



**FACULDADE VALE DO AÇO - FAVALE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

SUELY VIEIRA BATISTA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL COM
ÊNFASE NA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Açailândia
2022

SUELY VIEIRA BATISTA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL
COM ÊNFASE NA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço – FAVALE.

Orientadora: Prof^a. Ma. Rachel de Andrade Avelar da Silva

Açailândia
2022

**Ficha catalográfica - Biblioteca José Amaro Logrado
Faculdade Vale do Aço**

B333u

Batista, Suely Vieira.

Utilização de rejeitos de mineração na construção civil com ênfase na infraestrutura rodoviária. / Suely Vieira Batista – Açailândia, 2022.

32 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2022.

Orientadora: Profa. Msc. Rachel de Andrade Avelar da Silva.

1. Resíduos. 2. Construção civil. 3. Meio ambiente. 4. Minério. 5. Reuso. I. Batista, Suely Vieira. II. Silva, Rachel de Andrade Avelar da. (orientadora). III. Título.

CDU 622:624

SUELY VIEIRA BATISTA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL
COM ÊNFASE NA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço – FAVALE.

Orientador: Prof^a. Ma Rachel de Andrade Avelar da Silva

Aprovado em ____/____/ 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Msc. Rachel de Andrade Avelar da Silva
(Orientadora)

Profa. Msc. Ludimilla da Silveira Ferreira
(Convidada)

Prof. Esp. Randal Silva Gomes
(Coordenador do curso)

RESUMO

O Brasil é tido como um país muito rico concernente ao histórico relacionado aos mais distintos tipos de minérios. Ao longo da extensão do território nacional existem diversas empresas que atuam no processo de extração bem como tratamento destes para posteriormente, os bens ou produtos advindos destes, sejam utilizados. Assim sendo, torna-se relevante averiguar a respeito de como os rejeitos resultantes do processo mineratório podem ser reutilizados dentro da construção civil voltado de maneira mais enfática para a questão relacionada com as infraestruturas rodoviárias. Posto isso, essa abordagem busca compreender a relação custo benefício proveniente do aproveitamento dos resíduos sólidos na área da construção civil levando em consideração detalhes relevantes como aplicabilidade de forma sustentável de resíduos além do mais, dentro desse processo é preciso ainda considerar pontos importantes inerentes a qualidade e durabilidade do produto final podendo assim, averiguar os pontos positivos e negativos de tal procedimento. Abordar tal questão é importante haja visto que, a construção civil faz uso de maior parte dos recursos naturais existentes no planeta, portanto, fazer o reaproveitamento destes, transformando-os em matéria-prima para a produção de novos produtos. Nesse sentido, dadas as questões ambientais que também englobam todo esse processo mediante ao que se tem ciência dos danos que determinadas ações podem causar de maneira mais impactante ao meio ambiente contaminando não apenas o ar, mas também o solo, as águas, chegando aos seres vivos que habitam o planeta. Portanto, buscar medidas de reaproveitamento de resíduos que possam contaminar e poluir ainda mais a atmosfera ambiental, torna-se cada vez mais necessário.

Palavras Chaves: Resíduos. Construção Civil. Meio Ambiente. Minério. Reuso.

ABSTRACT

Brazil is seen as a very rich country regarding the history related to the most different types of ores. Along the length of the national territory there are several companies that work in the extraction process as well as their treatment for later, the goods or products arising from them, are used. Therefore, it becomes relevant to investigate how the tailings resulting from the mining process can be reused within the civil construction focused more emphatically on the issue related to road infrastructure. That said, this approach seeks to understand the cost-benefit ratio arising from the use of solid waste in the area of civil construction, taking into account relevant details such as sustainable applicability of waste. and durability of the final product, thus being able to ascertain the positive and negative points of such a procedure. Addressing this issue is important given that civil construction makes use of most of the existing natural resources on the planet, therefore, making the reuse of these transforming them into raw material for the production of new products. In this sense, given the environmental issues that also encompass this entire process, through which we are aware of the damage that certain actions can cause in a more impactful way to the environment, contaminating not only the air, but also the soil, the waters, reaching human beings. living beings that inhabit the planet. Therefore, seeking measures to reuse waste that can contaminate and further pollute the environmental atmosphere becomes increasingly necessary.

Keywords: Waste. Civil Construction. Environment.Ore. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Classificação dos resíduos sólidos.....	12
Figura 2- Principais destinos de rejeitos Dentro da Mineração (DM).....	18
Figura 3-Principais investimentos no setor mineral por estado de 2014 a 2018	19
Figura 4-Projeção do aumento de rejeitos produzidos por mineradoras brasileiras...	20
Figura 5-Etapas do tratamento de minérios.....	21
Figura 6-Rodovia brasileira intrafegável Rodovia brasileira intrafegável	24
Figura 7-Pavimentação das estradas de Mariana – MG com rejeitos de mineração .	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivos Geral.....	9
1.1.2 Específicos	9
1.2 JUSTIFICAVA	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	11
3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	13
3.1 REJEITO DE MINÉRIO.....	15
3.2 BARRAGENS	21
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 TIPOS DE PESQUISA.....	22
4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as ações relacionadas à mineração cumprem uma função relevante no Brasil, nos mais variados aspectos, especialmente nas esferas social e econômica. Não obstante, a mineração gera uma quantidade significativa de rejeitos, cujo destino se apresenta como um desafio para as mineradoras, por envolver questões ambientais e econômicas. Partindo desse pressuposto os resíduos provenientes da mineração são objeto de muitas pesquisas, onde se averiguam fontes alternativas para o uso desses materiais, podendo eles ser aproveitados em várias aplicações.

Este trabalho tem com objetivo geral analisar o custo-benefício do aproveitamento de resíduos de mineração na construção civil. Acompanhado dos objetivos específicos que são: Investigar a aplicação sustentável de resíduos; identificar os materiais de mineração utilizados na construção civil (qualidade, durabilidade); comparar a qualidade de obra com e sem a utilização de rejeitos; avaliar as vantagens e desvantagens.

Nessa conjuntura, propôs-se este estudo, uma vez que a construção civil é responsável pelo consumo da maior parte dos recursos naturais do planeta, logo, esses resíduos podem ser aproveitados por este setor, opção essa mais viável que a prática de apenas depositá-los em sítios, próximos às jazidas de minério, quando eles podem ser transformados em matéria-prima para a produção de novos produtos.

Portanto, o uso de rejeitos da mineração se mostra como uma solução inteligente, porquanto o reaproveitamento deles reduz significativamente os danos ambientais, beneficiando o setor econômico, haja vista que as mineradoras lucram com essa prática. Geralmente, empreendimentos minerários são iniciados com operações de lavra para obtenção do minério e o remanescente é visto como rejeito, sendo, por conseguinte, inserido em barragens e pilhas de rejeitos.

Dessa maneira considerando que a mineração no Brasil constitui uma parcela expressiva na comercialização desses recursos, nacionalmente e também no mercado internacional, o que movimenta as indústrias da construção civil, aeroespacial, automobilística, dentre outras, corrobora-se o quão importante e estratégico é desenvolver estudos nessa linha de pesquisa, pois o reaproveitamento desses resíduos é importante em diversos setores, estimulando a economia do país.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Geral

Analisar o custo-benefício do aproveitamento de resíduos de mineração na construção civil.

