



Propriedades Geotécnicas de Rejeitos de Mineração de Ferro

Giovani Jordi Bruschi

Pesquisador de pós-doutorado/Engenheiro Geotécnico, Universidade Federal da Fronteira Sul/STATUM Geotecnica, Erechim/Belo Horizonte, Brasil, gio.bruschi@gmail.com/giovani.bruschi@statum.eng.br

Maria Gabriela Batista da Silva

Engenheira Geotécnica, STATUM Geotecnica, Belo Horizonte, Brasil, maria.silva@statum.eng.br

RESUMO: Os rejeitos de mineração de ferro são subprodutos gerados durante o beneficiamento do minério, caracterizados por ampla variabilidade em suas propriedades geotécnicas, influenciada pela origem geológica, pelos processos de concentração e pelas condições de disposição. O entendimento detalhado dessas propriedades é fundamental para garantir a segurança e a estabilidade das estruturas de disposição, como barragens e empilhamento a seco, além de subsidiar a avaliação do potencial de reaproveitamento desses materiais. Este estudo compila e analisa dados da literatura sobre as principais propriedades geotécnicas dos rejeitos de ferro, incluindo granulometria, massa específica dos grãos, limites de consistência, condutividade hidráulica, compressibilidade e resistência ao cisalhamento. A partir dessa síntese, são apresentadas as principais tendências e variações do comportamento desses rejeitos em diferentes contextos de deposição. Ademais, são discutidas as perspectivas de reúso dos rejeitos, destacando aplicações em setores como construção civil, materiais cerâmicos, ativação alcalina e outras áreas tecnológicas, embora o uso em escala industrial ainda seja restrito devido a barreiras tecnológicas e mercadológicas. Ao integrar o conhecimento geotécnico e as possibilidades de reaproveitamento, este trabalho contribui para o avanço técnico-científico, orientando profissionais e pesquisadores na gestão sustentável dos rejeitos de mineração de ferro e indicando caminhos para futuras investigações.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeitos de mineração de ferro, Propriedades geotécnicas, Caracterização geotécnica, Gestão de rejeitos.

ABSTRACT: Iron ore tailings are by-products generated during ore beneficiation, characterized by wide variability in their geotechnical properties, influenced by geological origin, concentration processes, and disposal conditions. A detailed understanding of these properties is essential to ensure the safety and stability of disposal structures such as tailings dams and filtered stacks, as well as to support the assessment of the potential reuse of these materials. This study compiles and analyzes literature data on the main geotechnical properties of iron ore tailings, including grain size distribution, specific gravity of particles, chemical composition, consistency limits, compaction characteristics, hydraulic conductivity, compressibility, and shear strength. From this synthesis, the main trends and variations in the behavior of these tailings under different depositional contexts are presented. Furthermore, reuse prospects are discussed, highlighting applications in sectors such as construction materials, ceramics, alkali-activated materials, and other technological fields, although industrial-scale use remains limited due to technological and market barriers. By integrating geotechnical knowledge and reuse possibilities, this work contributes to technical-scientific advancement, guiding professionals and researchers in the sustainable management of iron ore tailings and indicating directions for future research.

KEYWORDS: Iron ore tailings, Geotechnical properties, Geotechnical characterization, Tailings management.

1 INTRODUÇÃO

A mineração de ferro, atividade de grande relevância econômica no Brasil e no mundo, gera enormes volumes de rejeitos como subprodutos do beneficiamento do minério. Esses materiais, usualmente dispostos em barragens, pilhas ou cavas exauridas, apresentam ampla variabilidade em suas propriedades geotécnicas, o que impõe desafios à sua gestão segura e eficiente. A variabilidade decorre de múltiplos fatores, entre os quais se destacam a origem geológica do minério, os processos de concentração empregados e as condições de disposição final (Lu, 2021; Morris, 1985).



O conhecimento detalhado das propriedades geotécnicas dos rejeitos é fundamental para a engenharia de barragens e estruturas associadas, pois influencia diretamente o desempenho mecânico e hidráulico dos maciços construídos com ou sobre esses materiais (Bruschi et al., 2021; Levadoski et al., 2023; Pereira dos Santos et al., 2022). Além disso, a crescente demanda por soluções sustentáveis tem impulsionado estudos voltados ao reaproveitamento dos rejeitos em aplicações como materiais de construção, base de pavimentos, aterros estruturais e técnicas de remediação ambiental, exigindo uma caracterização técnica mais abrangente e precisa (Carmignano et al., 2021; Wong, 1981).

