

A review of recovery of iron ores ultrafines  
disposed in brazilian's tailing dams

Revisión de la recuperación de ultrafinos  
de hierro presentes en balsas de lodo  
brasileñas

Rísia M. Papini<sup>1\*</sup>

André Luiz A. Santos<sup>1</sup>

Rafael M. Moreira<sup>2</sup>

Ana Cláudia F. Gomes<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte – Brasil. \* Contacto: risia@demin.ufmg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Mato Grosso - Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá - Brasil



## RESUMO

Um dos grandes desafios atuais da engenharia de minas é o processamento e a otimização dos recursos naturais não renováveis. A necessidade de redução de resíduos enviados a barragens de rejeitos, associada à crescente dificuldade de obtenção de licenças ambientais e locais adequados para a sua disposição, são fatores que indicam o reprocessamento de finos como alternativa para a recuperação dos rejeitos de minério de ferro contido por essas estruturas. A fim de investigar tal cenário, estimou-se a quantidade de barragens de rejeito por estado brasileiro e por minério beneficiado. Sendo o ferro a principal commodity mineral brasileira, e Minas Gerais o estado onde essa indústria é mais expressiva, foi feita uma revisão bibliográfica de trabalhos que tratam da recuperação de rejeito de ferro em MG na última década. Os estudos mostram que a caracterização tecnológica é etapa fundamental para o reuso destes resíduos e os autores estudados atingiram resultados satisfatórios no reprocessamento de barragens de rejeitos alcançando o produto comercial pellet feed fines e insumos para a construção civil. Entretanto poucas são as empresas mineradoras que investem na reciclagem dos seus resíduos. Por fim, recomenda-se que toda mineradora caracterize o seu rejeito para um reuso próximo. Esta prática além de trazer vantagens econômicas, reduz a contenção de rejeitos nas barragens existentes e os riscos associados ao seu rompimento.

**Palavras Chave:** Barragem de rejeito, barragem de ferro, reciclagem de minerais.

## ABSTRACT

The greatest and noblest challenge of mining engineering for the present and the future of the treatment of iron ore could be considered as the pursuit of optimizing the use of the mineral resources. The need

for obtaining adequate places for tailings disposal, reducing waste volumes sent to the tailings dams associated with the growing difficulty in obtaining environmental licenses, are some of the factors that make the processing of slimes a real alternative for increasing the iron and mass recoveries. In order to investigate said scenario, it was estimated the amount of tailing dams in Brazil. Once iron is the main Brazilian mineral commodity, and Minas Gerais is the state where this industry is most expressive, a review of works dealing with the recovery of iron waste in MG in the last decade was made. The studies show that the technological characterization is a fundamental step for the reuse of these residues and the studied authors reached satisfactory results in the reprocessing of tailing dams reaching the commercial product pellet feed fines and inputs for the civil construction. However, few mining companies invest in recycling their waste. Finally, it is recommended that every mining company characterizes their tailings for near reuse. This practice, in addition to bringing economic advantages, reduces the volume of tailings dams.

**Palavras Chave:** Tailing dams, Iron tailing dams, Recovery of tailing material

## INTRODUÇÃO

Sobre o uso dos recursos minerais, a melhor maneira de se preservar um recurso não renovável é o seu consumo racional. No entanto, o tamanho da população e os padrões atuais de vida tornam a redução desse consumo mineral algo quase utópico.

A mineração tem grande impacto na economia brasileira, e com a elevada produção mineral, também são geradas quantidades expressivas de rejeitos anualmente. Gomes (2017) [1] fez um levantamento que mostrou que apenas no ano de 2014 mais de 110 milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro foram estocadas em barragens de rejeito em Minas gerais.

Este artigo considera o reprocessamento de finos através da sua reutilização como uma forma de avaliar esses materiais, que estão sendo classificados como rejeitos. Este aproveitamento se faz possível através da caracterização tecnológica dos mesmos; que por sua vez é uma etapa fundamental para o máximo aproveitamento de um recurso mineral. É um ramo especializado aplicado ao beneficiamento de minérios que estuda aspectos específicos da mineralogia de amostras e as informações obtidas são utilizadas para o desenvolvimento e otimização dos processos.

Com o passar dos anos as barragens tem ganhado destaque no cenário brasileiro, com a criação de leis, portarias e resoluções que visam à regulação e fiscalização destas construções. Dentre elas destaca-se a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) [2] que estabelece que o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, que deve garantir as inspeções previstas por lei, as revisões periódicas, e a organização da documentação referente a mesma.

