

**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
DE CONSELHEIRO LAFAIETE  
CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS**

**APLICAÇÃO DO REJEITO ORIUNDO DO PROCESSAMENTO MINERÁRIO PARA  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

**APPLICATION OF MINERAL PROCESSING WASTE FOR THE MANUFACTURING OF  
ECOLOGICAL BRICKS**

Vanessa de Lima Correia

Adriana Samara Bruno Clemente

Rodovia MG 482 - Gigante, Conselheiro Lafaiete - MG, 36400-000– Brasil  
[vanessadelimacorreia@gmail.com](mailto:vanessadelimacorreia@gmail.com)

**Resumo:**

O presente artigo discorre a aplicação dos resíduos resultantes do processamento mineral, mais especificamente o rejeito, na fabricação de tijolos ecológicos. A técnica consiste em substituir a terra pelo rejeito, resultando em um produto sustentável com potencial para mitigar os impactos ambientais negativos. O processo de produção dos tijolos é detalhadamente descrito, desde a coleta, amostragem e análise química do minério, até a preparação do rejeito e a fase de cura dos tijolos. Os resultados obtidos até o momento demonstraram a necessidade de mais testes para alcançar resultados satisfatórios. A resistência mecânica dos tijolos produzidos com o rejeito mineral como matéria-prima se mostrou abaixo do esperado. Assim, é imperativo realizar pesquisas adicionais para aprimorar o processo de produção e as propriedades do produto final. A utilização do rejeito mineral na fabricação de tijolos ecológicos apresenta-se como uma alternativa sustentável e promissora para o descarte desses resíduos. Essa abordagem contribui para a redução da demanda por aterros e minimiza os impactos ambientais associados à atividade mineradora. Dessa forma, embora os resultados iniciais não tenham sido satisfatórios, a aplicação do rejeito mineral na produção de tijolos ecológicos representa uma perspectiva viável e benéfica para a indústria, a sociedade e o meio ambiente. Mais estudos e aperfeiçoamentos são necessários para explorar todo o potencial dessa técnica e consolidá-la como uma solução eficaz para o aproveitamento de resíduos da atividade mineral.

**Palavras-chave:** Mineração. Rejeito. Sustentabilidade. Riscos Ambientais. Tijolos Ecológicos.

**LISTA DE SIGLAS**

ANA - Agência Nacional de Águas  
ANM - Agência Nacional de Mineração  
BSM – Britagem Semi Móvel  
CMAI – Concentração Magnética de Alta Intensidade  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração  
ITM - Instalação de Tratamento de Minérios  
PPC - Perda por Calcinação  
ROM – *Run of Mine*

## 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa pautada na utilização de rejeitos oriundos do processo minerário de forma proficiente, fundamenta-se em três eixos essenciais: a crescente perspectiva por soluções sustentáveis, a constante busca de redução de impactos ambientais das atividades mineradoras, assim como, a afluência de ações que estabeleçam a diminuição de custos para os processos. Torna-se coeso buscar uma solução na qual, utiliza-se o material que antes era considerado como sobra e agora pode ser transformado em material de construção ecológico como, tijolos e blocos.

Ao dissertar sobre a utilização de rejeitos minerários para a fabricação de tijolos sustentáveis, faz-se necessário rever a temática: mineração. Flores e Lima (2012), citam a Medida Provisória 2.166 – 67/2001, pela resolução CONAMA 369/2006, pelo Código Civil Brasileiro, pelo Decreto-lei 3.365/1941 e pela Lei 4.132/1962, que a atividade de mineração é considerada como sendo de utilidade pública e de interesse social, isto posto, a ideia de criar, em grau maior, formas que equilibre a atividade minerária e a preservação do meio ambiente é procedente. Ainda, pode-se destacar o que “a conciliação entre a mineração – indústria fundamental à vida moderna e, de outro lado, a necessária proteção socioambiental – direito inalienável dos seres vivos, é medida que se impõe” (FLORES E LIMA, 2012, p. 15).

O setor de mineração é conhecido por gerar uma grande quantidade de resíduos e por representar riscos ambientais e sociais significativos. De acordo com Giulio e Günther (2019), a gestão desses resíduos é classificada de acordo com a responsabilidade pelo gerenciamento, sendo que, no caso dos resíduos de mineração, o gerador é o principal responsável. Para garantir a sustentabilidade socioambiental, é fundamental que haja uma busca contínua pela melhoria da gestão e da eficiência das ações, assim como pela redução de custos.

Com base nesse contexto, este artigo tem como objetivo aplicar na prática um teste realizado com o rejeito oriundo do processo minerário de uma empresa de beneficiamento de ferro, localizada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. O texto apresenta uma descrição detalhada da aplicação do rejeito na fabricação de tijolos ecológicos. Além disso, são destacadas as principais vantagens da utilização desses tijolos nas obras civis, mostrando como a prática pode contribuir para a sustentabilidade e para a gestão adequada dos resíduos gerados pela indústria de mineração.

O objetivo firmado ao discorrer este trabalho é alcançar a viável ação de aproveitamento dos resíduos como matéria prima na produção de tijolos que apresentem características ambientais mais favoráveis em relação aos tijolos convencionais. Dessa forma, será possível atender a

demanda por produtos que sejam sustentáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente, além de reduzir a quantidade de resíduos gerados pela atividade mineradora.

A constituição da metodologia de pesquisa constitui-se com os eixos bibliográfico, que serão citados no decorrer do trabalho e qualitativo por meio do estudo de caso aplicado para tangibilizar a defesa dos argumentos.

A sequência compõe-se pelo estudo de caso baseado no teste realizados com os rejeitos para a fabricação de tijolos e seus resultados.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Como a reutilização de rejeitos minerários pode ser implementada de forma eficiente e sustentável, tendo como objetivo reduzir impactos ambientais associados à mineração, considerando questões como qualidade, viabilidade técnica e econômica?

## **1.2 Justificativa**

Considerando a essencialidade das atividades da mineração tanto social quanto econômica, contudo, não minimizando a problemática ambiental e seus impactos significativos na sustentabilidade, faz necessário verificar a utilização de rejeito minerário na fabricação de tijolos ecológicos. Os resultados esperados são: reduzir a quantidade de resíduos que seriam descartados produzindo um produto proficiente, a redução de emissão de CO<sub>2</sub> através da ausência de queima em seu processo de concepção, além de gerar impacto ambiental, econômico e social no setor de construção civil.

## **1.3 OBJETIVOS**

### ***- Objetivo geral***

Verificar a utilização de rejeito do processo minerário na fabricação de tijolos ecológicos.

### ***- Objetivos específicos***

1) Mostrar a importância da Mineração para a sociedade como utilidade pública;

2) Conscientizar sobre os potenciais riscos que a atividade mineradora gera ao meio ambiente, confrontando a seriedade do compromisso com a responsabilidade ambiental em seus processos;

3) Propor uma potencial solução de reaproveitamento dos resíduos sólidos para produção de tijolos ecológicos, reduzindo impactos ambientais também em outros setores, bem como o setor de construção civil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O presente trabalho tem como objetivo reaproveitar o rejeito do processo minerário e para embasar o experimento serão abordados os seguintes itens: a mineração na história, conceito de mineração, a mineração e sua substancial relevância para o corpo social, os potenciais impactos da mineração ao meio ambiente, rejeito minerário e sustentabilidade, principais vantagens na utilização dos tijolos ecológicos e as desvantagens na utilização dos tijolos ecológicos.

### **2.1 A Mineração na história**

Segundo Rosa (2012), as primeiras atividades mineradoras da humanidade remontam a pré-história, quando antepassados começaram a utilizar pedras para produzir ferramentas e utensílios. Ressalta ainda que, o último período da Pré-História, ficou conhecido como a Idade dos Metais. Curi (2017) aponta que a mineração tem sido fundamental para ajudar o homem em sua luta pela sobrevivência e conseqüente evolução desde o surgimento do Homo sapiens.