1.1.2 Específicos

- Investigar a aplicação sustentável de resíduos;
- Identificar os materiais de mineração utilizados na construção civil;
- Comparar a qualidade de obra com e sem a utilização de rejeitos

1.2 JUSTIFICAVA

As rodovias são a principal via de deslocamento dos brasileiros, pois por ela passam não só veículos de transporte pessoal, mas também de cargas. Entretanto, a infraestrutura delas enfrenta grandes problemas, como a falta de segurança, e um dos maiores entraves é a carência da infraestrutura, uma vez que existe um grande desgaste das estradas, por conta principalmente do transporte de cargas, que se dá basicamente através das rodovias, o que reduz a qualidade delas.

Diante do exposto, cabem os questionamentos: o uso de rejeitos de mineração é realmente eficiente na pavimentação das rodovias? Além da qualidade, há durabilidade na utilização desses resíduos na construção civil? Uma alternativa viável seria o uso dos rejeitos de minério na pavimentação das estradas, que já é uma realidade na construção civil.

Ademais, são através de estudos que serão viabilizados métodos de reutilização de rejeitos, em consonância com os conselhos ambientais, econômicos e sociais, tal qual se sugere neste trabalho o uso na construção civil, especificamente na infraestrutura rodoviária.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil é referência no ranking mundial de mineração. Contudo, no que se refere à utilização de rejeitos, deixa a desejar, uma vez que majoritariamente deixa de aproveitar esses resíduos e, com isso, perde a oportunidade de lucrar. São várias as oportunidades de aproveitamento, todavia, o uso desses materiais na construção civil em ganhado ênfase nos últimos anos, sobretudo na pavimentação das rodovias. (PEINADO, 2018)

É notório que as rodovias brasileiras estão deterioradas, porém, os órgãos responsáveis por melhorá-la, pouco se importam com essa problemática, o que é péssimo, pois rodovias em más condições de uso, implica uma série de problemas e põe em risco a vida de muitos que dependem dela para trabalhar, como é o caso dos caminhoneiros, que estão em constante circulação por elas. (REIS, 2017).

Dessa forma o país perde competitividade por conta da má conservação das estradas, pois a demora em entregar as matérias-primas e os produtos acarreta custos que são repassados para o preço final do produto. Também são acrescidos os valores de manutenção dos caminhões, combustível e pedágio. O excesso de buracos faz os caminhões diminuírem a velocidade, o que reduz o número de viagens possíveis por dia e, por conseguinte, eleva o custo por viagem. (GIMENES, 2017).

Ademais, os problemas comuns nas rodovias brasileiras, que é a falta de infraestrutura que funcione de forma adequada, cuja característica deficitária é um dos principais fatores pois quanto mais piores as condições da rodovia, maior o desgaste do veículo e maiores os custos variáveis, como combustível, peças, pneus, lubrificação e lavagem (REIS, 2011).

Portanto, a utilização dos rejeitos minerais é bastante atrativa, como alternativa de dispor adequadamente desses materiais, pois minimizará a ocorrência de danos ambientais, dando a possibilidade de uso deles para fins rodoviários, beneficiando a infraestrutura e a qualidade de vida das comunidades, reduzindo o impacto na natureza e a necessidade de manutenção por ser de alta resistência, além de manter as características do trecho das estradas. (IBRAM, 2016).

A gestão de resíduos é de extrema importância para uma mineradora, além de minimizar os danos causados ao meio ambiente, o reaproveitamento desses rejeitos, seja na própria planta de beneficiamento da empresa, ou na

sua comercialização em outro setor, proporciona um retorno econômico. Viabilizando-se seu reuso, minimiza-se o impacto ambiental e cria-se receita, onde antes havia despesas (GOMES, 2017, p. 9).

No contexto hodierno, é indispensável que todos tenham consciência da necessidade de amenizar impactos ao meio ambiente e da necessidade em se adotar programas que avaliem o ciclo de vida de produtos/processos. Essas medidas são profícuas, no sentido de salvaguardar valores econômicos/financeiros, por meio da sustentabilidade, adotando-se como premissas básicas, projetos inovadores que promovem o bem-estar coletivo.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

O ser humano, para realizar as tarefas do cotidiano, produz e descarta uma quantidade variável de resíduos (BEZERRA, 2010). Porém, a expansão da utilização de recursos naturais e a produção de resíduos evidenciam a urgência em diminuir e tratar adequadamente os resíduos descartados. Consoante a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), eles são definidos como “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade”.

Os resíduos são compostos de restos de alimentos, papel, plástico, metal, trapos, podas, madeira, entre outros. Esses resíduos quando manuseados e dispostos de forma inadequada no meio ambiente podem ocasionar problemas sanitário, como também, deteriorando a paisagem e desperdiçando oportunidades de obtenção de renda. (BRASIL, 2013, p. 15).

Esses rejeitos, contudo, apesar de descartados em um primeiro momento, podem ser reaproveitados, uma vez que eles não são mais necessários para quem os descartou, porém, não significa que não possuam mais valor. Esta transformação deve ser cuidadosa e equilibrada para manter a capacidade do meio ambiente de atender as demandas por recursos naturais. Esses resíduos podem ter utilidade para outros indivíduos, seja em sua forma original ou transformado (PROTEGEER, 2017).

Na mineração também grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados na atividade de mineração. Existem ainda outros resíduos, constituídos por um conjunto diversificado de materiais, tais como efluentes de

tratamento de esgoto, carcaças de baterias e pneus, provenientes da operação das plantas de extração e beneficiamento das substâncias minerais.

A classificação de resíduos sólidos resulta da identificação do método ou atividade que lhes deu origem, de seus elementos e características, e a comparação destes elementos com listagens de resíduos e substâncias cujo a consequência à saúde e ao meio ambiente é conhecido (NBR 10.004/04). Na figura 1, tem-se a classificação desses resíduos em relação à sua origem e sua forma:

Figura 1-Classificação dos resíduos sólidos

Quanto à origem			
resíduos domiciliares	resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço	resíduos de serviços de saúde	resíduos de serviços de transporte
resíduos de limpeza urbana	resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	resíduos da construção civil	resíduos de mineração
resíduos sólidos urbanos (RSU)	resíduos industriais	resíduos agrossilvopastoris	
Quanto à periculosidade			
perigosos		não perigosos	

Fonte: (SILA et al., 2017).

Conforme se observa, a classificação supracitada se refere ao local onde os resíduos foram gerados, uma vez que o ser humano está sempre descartando materiais, seja em casa, no trabalho ou em outros ambientes. E essas ações do homem, por diversas vezes, geram impactos desvantajosos ao meio ambiente, e as consequências põe à própria saúde humana em risco pela utilização intensa dos recursos naturais. (ALBUQUERQUE, 2007).

Todavia, enfatiza-se nesse estudo, aqueles provenientes do processo de mineração. É válido ressaltar ainda, que alguns resíduos podem ser nocivos aos seres humanos e ao meio ambiente, por isso é necessário ter cautela em relação à forma e ao local em eles serão destinados. (FONSECA, 2009).

3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

A classificação dos resíduos sólidos, segundo a NBR 10.004 – ABNT (2004), refere-se à composição do resíduo e as listagens de resíduos e substâncias em que são conhecidos os impactos à saúde e ao meio ambiente. Essa norma enquadra os resíduos em dois grupos: a) Resíduos de Classe I: Perigosos; b) Resíduos de Classe II: Não Perigosos. A classe II ainda é dividida em dois subgrupos: Resíduos de Classe IIA: Não inertes; Resíduos de Classe IIB: Inertes. Segundo a NBR 10.004/04 – Resíduos Sólidos:

os resíduos sólidos são classificados em: a) resíduos classe I – Perigosos: são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou seja, são aqueles que apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio-ambiente, quando gerenciados de forma inadequada; b) resíduos classe II – Não perigosos: esses resíduos subdividem-se em resíduos classe II A – Não inertes e resíduos classe II B – Inertes; b1) resíduos classe II A – Não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Esses resíduos podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. B 2) resíduos classe II B – Inertes: São aqueles resíduos que quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. (ABNT, 2004, p. 71)

A resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, (2002) diz que os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são gerados a partir de reformas, construção, reparos e demolições de obras de construção civil, chamados entulhos de obras, que tem em sua composição, tijolos, madeira, concreto, solos, fiação, entre outros materiais. Ainda consoante esta resolução, os entulhos devem ser classificados de acordo com sua composição, sendo Classe A, B, C, D, conforme apresentado abaixo.

