



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Rian Elias da Cunha

TIJOLOS DE ADOBE PRODUZIDOS COM REJEITO DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO E ESTABILIZADOS COM CIMENTO PORTLAND

Ouro Preto

2025

Rian Elias da Cunha

**TIJOLOS DE ADOBE PRODUZIDOS COM REJEITO DE BARRAGEM DE
MINÉRIO DE FERRO E ESTABILIZADOS COM CIMENTO PORTLAND**

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro Civil
na Universidade Federal de Ouro Preto.

Área de concentração: Materiais de Construção Civil

Orientador: Prof. D.Sc. Guilherme Jorge Brigolini Silva

Co-orientador: M.Sc. Gustavo Dias Ramos

Ouro Preto

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C972t Cunha, Rian Elias da.

Tijolos de adobe produzidos com rejeito de barragem de minério de ferro e estabilizados com cimento portland. [manuscrito] / Rian Elias da Cunha. - 2025.

42 f.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva.

Coorientador: Me. Gustavo Dias Ramos.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Beneficiamento de minério. 2. Construção sustentável. 3. Alvenaria - Vedação. 4. Minas e recursos minerais - Rejeitos (Metalurgia). I. Silva, Guilherme Jorge Brigolini. II. Ramos, Gustavo Dias. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rian Elias da Cunha

Beneficiamento De Rejeito De Barragem De Minério De Ferro Para A Produção De Tijolos De Adobe Estabilizados Com Cimento Portland

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovada em 29 de agosto de 2025

Membros da banca

Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Gustavo Dias Ramos - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Victor Rezende Carvalho - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Matheus Henrique Dela Costa Ferreira - Universidade Federal de Ouro Preto

Guilherme Jorge Brigolini Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/10/2025



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Jorge Brigolini Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/10/2025, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1005943** e o código CRC **B2E43973**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela contribuição e apoio financeiro, que viabilizou a execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e, em especial, à Escola de Minas, pela excelência no ensino e pela formação acadêmica de qualidade, que contribuíram de forma decisiva para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Guilherme, e ao meu coorientador, Gustavo, pela orientação, dedicação, paciência e incentivo constantes, fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa, deixo registrado meu sincero reconhecimento e gratidão.

RESUMO

A indústria de construção civil é uma das maiores consumidoras de matéria-prima e emissoras de carbono à nível mundial, contribuindo ativamente para a degradação ambiental e esgotamento de jazidas naturais. A construção sustentável vem sendo cada vez mais visada, com resultados promissores para a utilização do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) como matéria-prima nesse setor. O RBMF é um subproduto da lavra e beneficiamento do minério de ferro, que possui grande concentração de óxidos férricos e confere alta resistência a matrizes cimentícias. Assim sendo, esse trabalho procura avaliar uma possível destinação para esse subproduto da mineração no setor da construção civil, fazendo-se valer de sua grande demanda por matéria-prima. Inicialmente foram produzidos diversos corpos de prova (CPs) tendo o RBMF como o principal componente dos traços, sendo os mesmos submetidos a diferentes ensaios para comprovar a viabilidade do estudo e analisar a influência de diversas variáveis manipuladas. Os resultados encontrados foram promissores em todos os ensaios realizados nos tijolos que foram estabilizados com cimento portland, alcançando os valores mínimos da norma reguladora já nos primeiros 7 dias de cura. Ademais, reafirma-se a utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como de caráter promissor para utilização na construção civil.

Palavras-chaves: Beneficiamento de rejeito, Construção sustentável, Alvenaria de vedação, Rejeito de mineração

ABSTRACT

The civil construction industry is one of the largest consumers of raw materials and emitters of carbon worldwide, actively contributing to environmental degradation and the depletion of natural deposits. Sustainable construction has been increasingly targeted, showing promising results for the use of iron ore tailings (IOT) as a raw material in this sector. IOT is a by-product of iron ore mining and processing, which contains a high concentration of ferric oxides and provides significant strength to cementitious matrices. Thus, this work seeks to evaluate a possible destination for this mining by-product in the civil construction sector, taking advantage of its high demand for raw materials. Initially, several test specimens were produced using IOT as the main component of the mixtures, which were then subjected to different tests to verify the feasibility of the study and analyze the influence of various manipulated variables. The results were promising in all tests carried out on the bricks stabilized with portland cement, reaching the minimum values required by the regulatory standard within the first 7 days of curing. Furthermore, the use of iron ore tailings is reaffirmed as a promising alternative for application in civil construction.

Keywords: Tailings processing, Sustainable construction, Non-structural masonry, Mining waste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da metodologia.....	9
Figura 2 - a) Armazenamento do rejeito ao ar livre; b) Secagem do material sobre lonas; c) Peneiramento; d) Material retido; e) Material passante; f) Bombonas de armazenamento	11
Figura 3 – BETTERSIZ 2000 utilizado para análise granulométrica	12
Figura 4 – Shimadzu EDX-720 utilizado para análise de composição química.....	13
Figura 5 – Bruker D2 Phaser 2ª Generation utilizado para análise mineralógica	14
Figura 6 - a) Secagem do material em estufa; b) Peneiramento; c) Moagem;	15
Figura 7– a) Molde cilíndrico; b) Argamassadeira; c) Balança para pesagem; d) Prensa manual de compressão; e) Câmara climática; f) Corpo de prova extraído ...	18
Figura 8 – Fluxograma de execução dos traços.....	19
Figura 9 – Ensaio de resistência à compressão axial	20
Figura 10 – Ensaio de absorção de água.....	21
Figura 11 – Execução das formas em madeira	23
Figura 12 – Moldagem dos protótipos em tamanho real	24
Figura 13 – Protótipos após desforma	24
Figura 14 – Distribuição granulométrica do RBMF utilizado.....	25
Figura 15 – Difratoograma de composição mineralógica do RBMF utilizado	26
Figura 16 – Gráficos do resultado dos ensaios de resistência à compressão.....	27
Figura 17 – Gráficos do resultado dos ensaios de absorção de água.....	29
Figura 18 – a) Ensaio de resistência à compressão; b) Ensaio de absorção de água	30

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Objetivo	3
2.1	Objetivos Específicos.....	3
3	Revisão Bibliográfica.....	4
3.1	Impactos socioambientais causados pela extração do minério de ferro	4
3.2	Estabilização de tijolos de adobe com cimento portland.....	5
3.3	Influência da prensagem na fabricação de tijolos de adobe	6
3.4	Utilização do RBMF como matéria prima na fabricação de tijolos	7
4	Metodologia	9
4.1	Preparação do RBMF para utilização nos ensaios	9
4.2	Ensaio de caracterização das amostras de RBMF	11
4.2.1	Distribuição granulométrica por difração a laser	11
4.2.2	Composição química por fluorescência de raios-x (FRX)	13
4.2.3	Composição mineralógica por difração de raios-x (DRX).....	13
4.3	Produção das matrizes	15
4.3.1	Definição dos traços.....	16
4.3.2	Moldagem dos CPs	17
4.4	Ensaio de caracterização dos CPs	18
4.4.1	Ensaio de resistência à compressão	19
4.4.2	Ensaio de absorção de água.....	20

4.5	Protótipos em tamanho real	21
4.5.1	Moldagem.....	22
5	Resultados e Discussões	25
5.1	Ensaio de caracterização das amostras	25
5.1.1	Distribuição granulométrica	25
5.1.2	Composição química por fluorescência de raios-x (FRX)	26
5.1.3	Composição mineralógica por difração de raios-x (DRX).....	26
5.2	Ensaio de caracterização dos CPs	27
5.2.1	Resistência à compressão	27
5.2.2	Absorção de água	28
5.3	Ensaio de caracterização dos protótipos	29
6	Conclusão	31
7	Referências.....	32

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma das principais atividades econômicas presentes no Brasil e sua prática implica na geração de uma grande quantidade de resíduos não aproveitados, estes por sua vez que causaram grandes impactos ambientais no país durante a última década (Silva & Andrade, 2017). Entre 1996 e 2005 cerca de 766 milhões de toneladas de rejeito de foram gerados, apenas pela mineração de ferro no Brasil (Silva, Viana, & Cavalcante, 2012).