Rosa (2012) ressalta que a mineração de metais como o cobre, o ouro e o ferro também foram desenvolvidos muito cedo na história da humanidade, em torno de oito mil anos atrás na região Sudoeste europeu, espalhando-se pelo resto da Europa, da Ásia e do Norte da África; o primeiro metal descoberto foi o cobre. Acerca do cobre, Novais (2023) também aborda dizendo: "trata-se de um dos metais protagonistas da Idade do Bronze, que ocorreu entre o terceiro e o primeiro milênio antes de Cristo e permitiu que as sociedades da época saíssem da Idade da Pedra."

No Brasil, a mineração começou com a exploração do ouro em Minas Gerais no final do século XVII (FERNANDES, 2023):

*"As condições para o desenvolvimento da mineração no Brasil foram dadas pelo processo de desbravamento do interior da colônia operado pelas denominadas Entradas e bandeiras, que consistiam em expedições armadas que saíam da Capitania de São Paulo rumo ao sertão, com o objetivo de apresar índios, destruir quilombos e encontrar metais preciosos. No ano de 1696, uma dessas expedições conseguiu encontrar jazidas de ouro nas regiões montanhosas de Minas Gerais, onde teve início a ocupação do Vale do Ouro Preto" (FERNANDES, 2023).*

Em suma, a mineração teve um papel fundamental na transformação da história do Brasil e do mundo, tanto social quanto econômica. Desde a exploração de ouro no século XVII até a extração de minério de ferro e outros metais em tempos mais recentes, a atividade mineradora tem sido uma importante fonte de riqueza e desenvolvimento. Com o passar do tempo, a mineração se tornou mais tecnológica e sofisticada. Fernandes (2015) afirma que “o setor mineral desenvolveu, adaptou e aplicou novas tecnologias que têm proporcionado ganhos ambientais”. Além disso, a mineração contribuiu com a geração de empregos e o avanço da economia global, Fernandes (2015) aborda sobre possíveis impactos sociais em situação de fechamento de minas: “Diversos municípios têm forte dependência econômica e tributária da atividade mineira. Nesta situação, o fechamento de uma mina representa desemprego, forte redução da atividade econômica e queda substancial da arrecadação de impostos.”

## **2.2 Conceito de Mineração**

“Pode-se conceituar a mineração como sendo a arte de descobrir, avaliar e extrair substâncias minerais ou fósseis, existentes na superfície ou no interior da Terra” (FLORES E LIMA, 2012, p. 30). É uma atividade que envolve a extração de minerais valiosos e recursos naturais da terra, como metais preciosos, carvão, petróleo, gás natural e muitos outros.

Damasceno (2017) afirma que tanto a atividade de garimpo quanto a de mineração consistem na extração de recursos naturais encontrados no solo ou no subsolo, de onde são obtidos diversos tipos de minérios, incluindo ouro, prata, minério de ferro, estanho, bauxita e outras substâncias valiosas.

## **2.3 A Mineração e sua substancial relevância para o corpo social**

Ao explicar sobre a importância da atividade mineradora na sociedade, O Instituto Brasileiro de Mineração (BRASIL, 2022) ressalta que a extração mineral é fundamental e indispensável, uma vez que seus produtos são essenciais para o cotidiano e o progresso da humanidade. Desde a produção dos alimentos básicos até as mais avançadas inovações

tecnológicas, a mineração é um setor vital que possibilita a viabilidade de todas as áreas da sociedade.

“O minério de ferro é o mais importante metal explorado, tanto por sua reserva quanto por sua importância econômica na balança comercial brasileira” (CHEMALE JUNIOR, 2013, p. 20).

O impacto da mineração na economia global é indubitável. Destaca-se alguns pontos como fornecimento de matérias-primas essenciais para a fabricação de produtos e bens utilizados diariamente, como carros, aviões, eletrônicos, medicamentos e construções. Além disso, a mineração tem o potencial de criar empregos significativos e de estimular o desenvolvimento econômico em comunidades locais. Flores e Lima (2012) reitera, que ao longo da história, a indústria de mineração tem sido crucial para impulsionar o desenvolvimento econômico e social de regiões isoladas, funcionando como um catalisador para atração de novos negócios.

## **2.4 Os potenciais impactos da Mineração ao Meio Ambiente**

A mineração sucede impactos negativos significativos no meio ambiente e nas comunidades locais, como a poluição do ar e da água, a degradação do solo e a perturbação das populações indígenas. “Em três décadas, o volume de bens minerais produzidos foi multiplicado várias vezes. Por consequência, o volume de estéreis movimentados, a quantidade de rejeitos produzidos e a extensão das áreas perturbadas também cresceram” (FERNANDES, 2007, p. 193).

Alves (2020) aborda a diversidade de impactos ambientais acerca da atividade mineradora os quais incluem danos à fauna e à flora locais, como a extinção de espécies, contaminação do ar, do solo, dos lençóis freáticos, além de danos às áreas de proteção ambiental. “A relação entre mineração e meio ambiente é um tema naturalmente controverso” (BRASIL, 2022, p. 17). Entretanto, a temática que envolve o equilíbrio entre a mineração e o meio ambiente é abordada de forma incisiva por diversos autores e autoridades do mundo.

Na década de 1970, surgiram as primeiras leis no Brasil que exigiam o controle de poluição, o que estabeleceu um ponto de referência inicial para avaliar o desempenho e comportamento da indústria mineradora. Isso permitiu a comparação do progresso ao longo do tempo em relação à redução da poluição e proteção ambiental (FERNANDES, 2007).

Di Giulio e Günter (2019, p. 3) afirmam:

*“Um dos maiores desafios da contemporaneidade é, portanto, o equacionamento entre a geração excessiva, difusa e complexa dos resíduos e a destinação ambientalmente segura, considerando-se medidas para reduzir ao mínimo os impactos ambientais e efeitos negativos sobre a saúde humana. Isso se intensifica ainda mais quando se trata de resíduos especiais, perigosos ou de grande volume” (DI GIULIO E GÜNTER, 2019, p. 3).*

É fundamental reconhecer as possíveis consequências desfavoráveis que a atividade mineradora, independentemente do modelo utilizado, pode gerar. Contudo é importante ressaltar a necessidade de se adotar medidas para conter, atenuar e evitar os danos causados por essa atividade, como a implementação de práticas sustentáveis e a adoção de tecnologias mais limpas. Além disso, é essencial que as empresas do setor minerário estejam comprometidas com a responsabilidade social e ambiental, visando a preservação do meio ambiente e o bem-estar das comunidades afetadas pela atividade. Somente assim pode-se garantir um desenvolvimento sustentável e equilibrado para o setor minerário (ALVES, 2020).

## 2.5 Rejeito minerário e sustentabilidade

Um dos resíduos que são gerados por meio da atividade mineradora e que se devem dispor de uma atenção redobrada para sua destinação é o rejeito. “Durante a etapa de [concentração], busca-se separar o mineral de interesse dos demais materiais presentes, que irão compor o [rejeito]” (GOMIDE, 2018, p. 43).

Os rejeitos de minério são geralmente armazenados em barragens de rejeitos ou diques de contenção construídos nas proximidades das minas. Flores e Lima (2012) trazem a ideia de que é comum a construção de barragens de rejeito para a contenção dos mesmos, visto a produção significativa de rejeitos com o processo de refinamento de minérios.

No entanto, essas barragens podem representar riscos ambientais significativos. “Dentre os impactos de ocorrências eventuais no setor mineral destacamos o rompimento e transbordamento de [barragens de rejeito] e de água” (GOMIDE, 2018, p. 23).

“O Brasil apresenta 790 barragens de rejeitos de mineração e 204 têm potencialidade de dano alto, segundo dados compilados em 2017 pela Agência Nacional de Águas (ANA), com informações da Agência Nacional de Mineração (ANM) (ANA, 2017)” (ALVES, 2020, p.34).