Classe A: São os resíduos com maior potencial de reutilização e reciclagem. São provenientes de reparos ou construção de elementos cerâmicos, como placas de pisos cerâmicos, argamassa e concreto. E ainda, entulhos vindos de demolição ou produção de peças pré-moldadas fabricadas *in loco*, ou seja, dentro do canteiro de obras (CONAMA, 2002).

Classe B: Esses resíduos podem ser reciclados, entretanto, com destinações distintas, como vidros, papelões, plásticos, madeiras e metais (CONAMA, 2002).

Classe C: São os resíduos sólidos, cuja recuperação ou reciclagem, ainda não apresentam tecnologias e aplicações viáveis (CONAMA, 2002).

Classe D: São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bens como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 2002).

A indústria da construção civil tem exercido um papel importante no desenvolvimento econômico e social do Brasil, destacando-se na economia do país e sendo a responsável por uma boa parte do PIB brasileiro. Quando a construção civil está bem, o Brasil está bem. Aproximadamente 13 milhões de brasileiros trabalham no setor, direta ou indiretamente.

Não obstante, ela também é responsável por muitos danos ao meio ambiente, por ser uma das principais geradoras de Resíduos de Construção Civil (RCC), oriundos de construções e demolições que na maioria das vezes são depositados irregularmente na malha urbana (SANTANA, 2016). Por esta razão a questão ambiental na atividade da construção civil ganhou relevância nos últimos anos, assim como a preocupação com a escassez de recursos naturais.

Os impactos causados ao meio ambiente, e a geração e deposição inadequadas de resíduos. Este setor detém cerca de 50% de CO₂ lançados na atmosfera e por quase metade dos resíduos sólidos gerados no mundo. (BERTOL, 2015 *apud* JOHN, 2000). Eles causam efeitos irreversíveis ao meio ambiente e têm levado a um novo conceito de construção sustentável, baseado na prevenção e redução de resíduos sólidos com a utilização de tecnologias limpas e materiais recicláveis e reutilizáveis (VAZQUEZ, 2001).

O setor da construção civil é destaque no consumo significativo de resíduos que vêm de outras indústrias, como cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica ativa (na produção de cimentos, concretos e argamassas), papel reciclado na produção de gesso acartonado, pneus, bagaço de cana e diversos outros materiais (LACÔRTE, 2013).

Os resíduos sólidos da construção civil (RSCC) se fazem presentes em quaisquer obras constitui numa atividade geradora de impactos ambientais, e seus

resíduos têm representado um grande problema para ser administrado. Logo, além do grande impacto na economia, a construção civil também é produz 50% dos resíduos do país (CARDOSO, 2017). Os grandes empreendimentos colaboram com a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos. Conforme o CONAMA:

Os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (2002, p. 01).

Tal qual se observou, os resíduos oriundos da construção civil são muitos e a mineração, um dos setores básicos da economia do país, pode contribuir de forma decisiva para a melhoria da qualidade de vida da população, mantendo concomitantemente o bem-estar das futuras gerações, sendo basilar ao desenvolvimento das sociedades (CUNHA, 2014).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos faz um diagnóstico da situação dos resíduos de mineração no Brasil. Este setor é hoje essencial à economia do país com 4,2% do Produto Interno Bruto – PIB, 20% das exportações e 20% da mão de obra industrial com mais de um milhão de empregos diretos. (SANT'ANA, 2013, p. 27).

Em 2020, embora o mundo tenha vivenciado um momento atípico, por conta da pandemia da Covid-19, o Brasil expandiu cerca 36,2% nesse setor, comparado ao ano de 2019, atingindo R\$208,9 bilhões (IBRAM, 2020a), que representa uma participação de 4,0% no PIB brasileiro (IBRAM, 2020b).

3.1 REJEITO DE MINÉRIO

O Brasil possui amplas dimensões continentais, além de ter uma diversidade geológica bem rica. Ganhou destaque no contexto mundial, por conta do quantitativo de reservas e também pela produção mineral. Ademais, é considerado também um *player*, haja vista que sua produção mineral é uma das maiores do planeta. A mineração é, portanto, um dos sustentáculos da economia brasileira (IBRAM, 2015). Segundo Bastos (2013):

A mineração pode ser entendida como o processo de extração de produtos minerais de valor econômico encontrados na crosta terrestre com o intuito de fornecer produtos à população. A obtenção destes produtos é um desafio em todas as etapas que a envolvem, sejam essas: técnicas, sustentáveis ou humanas. Como resultados deste desejo surgem necessidades de desenvolvimento de novas tecnologias para as práticas da mineração. (BASTOS, 2013, p. 23)

A extração de minério de ferro é uma atividade indispensável na economia brasileira, é cada vez maior a influência dos minerais sobre a vida e desenvolvimento de um país, no Brasil correspondendo a 87,7% dos bens primários exportados e 4% do Produto Interno Bruto, PIB. O aproveitamento do rejeito de minério de ferro contribui para redução dos impactos ambientais, além de agregar valor a outro produto. As reservas de minério de ferro representam 11,9% das reservas mundiais e se localizam, sobretudo em três estados: Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará (DNPM, 2015).

Contudo, no processamento, um percentual considerável do minério extraído é rejeitado, por não apresentar mais as particularidades que o mercado estabelece, sendo descartado em barragens de contenção, juntamente com a água em quantidade expressiva, oriunda do beneficiamento deste mineral (PEDROSO, 2020 *apud* YELLISHETTY e MUDD, 2014). Os resíduos de mineração devem ser dispostos em locais pré-selecionados e preparados, onde não exista minério em sub-superfície.

O tratamento e o armazenamento destes descartes visam minimizar os custos e maximizar a segurança operacional. Esses dois fatores constituem um dos principais objetivos das mineradoras para cumprir as exigências ambientais, uma vez que a sua disposição dos resíduos é catalogada como um custo adicional sem retorno dentro do projeto. (GOMES, 2017, p. 9).

Ressalta-se ainda que os resíduos de minério de ferro são heterogêneos quanto às suas características, em detrimento dos diferentes processos de beneficiamento, do tipo de minério bruto e até das frentes variáveis de lavra bem como a posição na barragem de rejeitos (FERNANDES, 2005). A indústria da mineração exerce um papel muito importante na geração de riquezas de um país, através da exploração de recursos naturais da terra, sendo em alguns casos, responsável por grande porcentagem do seu produto interno bruto PIB.

Mas assim como em qualquer outra atividade industrial, a mineração impacta negativamente o meio ambiente, o que leva esse setor enfrentar constantes desafios

de alcançar a sustentabilidade de suas atividades (WOLFF, 2009), é inegável que o descarte dos rejeitos das usinas de beneficiamento pode eventualmente resultar num apreciável fator de poluição.