A construção civil é vista como uma área propícia a gerar a vazão necessária para aproveitamento desse rejeito em virtude da alta demanda de matérias-primas. Segundo o Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2024), em 2024 foram comercializadas 64,7 milhões de toneladas de cimento em todo o país, um crescimento de 3,9% em relação ao ano anterior. Ainda de acordo com o SNIC (2024), o setor voltou a crescer após registrar quedas em 2022 e 2023, mas ainda se encontra longe do consumo recorde de 73 milhões de toneladas em 2014.

Esse fator é dado em conjunto da notável presença de diversos países emergentes em destaque no cenário mundial devido ao seu processo crescente de urbanização, aumentando a demanda dos recursos não renováveis utilizados na construção civil e esgotando cada vez mais as reservas naturais (Franco, Santos, Rosa, Brigolini, & Peixoto, 2014).

A construção sustentável ganha cada vez mais espaço e representatividade no cenário mundial, resíduos de diversas áreas já são destinados para aplicação nesse setor, tendo presença desde materiais provenientes de extrações minerais até matéria orgânica e alguns polímeros (Lacôrte, 2013). Através de um estudo cienciométrico publicado por Lage *et al.* (2020), vemos que a preocupação pelo beneficiamento do RMF (Rejeito de Minério de Ferro) é crescente desde o ano de 1960. Em seu estudo Lage *et al.* (2020) usa uma amostragem de 98 artigos publicados entre 1960 e 2018, referentes ao beneficiamento de RMF aplicado à construção civil, tendo China (41%), Índia (11%) e Brasil (9%) as maiores

quantidades de artigos publicados sobre o assunto. O aumento da publicação de trabalhos com essa temática é notado principalmente a partir de 2016, sendo associado à ocorrência de desastres causados pelo grande acúmulo de rejeitos em barragens no Brasil em novembro de 2015 e na China em março de 2017 (Lage, Gonçalves, Cordeiro, & Lage, 2020).

É notável a existência de pesquisas para a utilização de RBMF na construção civil para diversos fins, Franco *et al.* (2014) relata a melhora das características mecânicas do concreto quando utilizado em pequenas concentrações como adição ou substituição ao agregado miúdo. Andrade *et al* (2016) mostra que o RBMF possui uma composição química e granulométrica que torna extremamente viável a sua utilização na construção civil, principalmente quando utilizado em conjunto com o cimento portland.

Somando-se o grande acúmulo desse subproduto da mineração de ferro com as grandes quantidades de material demandado pela construção civil, visa-se explorar essa brecha para dar um destino final a esse material. Para isso nos aproveitamos das características químicas desse resíduo que são muito próximas às requeridas para fabricação de produtos cerâmicos (Andrade, Marques, & Peixoto, 2016). Opta-se por focar os estudos na produção de tijolos de adobe devido ao seu método de execução mais simples e barato, visando uma maior viabilidade para reprodução do método.

Assim sendo, por meio deste trabalho são expostas as vantagens de sua utilização para a produção de tijolos de adobe, tendo como premissa final auxiliar a diminuir a grande concentração de rejeito presente nas barragens e os possíveis impactos decorrentes desta prática.

2 OBJETIVO

O trabalho tem como principal objetivo propor uma destinação para o grande volume de subproduto resultante da mineração de ferro, através do desenvolvimento de um tijolo de adobe que utilize o RBMF como matéria prima principal. O mesmo deve ser avaliado em relação ao seu desempenho, verificando a viabilidade de sua utilização na construção civil. Os tijolos serão estabilizados com cimento portland para que o mesmo não necessite de passar pelo processo de queima durante a sua produção, diminuindo a emissão de carbono resultante da produção dos mesmos.

2.1 Objetivos Específicos

- Comparar a composição química, física e mineralógica do RBMF utilizado com outros presentes na literatura;
- Desenvolver uma sequência de processos que torne viável e eficiente a produção dos tijolos, mesmo quando produzidos em pequena escala;
- Testar a eficiência do cimento portland quando usado como estabilizante;
- Garantir a eficiência dos tijolos em seu uso proposto, através da realização de ensaios de desempenho;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Impactos socioambientais causados pela extração do minério de ferro

O minério de ferro é a matriz não energética mais explorada pelo setor minerário brasileiro, em 2024 foram beneficiados mais de 433 milhões de toneladas e o valor comercializado ultrapassou 147 bilhões de reais, representando 73% do valor total da produção das 14 principais substâncias metálicas mais a grafita extraídas em solo brasileiro (Agência Nacional de Mineração - ANM, 2024). De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro publicado em 2024, foram contidos aproximadamente 272 milhões de toneladas dessa produção, resultando em cerca 161 milhões de toneladas de resíduos provenientes do beneficiamento desse material.

Os impactos ambientais causados pela mineração são advindos de diferentes maneiras, Mechi e Sanches (2010) destacam a supressão de árvores e a remoção do solo superficial de maior fertilidade, muitas vezes impedindo a regeneração do meio. Outros impactos podem ser notados na qualidade da água e ar próximos às minas, comprometidos em razão das diferentes atividades e resíduos provenientes da lavra, além de impactos visuais, sonoros e antrópicos (Mechi & Sanches, 2010).

Ademais, a principal fonte de degradação ambiental causada pela exploração desse minério é advinda da disposição inadequada dos rejeitos, provenientes do beneficiamento desse material (Silva, Viana, & Cavalcante, 2012). A forma mais comumente utilizada para disposição de rejeito é em barragens de alteamento e com um alto teor de água - 10% a 25% de sólidos -, esse tipo de barragem é construído em sucessivos alteamentos, assim sendo, quando a barragem atinge seu limite de capacidade, é construído mais um nível e sua capacidade é expandida (Silva, Viana, & Cavalcante, 2012).

Severo (2019) nos mostra que essas barragens podem chegar a quilômetros de extensão e armazenar milhões de metros cúbicos de rejeito. Em seus estudos, Laschefski (2020) evidencia que elas vêm sendo cada vez mais criticadas e questionadas devido aos impactos ambientais causados pelo rompimento de diversas barragens. Esses rompimentos causaram contaminação da fauna e flora

localizadas a jusante dessas barragens e também a destruição de pequenas cidades mais próximas, ocasionando na morte de uma grande diversidade ecológica, incluindo pessoas (Laschefski, 2020). Durante a última década ocorreram diversos desastre relacionados ao rompimento de barragens, sendo os mais notáveis em cenário nacional o das barragens de rejeito de Fundão em novembro de 2015 e do Córrego do Feijão em janeiro de 2019 (Laschefski, 2020).

3.2 Estabilização de tijolos de adobe com cimento portland

Existem diversas técnicas para utilização de solos na construção civil, as quais podem nos mostrar diferentes formas de aplicação e processamento do material. De acordo com Santos *et al.* (2020), a construção com adobe é uma técnica milenar utilizadas por inúmeras culturas, sendo uma das mais simples e baratas das inúmeras formas de utilização de solo para construção, onde a moldagem e desmoldagem é feita com o material ainda fresco.

Mendonça *et al.* (2022), mostra que as técnicas construtivas com terra são cada vez mais procuradas nos países em desenvolvimento. O principal fator contribuinte é a procura de diminuição de gastos durante a construção, visto que esse material utilizado muitas vezes é aproveitado da própria escavação do terreno durante a construção (Mendonça, Lage, Nogueira, & Bessa, 2022).

Apesar de sua ancestralidade e uso contínuo por diferentes culturas, a construção com esse tipo de material enfrenta grandes limitações. Mendonça *et al.* (2022) mostram que para ter um melhor desempenho com esse material é comum que seja feita a correção granulométrica da mistura ou a aplicação de diferentes estabilizantes, como cal, cimento Portland ou produtos químicos. Essas práticas são responsáveis por provocar mudanças físicas, químicas e mecânicas que interferem positivamente na resistência, durabilidade e capacidade de absorção de água do produto final (Santos, Neto, & de Azerêdo, 2020).

Partindo do conhecimento de que a utilização de cimento Portland como estabilizante influencia positivamente no comportamento do solo (Mendonça, Lage, Nogueira, & Bessa, 2022), podemos ter diferentes resultados através de um

processo semelhante, já que é sabida a grande riqueza mineral brasileira encontrada nos solos, assim como os diferentes tipos de cimento Portland comercializados no país.