No que tange a barragens de rejeitos e seus possíveis danos, especialmente quando a sua construção e manutenção não são feitas adequadamente, Alves (2020) retrata:

*“Os problemas decorrentes da mineração estiveram historicamente silenciados e invisibilizados no Brasil, entrando para a agenda nacional apenas após os dois maiores desastres socioambientais ocorridos recentemente no Brasil, a saber, o rompimento das barragens de Fundão (em Mariana – MG) e do córrego do Feijão (em Brumadinho – MG). Entretanto, a história dos danos causados pela mineração é tão antiga quanto a própria mineração”* (ALVES, 2020, p. 45).

Devido aos acidentes ocorridos em mineradoras entre os anos de 2015 e 2019, onde houve o rompimento de barragens de rejeito oriundos da exploração do minério de ferro (Fe), no qual

gerou grande destruição ambiental e matou mais de 250 pessoas, o então presidente Jair Bolsonaro sancionou uma lei na qual aumenta as exigências quanto à segurança das mesmas. A lei 14.066/20 publicada no Diário da União, menciona a proibição do uso de barragens construídas pelo método a montante e prevê multas administrativas como também penalidades que podem ocasionar a perda dos direitos de exploração mineral (BRASIL, 2020).

O método a montante, consiste na construção pelo modelo de empilhamento de camadas sucessivas de rejeito, no qual os diques de contenção se apoiam sobre o mesmo. Esse método é o mais barato em comparação a outros, como por exemplo os de alteamento a jusante que consiste em ampliar em direção à sua parte externa por etapas ao longo de sua vida útil (ARAÚJO, 2006).

Numa busca constante de soluções para a atenuação dos impactos causados pelos rejeitos oriundos do processamento mineral, torna-se tangível a ideia da reutilização dos rejeitos para fabricação de tijolos ecológicos. Tornando-se uma alternativa interessante para a redução do impacto ambiental causado pela mineração.

O tijolo ecológico ou solo cimento é um tipo de tijolo utilizado na construção, feito a partir de material retirado do solo (terra), onde é adicionado areia, água e cimento em proporções adequadas. O que difere esse tipo de tijolo do convencional, além do material utilizado em sua fabricação, é a ausência de queima em seu processo de concepção que evita o grande número de cortes de árvores, não emitindo assim CO<sub>2</sub> na atmosfera, o que o torna mais sustentável (FIAIS, 2017).

Visto que os rejeitos são compostos por materiais não aproveitados na produção mineral, como argila, areia, silte e outras substâncias, ao utilizar esses materiais na fabricação de tijolos, espera-se obter produtos com propriedades físicas e químicas adequadas, como resistência mecânica, durabilidade e baixa absorção de água (FIAIS, 2017). Além disso, a fabricação de tijolos a partir de rejeitos permite redução e eliminação de barragens ativas.

### **2.5.1 Principais vantagens na utilização dos tijolos ecológicos**

Segundo Dos Santos *et al.*, 2009 as principais vantagens observadas comparando as construções civis construídas com tijolos convencionais e os tijolos ecológicos são várias e dentre elas podemos citar:

- O tijolo ecológico possui uma economia de 20 a 40% na obra em relação ao sistema convencional. Ou seja, uma construção feita com tijolo ecológico é muito mais rápida do que uma feita de alvenaria tradicional, isso deve-se ao sistema utilizado nesse tipo de construção, sendo muito mais simples e eficaz.

- Evitam o quebra-quebra na construção. Os tijolos ecológicos possuem em sua estrutura furos que permitem, por exemplo a passagem de tubulações de água, luz, esgoto. Esse tipo de característica permite que a obra seja mais limpa e rápida, evitando a quebra de paredes depois de prontas para a passagem de tubulação, ou seja, as instalações acompanham o processo de subida das paredes.

- Dispensa acabamentos, isso significa que possui uma economia de 100% em cimento e agregados em argamassas de revestimentos para a regularização e acabamentos das paredes internas e externas. A aparência rústica dos tijolos é muito bonita e pode ficar a mostra, a única recomendação é impermeabilizar nas áreas externas, já que eles tendem a absorver a umidade. Para isso, é indicado utilizar verniz ou resina para o processo.

- Os furos presentes nos tijolos ecológicos permitem que as colunas de sustentação da construção sejam embutidas o que gera uma distribuição melhor do peso e conseqüentemente uma segurança maior na obra comparado a uma construção que utiliza de tijolos convencionais.

### **2.5.2 Desvantagens na utilização dos tijolos ecológicos**

O tijolo ecológico possui um limitador por necessitar de mão de obra qualificada na sua aplicação nas construções civis, como também exige cuidados com sua impermeabilização devido a absorção de umidade. Outro fator importante a ser destacado, é com relação a sua espessura, por serem maiores, necessitam de um planejamento mais detalhado da construção civil, pois podem comprometer os espaços (KLEINDIENST, 2016).

O manejo do solo de forma inconsciente e sem um estudo prévio da área pode ocasionar problemas pela desintegração da estrutura do terreno, formando assim as erosões (MOTTA; MORAIS; ROCHA, 2014).

## **3 MÉTODOS**

### **3.1 Estudo de Caso**

Acerca da balança entre a importância da mineração para a sociedade e suas possíveis conseqüências ambientais, torna-se constante a busca de soluções que impactem de forma diminuta o ecossistema. À frente desta objeção o presente artigo foi composto pela Metodologia do Estudo de Caso que aplicará um teste com a utilização dos rejeitos oriundos do beneficiamento do minério de ferro para a fabricação de tijolos ecológicos.

O Estudo de Caso a seguir foi realizado em uma empresa localizada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais, todavia, a empresa não será exteriorizada neste trabalho. Em virtude disso, a denominação utilizada para se referir a empresa será “X” Mineração e Siderurgia.

## **3.2 Local de Estudo**

### **3.2.1 A Empresa**

A Empresa “X” Mineração e Siderurgia, não possui em sua unidade uma mina própria, sendo assim, ela atua especificamente no beneficiamento e tratamento de minério de ferro. Isto posto, todo o minério a ser beneficiado em sua planta é obtido através das duas minas da Empresa “Y”. Após o seu tratamento na planta de beneficiamento, o minério é transformado em produtos com especificações de teores e granulometria já estabelecidas em contratos pelos clientes que vão adquirir.

Entende-se que o termo "rejeito" se refere ao produto indesejável que resulta do processo minerário. No entanto, para obter informações precisas, foi necessário acompanhar todo o processo, desde a coleta, amostragem e análise físico-química em laboratório, a fim de identificar quais elementos químicos estão presentes nas amostras de minério. O objetivo desta fase da coleta de dados foi conhecer o comportamento do ROM na planta de beneficiamento avaliando tecnicamente a melhor rota de processo e os indicadores gerados a partir do processamento deste material, como também analisar o rejeito e seus constituintes para serem aplicados na fabricação de tijolos ecológicos.

### **3.2.2 Beneficiamento do Minério**

A planta de beneficiamento da “X” Mineração e Siderurgia é dividida em quatro etapas: BSM (britagem semimóvel), ITM (instalação de tratamento de minérios), CMAI (concentração magnética de alta intensidade) e FL (filtragem de rejeitos). Na Figura 1 pode-se observar um fluxograma simplificado de todo o processo que ocorre na Empresa “X” Mineração e Siderurgia, que consta desde a chegada do material (ROM) até a expedição dos produtos.

De forma concisa à cerca do processo realizado na empresa, podemos dizer que o ROM proveniente das minas da Empresa “Y” chega a “X” Mineração e Siderurgia transportadas por carretas das quais são pesadas e direcionadas a pátios de estoque para o basculamento da carga. Posteriormente o material bruto denominado ROM alimentará a planta da britagem primária (BSM – classificação via a seco) que diminuirá a sua granulometria para ser encaminhado ao processo

seguinte (ITM – classificação via a úmido e CMAI – classificação por separação magnética), nos quais gerarão os produtos (Hematitinha, Sinter Feed e Concentrados). Toda a produção é remanejada e estocada internamente nos pátios (Pátio A, Pátio B, Pátio C, Pátio E e Pátio F) da empresa até a venda dos mesmos.