Conforme dados do Departamento Nacional da Produção Mineral, DNPM, existem cadastrados no órgão 10.841 minas, de diferentes tipos e portes. 98,1% delas representam produtos específicos para a construção civil como areias, britas, argilas, cascalhos, dentre outros, e também água mineral, assim sendo é uma alternativa para economizar os recursos naturais utilizados como matéria-prima na construção civil, além de uma possibilidade de redução nos custos de construção e do volume final dos resíduos a serem dispostos.

Desse quantitativo expressivo somente 1,4% delas representam *commodities* minerais de grande e médio porte, que possuem notoriedade no cenário internacional. No que se refere à classificação quanto ao tamanho da mina, baseia-se na sua produção bruta. São três as categorias: grande porte (acima de 1 milhão t/ano); médio porte (entre 1 milhão t/ano e 100 mil t/ano) e pequeno porte entre (100 mil t/ano e 10 mil t/ano), segundo Kalkreuth *et al.* (2016). Ademais,

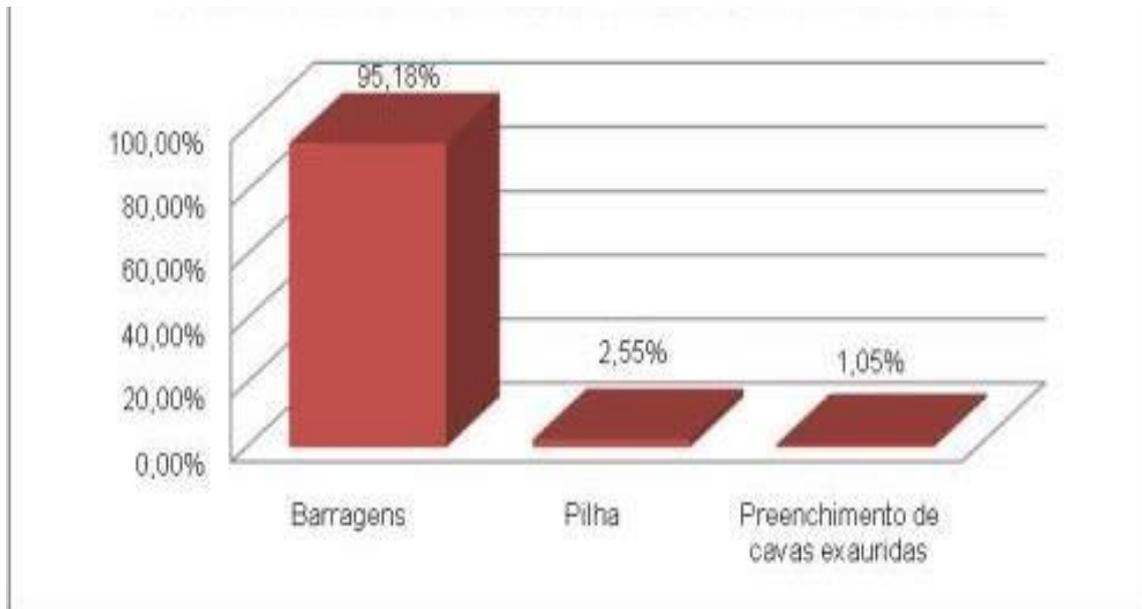
A produção do ferro apresenta, associadas ao seu processo produtivo, as etapas de preparação da área, extração ou lavra, beneficiamento e comercialização do minério de ferro. Durante a etapa inicial de preparação da área, todo material sem valor econômico, também denominado estéril, retirado antes da extração do minério de ferro é, via de regra, armazenado em pilhas de estéril. A extração ou lavra consiste na retirada, normalmente a céu aberto, do mineral que contém um teor economicamente viável de ferro. Posteriormente, o material extraído é encaminhado para o beneficiamento, no qual o minério de ferro é tratado e transformado em produtos comercializáveis, de acordo com sua granulometria e características químicas (ANDRADE, 2014, p. 23).

Após esse processo, o rejeito proveniente do beneficiamento, quase sempre, é armazenado em minas subterrâneas, em cavas esgotadas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco ou em barragens de rejeitos, dentre outros. A disposição de rejeitos de mineração em barragens é o método mais comumente usados no país. A destinação adequada destes rejeitos é uma preocupação atual e futura do setor de mineração. (IPEA, 2012).

A importância do tema é de tal ordem que em 2010 foi sancionada a Lei nº 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. A vista disso, conforme Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2011), as barragens

são o meio básico de disposição de rejeitos minerários em Minas Gerais, representando 85% dos destinos de rejeitos da mineração no estado, conforme a figura 2.

Figura 2- Principais destinos de rejeitos Dentro da Mineração (DM)

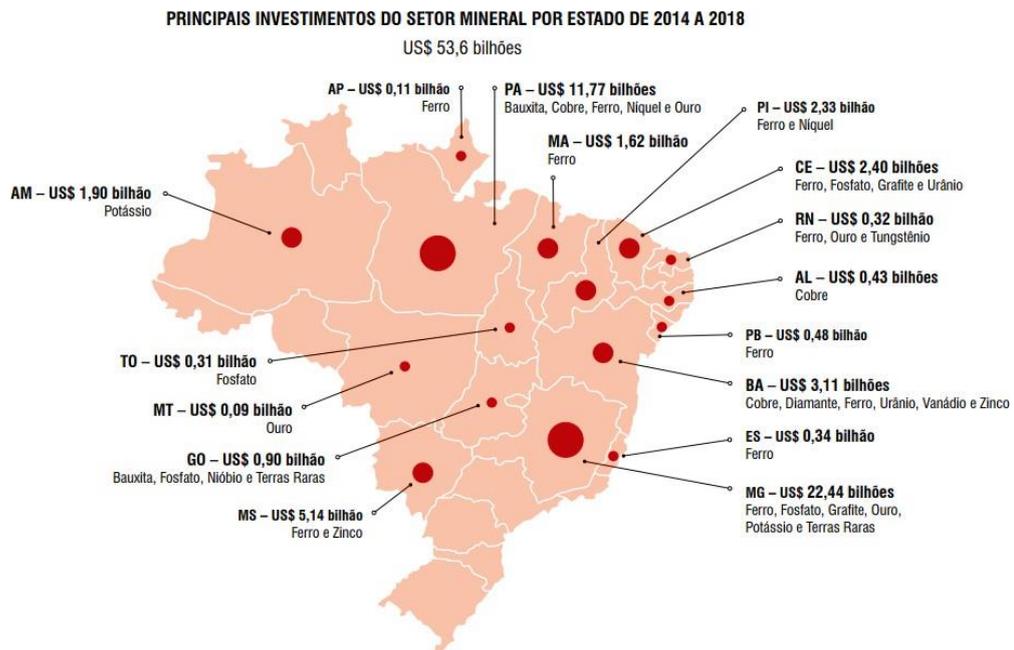


Fonte: (SILVA et al., 2017).

O rejeito é um tipo peculiar de resíduo, no qual as possibilidades de reuso ou reciclagem já foram esgotados e não existe, a princípio, formas de aproveitá-lo, sendo destinados a aterros sanitários, licenciados ambientalmente ou incineração, que devem ser realizados de maneira que não resultem em impactos ambientais. (GRESIDUOS, 2020).

Na produção mineral, são feitos investimentos altos, para que a exploração e aproveitamento dos novos depósitos minerais seja contínua e vantajosa, estimando-se cerca de US\$ 53,6 bilhões no período 2014/2018, segundo evidencia a figura 3, que mostra que a mineração no Brasil realiza bastantes investimentos privados (IBRAM, 2016).