Finalmente, procura-se estabilizar protótipos produzidos com cimento portland, dado que, conforme nos mostra Andrade (2016), a associação destes dois materiais apresenta caráter promissor, isso é dado graças aos óxidos férricos presentes no RBMF que conferem grande resistência às matrizes cimentícias. Visando obter uma gama maior sobre quais fatores influenciam na resistência do material, os protótipos executados serão submetidos à métodos diferentes de secagem, sendo um executado por meio de temperatura e umidade controlados e o outro a secagem realizada ao tempo.

Para garantir a segurança e a efetividade dos tijolos de adobe executados com RBMF, serão seguidas as mesmas diretrizes previstas na NBR 16814 (ABNT, 2020), que regulamenta a utilização dos tijolos de adobe feitos com solos convencionais, tendo como base o item 4.1.1-b do mesmo documento onde encontramos a seguinte citação, acerca da composição do solo utilizado para a fabricação dos tijolos:

...para os solos fora dos parâmetros indicados em 4.1.1-a), ou com presença de sais, realizar ensaios de comportamento físico e mecânico de adobes produzidos experimentalmente, os quais devem atender às especificações de desempenho desta Norma; (ABNT, 2020, p. 4).

3.3 Influência da prensagem na fabricação de tijolos de adobe

Mendonça *et al.* (2022) nos mostra que a etapa de prensagem utilizada durante a produção de tijolos de adobe é de suma importância para retirar o excesso de vazios da mistura e aumentar sua resistência. Mendonça *et al.* (2022) nos diz ainda que essa etapa já faz parte do processo tradicional de moldagem.

Estudos como o de dos Santos *et al.* (2023) e Ibeabuchi (2024) nos mostram que o aumento da força utilizada na compactação resulta em uma maior resistência do produto final, conclui-se que isso é resultado da diminuição do número de vazios

e deve ser controlado juntamente com a umidade da mistura, visto que o excesso de umidade cria uma pressão hidrostática dentro da mistura que impede uma compactação eficiente, por fim, destaca-se também que esse menor índice de vazios resulta em uma menor capacidade de absorção de água dos tijolos (Santos, et al., 2023).

Dessa forma evidencia-se a necessidade da prensagem dos tijolos de adobe durante sua moldagem, visando obter um maior desempenho do produto final. Molnár (2002) define o início da utilização da prensagem como o primeiro passo para modernização dos tijolos de adobe como conhecemos atualmente.

3.4 Utilização do RBMF como matéria prima na fabricação de tijolos

A utilização do RBMF como matéria prima para a confecção dos tijolos também é fundamentada com base em outros estudos realizados, Andrade (2016) nos mostra que a utilização conjunta de RBMF e cimento portland tem se mostrado bastante promissora em razão das propriedades químicas e granulométricas desse material. Sua natureza marcada pela presença majoritária de finos confere às matrizes científicas uma composição mais homogênea e isotrópica, sendo esse o resultado do efeito *filler* que o concreto desempenha, reduzindo assim o número de poros (Franco, Santos, Rosa, Brigolini, & Peixoto, 2014).

A viabilidade da utilização de rejeito para a confecção de tijolos já se mostrou possível por Severo (2019), onde após a execução de tijolos cerâmicos com concentrações de 5% e 15% de RBMF, foi constatado que a maior concentração de rejeito favorece a dureza do mesmo. Durante as considerações finais do experimento, é sugerido ainda pelo autor a retomada de estudos na área com concentrações maiores de rejeito (Severo, 2019).

Outros estudos, como o de Costa *et al.* (2023) e o de Mantilla *et al.* (2013), também nos mostram resultados promissores em relação à associação do RBMF com o cimento Portland, para ambos os estudos foram encontrados resultados que favorecem essa aplicação. Destaca-se ainda que os resultados encontrados para todos os CPs ensaiados apresentam um coeficiente de variação relativamente baixo,

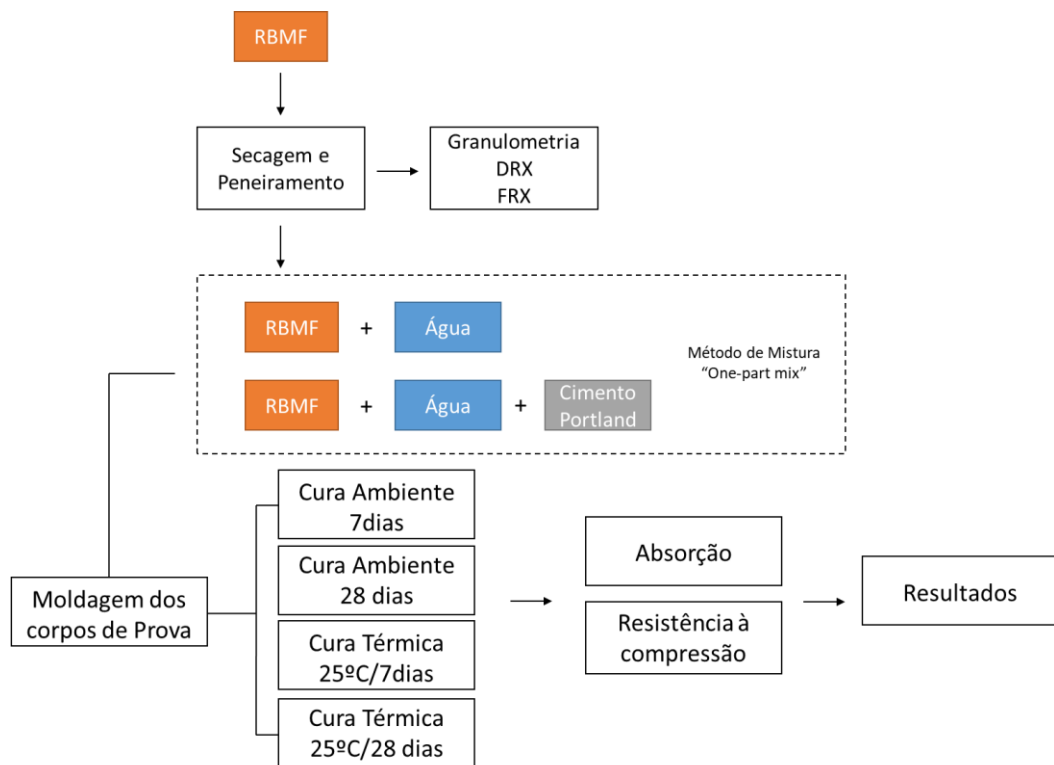
indicando que há regularidade nos resultados encontrados (Mantilla, Espósito, Moreira, & Carrasco, 2013).

Portanto, a pesquisa e o desenvolvimento de tijolos prensados utilizando rejeito de barragem de minério de ferro são plenamente justificáveis tanto pela contribuição à mitigação de impactos ambientais quanto pelo potencial de inovação tecnológica no setor da construção civil. Esta abordagem converge com o desenvolvimento sustentável promovendo produção e consumo responsáveis, proteção do meio ambiente e segurança para comunidades próximas às barragens.

4 METODOLOGIA

A realização dos testes e ensaios descritos neste trabalho tiveram como origem o RBMF coletado na barragem localizada no distrito de Gesteira em Barra Longa/MG, sendo o mesmo coletado e disponibilizado pela Fundação Renova. O rejeito bruto recebido foi armazenado em formato de pilha no pátio da universidade, a partir de onde foi recolhido em partes e preparado para ensaio. A execução do trabalho teve início com a preparação e caracterização do RBMF, seguido da moldagem e cura dos CPs e posteriormente a realização dos ensaios, na Figura 1 é possível observar o fluxograma da metodologia utilizada.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor (2025)

4.1 Preparação do RBMF para utilização nos ensaios

A partir da pilha de material recebida, foi feita a coleta com o auxílio de uma pá e transportada em baldes até o laboratório, local onde o material foi preparado com o

intuito de garantir resultados homogêneos e sem a influência de fatores externos, além dos controlados em laboratório. Para a preparação do material foi feito inicialmente a secagem do rejeito em estufa para que a umidade seja medida e controlada nos ensaios, assim sendo, o material foi disposto em bandejas e levado à estufa durante 24 horas à temperatura entre 100°C a 105°C para secagem completa do material e obtenção de massa constante, representando a ausência de água no material (ABNT, 2020).

Obtida a constância da massa, ainda era possível observar no material a presença de matéria orgânica, oriunda principalmente das plantas que começaram a se desenvolver na pilha, assim como rochas e pequenos torrões de matéria formados. Com o objetivo de promover um maior controle granulométrico e reter as impurezas presentes, a mistura foi submetida à peneiração em malha com abertura de 4,75 mm. As partículas de maior dimensão retidas foram desagregadas manualmente em almofariz e novamente peneiradas, garantindo a adequada homogeneização do material.

