

ANÁLISE DE SIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL DE VARIÁVEIS GRANULOMÉTRICAS DE UM REJEITO FILTRADO DE MINÉRIO DE FERRO

Vagner Cabral de Santana¹, Estephany Duarte de Oliveira², Carina Maia Lins Costa³,
Andressa Nunes Siroky³, Weber Anselmo dos Ramos Souza⁴

¹Discente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, Brasil
(vgt.santanna@gmail.com)

²Discente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, Brasil

³Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, Brasil

⁴Discente da Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, Canadá

Resumo: A disposição de rejeitos de minério de ferro em pilhas exige um controle de qualidade rigoroso, especialmente da granulometria do rejeito. Métodos de controle alinhados à distribuição estatística de cada variável são necessários. Neste trabalho, foi avaliado o impacto de transformações de escala na simetria de diferentes parâmetros granulométricos mediante coeficiente de assimetria e curvas KDE. Os resultados, em sua maioria, indicaram que a escala original gerou maior simetria dos dados.

Palavras-chave: Rejeito de ferro; Granulometria; Transformação de escala; Simetria; Controle de qualidade.

INTRODUÇÃO

A mineração de minério de ferro constitui um pilar estratégico para a economia nacional, operando em larga escala para suprir a demanda industrial global (Andrade, 2018). Contudo, essa magnitude produtiva resulta na geração de volumes expressivos de subprodutos que exigem um gerenciamento rigoroso para garantir a sustentabilidade das operações (Consoli et al., 2025). Esse cenário é agravado pelo histórico de falhas catastróficas associadas ao método tradicional de disposição em barragens, com trágico destaque para os rompimentos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019) ocorridos em Minas Gerais. Tais eventos motivaram uma mudança de paradigma na engenharia de rejeitos e a busca por alternativas de maior segurança (Rodrigues, 2017).

Nesse contexto, o empilhamento a seco consolidou-se como a principal tecnologia substitutiva, embora sua aplicação em escala industrial no Brasil seja considerada uma solução recente e em fase de maturação normativa (Pereira, 2024). Esta tecnologia fundamenta-se no processo de filtração, uma operação mecânica de separação sólido-líquido que utiliza filtros de pressão ou vácuo para remover o excesso de água do rejeito em estado de polpa. Este procedimento transforma o material de um estado fluido para uma consistência sólida úmida, denominada rejeito filtrado (Rodrigues, 2025). O material resultante permite o empilhamento em camadas controladas, eliminando os riscos associados ao armazenamento de grandes

volumes de polpa e água livre em reservatórios, uma vez que o material permanece em estado não saturado e com maior estabilidade geomecânica (Moreira, 2024).

A viabilidade e a segurança dessas estruturas dependem fundamentalmente da implementação de um controle de qualidade (CQ) rigoroso e contínuo, assemelhando-se aos protocolos de execução de aterros estruturais e barragens de terra compactada (Vasconcelos, 2021). O CQ atua como a garantia de que as propriedades do material previstas nos projetos de engenharia, como densidade e resistência, sejam atingidas. Assim, a precisão do monitoramento estatístico torna-se um requisito de segurança fundamental para evitar instabilidades no empilhamento dos rejeitos filtrados (Bruschi et al., 2025).

Dentro do espectro de ensaios de controle, a distribuição granulométrica assume um papel de grande importância para a caracterização do rejeito (Santos et al., 2020). A granulometria influencia o comportamento mecânico e hidráulico do material, afetando diretamente parâmetros como a permeabilidade, a compressibilidade e a resistência ao cisalhamento (Araújo, 2006). Além disso, a proporção entre grãos finos e grossos dita a condutividade hidráulica da pilha, fator crítico para a drenagem interna da estrutura (Oliveira et al., 2025). Contudo, as propriedades do rejeito filtrado oscilam conforme as variações intrínsecas do processo de beneficiamento



industrial. Essa heterogeneidade resulta em dados de material granular que frequentemente apresentam distribuições com assimetria na escala aritmética tradicional (Marconi e Abrahão, 1975).