O material passante que não é economicamente aproveitado no processo, também conhecido como rejeito, passa por uma técnica de filtragem, no qual é utilizado filtros prensa. Após o material ser filtrado, ele cairá em uma pilha e removido através de caminhões basculantes para o pátio de rejeitos (Pátio D), onde é estocado em forma de montantes e compactados por tratores formando assim, taludes que posteriormente serão revegetados. Com o empilhamento a seco, os riscos ambientais e de segurança com relação a barragens são eliminados e os resultados das operações otimizados. A Figura 2a, mostra uma parte do pátio D no qual é destinado a estocagem de rejeito oriundo do processo de beneficiamento de minério de ferro da Empresa “X” e encontra-se em processo de revegetação.

Figura 1 - Fluxograma Simplificado do Processo na Empresa "X" Min. e Siderurgia.

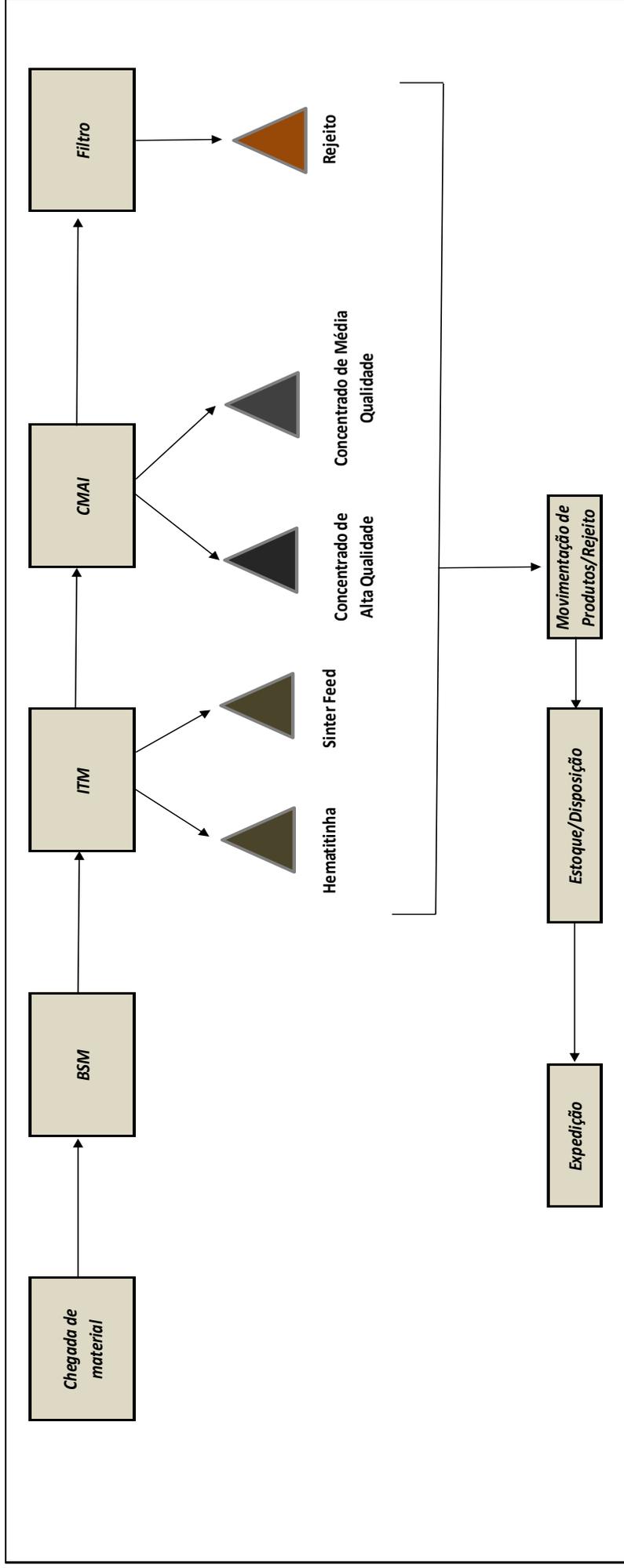


Figura 2 – (a) Pátio D e (b) Processo de filtragem e pilha de rejeito



FONTE: (a) A Empresa “X” Mineração e Siderurgia, 2022; (b) Autor, 2023

A “X” Mineração e Siderurgia, foi a primeira empresa da região a utilizar filtros prensas na aplicação de filtragem de rejeito. Na Figura 2b, pode-se observar a planta de filtragem e o empilhamento de rejeito.

O estudo tem como objetivo crucial auxiliar a Empresa “X” em uma possível caracterização futura da implantação de uma fábrica de médio porte na qual a mesma consiga reutilizar o rejeito oriundo do processo de beneficiamento mineral na fabricação de tijolos ecológicos, diminuindo as áreas de depósitos por empilhamento de rejeito a seco, produzindo assim, um material ecologicamente sustentável, com uma boa qualidade e um poder de aquisição mais em conta, transformando os resíduos em soluções de grande importância na construção civil.

Esse material denominado rejeito que será utilizado para estudo na fabricação de tijolos ecológicos. A Empresa “X” Mineração e Siderurgia se comprometeu em fornecer o rejeito proveniente do processo mineral para embasar na análise do comportamento dos materiais na fabricação de tijolos ecológicos, sendo possível avaliar as variáveis como resistência e peso, com intuito de futuramente serem aplicados em uma construção civil.

### 3.2.3 Amostragem dos produtos em Laboratório

A amostragem é um passo crucial para aproveitar de maneira ideal um recurso mineral específico, já que fornece à equipe responsável pelas operações e processos as informações mineralógicas e texturais necessárias para dimensionar adequadamente a rota de processo. Isso permite que ineficiências e perdas em processos existentes sejam identificadas, possibilitando ajustes e otimizações nos principais controles de processo da unidade operacional.

A análise mineralógica das amostras de entrada, intermediárias e de saída em uma planta de beneficiamento estabelece e quantifica a totalidade dos minerais presentes e determina quais são os minerais valiosos e os minerais indesejados, além de quantificar a distribuição dos elementos úteis entre os minerais presentes em um determinado fluxo.

A ITM (Instalação de Tratamento de Minérios) é uma unidade operacional que conta com um plano de amostragem completo de seus principais fluxos.

Algumas amostras para controle de entrada de material, operação e processo dos equipamentos de concentração e outras para controle de produtos, formação de pilhas e lotes para despacho.

O laboratório de processos da Empresa “X” Mineração e Siderurgia possui os principais equipamentos para a preparação física das amostras bem como toda estrutura para análise química (via úmida) de Fe (Ferro), SiO<sub>2</sub> (Sílica), P (Fósforo), Mn (Manganês), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alumina) e PPC (Perda por Calcinação), sendo capaz de trabalhar com 40 (quarenta) análises completas por dia.

Os incrementos de amostras da rotina do plano de amostragem são coletados a cada 30 minutos e depositados em um recipiente próprio com uma etiqueta de identificação.

Os fluxos de materiais granulares são amostrados com pás, onde é coletado um incremento no sentido transversal da carga. Acondicionam-se todos os incrementos em leiteiras ou sacos plásticos que são identificados com a data, tipo de produto, horário e nome da planta.

### **3.3 Teste realizado em laboratório para a caracterização do rejeito do beneficiamento de minério ferro (Fe)**

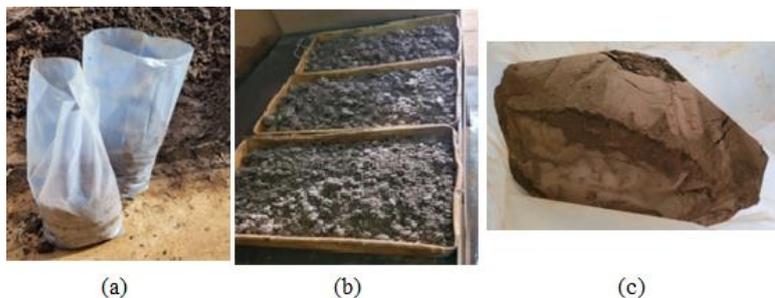
O presente teste inicia-se na empresa “X” Mineração e Siderurgia com a coleta do rejeito oriundo do beneficiamento do minério de ferro (Fe) através de sacos plásticos, na pilha de material filtrado. O material de estudo foi enviado ao laboratório para ser analisado fisicamente e quimicamente. Primeiramente houve a pesagem da amostra coletada para analisar a umidade presente, posteriormente a mesma foi separada em tabuleiros e encaminhada a estufa, onde foi secada a uma temperatura de 105 °C (podendo haver uma variação de 10°C para mais ou para menos). Após a permanência de 5 horas na estufa, a amostra foi retirada, analisada e observou-se que aglomerados haviam sido formados, com isso foi utilizado um britador de mandíbulas de abertura de 2 mm a fim de diminuir a granulometria dos torrões, contribuindo assim com teste a ser realizado. É interessante ressaltar que o tempo de secagem do material deve-se a quantidade colocada nos tabuleiros como também as demandas diárias que o laboratório tem.