As barragens cadastradas na PNSB são classificadas de acordo com dois parâmetros em níveis alto, médio ou baixo como ilustra a tabela I. O parâmetro risco associado envolve características técnicas e aspectos que influenciam a probabilidade de acidente, como estado de conservação e plano de segurança de barragens. Já o dano potencial associado diz respeito aos impactos ambientais, econômicos e sociais que a ruptura, vazamento ou infiltração no solo da estrutura podem vir a acarretar independente da sua probabilidade de ocorrência. Para que uma barragem seja cadastrada na PNSB ela precisa se enquadrar nos critérios altura (>15m), volume (>3milhões m<sup>3</sup>), resíduo (perigoso) e dano potencial associado (médio ou alto).

Tabela I: Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado  
(Adaptado de ANM, 2016) [2].

<b>Risco Associado</b>	<b>Dano Potencial Associado</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>
<b>Alto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Médio</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Baixo</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

Duarte (2008) [3] observa que, assim como no Brasil, a maioria dos países possui legislação vigente para disposição de resíduos minerais e barragens de rejeitos. Contudo, não são raros os acidentes envolvendo tais estruturas, e juntamente com eles, os prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Apesar da lei e da tecnologia disponíveis, algumas barragens são construídas com critérios falhos de projeto, operação ou manutenção. Apesar de legislação específica, são poucos os países que têm o real controle do número e condição das barragens de contenção de rejeitos em seus territórios. Uma das primeiras ações para minimizar o risco de acidentes seria uma eficaz gestão dessas estruturas, um inventário completo que especifica as dimensões dos projetos (altura, volume, comprimento da crista, massa depositada, entre outros), suas características de operação e monitoramento. Com os dados devidamente coletados e organizados, deve-se classificar a barragem segundo seu parâmetro de risco, definindo assim o seu nível e o tipo de inspeção que deverá ser realizada.

Lozano (2006) [4] enfatiza que o custeamento de acidentes, que envolve, dentre outros fatores, danos a propriedades, estudos e relatórios, indenizações e taxas legais, tempo da equipe e perda de remuneração, é notoriamente mais elevado que o de prevenção, que engloba estudos preliminares, engenharia de projeto, supervisão de construção, operação e serviços de manutenção. O autor acredita que a definição de um risco aceitável para cada local não é tarefa fácil, envolve o trabalho de uma série de profissionais. Quanto maior o ní-

vel de segurança aferido, maior será o capital injetado para estudos de prevenção e controle de riscos. Garantir que a legislação vigente seja efetivamente aplicada é de extrema importância para minimizar o risco de rompimentos de barragens de rejeitos.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

Foram construídos gráficos que estimam a quantidade de barragens de rejeitos no território brasileiro por estados e minério beneficiado. A fim de demonstrar a viabilidade do aproveitamento de rejeito de mineração, foram listados exemplos de práticas bem-sucedidas em mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais por ser este o estado com a atividade mineradora mais expressiva.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A figura 1 a seguir foi construída graças a dados liberados pela ANM em 2016 [2]. Nela é possível observar que o Brasil dispõe de mais de 720 barragens de rejeitos, das quais cerca de 53% estão inseridas no PNSB. Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Pará (PA), Mato Grosso (MT), Bahia (BA) e Rondônia (RO) são, nessa ordem, os que mais possuem estas estruturas.

Em MG, das 343 barragens listadas, 62% estão classificadas no PNSB. Minas é o estado brasileiro com valores mais expressivos de mineração. O segundo colocado, SP conta com 110 barragens de rejeito, das quais 21% estão no PNSB. Já o Pará, apesar de listar apenas 85 estruturas, tem 78% delas classificadas no Plano Nacional de Segurança de Barragem, o que indica o alto volume das barragens nesse estado. MT, BA, e RO, possuem, 51,70 e 35% das suas barragens no PNB respectivamente.

A imagem também traz as barragens de rejeito por estado brasileiro e por bem mineral; os gráficos a esquerda contam com todas as barragens listadas na ANM, e os gráficos a direita, todas as que foram classificadas na PNSB.

Sobre Minas Gerais, o estado contém quase 150 barragens de minério de ferro inseridas no PNSB. MG também dispõe de barragens de agregados para construção civil (areia e argila), minério de ouro, fosfato e calcário.

Os agregados para construção civil (argila e areia) são os responsáveis pelo maior número de barragens de rejeito em SP. As do PA também são majoritariamente de argila, seguidas por caulim, bauxita, ouro, cobre ferro e manganês. Já em MT as principais barragens são de ouro, seguidas por material para a construção civil, cobre e zinco.