O uso de estatística convencional em bases de dados inerentemente assimétricas tende a mascarar a real estrutura das caudas da distribuição, comprimindo os diâmetros e ocultando dispersões que podem ser críticas para a segurança geotécnica. Surge, então, a necessidade de avaliar transformações de escala que permitam a estabilização da variância e redução das distorções estatísticas que comprometem o rigor do controle operacional (Rodrigues, 1979).

Diante desse cenário, este trabalho tem por objetivo realizar uma análise estatística da distribuição amostral granulométrica de um rejeito filtrado de minério de ferro. O foco central do estudo consiste em analisar o efeito de técnicas de transformação de escala sobre a assimetria de variáveis granulométricas. Para tanto, utilizou-se como base de dados o monitoramento operacional de Eloi et al. (2024). Diferentes transformações de escala foram consideradas e analisadas segundo critérios estatísticos. Essa avaliação contribui para a adoção de métodos estatísticos com o rigor técnico necessário para as decisões de segurança associadas ao controle de qualidade na disposição de rejeitos filtrados de mineração.

MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados utilizada neste trabalho foi obtida por meio de um levantamento bibliográfico em bases indexadoras. Selecionou-se o estudo de Eloi et al. (2024) como fonte primária, devido à disponibilidade de registros granulométricos detalhados que possibilitaram o processamento estatístico proposto.

O conjunto de dados refere-se ao monitoramento operacional de uma planta de filtração de rejeitos de ferro no Brasil, realizado ao longo de um ciclo contínuo de 24 horas no ano de 2024. A amostragem totalizou 25 ensaios, cujas distribuições granulométricas foram aferidas via técnica de difração a laser. Embora a investigação de origem apresente uma caracterização abrangente, contemplando teores de ferro, umidade, controles de compactação em campo, índices de vazios e ensaios de piezocone, esta pesquisa delimita sua análise estritamente às curvas granulométricas obtidas no estágio imediatamente posterior à filtragem. Tal recorte justifica-se pelo objetivo de avaliar o material que comporá as camadas da pilha compactada, garantindo o rigor estatístico necessário para a definição de parâmetros de controle.

Visto que o estudo de referência não disponibilizou as representações gráficas das curvas granulométricas, a fase inicial do tratamento de dados envolveu a extração dos valores de porcentagem retida simples

reportados para cada faixa de diâmetro. Estes dados primários foram organizados e processados para o cálculo da porcentagem retida acumulada e, subsequentemente, da porcentagem passante acumulada, permitindo a reconstituição das curvas de distribuição granulométrica para as 25 amostras analisadas. Com isso, tornou-se possível a obtenção dos indicadores numéricos que caracterizam o comportamento do material.

Os diferentes parâmetros granulométricos considerados na análise de simetria foram: valores específicos de diâmetro das partículas, coeficiente de não uniformidade (CNU) e a porcentagem de finos do rejeito, descritos em detalhes a seguir.

Com base nas curvas granulométricas, foram obtidos os diâmetros D10, D30, D50 e D60. Estes índices definem o diâmetro das partículas para o qual uma porcentagem específica da massa total da amostra é composta por grãos de menor dimensão. O valor de D30, por exemplo, indica que 30% da massa da amostra é constituída por partículas com dimensões inferiores a esse valor nominal.

Após a determinação dos diâmetros D10 a D60, os valores dos coeficientes de não uniformidade foram obtidos para todas as curvas granulométricas. O CNU corresponde a um parâmetro tradicionalmente utilizado na geotecnia para avaliar a graduação do material, indicando a amplitude da distribuição dos tamanhos das partículas. Os valores de CNU foram obtidos conforme a Equação 1:

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

Onde D60 e D10 representam o diâmetro das partículas para o qual 60% e 10%, respectivamente, da massa total da amostra é composta por grãos de menor dimensão.

Para obtenção da porcentagem de finos, extraiu-se das curvas granulométricas a porcentagem passante acumulada correspondente ao diâmetro de 0,075 mm, seguindo as recomendações do Bulletin 181 da International Commission on Large Dams (ICOLD, 2021).