Para obter-se a umidade presente no material, foi utilizado o cálculo do teor de umidade, ou seja, dividiu-se a massa de água contida na amostra de rejeito (massa inicial), pela massa seca após ser retirada da estufa (massa final). Para isso, foi pesado uma alíquota da amostra ainda úmida e obtive um peso inicial de 1,107 kg, posteriormente após passar pelo processo de secagem no qual utilizou a estufa, a amostra obteve um peso final de 922g. Sendo assim, aplicando-se o cálculo como mostra-se abaixo, a amostra possui 16,71% de umidade.

$$\frac{(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final})}{\text{Peso Inicial}} \times 100 \Rightarrow \frac{(1,107 \text{ kg} - 0,921 \text{ kg})}{1,107 \text{ kg}} \times 100 = 16,71\%$$

Levando-se em consideração a quantidade total de amostra recolhida para o teste, tendo seu peso inicial de 60 kg e fazendo um cálculo proporcional para achar seu peso final que é de 49,97 kg, o percentual de umidade encontrado na amostra como um todo é de 16,71%. À figura 3a evidencia a amostra de rejeito coletado, enquanto na Figura 3b tem-se a amostra separada em tabuleiros sendo direcionada ao processo seguinte de secagem e diminuição de granulometria. Na Figura 3c tem-se a amostra seca e processada, pronta para ser analisada quimicamente.

Figura 3 – Amostra de rejeito (a) recolhida na área, (b) separada em tabuleiros e (c) seca e processada



FONTE: Autor, 2023

A caracterização química das concentrações revelou o ferro, sílica, alumina, fósforo e manganês como os principais constituintes da amostra, como observa-se na Tabela 3. Houve uma correlação significativa entre a sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e o ferro (Fe) presentes, ou seja, são elementos proporcionais, quanto menor o teor de ferro, maior o teor de sílica. A sua cor cinza claro, deve-se ao teor um pouco mais alto de manganês.

A seguir será descrito como foi feita a análise química dos elementos de relevância para o teste:

### 3.3.1 Fe (Ferro)

Para analisar a presença do elemento Fe (Ferro) na amostra, os seguintes procedimentos foram realizados:

- Recolher 0,4 g do material a ser analisado e fazer a pesagem;
- Inserir a amostra em um frasco Erlenmeyer juntamente com o  $\text{SnCl}_2$  (Cloreto de Estanho) e o HCL (Ácido Clorídrico);
- Submeter a amostra à degradação por aproximadamente 30 minutos;
- Para identificação da presença do elemento, foi necessário adicionar o  $\text{KMnO}_4$  (Permanganato de Potássio) e o  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Peróxido de hidrogênio), formando uma solução que foi diluída em 100ml de água fervente. Neste momento, adiciona o  $\text{SnCl}_2$  (Cloreto de Estanho) e agita a solução para que mudasse de cor para uma tonalidade amarelo claro;
- Para confirmação da presença do Fe, foi adicionado o  $\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$  (Índigo-carmim) e, em seguida, o  $\text{TiCl}_3$  (Cloreto de Titânio) gota a gota até que a amostra passasse da cor azul para uma cor transparente (incolor);
- Por fim, foi necessário adicionar o  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Dicromato de Potássio) para que a amostra retornasse à cor azul. Durante este processo, foi ainda necessário adicionar o HCL para que ocorresse a titulação com o  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Dicromato de Potássio);

É importante ressaltar que este procedimento pode variar de acordo com a amostra analisada, uma vez que algumas amostras podem necessitar de uma maior quantidade do elemento para que ocorra a viragem de cor para roxo-violeta. Na Figura 4, observa-se a preparação da amostra atacando na chapa.

Figura 4 - Preparação do ferro atacando na chapa



Fonte: Autor, 2023

### 3.3.2 SiO<sub>2</sub> (Sílica)

Para realizar a análise da SiO<sub>2</sub> (Sílica), os seguintes procedimentos foram seguidos:

- Retirar uma alíquota de 2,5g do *pulp* da amostra e pesá-la em um Becker;
- Adicionar 30ml de HCL concentrado 37% e cobrir com um vidro de relógio, levando-o para uma chapa quente e aguardar o tempo necessário para que a amostra fosse completamente degradada;

- Após a degradação, adicionar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na tampa do relógio para realizar a oxidação;

- Filtrar o material degradado em um funil forrado com papel de filtro, como mostra a Figura 4. Durante a filtração, é importante realizar a lavagem com água destilada e HCL. Todo o material filtrado foi coletado em um balão;

- O material retido no filtro, como mostra a figura 5, é transferido para um cadinho e levado à Mufla a 1.000°C por uma hora, a fim de pesar o cadinho e esquentar a amostra. Após o período de tempo estipulado, a amostra é retirada, pesada e comparada a diferença de peso do cadinho antes e depois do processo com a quantidade de sílica presente. Com essa informação, é possível identificar a quantidade de sílica contida na amostra coletada.

Figura 5 – Material degradado em funil forrado com papel filtro



FONTE: Autor, 2023

### 3.3.3 Manganês (Mn)

Para a determinação de Mn (Manganês), os seguintes procedimentos foram seguidos:

- Pesar 0,25g da amostra do *pulp* e umedecer a mesma no frasco Erlenmeyer;
- Adicionar 5ml de HCL para Manganês e esperar a degradação da amostra;
- Inserir 30ml de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (Persulfato de Amônio) e agitar a mistura;
- Introduzir 5ml de AgNO (Nitrato de Prata) e novamente a agitar a amostra antes levá-la a chapa. A mudança de cor da solução, da cor branca para a cor violeta foi aguardada;

- Aguardar a amostra esfriar e em seguida adicionar 10 gotas de NaCl (Cloreto de Sódio) 20%, como mostra a Figura 6;
- Utilizar a bureta para fazer a titulação com  $C_2H_3NaO_2$  (Acetato de Sódio);
- Aguardando o ponto de viragem, que ocorreu quando a amostra passou da cor rosa para a cor branca, meio acinzentada;
- O volume de  $C_2H_3NaO_2$  utilizado para realizar o ponto de viragem foi a mesma quantidade de Mn (Manganês) existente na amostra e foi registrado.

Figura 6 – Amostra após receber o NaCL (Cloreto de Sódio)



FONTE: Autor, 2023

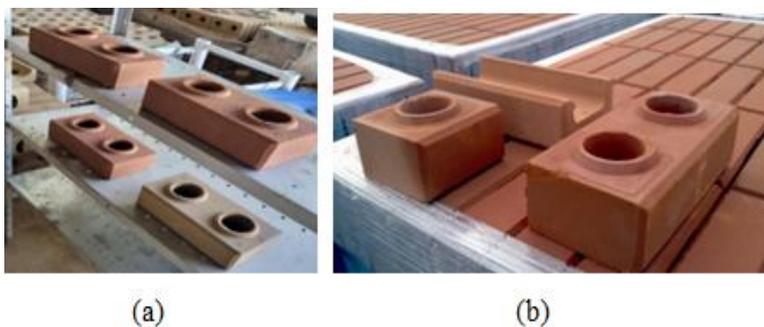
### 3.4 Fabricação dos tijolos ecológicos

Para realização do teste, foi necessário conhecer a Empresa “Z” Tijolos Ecológicos situada na BR 040 na cidade de Conselheiro Lafaiete-MG, a qual é responsável por fazer tijolos ecologicamente sustentáveis e realizar a produção para o estudo de caso com o rejeito oriundo do beneficiamento de minério de ferro.