Através das práticas descritas obtivemos um rejeito seco, possibilitando o controle mais efetivo da umidade da mistura nos ensaios realizados, além disso minimizamos a presença de matéria orgânica ou outros componentes indesejados que possam interferir nos resultados finais. Após os processos descritos, o RBMF foi armazenado em duas bombonas com capacidade de 100 litros, devidamente vedadas e armazenadas no pátio do laboratório, onde foi recolhido conforme a demanda dos ensaios. Na Figura 2 observamos as etapas de preparação do rejeito para os ensaios, em *a* observamos pilha de rejeito fornecida, em *b* a secagem inicial feita sobre lonas, em *c* e *d* observamos, respectivamente, o peneiramento do RBMF e o material não-passante, em *e* temos o material submetido à secagem em estufa e em *f* as bombonas nas quais fora armazenado o RBMF utilizado nas moldagens e ensaios.

Ademais, para maiores conhecimentos, foram retiradas amostras desse material para a realização de ensaios de caracterização, esses que por sua vez visavam fornecer maiores informações sobre o RBMF utilizado.

Figura 2 - a) Armazenamento do rejeito ao ar livre; b) Secagem do material sobre lonas; c) Peneiramento; d) Material retido; e) Material passante; f) Bombonas de armazenamento



Fonte: Autor (2025)

4.2 Ensaios de caracterização das amostras de RBMF

A partir do rejeito de barragem de minério de ferro, previamente seco e isento de impurezas, foram realizados ensaios de caracterização com o intuito de analisar suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Esses ensaios têm como objetivo fornecer dados comparativos com resultados de estudos similares disponíveis na literatura, permitindo avaliar o potencial de aplicação do RBMF como insumo na produção de tijolos prensados.

4.2.1 Distribuição granulométrica por difração a laser

A análise da distribuição granulométrica por difração a laser constitui uma técnica de alta precisão para determinar o tamanho e a distribuição das partículas que compõem o material. O ensaio foi conduzido utilizando o analisador de partículas BETTERSIZE 2000, ilustrado na Figura 3, um equipamento que se baseia no princípio da difração da luz, segundo o qual partículas de diferentes tamanhos dispersam o feixe laser em ângulos variados: partículas maiores causam espalhamento em ângulos menores, enquanto partículas menores dispersam a luz

em ângulos mais amplos. Para garantir a dispersão homogênea do material e minimizar a formação de aglomerados, utilizou-se água destilada como meio dispersante, associada à adição de um agente dispersante adequado.

Figura 3 – BETTERSIZE 2000 utilizado para análise granulométrica



Fonte: Autor (2025)

Durante a análise, o material previamente seco e desagregado foi introduzido na célula de dispersão do equipamento, sendo submetido a agitação e fluxo controlado, de forma a garantir a suspensão uniforme das partículas na solução líquida. Os dados obtidos foram processados pelo software do equipamento, fornecendo informações detalhadas sobre os parâmetros granulométricos, como diâmetro médio das partículas (D50), além das percentagens acumuladas e intervalos específicos (D10 e D90).

A caracterização granulométrica por difração a laser é fundamental para o estudo do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF), uma vez que o tamanho das partículas influencia diretamente o comportamento do material durante as etapas de prensagem, compactação e cura, bem como suas propriedades mecânicas e a eficiência do processo produtivo de tijolos prensados.

4.2.2 Composição química por fluorescência de raios-x (FRX)

A composição química do material é o principal influenciador de suas características de resistência, assim sendo, foi feito o ensaio para comparação com outros trabalhos similares e maior compreensão da influência de cada componente químico nesse resultado. Para realização desse ensaio, é coletada uma pequena amostra de material e triturada em um almofariz, o material deve ser passado em uma peneira com abertura de 45 μ m, coloca-se o material em um porta-amostra e submete-se à análise. A determinação da composição química do rejeito foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), no equipamento Shimadzu EDX-720 do Laboratório de Materiais de Construção – UFOP, ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Shimadzu EDX-720 utilizado para análise de composição química



Fonte: Autor (2025)

4.2.3 Composição mineralógica por difração de raios-x (DRX)

A mineralogia do material exerce papel fundamental na definição das propriedades físicas e mecânicas das matrizes produzidas, influenciando

diretamente parâmetros como resistência à compressão, durabilidade e comportamento frente às variações ambientais. A composição mineralógica pode afetar, por exemplo, a capacidade de hidratação do sistema, a formação de fases cimentícias e a interação entre os grãos, fatores críticos para o desempenho final dos tijolos prensados (Costa, Bernardo, Lemos, & Silva, 2023).

Considerando essa relevância, foi realizada uma análise mineralógica detalhada do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF), com o objetivo de identificar as fases cristalinas predominantes e compreender seu potencial impacto sobre as propriedades das matrizes. Essa caracterização permitiu também estabelecer comparações com dados obtidos em estudos similares encontrados na literatura, possibilitando avaliar a compatibilidade do material com metodologias já validadas para a produção de elementos construtivos sustentáveis.

Figura 5 – Bruker D2 Phaser 2ª Generation utilizado para análise mineralógica



Fonte: Autor (2025)

Para a execução do ensaio, foi feita novamente a moagem do material para peneiramento em abertura de 45 μ m, a amostra foi prensada no porta-amostra e

submetida à análise. A análise quantitativa de difração de raios-X (DRX), foi realizada através do equipamento Bruker D2 Phaser 2ª Generation, do Laboratório NanoLab/REDEMAT/UFOP, ilustrado na Figura 5, utilizando tubo de cobre; programa experimental de 30kV e 10mA, passo de 0,020° e tempo por passo de 1 segundo, foi considerado o ângulo de varredura entre 5° e 75°.

Na Figura 6 é possível observar as etapas de preparação das amostras submetidas aos ensaios de caracterização.

Figura 6 - a) Secagem do material em estufa; b) Peneiramento; c) Moagem;

d) Armazenamento de Amostras



Fonte: Autor (2025)

4.3 Produção das matrizes

Para dar início à avaliação da viabilidade do uso de RBMF na produção de tijolos de adobe, foi necessário adotar uma abordagem experimental inicial que permitisse explorar o comportamento do material com menor consumo de recursos. Por isso, optou-se pela confecção de corpos de prova (CPs) cilíndricos, com dimensões de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Essa escolha estratégica, além de otimizar o uso do RBMF em um momento em que o traço ideal ainda não havia sido definido, possibilitou a realização de testes laboratoriais de forma prática e eficiente.

Nesta etapa, foram preparadas diferentes combinações de traços e condições de moldagem, variando fatores como o teor de cimento utilizado como estabilizante, o tempo e a temperatura de cura. Os corpos de prova foram produzidos com o

auxílio de uma prensa manual, garantindo uma compactação adequada e a uniformidade necessária para os ensaios posteriores.

Após a moldagem, os CPs passaram pelos distintos procedimentos de cura, cuidadosamente escolhidos para investigar como o processo de hidratação e endurecimento poderia influenciar as propriedades mecânicas do material. Por fim, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de compressão simples, com o objetivo de identificar quais parâmetros exerciam maior influência na resistência final e, assim, fornecer subsídios para o aprimoramento da técnica de produção dos tijolos prensados.

Essa etapa inicial teve um papel essencial no direcionamento da pesquisa, permitindo a identificação de fatores críticos no desempenho do material e a definição de estratégias para a etapa seguinte, focada na produção em escala de laboratório de tijolos com dimensões reais.

4.3.1 Definição dos traços

A definição do traço de produção se mostra como etapa fundamental na realização do trabalho, através da medição da concentração dos componentes na mistura é possível fazer a replicação e a análise da influência de cada um no resultado dos ensaios. Dessa forma, foram definidos 3 traços tendo como base a massa de RBMF utilizada, sendo esse o principal componente da mistura, a umidade absoluta foi fixada em 14% da massa de RBMF e o cimento portland foi adicionado nas concentrações de 0%, 5% e 10% da massa de RBMF, o intuito principal da realização da mistura com concentração de 0% é estudar a influência de cimento portland na mistura, não apenas nos ensaios de resistência mas também no ensaio absorção de água, visto que esse atua como estabilizante na mistura. A Tabela 1 resume a composição percentual dos traços utilizados no trabalho.