A etapa final do tratamento de dados envolveu a aplicação de transformações matemáticas para converter os parâmetros granulométricos da escala aritmética para um espaço transformado. Este procedimento é importante na análise de rejeitos de mineração, onde a variabilidade dos processos de beneficiamento pode gerar distribuições com assimetria acentuada.

Transformações logarítmicas são amplamente utilizadas na análise de variáveis granulométricas positivas. Dessa forma, para os diâmetros específicos e para o coeficiente de não uniformidade, adotou-se a

transformação de logaritmo natural, conforme Equações 2 e 3:

$$y_i = \ln(D_i), \quad i \in \{10, 30, 50, 60\} \quad (2)$$

$$y_{CNU} = \ln(CNU) \quad (3)$$

Onde y_i e y_{CNU} representam, respectivamente, os diâmetros e o coeficiente de não uniformidade em escala transformada.

No caso da fração de finos, por se tratar de uma variável limitada ao intervalo de 0% a 100%, aplicou-se a transformação logit, definida pela Equação 4:

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad (4)$$

Onde a quantidade de finos (p) foi inicialmente convertida, conforme Equação 5:

$$p = \left(\frac{\text{percentual de finos}}{100}\right) \quad (5)$$

A função logit é amplamente utilizada na análise de variáveis proporcionais, pois expande extremidades da distribuição e comprime a região central, podendo contribuir para a redução da assimetria observada em teores de finos em rejeitos industriais.

Este refinamento da base de dados contribuiu para a aplicação de métodos estatísticos paramétricos e para a definição de limites de controle operacionais mais robustos e confiáveis para o monitoramento de pilhas de rejeito.

Para quantificar o grau de distorção das distribuições granulométricas em relação à simetria ideal, empregou-se o coeficiente de assimetria de Pearson (A_s). Essa métrica permite avaliar a direção e a magnitude do afastamento entre as medidas de tendência central, sendo calculada pela Equação 6:

$$A_s = \frac{3(\bar{x} - M_d)}{s} \quad (6)$$

Onde $\bar{x}$ representa a média aritmética, M_d a mediana e s o desvio padrão da amostra.

A interpretação dos resultados seguiu os critérios estatísticos clássicos. Valores de A_s próximos a zero indicam distribuições simétricas, coeficientes positivos apontam para uma assimetria à direita e coeficientes negativos indicam assimetria à esquerda. Além disso, também foram utilizados os critérios de Bulmer (1979), que classificam distribuições com valores de $|A_s| \leq 0,5$ como aproximadamente simétricas; valores entre 0,5 e 1,0 como indicativo de assimetria moderada; e valores superiores a 1,0 como característico de assimetria acentuada.

A análise de assimetria foi aplicada tanto aos dados em escala original quanto aos valores transformados, servindo como parâmetro de avaliação para a normalização da base de dados. Complementarmente,

realizou-se a inspeção visual das distribuições por meio de histogramas sobrepostos por curvas de densidade Kernel Density Estimation (KDE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição granulométrica média obtida após o tratamento dos dados para o rejeito filtrado de ferro.

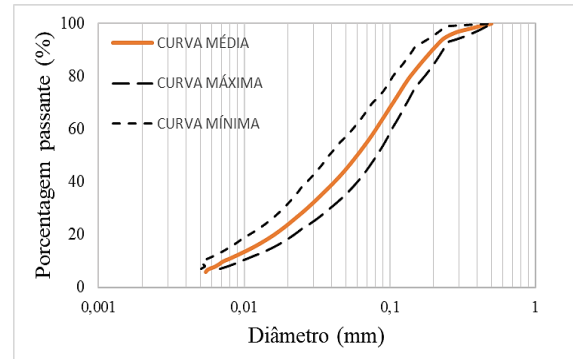


Figura 1. Variação granulométrica do rejeito filtrado.