O minério de ferro é a principal commodity mineral brasileira e Minas Gerais é o estado com expressiva produção desse bem mineral. Assim, afim de investigar o reprocessamento de rejeito de minério de ferro estocado em barragens, a tabela II sintetiza casos de reaproveitamento de rejeito de minério de ferro em MG na última década. Nela é possível observar que todos os autores observaram a possibilidade de se reaproveitar o minério estocado em barragem de rejeito a partir da caracterização tecnológica dos mesmos.

## CONCLUSÃO

Este artigo abordou a redução do impacto ambiental através da recuperação de finos de minério de ferro devido à crescente frequência do tema em trabalhos científicos e acadêmicos, e sua relevância quanto à demanda de matéria-prima, a quantidade de resíduos gerados e as preocupações ambientais.

A figura 1 ilustrou a quantidade de barragens no território brasileiro que estão cadastradas na Agência Nacional de Mineração. Todo o material estocado nessas estruturas é considerado como rejeito. A tabela II mostrou que estudos recentes em Minas Gerais demonstraram a viabilidade de reprocessamento de rejeito de ferro através da caracterização tecnológica dos mesmos. Apenas no estado de Minas Gerais existem mais de 150 barragens de finos de ferro que poderiam ser consideradas “novas jazidas” se este material fosse caracterizado

e o seu reprocessamento viável; sem contar aquelas que por ventura, não foram cadastradas na ANM.

Por fim, devido as particularidades de cada minério, recomenda-se que toda empresa mineradora invista em meios de reaproveitamento dos seus rejeitos, devido, principalmente, a redução do volume das suas barragens.

## REFERÊNCIAS

1. GOMES, A. C.F, (2017). Estudo de Aproveitamento de Rejeito da Mineração. Belo Horizonte. Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e Minas. Universidade Federal de Minas Gerais. 98p. (Dissertação de mestrado).
  2. ANM- Agência Nacional de Mineração. Classificação das barragens de mineração, 2016. Disponível em: < [http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens/CADASTRO%20NACIONAL%20DE%20BARRAGENS\\_2016%20\\_FINAL%2006-01-2017.pdf](http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens/CADASTRO%20NACIONAL%20DE%20BARRAGENS_2016%20_FINAL%2006-01-2017.pdf)> . Acesso em abril de 2018.
  3. DUARTE, A. P, (2008). Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco. Belo Horizonte. Curso de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.114p. (Dissertação de Mestrado).
  4. LOZANO, F. A. E, (2006). Seleção de Locais para Barragens de Rejeitos Usando O Método De Análise Hierárquica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 142 p. (Dissertação de mestrado).
- FEAM -Fundação Estadual do Meio Ambiente, (2013). Reaproveitamento de Rejeitos na Mineração – Projeto Areia Industrial. Disponível em: <[http://www.feam.producao\\_sustentavelEstudo\\_de\\_caso/minerita.pdf](http://www.feam.producao_sustentavelEstudo_de_caso/minerita.pdf)>. Acesso em abril de 2018.



COSTA, A.V; GUMIERI, A.G.; BRANDÃO, P. R. G, (2014). Piso intertravado produzido com rejeito sinter feed. IBRA-CON: Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Volume 7, Number 2, 228-259 p.

ANDRADE, L.C R, (2014). Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, IN natura e segregados para aplicação como material de construção civil. Viçosa. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. 112p. (Tese de doutorado).

DAUCE, P. D, (2017). Caracterização tecnológica de rejeito de jigagem de minério de ferro. Ouro Preto. Pós-graduação em Engenharia Mineral. 152p. (Dissertação de mestrado).

ROCHA, G. M, (2017). Avaliação de depressores na flotação de rejeito de minério de ferro. Ouro Preto. Programa de pós-graduação em Engenharia Mineral. Universidade Federal de Ouro Preto. 98p. (Dissertação de mestrado).

COELHO, João Paulo Sousa, (2017). Estudo para recuperação do rejeito das espirais concentradoras. Ouro Preto. Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto. 101p. (Dissertação de mestrado).

TAVARES, L. D.C, (2018). Caracterização de Rejeito da Barragem da Mina de Ferro de Gongo Soco, MG, com Foco na Definição de Rota de Processo para Recuperação de Barragens. Belo Horizonte. Programa de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e Minas da UFMG. 106p. (Dissertação de mestrado).

Tabela 2: Exemplos de reprocessamento de rejeito de ferro estocado em barragem em MG.

