

COMPARAÇÃO DE COMPORTAMENTO DE ADERÊNCIA DE MINÉRIO DE FERRO DO TIPO PELLET FEED EM ACRÍLICO E AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO 316

Palavras-Chave: ADERÊNCIA, STICKING TEST, MINÉRIO DE FERRO, RUGOSIDADE, UMIDADE

Autores:

Leonardo Henriques dos Santos, Engenharia Química, Unisanta
Luís Henrique Fernandes de Albuquerque, Engenharia Química, Unisanta
Gabriel Alcalá Tabata, PPGEMEC, Unisanta
João Batista Cyrino Florence, PPGEMEC, Unisanta
Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior, PPGEMEC, Unisanta
Prof. Dr. Vitor da Silva Rosa (coorientador), PPGEMEC, Unisanta
Prof. Dr. Felipe Bertelli (orientador), PPGEMEC - Unisanta, PPGICTMAR - Unifesp

INTRODUÇÃO:

A aderência de minério de ferro nas paredes de vagões utilizados para o transporte ferroviário representa um desafio significativo para as empresas mineradoras. Uma vez aderidos, os minérios impõem paradas de manutenção para remoção antes de novos carregamentos, além da possibilidade de entupimentos nos sistemas de drenagem. Essa adesão depende de algumas características, como o tipo de aço e rugosidade das chapas internas, além das forças como de van der Waals, eletrostática e capilar [1].

O aço inoxidável 316 é atualmente empregado em boa parte da frota de vagões do tipo gôndola nas ferrovias brasileiras, utilizados para o transporte do pellet feed, um minério com alta concentração de ferro e granulometria fina [2]. A aderência nas paredes dos vagões é fortemente influenciada pela umidade, conforme descrito por Bogsan [3]. A variação da concentração de água no minério afeta a aderência e esta pode ser avaliada pelo Índice de Sticking (IS) [4]. Este índice quantifica a adesão por forças capilares [5] e pode ser visto como uma importante ferramenta para o estudo do comportamento da interação entre o minério pellet feed e as chapas dos vagões ferroviários. Uma vez que o transporte ferroviário desta *comodity* é feito em regiões de alto índice pluviométrico, com a carga sendo transportada em vagões abertos, o presente trabalho propõe-se a analisar comparativamente o comportamento de adesão de minério de ferro em duas superfícies distintas, uma de acrílico liso (condição de baixa rugosidade) e outra de aço 316, variando-se a concentração da mistura pellet feed + água até valores logo acima da saturação completa.

METODOLOGIA:

Foram utilizadas duas superfícies distintas, uma de acrílico e outra de aço 316 austenítico inoxidável (Figura 1), e obtidas através de um rugosímetro modelo Mitutoyo SJ-201 suas rugosidades médias. Para o acrílico, a medição variou de 0,02 a 0,07 μm e o aço de 0,17 a 0,57 μm . Ambas as placas foram cortadas com as mesmas dimensões de 500x500mm.

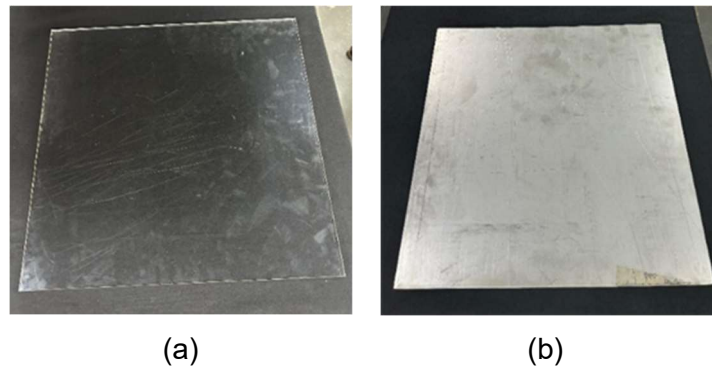
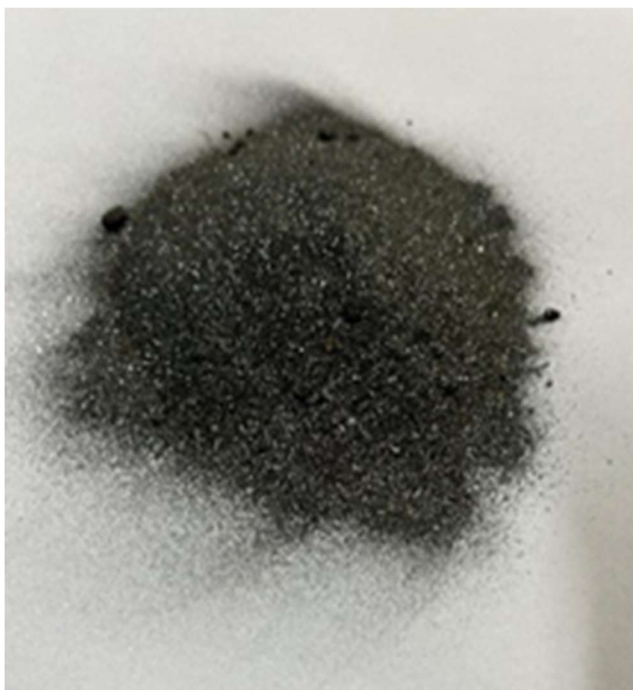
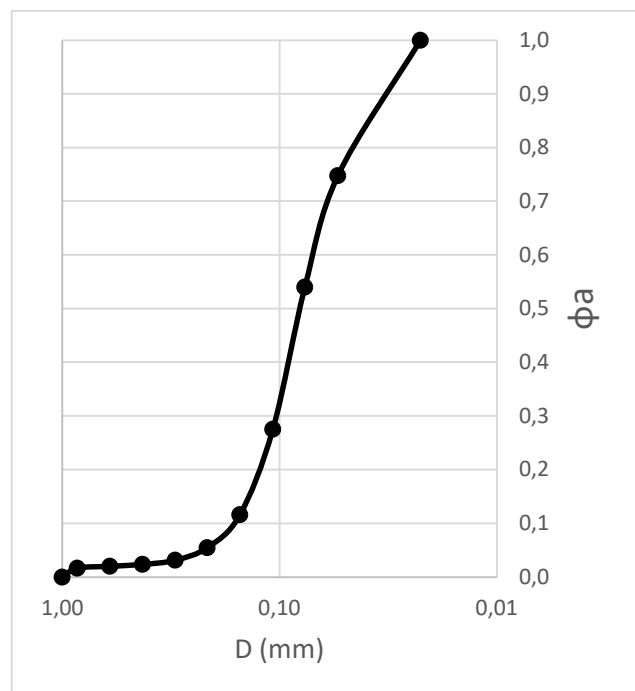