A análise visual indica que o material possui uma natureza com predominância das frações granulométricas de areia e silte segundo os critérios da ABNT 6502 (2022), apresentando um elevado percentual de partículas finas. Essa fração de finos, composta por partículas com diâmetro inferior a 0,075 mm segundo a ICOLD (2021), representa em média 57,8% da massa total do rejeito. O intervalo de variação, delimitado pelas curvas máxima e mínima, demonstra uma oscilação granulométrica decorrente das etapas de beneficiamento físico e químico do minério.

A Tabela 1 sumariza os indicadores de tendência central e dispersão, cujas inter-relações permitem o cálculo do coeficiente de assimetria de Pearson e a análise da morfologia das distribuições.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis na escala original.

Variável	Média ($\bar{x}$)	Mediana (M_d)	Desvio padrão (s)
D10 (mm)	0,0072	0,0075	0,0012
D30 (mm)	0,0272	0,0281	0,0058
D50 (mm)	0,0602	0,0642	0,0131
D60 (mm)	0,0813	0,0853	0,0153
CNU	11,2283	11,1547	0,7042
Finos (%)	57,7480	55,4000	7,0108

A análise dos dados na escala original (Tabela 1) revela que a distribuição de massa é marcada por um desbalanceamento sistemático entre as medidas de tendência central. Para os diâmetros, observa-se que a média aritmética e a mediana não coincidem,

evidenciando uma forma da distribuição que se afasta da simetria teórica. Esse comportamento é característico de materiais de mineração, onde a predominância de frações finas impõe uma cauda alongada à distribuição, deslocando a média em relação ao centro de massa da amostra.

Adicionalmente, nota-se que o CNU e o percentual de finos também apresentam disparidades entre média e mediana, reforçando a configuração assimétrica do material. Na escala original, esse distanciamento entre as medidas de centralidade resulta em desvios padrão que refletem a dispersão natural dos diâmetros. Essa disposição dos dados pode dificultar o controle de qualidade por métodos tradicionais, justificando a necessidade de exploração em espaços transformados.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva após a aplicação das transformações indicadas nas Equações 2, 3 e 4, permitindo uma análise da simetria sob uma nova perspectiva geométrica.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis na escala transformada.

Variável	Média ($\bar{x}$)	Mediana (M_d)	Desvio padrão (s)
Ln(D10)	-4,9442	-4,8979	0,1709
Ln(D30)	-3,6266	-3,5732	0,2184
Ln(D50)	-2,8340	-2,7463	0,2302
Ln(D60)	-2,5272	-2,4621	0,1965
Ln(CNU)	2,4166	2,4119	0,0620
Logit(Finos)	0,1388	0,0942	0,1274

A análise comparativa revela que o tratamento estatístico atuou de forma distinta. Para o coeficiente de não uniformidade e para o percentual de finos, as transformações promoveram uma maior aproximação entre média e mediana, resultando no equilíbrio entre as caudas da distribuição. Esse processo minimizou a assimetria positiva original e sugeriu a estabilização da variância, tornando a dispersão dos dados mais uniforme e independente da sua magnitude.

Nestes parâmetros, a redução do distanciamento entre as medidas de centralidade sugere que a média utilizada no monitoramento reflita com maior precisão o ponto de equilíbrio real do rejeito, tornando os limites de aceitação operacional mais confiáveis.

Por outro lado, para os valores de diâmetros, observa-se que a aplicação do logaritmo natural resultou no aumento da assimetria. Esse fenômeno indica que a morfologia da distribuição desses parâmetros não se ajusta ao modelo log-normal, uma vez que a transformação provocou um deslocamento dos valores, o que dificultou o equilíbrio das caudas, ressaltando o desbalanceamento em um material que

já apresenta forte concentração natural de partículas finas.

Esse resultado sugere que o rigor do monitoramento operacional deve ser baseado em um modelo híbrido: o espaço transformado é tecnicamente superior para o controle do CNU, enquanto a escala original preserva melhor a simetria necessária para a aceitação de camadas com base em diâmetros característicos.