Para a fabricação do tijolo ecológico na Empresa “Z”, é necessário a medida de 6 latas (de 20L) de terra, 1 lata (de 20L) de areia e  $\frac{1}{2}$  saco de cimento e água até achar o ponto da mistura. Os elementos são misturados até formar um composto homogêneo onde, posteriormente essa mistura será encaminhada a uma concha na qual subirá por uma correia transportadora e descarregará o material em um triturador/misturador, em seguida o material será triturado e misturado, o mesmo cairá em uma peneira para ser peneirado. Após o peneiramento, o material cairá em uma esteira na qual é direcionada ao equipamento de prensa onde o mesmo será prensado e compactado nas formas gerando assim os tijolos. Os tijolos depois de pronto passam por um processo de cura hídrica e secagem que dura em média 15 dias. A Figura 7a apresenta os tijolos do modelo inteiro fabricados na Empresa “Z” utilizando a medida da forma de 25x7x12,5 cm.

Os tijolos ecológicos podem ser fabricados em três tipos diferentes, apresentando as mesmas características de produção, funcionalidade e componentes, variando apenas o modelo e sua aplicação. Podendo ser, canaletas (utilizado para vigas e amarrações da construção), inteiros (utilizados para o levantamento de paredes) e meios (utilizados para fazer as amarrações e criar os espaços necessários para as aberturas, como também utilizado na conclusão de janelas, portas, paredes internas). Na figura 7b pode-se observar os tipos de tijolos ecológicos que são fabricados, sendo eles canaleta, inteiro e meio; já nas figuras 8a e 8b, tem-se construções civis realizadas na região na qual foram utilizados os tijolos ecológicos fabricados pela Empresa “Z” Tijolos Ecológicos.

Figura 7 – (a) Tijolos ecológicos e (b) Modelos de tijolos ecológicos (canaleta, inteiro e meio)



FONTE: (a) Autor, 2022 e (b) Refúgio Eco Edificar, 2022

Figura 8 (a) e (b) - Aplicações dos tijolos ecológicos nas construções civis da região



FONTE: Empresa “Z” Tijolos Ecológicos, 2023

Abaixo, será descrito os dois experimentos realizados com o rejeito oriundo do processamento do minério de ferro (Fe) e que tem como sua origem a Empresa “X” Mineração e Siderurgia.

### **3.4.1 Experimento 1**

Para o primeiro experimento utilizou-se para a mistura, os elementos rejeito, cimento e água na proporção de 6/1, levando-se em consideração os recipientes utilizados de medida, obteve-se em média 13L de material a ser testado. O material foi conduzido ao equipamento processador que possui um triturado dentro e ligado, a fim de controlar a umidade foi adicionado ½ l de água e de tempos em tempos parava-se o mesmo para verificar a absorção de líquido que mistura adquiriu.

O primeiro tempo no qual parou-se o equipamento e verificou-se a mistura foi de aproximadamente com 18 segundos, devido ao rejeito seco ser muito fino, ao abrir o equipamento notou-se muita poeira e com isso colocou-se mais ½ de água. O segundo tempo verificado, foi com aproximadamente 14 segundos, verificando-se a amostra notou-se que a mesma ainda não tinha uma determinada firmeza e estava esfarelado, com isso mais ½ l de água foi adicionado e o equipamento voltou a ser ligado. O terceiro tempo de parada do equipamento foi com 37 segundos aproximadamente e mais ½ l de água adicionado e novamente o equipamento foi ligado. Ao total tivemos 2l de água adicionado na mistura em um total de tempo em média 5 minutos.

No tempo quatro, tivemos aproximadamente em média 40 segundos de operação do equipamento até o mesmo ser parado e aberto para analisar a mistura. Ao analisar a mistura formada, como mostra a Figura 9a, notou-se que a mesma já apresentava uma certa firmeza necessária para o processo seguinte.

A peneira foi ligada e a tampa do tambor aberta para que a mistura fosse despejada na mesma e peneirada. Nota-se que alguns aglomerados de mistura foram formados e com isso uma espécie de espátula foi utilizada para ajudar na fragmentação do material, por conseguinte o material é transportado por uma correia e direcionado para o equipamento prensa no qual transformará a mistura em tijolos.

### **3.4.2 Experimento 2**

Para o experimento 2 os mesmos elementos do teste anterior foram utilizados na mesma proporção, adicionando apenas um novo constituinte, a areia fina. A areia desempenha um papel crucial para a fabricação dos tijolos, pois melhora na qualidade do produto gerado diminuindo a quantidade de cimento utilizada.

Levando-se em consideração os recipientes utilizados de medida e o novo elemento adicionado para mistura, obtivemos em média 1L de material a ser testado. O material foi

conduzido ao equipamento processador que possui um triturado dentro e ligado, a fim de controlar a umidade foi adicionado 1l de água e de tempos em tempos parava-se o mesmo para verificar a absorção de líquido a mistura adquiriu.

Para o primeiro tempo o equipamento ficou ligado em média 1 minuto e 30 segundos, ao parar o mesmo para analisar a amostra, verificou-se que a mesma ainda apresentava a textura necessária, necessitando assim de mais umidificação, com isso, foi adicionado mais ½ l de água e o equipamento foi novamente ligado. O segundo tempo de parada do equipamento para análise da amostra foi com aproximadamente 46 segundos. A amostra foi retirada do equipamento e apertada na mão adquirindo-se o formato de “cilindro”. É importante observar que ao abrir a mão e avaliar a amostra, a mesma fica seca e mistura homogenia soltando-se por completo sem esfarelar. Posteriormente a amostra é partida, como mostra a Figura 11a, e um dos pedaços jogado ao chão e se desfazendo, como verificado na Figura 11b. Quando a amostra se desfaz ao ser lançada ao solo significa que o ponto ideal para continuar o processo foi alcançado.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Testes de laboratório são realizados a fim de conhecer previamente o corpo a ser tratado considerando suas particularidades tais como teor, granulometria, grau de liberação das partículas, mineralogia, tipologia, dentre outros.

Para o teste realizado no dia 04 de maio, o material foi conduzido ao processo de britagem (primária, secundária e terciária), classificação e concentração. Pode-se considerar uma massa total de 8,1 kt na alimentação, obtendo assim uma recuperação mássica de 58,75% e teor médio de Fe nos produtos de 60,49%. Após análises, conclui-se que o material é considerado itabirítico altamente frequente no Quadrilátero Ferrífero, com elevado teor de sílica. Nas tabelas 1 e 2, pode-se observar a análise química e granulométrica do ROM e seus produtos.

Tabela 1 - Balanço de massa e análise química dos produtos

DESCRIÇÃO	MASSA (T)	RÉC (%)	FE	SIO2	AL2O3	P	MN	PPC
Alimentação	8.100,97	100%	46,58	27,29	1,77	0,05	1,13	3,04
Hematitinha	104,25	1,29%	56,70	12,5	1,96	0,052	0,79	3,52
Sinter Feed	1.861,35	22,98%	55,67	12,7	1,46	0,049	2,16	3,57
Concentrado AC	1.381,42	17,05%	63,87	6,32	0,29	0,04	0,47	1,46
Concentrado MC	1.412,26	17,43%	63,81	5,93	0,31	0,042	0,68	1,33
Rejeito	3.341,69	41,25	27,53	55,04	2,24	0,05	0,98	2,48
Teor médio dos produtos	4.759,28	58,75%	60,49	8,83	0,79	0,04	1,20	2,29

FONTE: Autor, 2023

Para o teste referente a fabricação de tijolos ecológicos no qual vamos aplicar o rejeito oriundo do processamento mineral de ferro, é interessante saber a caracterização química da amostra, a fim de compreender melhor o objeto de estudo e o seu comportamento. Na tabela 3, pode-se verificar os componentes químicos encontrados com seus devidos teores.