Exemplos de Estudos recentes de aproveitamento de rejeito de mineração em Minas Gerais				
Fonte	Empresa/Mina em MG	Origem Lama	Etapas	Resultados
FEAM (2013)	Minerita	Planta de beneficiamento	Caracterização tecnológica, Concentração de silicatos, Testes de resistência mecânica e absorção de água	Produção de areia industrial comercializável
Costa, Gumeri e Brandão (2014)	Empresa não identificada	Planta de beneficiamento não identificada	Caracterização tecnológica, separação magnética, ensaios de resistência à compressão, absorção e desgaste por abrasão	para a industria civil O rejeito sinter feed após concentração foi considerado satisfatório na produção de concreto para fabricação de pré-moldados.
Andrade (2014)	4 barragens de rejeito do Quadrilátero Ferrífero	Material já disposto em barragens	Caracterização tecnológica	As quatro barragens apresentaram teores altos que justificam estudos de concentração para Fe, SiO <sub>2</sub>
Dauce (2017)	Complexo Serra Azul	Rejeito da Jigagem	Caracterização Tecnológica e posterior separação magnética	Concentrado com teores de 53,00% Fe e 19,00% SiO <sub>2</sub>
Rocha (2017)	Usiminas/Barragem Central	Material já disposto em barragem	Caracterização Tecnológica e estudo de diferentes depressores para a flotação catiônica reversa de ferro.	O concentrado alcançou valores de Fe superiores a 70,00%
Costa (2017)	Mina não identificada	Rejeito da espiral concentradora	A caracterização tecnológica indicou a separação magnética como o método de concentração mais indicado	Os teores encontrados indicam que o concentrado pode encontrar produto rentável
Gomes (2017)	Vallourec/ Pau Branco	Rejeito estocado em barragem	A caracterização tecnológica indicou a separação magnética como o método de concentração mais indicado	Os teores encontrados indicam que o concentrado pode alcançar as especificações pellet feed fines de mercado
Tavares (2018)	Vale/ Gongo Soco	Rejeito estocado em barragem	A caracterização tecnológica indicou a presença de minerais de ferro e liberação favorável para o beneficiamento	Os teores encontrados indicam que o concentrado pode alcançar as especificações de mercado

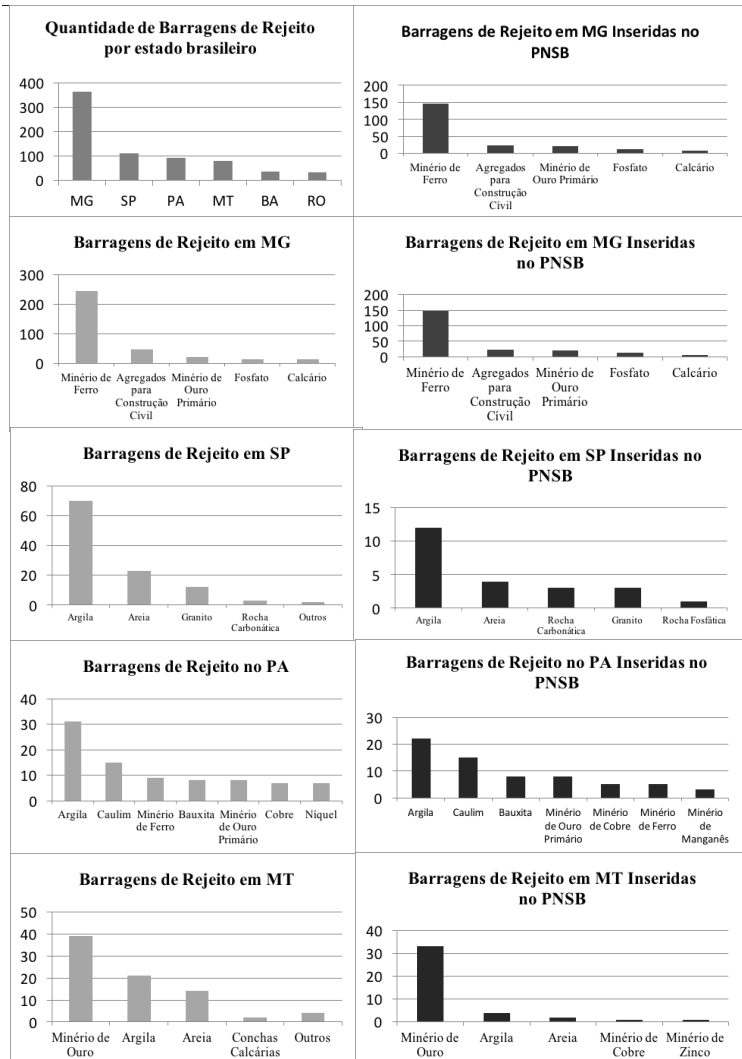


Figura 1: Barragens de rejeito por estado e bem mineral no território brasileiro