Figura 3-Principais investimentos no setor mineral por estado de 2014 a 2018

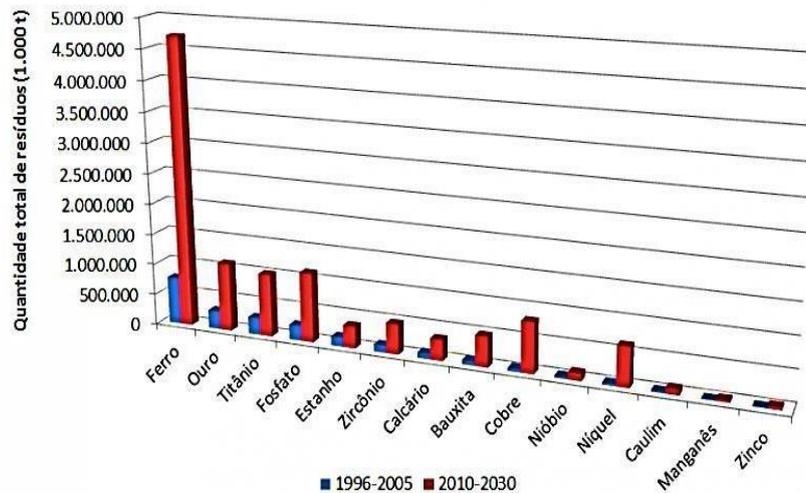


Fonte: (SILVA et al., 2017).

Produz-se, por dia, cerca de 379 mil toneladas de Rejeitos de Minério de Ferro (RMF) no Brasil, os quais são colocados em 672 barragens de resíduos, localizadas ais de 50% delas em Minas Gerais (SNISB, 2018). O RMF é um material fino, denso e cristalino e sua composição se constitui especialmente por óxidos de ferro, sílica e alumina, e não apresentam características perigosas (BASTOS *et al.* 2016; FONTES *et al.* 2016; GALVÃO *et al.* 2018).

De acordo com estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT (2016), a junção dos resíduos produzidos na produção de substâncias minerais, pode ser estipulada pela distinção entre a produção bruta e a produção beneficiada. A quantidade de rejeitos, em algumas conjunções, é análoga à da substância conseguida. Para cada tonelada de minério de ferro obtido, por exemplo, tem-se em torno de 0,4 toneladas de rejeitos.

Figura 4-Projeção do aumento de rejeitos produzidos por mineradoras brasileiras.



Fonte: (SILVA et al., 2017).

A figura acima mostra uma projeção para o período de 2010 a 2030, e indicando que o beneficiamento do minério de ferro será o responsável por aproximadamente 41% do total de rejeitos cometidos pelas mineradoras no Brasil. Enfatiza-se que na contemporaneidade, houve uma sinergia no país, no que se refere à regulação, criando a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PRS).

E os dispositivos da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 que estipulou a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e designou a criação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). (IBRAM, 2016). Ademais, o descarte realiza-se à granel (transportados através de caminhões ou correias transportadoras), ou por meio de polpa (mistura de água e sólidos), conduzido em tubulações com o emprego de sistemas de bombeamento ou por gravidade (IBRAM, 2016).

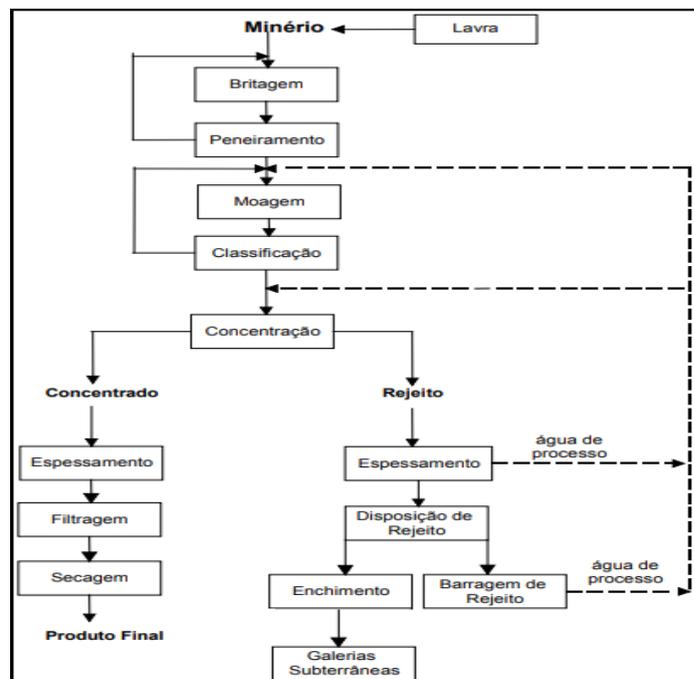
Ainda de acordo o IBRAM (2016), é admissível se dizer que os rejeitos podem ser dispostos em minas subterrâneas, cavas exauridas de minas, pilhas, por empilhamento a seco (método “*dry stacking*”), por disposição em pasta, e em barragens de contenção de rejeitos. Destaca também que a seleção de um método para a destinação dos rejeitos estar associada a alguns fatores, dentre eles a natureza do processo de mineração, as condições geológicas e topográficas da região, as propriedades mecânicas dos materiais, o poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos e as condições climáticas da região

3.2 BARRAGENS

Consoante informações do Inventário de Resíduos da Mineração, uma média de 289 milhões de toneladas de RMF é gerada por ano no país, onde 94,58% são depositados em barragens e 2,87% vão para as pilhas de resíduos, enquanto somente 0,003% são reaproveitadas (FEMA, 2018).

Entende-se como barragem de rejeito aquela estrutura de terra arquitetada para estocar resíduos de mineração, resultado do beneficiamento de minérios, em um processo mecânico e/ou químico que separa o mineral bruto em dois grupos: concentrado que será utilizado pela mineradora, e rejeito que será descartado.

Figura 5-Etapas do tratamento de minérios



Fonte: (BASTOS, 2013).

Conforme se observa, existe todo um processo minucioso de processamento do minério de ferro. As mineradoras ficam com o material mais concentrado, uma vez que é ele que dará origem ao produto final delas, contudo, é necessária uma maior preocupação com os rejeitos, pois, diferente do que muitos pensam, eles ainda podem ser aproveitados com outros fins, inclusive na infraestrutura rodoviária.

4 METODOLOGIA

Pesquisar é uma ação imprescindível na busca de conhecimentos. Em geral, por meio de inquietações, dúvidas, questionamentos a respeito de determinados assuntos, nasce a necessidade de se pesquisar, com o desígnio de elucidar perguntas, e é isso que move a sociedade como um todo. Sob esta égide, é válido considerar o pensamento de Gatti:

Pesquisa é o ato pelo qual procuramos obter conhecimento sobre alguma coisa. Contudo, num sentido mais estrito, visando a criação de um corpo de conhecimentos sobre um certo assunto, o ato de pesquisar deve apresentar certas características específicas. Não buscamos, com ele, qualquer conhecimento, mas um conhecimento que ultrapasse nosso entendimento imediato na explicação ou na compreensão da realidade que observamos. (2002, p. 9-10).

Portanto, a relevância das pesquisas é incontestável e, para obter resultados mais proveitosos, torna-se essencial que elas ocorram de forma sistematizada, levando em consideração os vários tipos de pesquisa. Enfatiza-se, ainda, o quão importante é o percurso metodológico no mundo acadêmico, uma vez que ele é um dos principais responsáveis pelo êxito das pesquisas, desde o desenvolvimento até os resultados delas.