Para consolidar a análise da morfologia das distribuições, a Tabela 3 apresenta os valores calculados para o coeficiente de assimetria de Pearson em ambas as escalas operacionais.

Tabela 3. Coeficientes de assimetria de Pearson.

Variável	Escala normal	Escala transformada
D10	-0,5904	-0,8117
D30	-0,4382	-0,7336
D50	-0,9002	-1,1429
D60	-0,7775	-1,0006
CNU	0,3135	0,2281
Finos	1,0047	1,0494

Os resultados indicados na Tabela 3 mostram que a transformação de escala teve um impacto seletivo e majoritariamente desfavorável à simetria. O coeficiente de não uniformidade foi o único parâmetro a apresentar uma melhoria na simetria após a transformação logarítmica, mantendo-se na categoria de aproximadamente simétrico, porém com uma redução em sua magnitude absoluta. Este resultado isolado indica que, para o CNU, a transformação foi eficaz em promover o equilíbrio entre as caudas e permitir a estabilização da variância.

Em contrapartida, para todos os demais parâmetros avaliados, as transformações provocaram uma redução na simetria. Para o teor de finos, a transformação indicada pela Equação 4 foi insuficiente para mitigar a assimetria acentuada original. O D10 permaneceu na faixa de assimetria moderada, o D30 migrou de aproximadamente simétrico para assimetria moderada, e os diâmetros D50 e D60 sofreram o maior deslocamento, atingindo níveis de assimetria acentuada.

Esse comportamento indica que, para os diâmetros e finos, a estrutura matemática das transformações deu um peso desproporcional às partículas menores. Ao tentar ajustar a geometria dos dados, as funções acabaram distorcendo as distribuições e afastando a média da mediana.

A Figura 2 apresenta os histogramas de frequência para os diâmetros específicos (Figuras 2a a 2d), para o coeficiente de não uniformidade (Figura 2e) e para o percentual de finos (Figura 2f), todos sobrepostos por

suas curvas de densidade KDE na escala aritmética original.