Tabela 1 – Definição dos traços de execução

Traço	RBMF	Água	Cimento Portland
TR REF	100%	14%	0%
TR 5%	100%	14%	5%
TR 10%	100%	14%	10%

4.3.2 Moldagem dos CPs

Para cada um dos traços definidos, serão moldados CPs para a realização dos ensaios iniciais, esses resultados tornam possível inferir quais fatores possuem maior desempenho nas características visadas para os protótipos dos tijolos a serem produzidos, sendo essas a resistência à compressão e a absorção de água.

A moldagem seguiu de forma análoga para cada traço, onde teve início com a pesagem de 1,5kg de RBMF e a porcentagem correspondente de cimento portland, conforme o traço desejado previamente definido no Item 4.2.1, seguido da mistura manual dos dois componentes para homogeneização. Em sequência adiciona-se 210g de água à mistura dos componentes secos, correspondente a 14% da massa de RBMF, e prosseguimos a mistura com o auxílio de uma argamassadeira, submetendo a massa a uma mistura mecânica durante 10 minutos, sendo que nos primeiros 5 minutos estabelece-se a argamassadeira com velocidade alta, depois interrompemos o ciclo para remover qualquer material que tenha se acumulado no fundo ou nas extremidades com auxílio de uma espátula, e prosseguimos a mistura com a argamassadeira em velocidade baixa por mais 5 minutos. O resultado final é uma mistura homogênea, levemente úmida, com boa coesão e baixa plasticidade.

Da mistura final, são pesados 240g e inseridos no molde cilíndrico de fundo removível, a mistura é prensada no molde com o auxílio de uma prensa manual utilizando-se a força padrão de 2tf, resultando em cerca de 2,50MPa de tensão. Após a prensagem, é feita a remoção do fundo do molde para extração do CP. Esse processo pode ser repetido mais 5 vezes, possibilitando a moldagem de 6 CPs para cada traço executado, o excedente da mistura não utilizada nas moldagens é descartado. Após a moldagem dos CPs, faz-se necessário a cura dos mesmos para que seja adquirida resistência antes de submetê-los aos ensaios. A cura foi realizada de duas formas distintas e em dois períodos de tempo diferentes, definiu-se que seriam testados os CPs aos 7 dias e aos 28 dias de cura sendo que uma parte seria submetida à cura em temperatura ambiente, enquanto a outra parte seria

submetida à cura em câmara climática com temperatura e umidade controlados, são esses 20°C e 80% de umidade. O resultado final é um cilindro rígido de 5cm de diâmetro e cerca de 10 cm de altura. Ressalta-se que cada CP será submetido a um único ensaio, assim como possui um único tempo e meio de cura. A Figura 7 ilustra os equipamentos utilizados durante o processo de moldagem e cura dos CPs assim como o resultado final após a extração do CP.

Figura 7– a) Molde cilíndrico; b) Argamassadeira; c) Balança para pesagem; d) Prensa manual de compressão; e) Câmara climática; f) Corpo de prova extraído



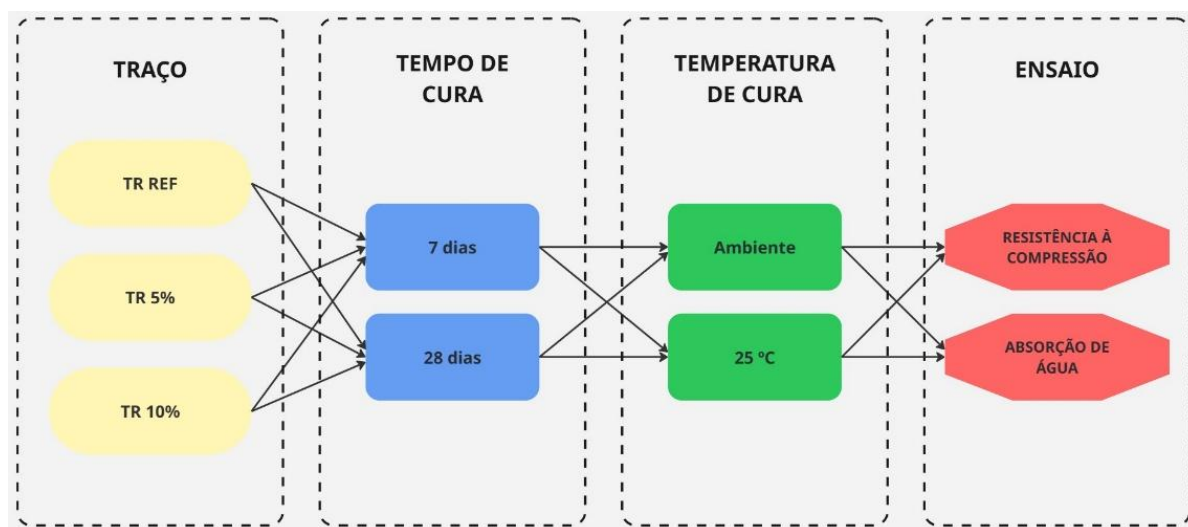
Fonte: Autor (2025)

4.4 Ensaios de caracterização dos CPs

Os CPs moldados serão submetidos à testes de resistência à compressão, conforme rege a NBR 13279 (ABNT, 2005), e de absorção de água conforme a NBR8492 (ABNT, 2013), para cada combinação foram submetidos aos ensaios 3 CPs, ressalta-se ainda que nenhum deles foi submetido a mais de um ensaio, o resultado computado foi a média aritmética dos valores encontrados. Após obtenção dos resultados, o traço que apresentou melhor desempenho foi selecionado para reprodução e emprego final nos protótipos dos tijolos. A disposição final dos CPs moldados em relação ao traço, temperatura, e tempo de cura está representada na

Figura 8. Ao todo, foram produzidas 12 combinações diferentes para submeter a cada ensaio, totalizando 144 CPs moldados durante a metodologia do projeto.

Figura 8 – Fluxograma de execução dos traços



Fonte: Autor (2025)

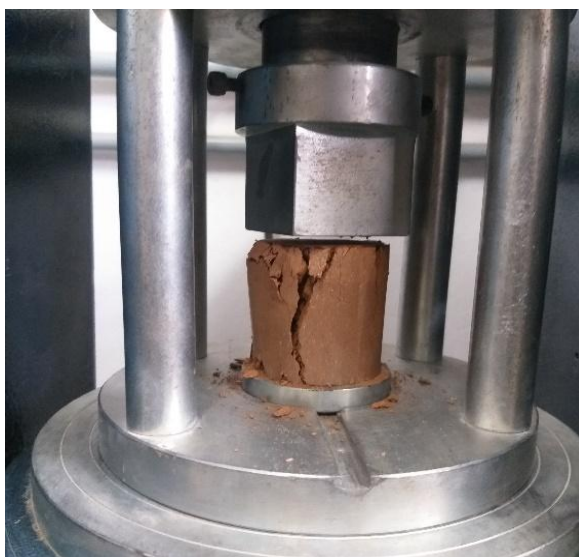
4.4.1 Ensaio de resistência à compressão

A determinação da resistência à compressão das matrizes produzidas foi realizada com base nos parâmetros estabelecidos pela NBR 13279 (ABNT, 2005), norma que regulamenta o método de ensaio para avaliar a resistência mecânica de corpos prismáticos e cilíndricos de materiais compósitos e argamassas. Esse ensaio tem como objetivo quantificar a capacidade do material em resistir aos esforços compressivos, sendo um parâmetro fundamental para avaliar a viabilidade técnica do uso do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) na fabricação de tijolos prensados.

Os ensaios foram conduzidos em uma prensa hidráulica de ensaios da marca Engetotus, equipada com célula de carga de 100 toneladas, calibrada para garantir a precisão dos resultados. O carregamento foi aplicado de forma contínua e uniforme, com incremento de pressão de 0,2 MPa/s, conforme recomendado pela norma, a fim de evitar esforços dinâmicos que poderiam comprometer a integridade do CP ou gerar resultados não representativos.

O procedimento teve início com o posicionamento cuidadoso do CP no centro do platô da prensa, garantindo o alinhamento axial para evitar concentrações de tensão e assegurar a distribuição uniforme da carga. Em seguida, iniciou-se a aplicação do carregamento até o momento da ruptura completa do CP, registrada automaticamente pelo sistema da prensa. A Figura 9 apresenta a etapa final do ensaio, ilustrando o posicionamento do corpo de prova no equipamento e seu estado após a ruptura. Os valores máximos de carga suportados foram convertidos em tensão de compressão, considerando a área da seção transversal do CP.