Tabela 2: Composição granulométrica dos produtos

DESCRIÇÃO	>12,5 mm	>9,5 mm	>8,0 mm	>6,3 mm	>4,0 mm	>3mm	>2,0mm	>1,0mm	>0,50 mm	>0,3mm	0,150 mm	0,106 mm	0,075 mm	0,045 mm	0,037 mm	Fundo	H2O
Alimentação	6,97	2,25	3,76	6,44	3,22	4,29	6,44	7,19	9,01	11,8	8,05					30,58	8,67%
Hematitinha	67,69	31,07	0,47	0												0,78	6,08%
Sinter Feed	17,46	8,1	14,83	23,76	9,67	11,46	8,41	1,16	0,42	0	0,63	0,84				3,26	7,67%
Concentrado AC						0,22	2,07	3,27	3,27	7,73	9,48	17,86	32,46			23,64	12,92%
Concentrado MC						0,78	9,38	11,27	8,59	12,72	10,49	14,51	20,98			11,27	12,71%
Rejeito						0,13	4,98	8,75	7,81	16,29	14,54	18,84	27,46	0,13		1,08	26,67%
Granulometria média dos produtos	67,69	24,27	4,29	7,42	23,76	9,67	4,15	6,62	5,23	4,09	6,82	6,87	11,07	26,72	0,13	9,74	9,85%

FONTE: Autor, 2021

Para o teste referente a fabricação de tijolos ecológicos no qual vamos aplicar o rejeito oriundo do processamento mineral de ferro, é interessante saber a caracterização química da amostra, a fim de compreender melhor o objeto de estudo e o seu comportamento. Na tabela 3, pode-se verificar os componentes químicos encontrados com seus devidos teores.

Tabela 3 - Caracterização da amostra de rejeito

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA AMOSTRA	
ELEMENTO	TEOR (%)
Fe	24,56
SiO <sub>2</sub>	59,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,01
P	0,044
Mn	1,05
PPC	2,33

FONTE: Autor, 2023

O presente teste com o rejeito na fabricação de tijolos ecológicos, foi realizado na Empresa “Z” Tijolos Ecológicos no dia 03 de junho e contou com a ajuda dos funcionários. É interessante ressaltar que para a fabricação dos tijolos que são vendidos na Empresa “Z”, os elementos terra, cimento, areia e água são utilizados em uma proporção 6/1, ou seja, pegando de base o recipiente que eles utilizam de medida, como observa-se na Figura 9a, no qual possuem sua grandeza em litros, para cada recipiente de 2l de terra, é adicionado um recipiente de 2l de areia, 1/2 recipiente de cimento e 1/2 l de água.

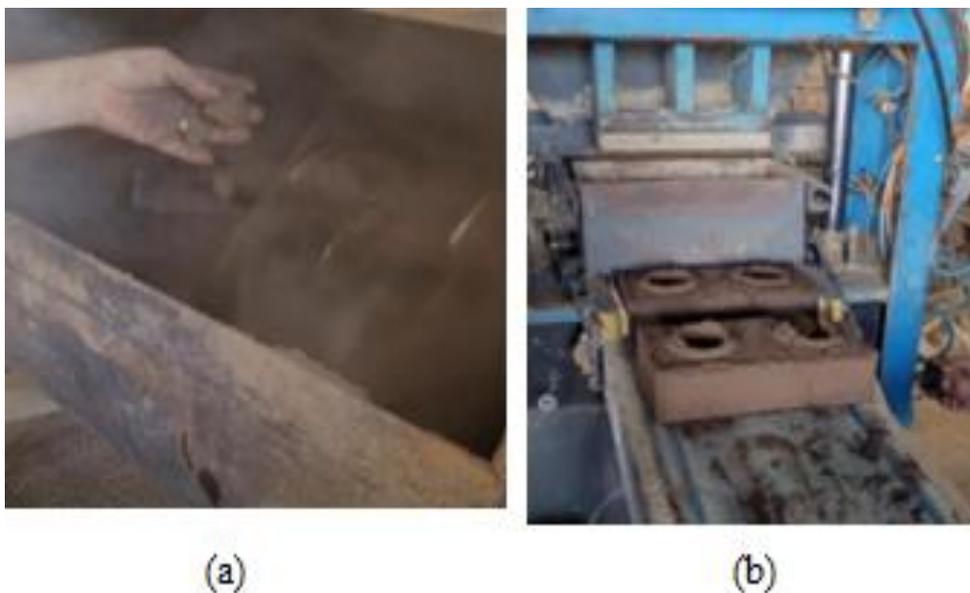
Figura 9 – (a) Recipientes utilizados de referência de medidas para o teste e (b) processador/misturador sendo alimentado com o material de teste



FONTE: Autor, 2023

No processador/misturador, equipamento mostrado na Figura 9b, à medida que o equipamento vai girando e misturando os elementos dentro, de tempo em tempo o operador vai parar a máquina e abrir a tampa para verificar a umidade atingida do material, caso observe que a mistura não tenha obtido uma certa umidade que a torne mais firme de modo que ao ser apertada na mão ela não esfarele, o mesmo irá adicionar água aos poucos e ligar o equipamento, a fim de que o ponto ideal para o processo seja atingido. Um ponto interessante observado, é que com o equipamento em funcionamento, é necessário que utilize um martelo de borracha (ou marreta de borracha) para bater no tambor de modo que o material não grude nas paredes.

Figura 10 – (a) Amostra sendo avaliada quanto a umidade obtida e (b) Resultado do primeiro teste na fabricação de tijolos

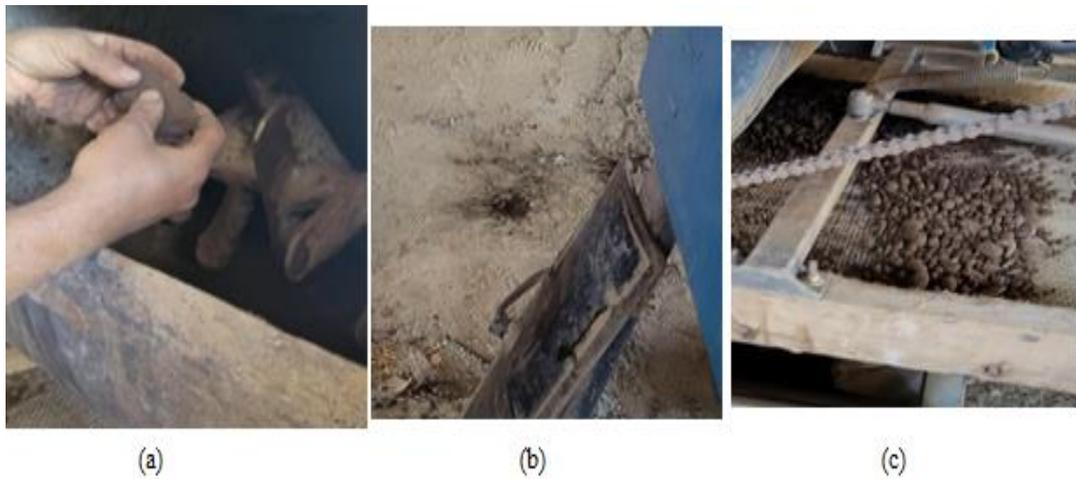


FONTE: Autor, 2023

Para esse primeiro experimento, o rejeito oriundo do processamento mineral, não obteve sucesso na fabricação dos tijolos, a mistura que foi conduzida e moldada pelo equipamento prensa saiu deformada e sem resistência, como mostra a Figura 10b. A fim de conhecer melhor o comportamento e testar o material de estudo, mais um teste foi aplicado.

A peneira foi ligada e a tampa do tambor aberta para que a mistura fosse peneirada. Da mesma forma que no experimento 1 notou-se que alguns aglomerados de mistura haviam sido formados, como observa-se na Figura 11c, necessitando que houvesse a desfragmentação manual com a utilização de uma espécie de espátula, antes que desse sequência no processo. Posteriormente o material passou por uma correia transportadora sendo encaminhado para o equipamento de prensa na qual transformará a mistura em tijolos.