4.1 TIPOS DE PESQUISA

Esse estudo tem abordagem qualitativa, fazendo uso da pesquisa exploratória quanto aos objetivos e da bibliográfica quanto aos procedimentos. É válido afirmar que as pesquisas bibliográficas representam um dos primeiros passos, quando se propõe a desenvolver algum tipo de estudo, haja vista que é necessário conhecer sobre o tema, para que se possa planejar melhor as ações necessárias para desenvolver o estudo em evidência.

A pesquisa qualitativa, por sua vez, consoante Denzin e Lincoln (2006), abrange uma abordagem interpretativa do mundo, logo, seus pesquisadores estudam as problemáticas de acordo com o contexto no qual estão inseridas, com o intuito de compreender os fenômenos e constatar os significados que as pessoas atribuem a eles. Nessa perspectiva, Vieira e Zouain (2005) asseveram que nesse

tipo de pesquisa é imprescindível a descrição em minúcias dos fenômenos e dos elementos a ele relacionados.

Já a pesquisa exploratória, conforme Gil (2008), tem como desígnio familiarizar-se com um tema, que ainda explorado. Logo, é uma pesquisa específica, que visa conhecer mais a temática em evidência, para entender suas especificidades. Além disso, está diretamente associada ao estudo bibliográfico, uma vez que um dos meios mais eficientes para compreender um assunto, é lendo livros da área, trabalhos de cunho acadêmico, dentre outros.

Ainda sobre pesquisa bibliográfica, de acordo com Marconi e Lakatos (1992), se constitui como o levantamento de toda a bibliografia já divulgada, disposta em livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. Em como objetivo fazer com que o pesquisador entre em contato direto com todo o aporte teórico a respeito de um determinado tema, amparando-o na investigação e na manipulação dos dados obtidos.

4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

As informações coletadas, em geral, foram extraídas de trabalhos acadêmicos disponibilizados pela Scielo, todos em língua vernácula, e a maior parte deles publicados nos últimos dez anos, para conferir maior credibilidade a esse estudo. Dentre os 45 trabalhos pesquisados, a principal referência, além das normas regulamentadoras e resoluções, foi a dissertação de mestrado de Bastos (2013), cujas contribuições foram indispensáveis para a realização desse estudo.

Depois de selecionar as 10 pesquisas mais relevantes em torno da temática a que esse trabalho se propõe, foram realizadas leituras, para que fosse desenvolvida análise posteriormente. Feito isso, realizou-se um “diálogo entre autores”, onde as teorias apontadas foram contrastadas, com o objetivo de compreender melhor sobre os rejeitos de mineração e como eles podem ser aproveitados no âmbito da construção civil, especialmente na infraestrutura rodoviária. Após análise dos dados, utilizou-se o Microsoft Word, para organizar as informações, de acordo com as determinações da ABNT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2018, o site Gazeta do Povo publicou uma matéria com base em informações do Ministério dos Transportes e apresentou um dado preocupante: naquele ano, 86% das rodovias brasileiras não tinham asfalto. Realidade essa que não deve ter se alterado muito nos últimos três anos. A figura 6, por sua vez, mostra a imagem de uma rodovia brasileira em um estado deplorável, na qual aqueles que trafegam por ela têm que fazer um verdadeiro malabarismo para chegar aos seus destinos.

Figura 6-Rodovia brasileira intrafegável Rodovia brasileira intrafegável.



Fonte: (GAZETA DO POVO, 2018)

Não raramente aqueles que utilizam as rodovias brasileiras com mais frequência, tal qual os caminhoneiros, deparam-se com cenas como a apresentada na imagem acima: BRs esburacadas, com pouca ou nenhuma estrutura para o tráfego de veículos, sobretudo os mais pesados.

Diante do exposto, é urgente buscar meios que minimizem essa problemática e, conforme o que fora explicitado, a utilização de rejeitos se apresenta como uma solução viável, considerando que está em consonância com os parâmetros de sustentabilidade, além de apresentar vantagens financeiras. As informações abaixo foram extraídas da dissertação de mestrado de Bastos (2013), onde ele realizou pesquisas e comprovou a eficácia do uso de rejeitos na construção civil, com ênfase na infraestrutura das rodovias. Segundo ele:

Fernandes (2005) estudou o comportamento mecânico das misturas contendo resíduos de minério de ferro associados à geossintéticos na

construção de um trecho experimental de ferrovia e analisou as deformações verticais e horizontais sofridas pelas camadas estruturais do pavimento e comprovou a qualidade técnica dessas misturas compatível com a de materiais normalmente utilizados em pavimentos ferroviários. Os resultados obtidos demonstraram que os resíduos de minério de ferro tenderam a apresentar boa capacidade de suporte, valores elevados de densidade e de ISC (Índice de Suporte Califórnia), baixa expansão e elevados módulos de resiliência, propriedades que são fortemente afetadas pela presença do ferro (*apud* BASTOS, 2013, p. 29).

Como se verifica, em estudo realizado em ferrovias, percebeu-se que os rejeitos apresentam propriedades favoráveis à pavimentação de ferrovias e, por extensão, infere-se que ele apresenta bons resultados também em rodovias, devido à qualidade técnica que esse material possui.

Nesse sentido, Saraiva (2006) contribui esta ideia, uma vez que desenvolveu um estudo e rodovias de Minas Gerais e constatou que trecho experimental da cidade de Itabira, onde foram utilizados rejeitos demonstrou eficiência técnica, logo, é exequível o emprego desses materiais na composição de misturas a serem utilizadas em pavimentos rodoviários e ferroviários (*apud* BASTOS, 2013).

Ademais, o pesquisador supracitado menciona outros estudos nessa mesma linha que, mais uma vez, corroboram a eficiência dos resíduos oriundos da mineração. Segundo ele, Campanha (2011), desenvolveu pesquisas com o intuito de averiguar as particularidades dos rejeitos, no que se refere às características geotécnicas, mineralógicas e química, junto ao processo de pavimentação. Os resultados são apresentados a seguir, *ipsis litteris*:

Foram realizados ensaios de granulometria, limites de Atterberg, massa específica, compactação, *California Bearing Ratio* - CBR, resistência à compressão simples e durabilidade por molhagem e secagem dos rejeitos melhorados com cimento Portland, triaxial de cargas repetidas, difratometria de raios-X, espectometria por indução ótica e pH. O rejeito de flotação foi classificado como A4 e o da concentração como A3, sua granulometria é compatível para utilização em subbase ou base em solo cimento. Os resultados de CBR e expansão foram compatíveis com os parâmetros normativos para sub-base de pavimentos flexíveis. As análises de difratometria apresentaram argilominerais não expansivos. Os rejeitos de minério de ferro apresentaram potencial para uso em pavimentação, especialmente quando melhorados com cimento (CAMPANHA, 2011 *apud* BASTOS, 2013, p. 30).

Ademais, menciona-se os estudos de Ferreira (2007), que avaliou os aspectos geotécnicos e mecânicos de cinco tipos de rejeitos de minério de ferro. São eles: canga contaminada com minério de ferro, canga laterita, areia laterítica,

itabirito cinza e itabirito pobre amarelo. Eles foram empregados como “materiais de infra e superestrutura em um pavimento rodoviário experimental para tráfego de caminhões fora de estrada”. Ou seja:

Foram realizados ensaios laboratoriais para caracterização geotécnica dos materiais, tais como, cisalhamento direto, triaxial de carga repetida e ISC. O controle tecnológico de campo envolveu medições de deflexões e rigidez das camadas estruturais. O trecho experimental foi monitorado continuamente por um período de dois meses através da instrumentação do pavimento por meio de sensores de deformação, pressão, umidade e temperatura. Os resultados demonstraram que o pavimento executado com estéreis apresentou desempenho mecânico satisfatório quanto à capacidade de suporte e de durabilidade ante a ação dos caminhões fora-de-estrada e das intempéries. Tal afirmação é sustentada pelo bom estado de conservação da pista após dois meses de monitoramento, tempo superior aos serviços de manutenção das vias empregados na mina (FERREIRA, 2007 *apud* BASTOS, 2013, p. 30).