Embora existam estudos abordando aspectos específicos dos rejeitos de mineração de ferro (Carneiro et al., 2023), ainda se observa a necessidade de mais fontes de referência consolidadas que reunam, organizem e analisem de forma integrada as principais propriedades geotécnicas desses materiais. Essa lacuna dificulta a comparação entre diferentes contextos e limita o desenvolvimento de estratégias de engenharia mais seguras, eficientes e adaptadas às condições locais.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo compilar e discutir dados disponíveis na literatura sobre a caracterização geotécnica dos rejeitos de mineração de ferro. Além disso, ao final do estudo serão apresentadas possíveis opções de reúso para esses rejeitos, buscando ampliar as alternativas de aproveitamento sustentável desse material.

2 MÉTODO

Este artigo constitui um estudo de revisão, com o objetivo de compilar, analisar e sintetizar o conhecimento técnico-científico disponível na literatura sobre as propriedades geotécnicas dos rejeitos de mineração de ferro. A metodologia adotada envolveu duas etapas principais: (i) a seleção das fontes relevantes e (ii) a análise e sistematização crítica dos dados disponíveis.

A primeira etapa consistiu na busca e seleção de artigos científicos, dissertações, teses, livros técnicos e relatórios institucionais que abordassem diretamente a caracterização geotécnica de rejeitos de minério de ferro. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em bases de dados acadêmicas como *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*.

Na segunda etapa, os dados extraídos dos trabalhos selecionados foram organizados e sistematizados de acordo com os seguintes parâmetros geotécnicos: distribuição granulométrica, massa específica dos grãos, limites de consistência, condutividade hidráulica, compressibilidade e resistência ao cisalhamento. Para cada propriedade, os resultados foram analisados criticamente, de forma a identificar tendências e intervalos típicos de variação, contribuindo para uma compreensão mais integrada desses materiais.

3 PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS

As propriedades geotécnicas dos rejeitos de mineração dependem de vários fatores, tais como: (a) a origem do minério extraído; (b) o tipo de processamento; (c) a tipologia da refinaria; (d) a disposição e o armazenamento, entre outros (Souza Villar et al., 2009).

3.1 Distribuição Granulométrica

A distribuição granulométrica é uma propriedade geotécnica fundamental para a compreensão do comportamento de um material. A determinação da curva de distribuição granulométrica dos rejeitos de mineração está sujeita a incertezas, sendo possível apenas definir uma faixa de variação que normalmente apresenta partículas com tamanho de siltes (Schnaid et al., 2015).

Os rejeitos de minério de ferro, especificamente, apresentam distribuições granulométricas que dependem da rocha matriz de origem, do processo de extração do minério, do processamento e do tipo de deposição (Armstrong et al., 2019). Assim, a definição de uma curva padronizada para esse tipo de material é difícil de obter, sendo mais comum a definição de uma faixa de variação (Brunori et al., 2005; Nath et al., 2015) (ver Figura 1).

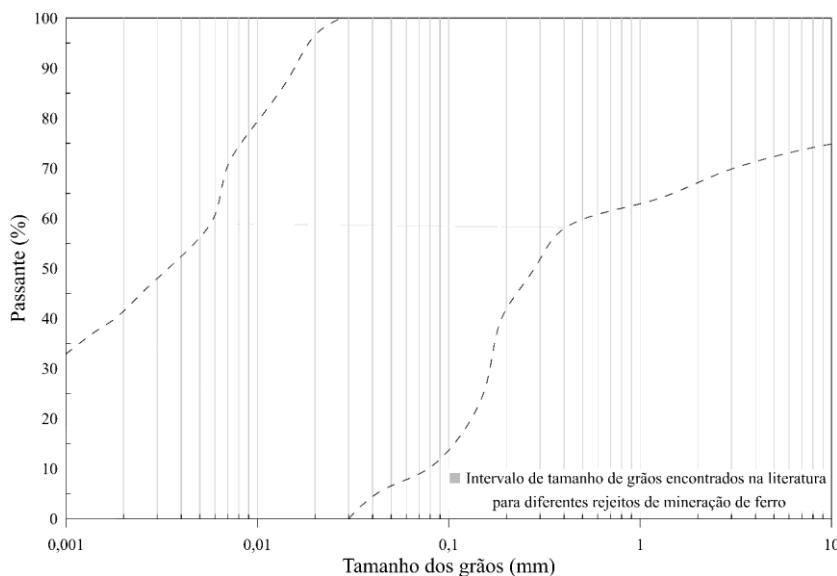


Figura 1. Distribuição granulométrica para diferentes rejeitos de mineração encontrados na literatura
(Adaptado de Carneiro et al., 2023).