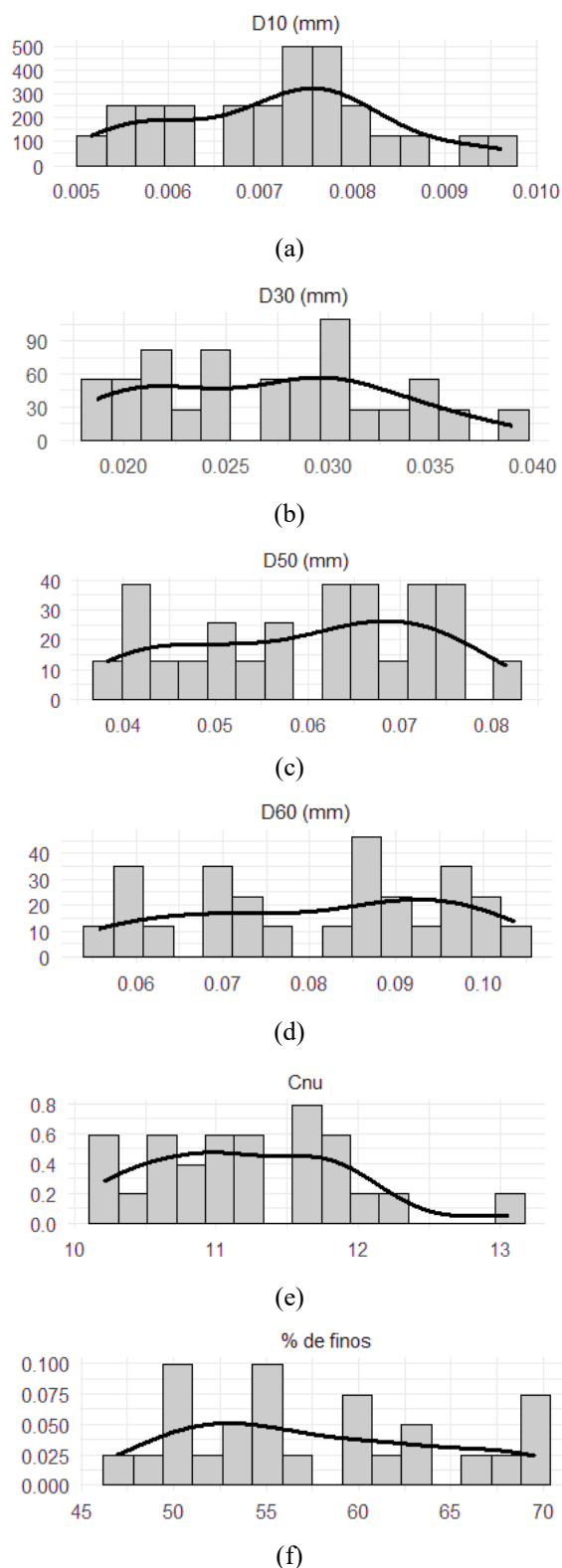


Figura 2. Histogramas sobrepostos pela curva KDE para as variáveis na escala original.

A análise visual conjunta desses parâmetros permite diagnosticar o estado inicial de simetria desse material, correlacionando-se diretamente com o desbalanceamento sistemático observado na Tabela 1.

Nota-se que as curvas KDE para os diâmetros D10 e D30 (Figuras 2a e 2b) apresentam maior concentração de frequências em valores reduzidos, com leve tendência de assimetria à esquerda, evidenciando a predominância da fração fina do rejeito.

Por outro lado, o D50, por representar o diâmetro mediano, atua como um indicador visual do desalinhamento das medidas de tendência central. O seu deslocamento em relação ao ápice da curva demonstra que o centro de massa estatístico não coincide com o valor mais frequente. O D60 complementa essa percepção ao evidenciar o espalhamento da distribuição em direção às frações ligeiramente mais grossas; sua curva revela uma dispersão maior na escala aritmética, o que amplia a extensão da cauda e reforça o desequilíbrio morfológico da amostra.

Simultaneamente, os histogramas do CNU e do teor de finos revelam uma configuração oposta, com caudas alongadas para a direita. Especialmente para os finos, a concentração de observações em patamares elevados gera uma morfologia onde a média é deslocada para longe do ponto de equilíbrio mediano. Este diagnóstico visual confirma que, na escala original, os dados operam sob uma assimetria que afasta as medidas de centralidade.

A Figura 3 apresenta os histogramas e as curvas KDE obtidos após a aplicação das transformações de escala para os diâmetros específicos (Figura 3a a 3d), para CNU (Figura 3e) e para o percentual de finos (Figura 3f).

O comportamento observado confirma o diagnóstico quantitativo da Tabela 3: o tratamento estatístico teve um impacto seletivo. As Figuras 3a a 3d indicam que não foi possível promover a simetria para os diâmetros com a transformação de escala. Observa-se que, no espaço transformado, as curvas para D50 e D60 apresentam um deslocamento para a direita, resultando em caudas esquerdas alongadas. Esse fenômeno confirma que a função logarítmica deu um peso desproporcional às partículas menores do rejeito filtrado, tornando mais perceptível a assimetria negativa que já havia sido detectada na escala normal.

Em contraste, a Figura 3e revela que o CNU foi o único parâmetro a apresentar uma configuração de simetria central um pouco mais nítida. A curva KDE para a escala transformada exibe uma morfologia mais próxima da simetria teórica, indicando que, para este índice, o espaço logarítmico foi eficaz em alinhar a média ao ponto de equilíbrio mediano.