Destarte, comprova-se a eficácia dos rejeitos na construção civil, a partir de estudos esmiuçados a respeito das suas propriedades, além deles já terem passado por teste que validam esta ideia. Falta, portanto, iniciativa dos órgãos /empresas competentes, para pôr a utilização dos resíduos de minério de ferro em prática, uma vez que as atividades de recuperação desses materiais não evoluíram o suficiente.

Além do exposto, ressalta-se que o capital utilizado com o descarte dos resíduos, podem ser empregados e aplicações que visam à transformação deles em matéria-prima para outras atividades, como é o caso da pavimentação de rodovias. Dessa maneira, os custos das obras reduzirão, proporcionando um trabalho completo e com orçamento menor.

Salienta-se ainda que os rejeitos têm qualidade comprovada por especialistas da área. Estudos evidenciam que esse produto pode ser mais homogêneo e ter mais resistência que os demais materiais, se comparado por exemplo ao cascalho, que é usado na construção e em obras de restauração em boa parte das estradas rurais. Estima-se que, com o tempo, os rejeitos tenham mais aceitação, fazendo com que a destinação deles seja mais propícia, sobretudo, ao meio ambiente, onde por consequência, as obras desse porte serão realizadas com mais parcimônia (NEW ROADS, 2019).

Nessa perspectiva, é importante ressaltar que o bom funcionamento da infraestrutura das rodovias, reclama a supervisão dela ao longo do tempo, portanto se faz indispensável a manutenção das mesmas, com o intuito de garantir boas

condições no que se refere à estrutura do pavimento (BASTOS 2013). De acordo com o DNIT (2010), os problemas clássicos dos pavimentos estão diretamente relacionados às técnicas de execução e o uso materiais de pouca qualidade, bem como a falta de manutenção.

Menciona ainda os fatores que mais provocam a deterioração dos pavimentos: capacidade de suporte da fundação deficitária; projeção ou execução ruim da drenagem; carga excessiva dos veículos comerciais; execução precária ou escassez de manutenção do material que sela as juntas. Por fim, a figura 7 apresenta a imagem de uma rodovia brasileira, cuja pavimentação fora feita com rejeitos do minério de ferro.

Figura 7-Pavimentação das estradas de Mariana – MG com rejeitos de mineração



Fonte: (IBRAM, 2021).

Como se observou, a utilização de rejeitos de mineração na infraestrutura de rodovias, já é uma realidade no Brasil; falta, contudo, a popularização desta prática que ainda é recente, mas tende a se espalhar rapidamente, trazendo incontáveis benefícios ao país, principalmente no que se refere à redução dos impactos ambientais, além de favorecer a economia.

Quanto aos resultados que se pode ter acesso a partir da abordagem da referida temática, nota-se que há dispositivos legais criados na intenção de preservar os recursos naturais existentes, há também órgãos fiscalizadores com o objetivo de inibir a má utilização dos recursos naturais ou ações que podem findar em danos a esses recursos.

Entretanto, também percebe que apesar de haver normas regulamentadoras, órgãos fiscalizadores, tecnologias cada vez mais de alto nível que podem contribuir para a melhoria da realização do trabalho das empresas que fazem uso dos recursos naturais para a aquisição de bens, produtos e serviços, tudo isso, ainda não tem sido o bastante para evitar que tragédias aconteçam como ocorreu em Brumadinho e Mariana, ambas as cidades localizadas em Minas Gerais.

Percebe-se ainda que o reaproveitamento dos resíduos em questão pode causar um impacto positivo considerável não apenas ao meio ambiente, mas como já mencionado anteriormente, se estes, forem utilizados para o processo de pavimentação sem antes haver um preparo adequado do solo para a sua aplicação e se após a realização da pavimentação não houver a manutenção adequada, as condições de tráfego poderão ser comprometidas.

O uso de rejeitos no processo de pavimentação retiraria do meio ambiente toneladas de produtos que levariam anos para se decompor e ainda beneficiaria a sociedade com estrutura vicinal de qualidade, com custo considerável aos cofres públicos, minimizaria o impacto a vida seja humana, animal ou vegetal das regiões onde geralmente esse “lixo” é armazenado.

Os rejeitos de grandes empresas têm vivenciado o procedimento de armazenamento e para isso, há toda uma estrutura na intenção de que não causem danos maiores ao meio ambiente bem como a tudo e todos que nele se inserem, mas nem sempre, conseguem alcançar tal objetivo com eficácia como ocorreu no caso de Brumadinho – MG.

Assim sendo ainda que o armazenamento é utilizado para aquilo que fora descartado durante e após o procedimento de beneficiamento, mas corre o risco de durante o período que está na barragem ocorram alterações significativas que resultam em verdadeiras tragédias como as já mencionadas.

Diante de todo esse contexto, o reuso dos rejeitos para obras asfálticas podem torna-las mais acessíveis no tocante ao uso dos recursos financeiros, podem ainda fortalecer o solo para o recebimento do asfalto, além do mais, pode também ainda incidir sobre os riscos que uma barragem de rejeitos pode trazer não apenas para a comunidade onde ela está localizada, mas também para seu entorno, ou seja, reduzindo o armazenamento de rejeitos pode ocasionar na redução de riscos de estouro dessas

6 CONCLUSÃO

Os rejeitos de minérios são uma realidade em detrimento daquilo que se conhece como desenvolvimento, progresso, mudanças significativas e necessárias aos olhos dos seres humanos, mas estes, nunca estão satisfeitos. Por isso, a exploração dos recursos naturais se tornou em grandes negócios, geradores de emprego e renda. Tais empresas, se instalam em distintas localidades após o processo de aferição dos recursos da área em vista, sua chegada possui aspectos positivos, mas trazem consigo muitos alertas de perigo.

Dentro do que foi percorrido durante a abordagem seria possível adentrar na realidade que as supracitadas cidades de Minas vivenciaram principalmente após o rompimento das barragens de rejeitos, famílias foram desabrigadas, perderam seus bens recuperáveis, mas principalmente os mais preciosos que são a vida dos seus entes queridos, e abre então a lacuna para imaginar que poderia tais tragédias terem sido evitadas se ao invés de armazenar esse “lixo”, ele tivesse sido utilizado para a realização de processos como os ligados a infraestrutura.

Ao levar em consideração o fator de que os rejeitos de minérios podem tornar o processo de pavimentação mais durável pelo adição de qualidade ao procedimento antes da camada asfáltica é possível mencionar que contribuiria de forma considerável na redução dos gastos com a infraestrutura no que diz respeito a recorrência de colocação da malha asfáltica, pois as estradas brasileiras vivenciam muitas complicações causada pelo tráfego de veículos pesados.

Bem como ainda acentua-se a essa questão a falta de drenagem para os períodos chuvosos por exemplo, e isso compromete de forma significativa os serviços de pavimentação pelo que, muitas das vezes, o material de utilizado não é de boa qualidade e com a acumulação de das águas das chuvas e o grande fluxo de carros e caminhões, acaba causando pequenas erosões e se não cuidadas em tempo e da maneira hábil pode comprometer de forma muito significativa a vida de quem precisa se deslocar.