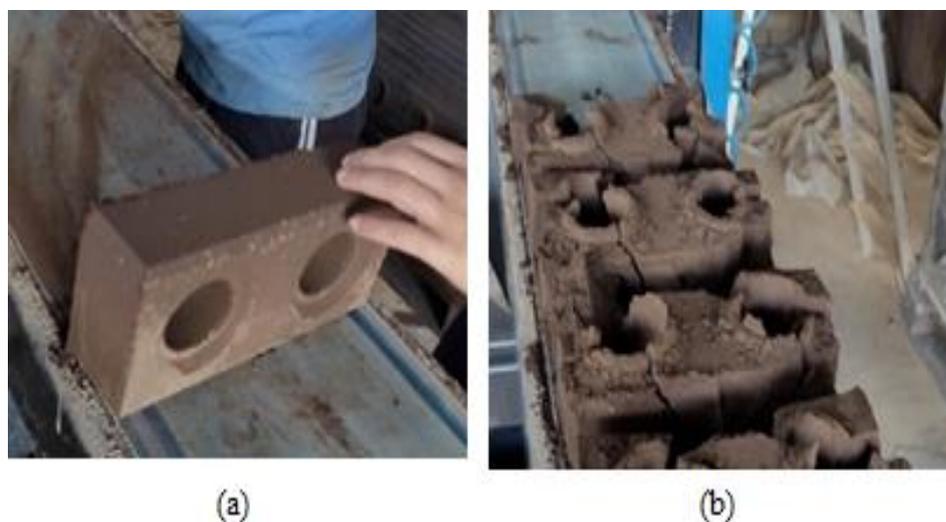
Figuras 11 – (a) Análise manual da amostra, (b) Amostra lançada ao chão e se desfazendo e (c) Aglomerados formados da mistura



FONTE: Autor, 2023

Assim como no experimento 1 mesmo sendo adicionado mais um elemento na mistura, a areia, o sucesso esperado não foi atingido. O primeiro tijolo ao sair da forma, como observa-se na Figura 12a, saiu inteiro e foi analisado, notando-se que em comparação aos tijolos ecológicos no qual utiliza-se a terra no processo, o mesmo possuiu uma compactação maior e conseqüentemente uma altura menor. Isso se deve ao rejeito utilizado ser mais fino e pesado. Os demais tijolos que posteriormente foram confeccionados na prensa, saíram quebrados e sem obter nenhuma resistência, como mostra a Figura 12b.

Figura 12 – (a) Primeiro tijolo ao sair do equipamento prensa e (b) Sequência posterior de tijolos fabricados na prensa



FONTE: Autor, 2023

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através dos estudos realizados sobre tijolos ecológicos e a sua utilização, é notório que se tornam uma melhor opção na construção civil. Eles possuem diversas vantagens que vão desde a economia da construção até a segurança na obra devido a uma melhor distribuição do peso que é decorrente aos furos presentes nos tijolos que permitem que as colunas de sustentação da construção sejam embutidas. Além dessas vantagens, o impacto ambiental e os resíduos gerados devido ao quebra-quebra da estrutura para a passagem de tubulações de água, por exemplo, tem uma diminuição significativa, equiparando as construções feitas por tijolos convencionais.

O rejeito utilizado para estudo e aplicação de teste, possui um teor elevado de ferro observado na caracterização química, girando em torno de 24,56%. Ainda com relação a sua composição, outro mineral encontrado foi a sílica que teve seu teor correspondendo a 59,38%. Esse alto teor de ferro inviabiliza a fabricação dos tijolos ecológicos, uma vez que no longo prazo pode haver oxidação dos mesmos. Novos testes em amostras com menor teor de ferro fica como sugestão para trabalhos futuros.

Além disso, observa-se a quebra e esfarelamento do tijolo ao sair da prensa, havendo a necessidade de mais testes no processo para correção. Outro fator a se destacar com relação ao peso: os tijolos saíram com maior peso e uma altura menor, o que impacta diretamente na construção, sendo necessário realizar o cálculo desse excesso de peso na estrutura.

Outro fator a ser considerado durante a realização desse projeto foi a dificuldade encontrada na manipulação das quantidades de cada elemento utilizado na fabricação do tijolo ecológico (areia, cimento, água e rejeito seco), que ocasionou um problema para controlar a umidade do material, gerando pelotas.

Sendo assim, a fabricação de tijolos ecológicos que são decorrentes da diversidade de resíduos oriundos do beneficiamento de minério de ferro (rejeito) da empresa “X” se mostrou um tema pertinente para novos estudos, investigações e testes. Pode-se ainda, futuramente, avaliar a porcentagem de cada elemento utilizado, adequando assim a quantidade ideal dos mesmos, como também realizar novos testes com os variados tipos de rejeitos (argiloso, arenoso) que são decorrentes da diversidade de ROM processados na planta de beneficiamento da empresa.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Murilo da Silva; CARNEIRO, Karine Gonçalves; SOUZA, Tatiana Ribeiro; TROCATE, Charles; ZONTA, Marcio. **Mineração Realidades e Resistências**. São Paulo, Expressão Popular, 2020.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Ibram Mineração. **Livro Verde da Mineração do Brasil**. Brasília: Livro Eletrônico, 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Ministério de Minas e Energia, Brasília - DF, 2020.** Disponível em: < <http://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/leis/lei-n-14-066-2020.pdf/view>> Acesso em: 15 de maio 2023.

CHEMALE JUNIOR, Farid. **Minério de ferro, geologia e geometalurgia**. São Paulo, Blucher, 2013.

CURI, Adilson. **Lavra de minas**. São Paulo, Oficina de Textos, 2017.

DAMASCENO, Gisele Chagas. **Especialização em Mineração e Meio Ambiente**. Cruz das Almas: SEAD, 2017.

DOS SANTOS A. F. R., Baumgart, L. N., Woiciokoski M., Tabarelli Jr. O., Jatzak S., Nicoletti V.; **Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos**. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.

FERNANDES, Cláudio. **"Mineração no Brasil Colonial"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/mineracao-no-brasil-colonial.htm>. Acesso em 25 de abril de 2023.

FERNANDES, Francisco R.C. LUZ, Adão B. MATOS, Gerson M.M. CASTILHOS, Zuleica C. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015 Geociências E Tecnologia Mineral**. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2007.

FLORES, José Cruz do Carmo; LIMA, Hernani Mota de. **Fechamento de Mina: Aspectos Técnicos, Jurídicos e Socioambientais**. Ouro Preto: Editora UFOP, 2012.

GIULIO, Gabriela Marques Di; GÜNTHER, Wanda R. **Inovações nas práticas e ações rumo à sustentabilidade**. São Paulo: Editora da Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo, 2019.

GOMIDE, Caroline Siqueira. Et al. **Dicionário Crítico de mineração**. Marabá, iGuana, 2018.

KLEINDIENST, Elisabeth. **Você Conhece o Tijolo Ecológico?**, São Paulo, jul. 2016. Disponível em: < <http://arquiteturaek.com.br/voce-conhece-o-tijolo-ecologico/>>. Acesso em: 20 de abril de 2023

MOTTA, C. J.; MORAIS, W. P.; ROCHA, N. G. **Tijolo de Solo Cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte: E-xata, 2014.

NOVAIS, Stéfano Araújo. "**Cobre (Cu)**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/cobre.htm>. Acesso em 25 de abril de 2023.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. Brasília, FUNAG, 2012.

FIAIS, Bruna Barbosa; Revista Engenharia em Ação UniToledo: **Construção Sustentável com Tijolo Ecológico, Araçatuba** – SP, ago. 2017. Disponível em: < <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2559> >. Acesso em: 05 de maio 2023.

PEREIRA, Adriana Soares ... [et al.]. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria, RS, UFSM, NTE, 2018

Refúgio Eco Edificar – Fábrica de Tijolos Ecológicos e Construtora. Disponível em: < <http://refugioecoedificar.com> >. Acesso em: 21 de abril 2023.