Figura 9 – Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Autor (2025)

4.4.2 Ensaio de absorção de água

O ensaio de absorção de água foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas pela NBR 8492 (ABNT, 2013), a qual normatiza o método para determinação da absorção de blocos cerâmicos e de solo-cimento. Inicialmente, os corpos de prova foram submetidos à secagem em estufa a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante, procedimento necessário para obtenção da massa seca. Em seguida, após o resfriamento das amostras à temperatura ambiente em local protegido de correntes de ar e umidade, os CPs

foram totalmente submersos em água por um período de 24 horas, conforme especificado pela norma.

Ao término do período de imersão, as amostras foram retiradas da água, cuidadosamente limpas para eliminar o excesso superficial, e pesadas para determinação da massa saturada (m_2). A partir destes valores, a absorção de água foi calculada em termos percentuais, utilizando a expressão estabelecida pela norma.

Esse procedimento possibilitou a avaliação da porosidade aberta e da capacidade de absorção dos corpos de prova, parâmetros diretamente relacionados à durabilidade e desempenho do material em condições de exposição ao ambiente. A Figura 10 ilustra a etapa do ensaio na qual os CPs são submersos em água.

Figura 10 – Ensaio de absorção de água



Fonte: Autor (2025)

4.5 Protótipos em tamanho real

Diante dos resultados obtidos e apresentados no item 5.0 foi afirmada a viabilidade do estudo. Consequentemente optou-se pela confecção de protótipos de tijolos em tamanho real para a repetição dos experimentos, assim sendo, foi escolhido um único traço dentre todos os testados para a reprodução nos protótipos.

Conforme obtido nos ensaios, tanto o traço com 5% de adição de cimento portland quanto o traço com 10% de adição apresentaram todos os valores mínimos necessários para utilização. Optou-se então pelo traço com 10% de adição de estabilizante cimento portland tendo em vista a obtenção de melhores resultados. O método de cura escolhido foi o feito à temperatura ambiente visando manter a confecção dos tijolos o mais artesanal possível.

O intuito dos testes em tamanho real é conferir se os resultados obtidos se mantêm a partir da multiplicação da moldagem, mantendo-se sempre o traço original.

4.5.1 Moldagem

Com o intuito de manter a moldagem dos tijolos o mais artesanal possível, visando principalmente sua reprodução em qualquer localidade, optou-se por fazer as formas dos tijolos de forma completamente artesanal. O material escolhido para a confecção das formas foi a madeira, onde foi reaproveitado a madeira de pinus de alguns pallets de carga, a Figura 11 acompanha a etapa de execução das formas. Foi executado apenas o travamento lateral em madeira, apoiado sobre azulejo cerâmico para evitar a aderência do material. A madeira foi cortada e parafusada nas extremidades com exceção de uma para auxiliar na desforma, o travamento final foi feito com arame e removido para a desmoldagem.

Figura 11 – Execução das formas em madeira



Fonte: Autor (2025)

Com o traço definido em 10% de estabilizante e 14% de umidade para 100% de RBMF foi iniciada a mistura do mesmo de maneira análoga à executada para os CPs, misturando-se primeiro os componentes secos e adicionando a água em seguida. Prosseguimos com a mistura em velocidade alta durante 5 minutos, desagregação do material aderido às extremidades da bandeja com o auxílio de uma espátula e mais 5 minutos de mistura na argamassadeira com velocidade alta.

Seguindo para a moldagem dos protótipos, umedeceu-se as partes em madeira para diminuir a aderência do material nas mesmas, apoiou-se o travamento em madeira no lado resinado do azulejo cerâmico e executou-se a moldagem. Foi pesado 2,5kg da mistura e feita a moldagem em três camadas, sendo que a cada camada o material foi compactado com 20 golpes aplicados por um soquete de metal a 5 centímetros de altura. Na Figura 12 observamos os tijolos após ao final da moldagem.

Figura 12 – Moldagem dos protótipos em tamanho real



Fonte: Autor (2025)

Após a moldagem dos protótipos, a extremidade travada com arame foi solta e os mesmos foram desmoldados, permanecendo sobre o azulejo e submetidos a cura em temperatura ambiente durante 7 dias. A Figura 13 ilustra a o aspecto dos protótipos após a desforma, ocorrida imediatamente após a moldagem e com o material ainda fresco.

Figura 13 – Protótipos após desforma



Fonte: Autor (2025)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

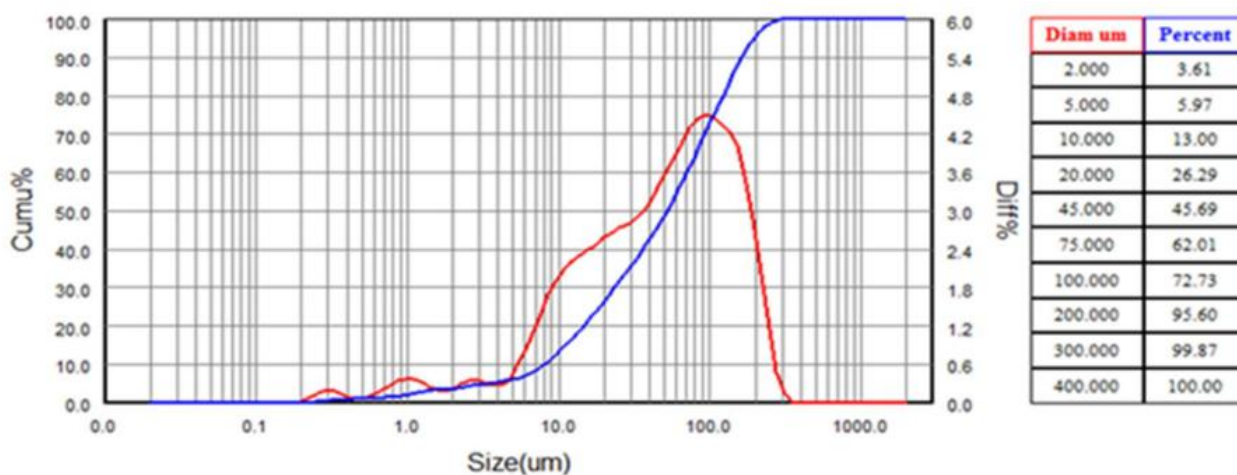
A partir dos resultados obtidos nos ensaios podemos analisar o comportamento dos CPs diante das variáveis estabelecidas durante a execução e cura dos mesmos. Esses resultados têm como função primordial prover à literatura mais informações sobre o assunto e auxiliar na realização de pesquisas futuras na mesma área de atuação.

5.1 Ensaios de caracterização das amostras

5.1.1 Distribuição granulométrica

O resultado desse ensaio é relativo ao tamanho dos grãos que compõem a amostra analisada, essa propriedade interfere nos ensaios de caracterização dos CPs através da velocidade e intensidade das reações químicas que ocorrem durante o processo de moldagem e cura do mesmo. Dessa forma, influenciando a resistência final do corpo, além de ser o principal responsável sobre o número de vazios do CP, influenciando também a sua capacidade de absorção de água.

Figura 14 – Distribuição granulométrica do RBMF utilizado



Fonte: Autor (2025)

A Figura 14 ilustra o resultado obtido através da realização do ensaio, da qual conseguimos extrair os principais dados granulométricos analisados nesse tipo de ensaio. São esses: $D_{10} = 8,2\mu\text{m}$, $D_{50} = 53\mu\text{m}$ e $D_{90} = 165\mu\text{m}$.

5.1.2 Composição química por fluorescência de raios-x (FRX)

Na Tabela 02 é representada a composição química do RBMF, onde obtemos que o rejeito utilizado possui 60,39% de dióxido de silício em sua composição, afirmando a natureza arenosa do material que observamos a partir da distribuição granulométrica. Ademais, observamos também uma concentração de 23,01% de óxido de ferro III (Hematita), 14,97% de óxido de alumínio e pequenas porcentagens de outros componentes.