Posto isso, o reuso também beneficia ao meio ambiente pelo que, materiais que ficariam armazenados por anos a fio na intenção de se decompor poderia ser após o tratamento adequado utilizado para fortalecer o processo asfáltico assim, como já reutilizado em algumas situações na construção civil inerente a construção de obras.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Bruno Pinto de. **As relações entre o homem e a natureza e a crise sócio-ambiental**. Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007

ANDRADE, Luana Caetano Rocha de. **Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil** / Luana Caetano Rocha de Andrade. – Viçosa, MG, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.112/04 – Resíduos de construção e resíduos volumosos**; Áreas de transbordo e triagem; Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.113/04 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes**. Aterros; Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10004/04 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.114/04 – Resíduos sólidos da construção civil**. Áreas de reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.115/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil**. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.116/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural**. Rio de Janeiro, 2004.

BASTOS, Lucas Augusto de Castro. **Utilização de rejeito de barragem de minério de ferro como matéria prima para infraestrutura rodoviária** [manuscrito]. 2013. Disponível em < <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6523>>. Acesso em 20 de abril de 2022.

BERTOL, Mariane. Estudo dos impactos da reutilização de resíduos da construção civil. 2015. 51 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação em engenharia civil, Ijuí, Rio Grande do Sul, 2009 apud JOHN, V.M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: **Reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção civil. Anais...** São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1997. p. 21-30.

BEZERRA, R. R. et al. **Estudo de Caso da Quantidade e Destinação Final dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares do Bairro Urupá na cidade de Ju - Paraná/RO**. 2010. Disponível em: <http://www.faesa.br/sea/trabalhos>. Acesso em 06 junho de 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **RESÍDUOS SÓLIDOS E A SAÚDE DA COMUNIDADE: informações técnicas sobre a inter-relação saúde, meio**

ambiente e resíduos sólidos /Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL – Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) – **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.**

Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf.

Acesso em: 02 de junho de 2022.

CAMPELLO, Gaigher Bósio. **Direitos Humanos e Meio Ambiente: os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030** [recurso eletrônico] Livia. 1 ed. - São Paulo: IDHG, 2020.

CARDOSO. Sienge plataforma. **Tudo sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil.** 29 de set 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em 08 de junho de 2022.

CUNHA, Belinda Pereira da. Sustentabilidade ambiental [recurso eletrônico]-estudos jurídicos e sociais / org..- Dados Eletrônicos Caxias do Sul, RS : EducS, 2014.

DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DNPM, **Sumário Mineral.** 2015. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Brasília, 2016.

FEMA, Inventário de barragens do estado de Minas Gerais ano 2017, FEAM, Belo Horizonte, 2018.

FONSECA, Janaína Conrado Lyra da. **Manual para gerenciamento de resíduos perigosos.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Inventário estadual de barragens do estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: FEAM, 2011. 31 p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/fean/inventario_de_barragem__2011.pdf Acesso em: 01 de março de 2022

GATTI, Bernardete Angelina. **A construção da pesquisa em educação no Brasil.** Brasília: Plano, 2002. (Pesquisa em Educação, v. 1).

GAZETA DO POVO. **A dura sina do caminhoneiro: 86% das estradas brasileiras não têm asfalto.** 2018. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/politica/republica/a-dura-sina-do-caminhoneiro-86-das-estradas-brasileiras-nao-tem-asfalto-6lmcdns8al40z7fz3na565b5q/> Acesso em 16 de outubro de 2021.

GIMENES, Sathya de Camargo Andrade. **CUSTO BRASIL: FERROVIAS, RODOVIAS E REDIRECIONAMENTO DAS EXPORTAÇÕES**. Disponível em https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19425/1/2017_SathyadeCamargoAndradeGimenes.pdf. Acesso em 08 de junho de 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como classificar as pesquisas? Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Ana Cláudia Franca. **ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE REJEITO DE MINERAÇÃO**. Belo Horizonte, 2017.

Instituto Brasileiro de Mineração -IBRAM. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2015**. Instituto Brasileiro de Mineração, 2015.

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração**. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016.

IPEA. Disponível em http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf. Acesso em 08 de abril de 2022.

KALKREUTH, W.; LOURENZI, P.; OSÓRIO, E. **Distribuição, reservas e características dos depósitos de carvão no Brasil – implicações para a contribuição na matriz energética, meio ambiente, sustentabilidade e recursos humanos**. Academia Brasileira de Ciências, 2016.

LACÔRTE, Patrícia Maria Ribeiro. **Aproveitamento de resíduos na construção civil**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9CAEXK>>. Acesso em 10 de fev. de 2022.

LAGE, Fabiana Lopes. et al. **Utilização dos rejeitos de minério de ferro na construção civil: uma análise cienciométrica**. Research, Society and , v. 9, n. 4, 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Atlas, 1992. 4a ed. p.43 e 44.

NEW ROADS. **Rejeitos de garimpo são utilizados na pavimentação de estradas**. 2019. Disponível em < <https://newroads.com.br/rejeitos-de-garimpo-sao-utilizados-na-pavimentacao-de-estradas/>>. Acesso e 25 de abril de 2022.

PEDROSO, Cleber Luis **Compósitos à base de rejeito do minério de ferro, resíduo de concreto, resíduos da produção de celulose e resíduo da produção da cal** [recurso eletrônico] / Cleber Luis Pedroso. 2020. Apud YELLISHETTY M.; MUDD G.M.; Substance flow analysis of steel and long term sustainability of iron ore resources in Australia, Brazil, China and India, J. Clean. Prod. 84 (2014) 400–410, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.046>. Acesso em 08 de junho de 2022.

PEINADO, Hugo Sefrian (org.) Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil. São Carlos: Editora Scienza, 2019.

Resolução Nº 348/2004 - "**Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.**" - Data da legislação: 16/08/2004 - Publicação DOU nº 158, de 17/08/2004, pág. 070. Disponível em: Acesso em: 23 de setembro de 2021.

REIS, Filipe Pereira dos. MENSH, Natália Guterres. BRITO, Lélío Antônio Teixeira, et. al. **Avaliação da influência da sobrecarga dos veículos pesados na rodovia BR-290/RS**

SANT'ANA FILHO, Joaquim Nery de. **Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação blocos intertravados.** Belo Horizonte – 2013.

SANTANA, Izáira Cunha. Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição em Conceição do Almeida – BA. CRUZ DAS ALMAS - BA 2016.

PROTEGER **O que são Resíduos Sólidos:** cooperação para proteção do clima na gestão de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 16 de nov. 2017. Disponível em: <<http://proteger.gov.br/rsu/o-que-sao> |>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

SEVERO, Cecília Borges. **Aproveitamento de rejeitos de minério de ferro para a fabricação de tijolos cerâmicos.** Orientador: Dr. Fabio de São José. 2019. Dissertação (Mestrado em engenharia de minas) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, Araxá, 2019.

SILVA, Lays Capingote Serafim; MARINHO, Douglas Yusuf; SILVA FILHO, Carlos Murilo da; SILVA, Edvaldo Capingote Serafim; ESPINOSA, José Waldo Martinez. **Gestão de resíduos industriais:** um estudo do aproveitamento de rejeitos na mineração. 2017. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/handle/riufs/7697?locale=es>>. Acesso em 25 de abril de 2022.

SILVEIRA, Marina Duque. **Utilização de resíduos de mineração na construção civil.** 2015. Monografia (Especialização em construção civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

VAZQUEZ, E. (2001). Aplicación de nuevos materiales reciclados en la construcción civil. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 4 Anais... São Paulo: IBRACON. 2001.

VIEIRA, M. M. F. e ZOUAIN, D. M. Pesquisa qualitativa em administração: teoria e prática. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.