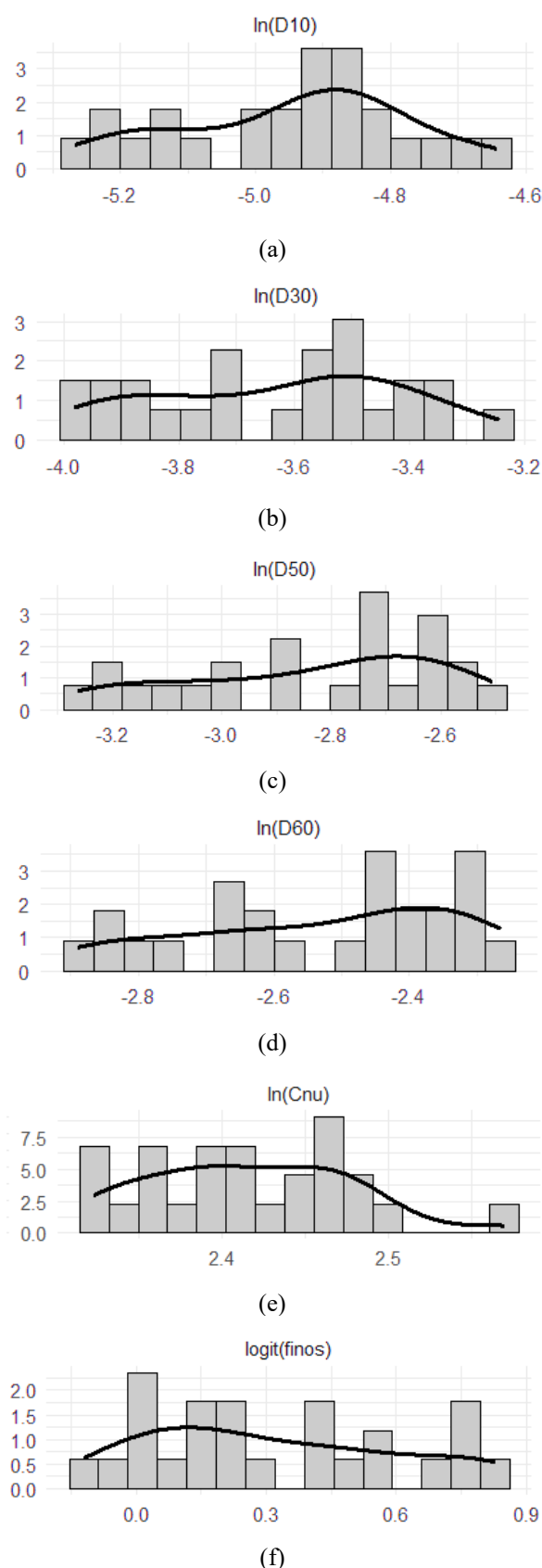


Figura 3. Histogramas sobrepostos pela curva KDE para as variáveis na escala transformada.

No caso do teor de finos (Figura 3f), a transformação não foi capaz de reverter a configuração de assimetria acentuada original. A curva permanece deslocada, evidenciando que a morfologia dos dados deste rejeito de ferro resiste ao balanceamento por meio de transformações monotônicas convencionais.

Portanto, o diagnóstico visual da Figura 3 ratifica a avaliação de que a mudança de escala não deve ser adotada de forma generalizada. Enquanto a transformação é validada visualmente apenas para o CNU, para os demais parâmetros ela atua de forma a degradar a simetria central, reforçando a recomendação de que o monitoramento operacional de diâmetros e finos deve ser mantido na escala aritmética.

CONCLUSÃO

A presente investigação permitiu avaliar o impacto das transformações de escala sobre a simetria dos parâmetros granulométricos de rejeitos filtrados de minério de ferro, fundamentando-se na tentativa de equilíbrio entre as medidas de tendência central e na estabilização da variância.

Os resultados revelam que a eficácia da readequação geométrica foi estritamente seletiva, uma vez que o coeficiente de não uniformidade foi o único parâmetro beneficiado pela transposição logarítmica. Para este índice, observou-se uma melhoria no equilíbrio entre as caudas, permitindo que a distribuição se enquadrasse na categoria de aproximadamente simétrica segundo os critérios de Bulmer (1979). Em contrapartida, para os diâmetros específicos e para o teor de finos, a aplicação das funções matemáticas resultou na degradação da simetria central, provocando um deslocamento da média em relação à mediana e elevando a assimetria para níveis moderados ou acentuados.