Tabela 02 – Composição química do RBMF utilizado

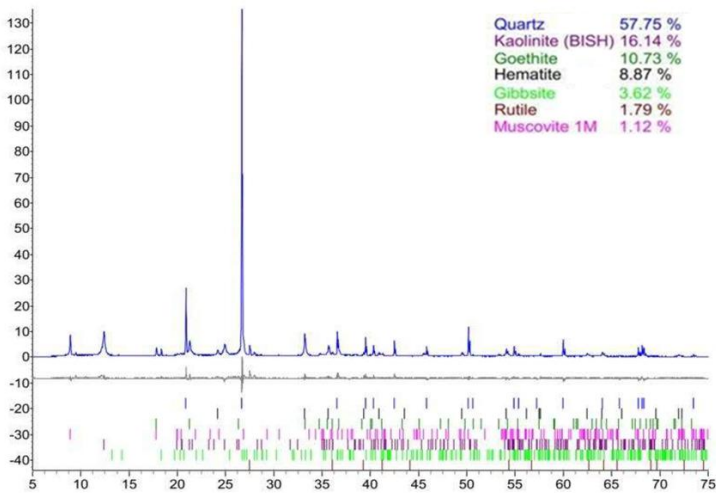
Elemento	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Outros*
(%)	60,39	23,01	14,97	0,54	0,27	0,43	1,63

Fonte: Autor (2025)

5.1.3 Composição mineralógica por difração de raios-x (DRX)

O resultado do ensaio de composição mineralógica do rejeito pode ser observado no difratograma da Figura 15, onde podemos identificar picos característicos das fases mineralógicas de quartzo, goethita e hematita. Fases minerais comumente encontradas na literatura para rejeitos de mineração de ferro.

Figura 15 – Difratograma de composição mineralógica do RBMF utilizado



Fonte: Autor (2025)

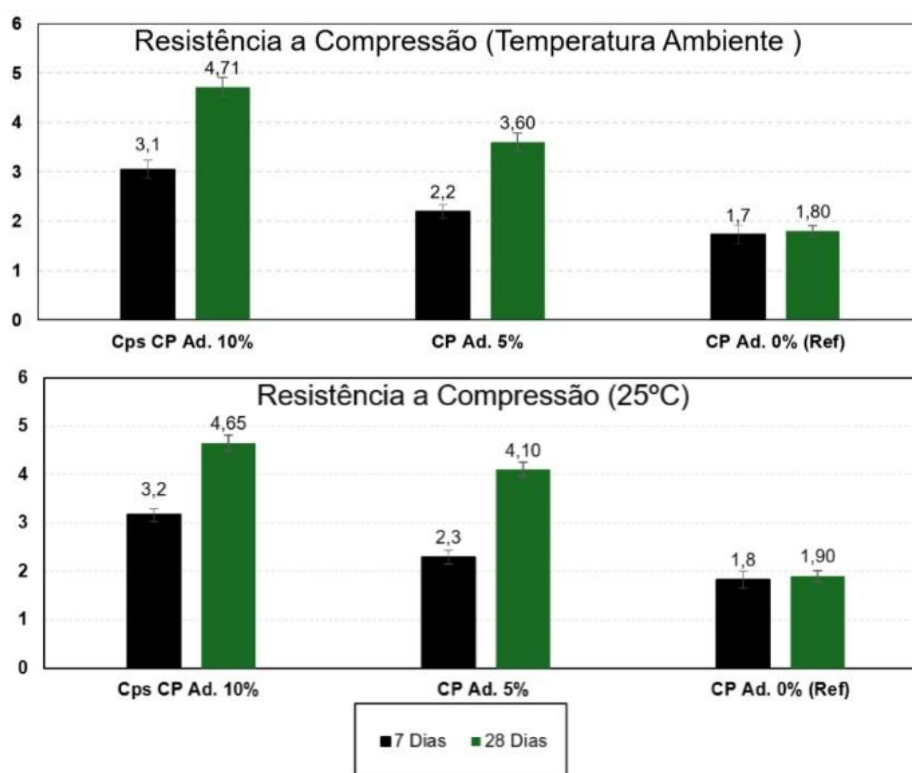
5.2 Ensaios de caracterização dos CPs

Esses resultados foram computados a partir da média aritmética dos obtidos nos ensaios individuais, sendo que para cada combinação foram executados três CPs a serem submetidos a um único ensaio.

5.2.1 Resistência à compressão

A Figura 16 reúne os resultados obtidos no formato de gráfico de barras, possibilitando melhor comparação dos resultados obtidos, conforme definido, os ensaios foram feitos nos CPs com moldagem de 0%, 5% e 10% de cimento Portland, com cura em temperatura ambiente e a 25°C, ambos testados aos 7 e 28 dias de cura.

Figura 16 – Gráficos do resultado dos ensaios de resistência à compressão



Fonte: Autor (2025)

Observamos assim a influência notável do tempo de cura na resistência final do CP, tanto na cura ambiente quanto na realizada em temperatura controlada, sendo

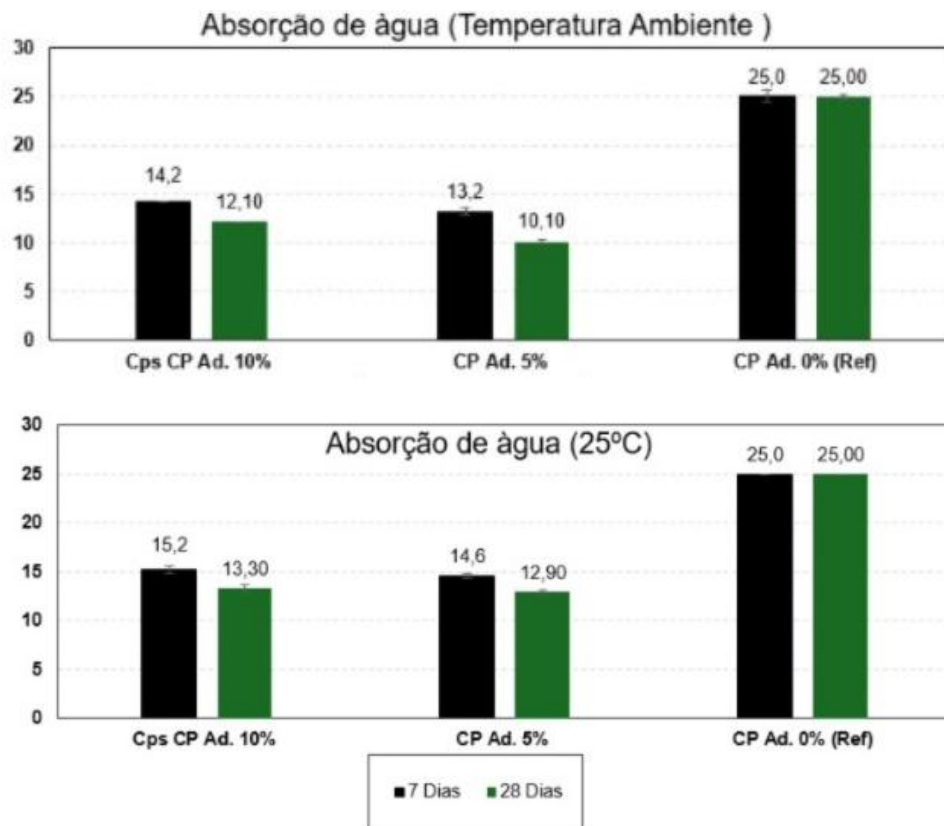
essa a que mais influenciou nos resultados analisados. Ela alia-se consideravelmente à concentração de estabilizante, uma vez que as moldagens sem a presença de cimento portland mostraram uma diminuição substancial de resistência. De forma análoga, houve um incremento de resistência para os moldados com uma concentração maior de estabilizante. Finalmente, podemos observar que a temperatura de cura não possui grande influência na resistência final. Os CPs estabilizados apresentaram desempenho favorável no ensaio de resistência à compressão, visto que apresentaram média superior a 2,0MPa, conforme recomendação da NBR 16814 (ABNT, 2020).

Ademais, apesar de apresentar um aumento de resistência aos 28 dias de cura, podemos observar que os CPs já apresentaram a resistência necessária durante os 7 primeiros dias de cura.

5.2.2 Absorção de água

Na Figura 17 observa-se os resultados compilados do ensaio no formato de gráfico de barras, através de sua análise observamos que o tempo de cura é seu principal influenciador. A concentração de cimento Portland na mistura também mostra importante influência, visto que no traço de referência, onde não há presença do estabilizador, o CP se desmanchou totalmente, enquanto nos traços estabilizados a sua integridade foi mantida. Já em relação à temperatura de cura, não foi observada influência notável no resultado final.

