, 2021.

MD AZREE, O.M. Evaluation of the Mechanical Properties of Lightweight Foamed Concrete at Varying Elevated Temperatures. **Fire**, Basel, 6-2, p. 53, 2023.

TAURINO, R.; BONDIOLI, F.; MESSORI, M. Use of different kinds of waste in the construction of new polymer composites: review. **Materials Today Sustainability**, 21, 100298, 2023.