Como esperado, a distribuição granulométrica dos diferentes rejeitos de minério de ferro (Figura 1) é extremamente variável e altamente dependente do método de processamento aplicado na unidade de mineração. Além disso, o método de disposição também desempenha um papel fundamental na forma e no tamanho final dos grãos; quanto mais processado o material, mais fino ele se torna (Gomes et al., 2016).

3.2 Peso Específico dos Grãos

O peso específico dos grãos (γ_s) é uma característica dos sólidos, sendo definido como a razão entre o peso e o volume das partículas sólidas (Pinto, 2006). Para solos convencionais, os valores reais do peso específico dos grãos apresentam pequenas variações dependendo dos minerais constituintes do solo, sendo verificados na faixa de 25 a 28 kN/m³ (Lambe and Whitman, 1979).

Os rejeitos de mineração, devido à alta presença de óxidos de ferro, geralmente apresentam valores de peso específico dos grãos superiores aos verificados para solos convencionais (Hu et al., 2017; Vick, 1999). A Tabela 1 apresenta o peso específico real dos grãos para diferentes rejeitos de minério de ferro encontrados na literatura, onde pode-se observar a sua alta variabilidade.

Tabela 1. Peso específico dos grãos de diferentes rejeitos de mineração de ferro.

Origem	Peso específico dos grãos (kN/m ³)	Fonte
Brasil	30,0-33,0	Araújo (2003)
Nigéria	33,5	Etim et al. (2017)
China	30,8-32,3	Hu et al. (2017)
Brasil	29,2	Servi et al. (2022)

3.3 Limites de consistência

A compreensão e a determinação dos limites de consistência são consideradas relevantes na previsão de propriedades de engenharia (por exemplo, expansão, retração, resistência), bem como na identificação e classificação dos materiais (Gore et al., 2016). A Tabela 2 apresenta os limites de consistência de diferentes rejeitos de minério de ferro.

Tabela 2. Limites de consistência de diferentes rejeitos de mineração de ferro.

Limites de Consistência			Origem	Fonte
LL (%)	LP (%)	IP (%)		
10,00	15,00	5,00	Brasil	Oliveira et al. (2019)



-	-	Non-plastic	Brasil	Oliveira et al. (2019)
25,00	18,75	6,25	Turquia	Yusek et al. (2022)
-	-	Non-plastic	China	Hu et al. (2017)
28,00	19,00	9,00	China	Hu et al. (2017)
-	-	Non-plastic	Brasil	Consoli et al. (2022)

Os rejeitos de minério de ferro geralmente apresentam baixa ou nenhuma consistência (comportamento não plástico), pois são compostos por partículas mais grosseiras. Contudo, dependendo do beneficiamento, a moagem pode gerar partículas finas (tamanho argila), que retêm água e conferem consistência ao material (Aldaoood, 2020).

3.4 Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica está associada a diversos desafios na prática da engenharia (por exemplo, drenagem superficial, rebaixamento do lençol freático, cálculo de fluxo, análise de recalque e estabilidade de taludes) e, portanto, é extremamente importante para a caracterização de um material (Lambe e Whitman, 1979). Essa propriedade representa a capacidade de um material permitir o fluxo de água através de seus vazios e é determinada pelo parâmetro da condutividade hidráulica (k).

Em relação aos solos naturais, a sua condutividade hidráulica apresenta grande variabilidade, abrangendo cerca de oito ordens de grandeza, sendo difícil de generalizar (Fernandes, 2016). Sua magnitude depende de fatores como granulometria, índice de vazios, temperatura, estrutura, composição mineralógica, grau de saturação e estratificação.

Os rejeitos de mineração apresentam variações nos coeficientes de condutividade hidráulica na faixa de 10^{-4} m/s (para materiais arenosos grosseiros) a 10^{-10} m/s (para lamas bem consolidadas com alta plasticidade). O aumento do teor de finos, da plasticidade e da profundidade do depósito reduz gradualmente o coeficiente de condutividade hidráulica (Oboni and Oboni, 2020). A Tabela 3 apresenta a variação dessa propriedade de acordo com as características do material.