Figura 17 – Gráficos do resultado dos ensaios de absorção de água



Fonte: Autor (2025)

O resultado foi avaliado de acordo com a NBR 8492 (ABNT, 2012b), a norma permite índices de absorção de água entre 8% e 22%, sendo que a média dos valores não deve ser superior a 20%, nem acima de 22% com a idade mínima de 7 dias. Os resultados obtidos foram favoráveis para as adições de 5% e 10% de cimento portland, já para os CPs sem a adição do estabilizante os resultados obtidos não se mostraram favoráveis.

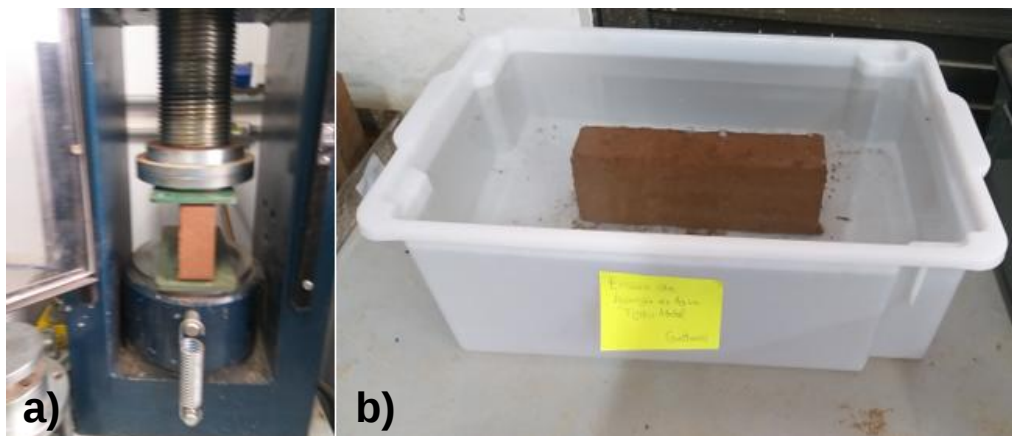
5.3 Ensaios de caracterização dos protótipos

Com os protótipos devidamente moldados e curados submeteu-se os mesmos aos ensaios de resistência à compressão e absorção de água, conforme realizado com os CPs. Para o ensaio de absorção obteve-se uma média de 17% de absorção e para o ensaio de resistência obtivemos um valor de 2,1 MPa.

Na Figura 18a observamos o ensaio de resistência à compressão dos protótipos em tamanho real e em 18b o ensaio de absorção de água dos mesmos, nos quais foram seguidos os mesmos parâmetros e diretrizes utilizados para os ensaios análogos realizados nos CPs e descritos nas normas NBR13279 (ABNT, 2005) e NBR 8492 (ABNT, 2013).

Os resultados obtidos foram completamente satisfatórios, visto que adquiriram os valores necessários para ambas as características, somado ao fato de que foram produzidos de forma artesanal e podem ser replicados facilmente em qualquer localidade.

Figura 18 – a) Ensaio de resistência à compressão; b) Ensaio de absorção de água



Fonte: Autor (2025)

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho avaliou-se o emprego do RBMF como matéria-prima na construção civil através de seu emprego em tijolos de adobe, fez-se os ensaios iniciais em CPs para avaliação de viabilidade do estudo e a partir dos resultados satisfatórios deu-se continuidade com a execução de protótipos em tamanho de uso comum na construção civil. Apesar de manter a execução dos protótipos da forma mais artesanal possível, os resultados encontrados foram extremamente satisfatórios já nos primeiros 7 dias de cura.

Através dos ensaios de caracterização realizados no RBMF utilizado obteve-se resultados que favorecem a continuidade em investimentos na área. Visto que os resultados obtidos nos ensaios de caracterização física, química e mineralógica se assemelham muito a outros encontrados na literatura. Sendo esse fundamental para que se mantenha certa homogeneidade nos resultados das pesquisas, mesmo quando realizadas com subprodutos encontrados em diferentes barragens.

Ademais, concluímos que o RBMF é uma potencial matéria-prima para a fabricação de tijolos de adobe. A partir do seu emprego na construção civil podemos diminuir consideravelmente os impactos ambientais causados tanto na construção civil quanto na mineração do ferro, diminuindo a quantidade de subproduto acumulado nas barragens e preservando reservas naturais de minerais. O resultado é uma matriz que se assemelha muito a outros materiais utilizados na construção civil em termos de desempenho.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT. (2005). NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.
- ABNT. (2013). NBR 8492: Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão, e da absorção de água. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.
- ABNT. (2020). NBR 16814: Adobe - Requisitos e métodos de ensaio. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.
- Agência Nacional de Mineração - ANM. (2024). *Anuário Mineral Brasileiro - Principal Substâncias Metálicas*. Brasília: coordenação técnica de Karina Andrade Medeiros.
- Andrade, L. C., Marques, E. A., & Peixoto, R. A. (Janeiro de 2016). Perspectivas para o reaproveitamento de rejeitos da mineração de ferro como materiais de construção. *Geografias*, 12(1), 32-44.
- Costa, A. d., Bernardo, D. d., Lemos, D. A., & Silva, N. d. (2023). O uso de rejeitos de minério de ferro como matéria-prima alternativa na produção de tijolos de cimento. *Altus Ciência*, 17.
- Franco, L. C., Santos, D. H., Rosa, P. P., Brigolini, G. J., & Peixoto, R. F. (2014). Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto. 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO.
- Ibeabuchi, I. J., Reis, J. C., Reis, F. M., Bezerra, A. Y., Ramos, S. B., Vasconcellos, D. G., . . . Reis, M. J. (2024). Influência da tensão de prensagem na resistência à compressão simples de tijolos ecológicos. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(12).
- Lacôrte, P. M. (Janeiro de 2013). Aproveitamento de resíduos na construção civil. *Repositório UFMG*.
- Lage, F. L., Gonçalves, K. d., Cordeiro, J., & Lage, M. A. (2020). Utilização dos rejeitos de minério de ferro na construção civil: uma análise cienciométrica. *Research, Society and Development*, 9(4).

- Laschefski, K. A. (2020). Rompimento de barragens em Mariana e Brumadinho (MG): Desastres como meio de acumulação por despossessão. *Ambientes*, 2(1), 98-143.
- Mantilla, J. N., Espósito, T., Moreira, L. E., & Carrasco, E. V. (2013). Avaliação do desempenho à compressão de paredes intertravadas com tijolos de rejeitos de minério de ferro. *Construindo*, 05(01).
- Mechi, A., & Sanches, D. L. (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Revista de Estudos Avançados*, 24(68).
- Mendonça, I. K., Lage, G. T., Nogueira, J. W., & Bessa, S. A. (1 a 4 de Fevereiro de 2022). Análise da estabilização de solos com cimentos brasileiros para a produção de taipa de pilão. *VIII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*.
- Molnár, V. (2002). Examination of pressed adobe brick. *Hungarian Electronic Journal of Sciences*.
- Santos, C. M., Souza, A. A., Oliveira, H. A., Melo, L. d., Almeida, V. G., & Melo, F. M. (2023). Estudo da influência de parâmetros de processo na produção de tijolo de solo-cimento. *Cerâmica Industrial - Revista do Técnico Cerâmico Brasileiro*, 28(01).
- Santos, L. M., Neto, J. A., & de Azerêdo, A. F. (2020). Caracterização de solo para misturas de adobe contendo cimento Portland como estabilizante. *Revista Matéria*, 25(01).
- Santos, R. C. (04 de 2021). Contribuição do setor mineral no produto interno. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*.
- Severo, C. B. (2019). *Aproveitamento de rejeito de minério de ferro para fabricação de tijolos cerâmicos*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Araxá.
- Silva, A. P., Viana, J. P., & Cavalcante, A. L. (2012). *Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília.

Silva, M. L., & Andrade, M. C. (12 de 2017). Os impactos ambientais da atividade mineradora. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade UNINTER*, 11(6).

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. (2024). *Relatório setorial - Dezembro + Balanço anual de 2024*. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, São Paulo.

Souza, J. V., & Guedes, J. d. (04 de 01 de 2021). O rejeito de minério de ferro e suas aplicações na construção civil. *Brazilian Journal of Development*.