Esse resultado decorre do peso desproporcional conferido às partículas menores deste material granular pelas funções utilizadas. Ao tentar ajustar a geometria dos dados, as transformações acabaram por alterar a morfologia das frequências, afastando a média do ponto de equilíbrio mediano e introduzindo distorções que prejudicam a percepção do centro de massa estatístico.

Dessa forma, conclui-se que a estabilização da variância pretendida só se justifica tecnicamente para o CNU. Para o monitoramento operacional de aceitação de propriedades granulométricas do rejeito, a escala aritmética convencional permanece como a referência mais adequada, pois preserva a simetria necessária para que a média represente de forma mais apropriada o comportamento predominante da massa de rejeitos, evitando distorções matemáticas que poderiam comprometer o rigor das decisões de engenharia.



REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W. F. Beneficiamento de minério de ferro: A importância da caracterização tecnológica na definição de rota de processo. Fundação Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Conselheiro Lafaiete, 2018.
- ARAÚJO, C. B. Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: solos e rochas: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- BRUSCHI, G. J.; SANTOS, C. P.; KHAJEH, A.; MARTINATTO, C. S.; SCHULZ, L. R.; SILVA, J. P. S.; CONSOLI, N. C. Hydromechanical Behavior of Cement-Stabilized Iron Ore Tailings. *Geotechnical and Geological Engineering*, v. 43, p. 1-18, 2025.
- BULMER, M. G. Principles of statistics. New York: Dover Publications, 1979.
- CONSOLI, N. C.; JASKULSKI, F. M.; PEDROTTI FRACARO, T.; BRUSCHI, G. J.; FERRAZZO, S. T.; TONINI DE ARAÚJO, M.; LOTERO CAICEDO, A. M.; DE SOUSA SILVA, J. P. Performance and Microstructural Evolution of One-Part Alkali-Activated Cement in Tailings Stabilization. *Minerals*, v. 15, n. 7, p. 745, 2025.
- ELOI, D.; SILVA, R.; PAGANIN, M.; CEDRO, L.; CHANNAKIAN, G.; BONUCCI, F.; LEITE, M.; SANTOS, A. Geotechnical controls for piles of filtered iron ore tailings. *Proceedings of Tailings and Mine Waste 2024*, p. 441-452, 2024.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (ICOLD). Tailings Dam Safety. Bulletin 181. Paris: ICOLD, 2021.
- MARCONI, A.; ABRAHÃO, I. O. Granulometria de praias do município de Ubatuba, SP. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 32, p. 541-550, 1975.
- MOREIRA, M. F. Comportamento hidromecânico de rejeito filtrado de minério de ferro. Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2024.
- OLIVEIRA, S. C.; DELGADO, B. G.; PAES, I. T.; VIANA DA FONSECA, A.; PEREIRA, E. L.; PAES, B. S. T. Influence of Stress State on the Expected Behavior of Filtered Iron Ore Tailings for Compacted Stacking Disposal. *Geotechnical Testing Journal*, v. 48, n. 2, p. 166-189, 2025.
- PEREIRA, L. M. M. Estudo de propriedades geotécnicas de um rejeito de minério de ferro filtrado compactado para empilhamento a seco. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, São Paulo, 2024.
- RODRIGUES, A. B. Riscos da disposição de rejeitos da mineração e técnicas alternativas de disposição. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas, Ouro Preto, 2017.
- RODRIGUES, E. M. Granulometria e mineralogia de latossolo roxo do município de Piracicaba - SP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.
- RODRIGUES, M. F. Comportamento geotécnico de rejeito filtrado de minério de ouro de uma pilha em Minas Gerais. COPPE - UFRJ, Rio de Janeiro, 2025.
- SANTOS, E. A. P.; TELLES, A. C. M.; BECKER, L. B.; BARBOSA, M. C. Análise da Influência da Granulometria na Condutividade Hidráulica de um Rejeito de Minério de Ferro. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2020, Campinas. p. 5900-5908, 2020.
- VASCONCELOS, G. C. Construção de aterros compactados com rejeito de mineração filtrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.