Tabela 3. Condutividade hidráulica de rejeitos de mineração de ferro (Adaptado de Oboni and Oboni, 2020).

Característica	Condutividade hidráulica (m/s)
Grosso, arenoso, limpo, com menos de 15% de finos	10^{-4} a 10^{-5}
Arenoso, próximo aos pontos de descarte, com mais de 30% de finos	10^{-5} a 5×10^{-6}
Baixa plasticidade ou não plástico	10^{-7} a 5×10^{-9}
Alta plasticidade	10^{-6} a 10^{-10}

A condutividade hidráulica dos rejeitos varia amplamente, refletindo sua complexidade e heterogeneidade, o que exige caracterização específica de cada depósito. Fatores como teor de finos, plasticidade e profundidade reforçam a necessidade de considerar as condições locais, especialmente em barragens, onde o controle do fluxo de água é crucial. O conhecimento preciso dessa propriedade também apoia a modelagem de fluxos e a definição de medidas de mitigação ambiental.

3.5 Compressibilidade

A compressibilidade de um material está relacionada à redução de seu volume sob a aplicação de carga, ocorrendo por compactação (eliminação de ar dos vazios) ou adensamento (drenagem de água). Os rejeitos geralmente apresentam compressibilidade maior que solos naturais com características semelhantes, devido à baixa densidade e à alta angularidade dos grãos resultantes do método de disposição (Vick, 1999).

A interpretação da curva de adensamento de rejeitos de mineração apresenta considerável dificuldade, pois os trechos de recompressão e adensamento virgem do material não apresentam uma distinção clara, como ocorre no caso das argilas (Bedin and Schnaid, 2010). Os parâmetros de compressibilidade de rejeitos variam conforme o tipo de material: cc de 0,05–0,1 para materiais arenosos e 0,20–0,6 para finos; cv de 5×10^{-1} a 10^{-2} cm²/s para arenosos e 10^{-2} a 10^{-7} cm²/s para finos. Rejeitos com alto teor de finos e umidade passam por sedimentação e adensamento, causando grandes deformações. Assim, conhecer as leis de compressibilidade e permeabilidade é essencial para soluções geotécnicas (Oboni and Oboni, 2020).



3.6 Resistência ao cisalhamento

A maior parcela da resistência ao cisalhamento de um solo é consequência do atrito entre as partículas do material, representado pelo ângulo de atrito. Esse ângulo é dependente da força normal aplicada e consiste no ângulo máximo que a componente tangencial pode exercer, sem que ocorra deslizamento (Pinto, 2006).

Além da resistência gerada em função do atrito entre as partículas, alguns solos apresentam um componente de resistência devido à coesão (ou seja, resistência independente das tensões normais aplicadas, gerada apenas pela atração química entre as partículas) (Rubinos et al., 2015). Em níveis de tensão similares, os rejeitos de mineração tendem a apresentar ângulos de atrito efetivo maiores do que os solos naturais. Os valores típicos do ângulo de atrito de rejeitos de mineração estão na faixa de 30 a 40 graus, sendo o nível de tensão o fator que mais afeta esse parâmetro (Oboni and Oboni, 2020).

4 REUTILIZAÇÃO DO REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO

Os rejeitos de minério de ferro, caracterizados pelo alto teor de sílica, óxidos de ferro e fases minoritárias, apresentam diversas possibilidades de reaproveitamento descritas na literatura (Tabela 4). Entretanto, apesar das propostas recentes, a aplicação em escala industrial e comercial ainda é pouco expressiva, em razão de barreiras tecnológicas e de mercado.

Tabela 4. Possíveis reutilizações de rejeitos de mineração de ferro.

Utilização	Fonte
Argamassa e concreto	Almada et al. (2022)
Materiais alcalino-ativados	Servi et al. (2022); Wong e Tam (1977)
Cerâmicas	Silva et al. (2014)
Pigmentos	Fontes et al. (2018); Galvão et al. (2018)
Silicatos	Halász et al. (2005)
Nanopartículas	Giri et al. (2011)
Catálise	Consoli et al. (2018)
Adsorção	Wong (1981 e 1985)
Baterias	Stević et al. (2016)

5 DISCUSSÃO

A análise dos dados geotécnicos disponíveis na literatura evidencia a complexidade e a variabilidade das propriedades dos rejeitos de minério de ferro, influenciadas principalmente pelos processos industriais aos quais esses materiais são submetidos. A granulometria é um dos fatores-chave que afetam as características do rejeito, influenciando diretamente propriedades importantes, como limites de consistência, compressibilidade, condutividade hidráulica e resistência ao cisalhamento.

Observa-se que rejeitos menos processados apresentam maior teor de óxidos de ferro e granulometria mais grosseira, refletindo-se em parâmetros como elevada permeabilidade e baixa plasticidade. Por outro lado, rejeitos finamente moídos tendem a apresentar maior plasticidade, compressibilidade e menor condutividade hidráulica, devido à maior proporção de partículas finas e maior capacidade de adsorção de água. Essa variabilidade demonstra a necessidade de caracterizações específicas para cada tipo de rejeito, pois as propriedades geotécnicas impactam diretamente a segurança e a eficiência no manejo e disposição desses materiais em barragens.

A compressibilidade dos rejeitos, geralmente superior à dos solos naturais com características semelhantes, está relacionada à baixa densidade inicial e à angularidade dos grãos, aspectos estes resultantes do método de disposição e do histórico de deposição. Essa característica pode implicar em grandes deformações e recalques ao longo do tempo, o que reforça a importância do monitoramento e do dimensionamento adequado das estruturas de contenção.

No que tange à resistência ao cisalhamento, os rejeitos apresentam ângulo de atrito efetivo relativamente elevado, o que sugere um bom comportamento mecânico, desde que considerados os níveis de esforço atuantes. A coesão é usualmente baixa ou nula, salvo em casos em que a plasticidade é mais acentuada, devido à maior presença de partículas finas. Isso implica que projetos de engenharia devem priorizar o entendimento da distribuição granulométrica e condições de saturação para prever adequadamente o comportamento mecânico.



Em relação às alternativas de reuso, o estudo indica que os rejeitos de minério de ferro possuem potencial para diversas aplicações em setores como construção civil, indústria cerâmica, materiais álcali-ativados e tecnologias de adsorção e catálise. No entanto, apesar das propostas promissoras, a implementação em escala industrial ainda enfrenta barreiras tecnológicas e mercadológicas, o que aponta para a necessidade de desenvolvimento de pesquisas aplicadas e incentivos para adoção comercial dessas soluções.

Assim, a caracterização geotécnica detalhada aliada à avaliação das potencialidades de reuso contribui para o manejo mais sustentável dos rejeitos de mineração. O presente estudo reforça a importância de uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos técnicos quanto as possibilidades econômicas e ambientais, visando a redução dos impactos e a maximização do valor agregado desses materiais.

6 CONCLUSÃO

O estudo analisou as propriedades geotécnicas dos rejeitos de mineração de ferro, destacando sua ampla variabilidade em função da origem, do beneficiamento e da deposição. Essa variabilidade afeta parâmetros como granulometria, densidade, condutividade hidráulica, compressibilidade e resistência ao cisalhamento. Em relação aos solos naturais, os rejeitos apresentam maior compressibilidade e ângulos de atrito mais elevados.

A compreensão dessas características é essencial para a segurança de barragens e outras formas de disposição, além de apontar potencial de reaproveitamento em setores como construção civil, cerâmica e materiais álcali-ativados, embora ainda haja limitações tecnológicas e de mercado.

Assim, a consolidação das informações oferece suporte técnico para decisões mais seguras e inovadoras, contribuindo para uma gestão de rejeitos ambiental, econômica e socialmente mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAOOD, A. Impact of fine materials on the saturated and unsaturated behavior of silty sand soil. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 11, p. 717–725, 2020.
- ALMADA, B. S.; MELO, H. da S. S.; DUARTE, M. S.; AGUILAR, M. T. P.; GARCIA, D. C. S.; SILVA, G. J. B.; SANTOS, W. J. dos. Study of mechanical, durability and microstructural properties of cementitious composite with addition of different iron ore tailings from Brazil. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 18, p. 1947–1962, 2022.
- ARMSTRONG, M.; LANGRENÉ, N.; PETTER, R.; CHEN, W.; PETTER, C. Accounting for tailings dam failures in the valuation of mining projects. *Resources Policy*, v. 63, p. 101461, 2019.
- ARAUJO, A. C.; AMARANTE, S. C.; SOUZA, C. C.; SILVA, R. R. R. Ore mineralogy and its relevance for selection of concentration methods in processing of Brazilian iron ores. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, v. 112, n. 1, p. 54–64, 2003.
- BEDIN, J.; SCHNAID, F. Estudo das Propriedades Geotécnicas de Resíduos de Mineração através de ensaios de laboratório, 2010.
- BRUNORI, C.; CREMISINI, C.; MASSANISSO, P.; PINTO, V.; TORRICELLI, L. Reuse of a treated red mud bauxite waste: studies on environmental compatibility. *Journal of Hazardous Materials*, v. 117, p. 55–63, 2005.
- BRUSCHI, G. J.; SANTOS, C. P. dos; FERRAZZO, S. T.; ARAÚJO, M. T. de; CONSOLI, N. C. Parameters controlling loss of mass and stiffness degradation of green stabilized bauxite tailings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, p. 1–21, 2021.
- CARMIGNANO, O.; VIEIRA, S.; TEIXEIRA, A. P.; LAMEIRAS, F.; BRANDÃO, P. R.; LAGO, R. Iron Ore Tailings: Characterization and Applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 32, n. 10, p. 1895–1911, 2021.



CARNEIRO, J. J. V.; MARQUES, E. A. G.; VIANA DA FONSECA, A. J. P.; FERRAZ, R. L.; OLIVEIRA, Â. H. C. Characterization of an Iron Ore Tailing Sample and the Evaluation of Its Representativeness. *Geotechnical and Geological Engineering*, v. 41, p. 2833–2852, 2023.

CONSOLI, N. C.; QUIÑÓNEZ SAMANIEGO, R. A.; GONZÁLEZ, L. E.; BITTAR, E. J.; CUISINIER, O. Impact of Severe Climate Conditions on Loss of Mass, Strength, and Stiffness of Compacted Fine-Grained Soils–Portland Cement Blends. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 30, n. 8, p. 04018174, 2018.

CONSOLI, N. C.; VOGT, J. C.; SILVA, J. P. S.; CHAVES, H. M.; SCHEUERMANN FILHO, H. C.; MOREIRA, E. B.; LOTERO, A. Behaviour of Compacted Filtered Iron Ore Tailings–Portland Cement Blends: New Brazilian Trend for Tailings Disposal by Stacking. *Applied Sciences*, v. 12, n. 2, p. 836, 2022.

ETIM, R. K.; EBEREMU, A. O.; OSINUBI, K. J. Stabilization of black cotton soil with lime and iron ore tailings admixture. *Transportation Geotechnics*, v. 10, p. 85–95, 2017.

FERNANDES, M. D. M. Mecânica dos solos - conceitos e princípios fundamentais. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

FONTES, W. C.; FONTES, G. G.; COSTA, E. C. P.; MENDES, J. C.; SILVA, G. J. B.; PEIXOTO, R. A. F. Iron ore tailings in the production of cement tiles: a value analysis on building sustainability. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 4, p. 395–412, 2018.

GALVÃO, J. L. B.; ANDRADE, H. D.; BRIGOLINI, G. J.; PEIXOTO, R. A. F.; MENDES, J. C. Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints. *Journal of Cleaner Production*, v. 200, p. 412–422, 2018.

GIRI, S. K.; DAS, N. N.; PRADHAN, G. C. Synthesis and characterization of magnetite nanoparticles using waste iron ore tailings for adsorptive removal of dyes from aqueous solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 389, n. 1–3, p. 43–49, 2011.

GOMES, R. B.; DE TOMI, G.; ASSIS, P. S. Iron ore tailings dry stacking in Pau Branco mine, Brazil. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 5, n. 4, p. 339–344, 2016.

GORE, M. S.; GILBERT, R. B.; MCMILLAN, I.; PARKS, S. L. I. Geotechnical Characterization of Compacted Bauxite Residue for Use in Levees. In: *Geo-Chicago 2016*, p. 299–310, 2016.

HALÁSZ, J.; HODOS, M.; HANNUS, I.; TASI, G.; KIRICSI, I. Catalytic detoxification of C2-chlorohydrocarbons over iron-containing oxide and zeolite catalysts. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 265, n. 1–3, p. 171–177, 2005.

HU, L.; WU, H.; ZHANG, L.; ZHANG, P.; WEN, Q. Geotechnical Properties of Mine Tailings. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 29, n. 2, p. 04016220, 2017.

LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. *Soil Mechanics, SI Version*. New York: John Wiley & Sons, 1979.

LEVANDOSKI, W. M. K.; FERRAZZO, S. T.; BRUSCHI, G. J.; CONSOLI, N. C.; KORF, E. P. Mechanical and microstructural properties of iron mining tailings stabilized with alkali-activated binder produced from agro-industrial wastes. *Scientific Reports*, v. 13, p. 15754, 2023.

LU, L. Iron Ore: Mineralogy, Processing and Environmental Sustainability, 2021.

MORRIS, R. C. Genesis of Iron Ore in Banded Iron-Formation by Supergene and Supergene-Metamorphic Processes—A Conceptual Model. In: *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits*, 1985.



NATH, H.; SAHOO, P.; SAHOO, A. Characterization of Red Mud treated under high temperature fluidization. *Powder Technology*, v. 269, p. 233–239, 2015.

OBONI, F.; OBONI, C. *Tailings Dam Management for the Twenty-First Century*. Cham: Springer International Publishing, 2020.

OLIVEIRA, T. M. de; GENEROSO, F. J.; SILVA, T. O. da; SANT'ANNA, G. L.; SILVA, C. H. de C.; PITANGA, H. N. Geomechanical properties of mixtures of iron ore tailings improved with Portland cement. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 41, n. 1, p. 38038, 2019.

PEREIRA DOS SANTOS, C.; BRUSCHI, G. J.; MATTOS, J. R. G.; CONSOLI, N. C. Stabilization of gold mining tailings with alkali-activated carbide lime and sugarcane bagasse ash. *Transportation Geotechnics*, v. 32, p. 100704, 2022.

PINTO, C. de S. *Curso básico de mecânica dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RUBINOS, D.; SPAGNOLI, G.; BARRAL, M. T. Assessment of bauxite refining residue (red mud) as a liner for waste disposal facilities. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 433 452, 2015.

SCHNAID, F.; NIERWINSKI, H. P.; BEDIN, J.; ODEBRECHT, E. On the characterization and classification of bauxite tailings. *Soils and Rocks*, v. 38, n. 3, p. 277–284, 2015.

SERVI, S.; LOTERO, A.; SILVA, J. P. S.; BASTOS, C.; CONSOLI, N. C. Mechanical response of filtered and compacted iron ore tailings with different cementing agents: Focus on tailings-binder mixtures disposal by stacking. *Construction and Building Materials*, v. 349, p. 128770, 2022.

SILVA, F. L.; ARAÚJO, F. G. S.; TEIXEIRA, M. P.; GOMES, R. C.; KRÜGER, F. L. von. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic. *Ceramics International*, v. 40, n. 10, p. 16085–16089, 2014.

SOUZA VILLAR, L. F.; CAMPOS, T. M. P.; AZEVEDO, R. F.; ZORNBERG, J. G. Influence of laboratory techniques on the geotechnical characterization of mining and industrial wastes. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, p. 186–189, 2009.

STEVIĆ, D.; MIHAJLOVIĆ, D.; KUKOBAT, R.; HATTORI, Y.; SAGISAKA, K.; KANEKO, K.; ATLAGIĆ, S. G. Hematite Core Nanoparticles with Carbon Shell: Potential for Environmentally Friendly Production from Iron Mining Sludge. *Journal of Materials Engineering and Performance*, v. 25, n. 8, p. 3121–3127, 2016.

VICK, S. G. *Design, and Analysis of Tailings Dams*, 1999.

WONG, M. H. Environmental impacts of iron ore tailings-The case of Tolo Harbour, Hong Kong. *Environmental Management*, v. 5, n. 2, p. 135–145, 1981.

WONG, M. H. Toxic effects of iron ore tailings and the response of watercress from tailings at high concentrations of Fe, Zn and Mn. *Environmental Pollution. Series A, Ecological and Biological*, v. 38, n. 2, p. 129–140, 1985.

WONG, M. H.; TAM, F. Y. Soil and vegetation contamination by iron-ore tailings. *Environmental Pollution* (1970), v. 14, n. 4, p. 241–254, 1977.

YÜKSEK, S. *Electroosmotic Dewatering of Iron Ore Tailings: A Laboratory Study to Improve Geotechnical Properties*. *Advances in Civil Engineering*, v. 2022, p. 1–12, 2022.