Figura 1 – Placas de dimensões 500x500mm: a) Acrílico; b) Aço 316 austenítico inox

A massa de minério utilizada em cada ensaio foi de 500 gramas, do tipo pellet feed (Figura 2), caracteristicamente com diâmetro médio de Sauter de 68 μm e granulometria homogeneamente refinada [1]. Em seguida, efetuou-se o processo de saturação com água deionizada e foi seguido o procedimento ilustrado esquematicamente na Figura 3, descrito inicialmente por Jean Philippe [2].



(a)



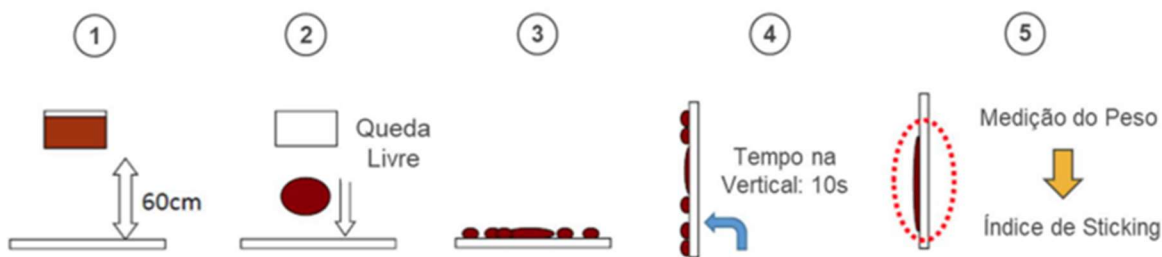


Figura 3 – Procedimento do ensaio de Sticking Test – fonte: [tmm-18-e2373.pdf](https://www.tmm-18-e2373.pdf)

Depositou-se em queda livre o minério saturado sobre as placas, a partir de uma altura de 60 cm. Em seguida, o conjunto minério + placa foi mantido em repouso por 10 segundos e, logo após, a placa foi posicionada na vertical por mais 10 segundos. Por fim, é feita a pesagem para ser calculado o Índice de Sticking (Eq. 1). Realizaram-se triplicatas para diversas saturações de massa de água: 0, 8%, 15%, 25%, 35%, 50%, 75%, 100%, 115%, 125%, 135%, 150%, 155%, 165%. Nota-se que a partir da saturação de 165% não foi possível a efetivação de demais resultados, devido à dificuldade encontrada em concretizar a homogeneidade do processo de saturação, ficando uma camada separada de água não misturada.

Eq. 1

$$IS = \frac{(m_{placa+minério\ aderido} - m_{placa})}{m_{minério\ úmido\ inicial}} \times 100\%$$

Sendo:

- (IS) Índice de Sticking
- (m_{placa}) massa da placa utilizada
- ($m_{placa+minério\ aderido}$) massa da placa com minério saturado aderido/retido na placa
- ($m_{minério\ úmido\ inicial}$) massa de minério saturado no início do ensaio

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Figura 4 mostra qualitativamente a massa de minério aderido em cada superfície, para alguns diferentes níveis de umidade (saturação). Na Figura 5 pode ser visto o comportamento de aderência do minério de ferro do tipo pellet feed nos dois tipos de superfícies distintas, de acordo com a variação do teor de umidade.

Inicialmente, ocorre um aumento acentuado da aderência pela adição de água, que intensifica as forças de adesão entre as partículas. Ao alcançar 15% de saturação, a adesão do minério estabiliza, até entrar na zona de condição de supersaturação (umidade maior que 100%). A partir do nível de 135%, este índice começa a decair. Isso justifica-se pelo fato de que em baixas saturações, a superfície de contato é predominantemente com o minério e, em altas saturações, a água se torna o principal meio de contato, reduzindo a aderência com a superfície e causando escorregamento devido à formação de uma polpa.

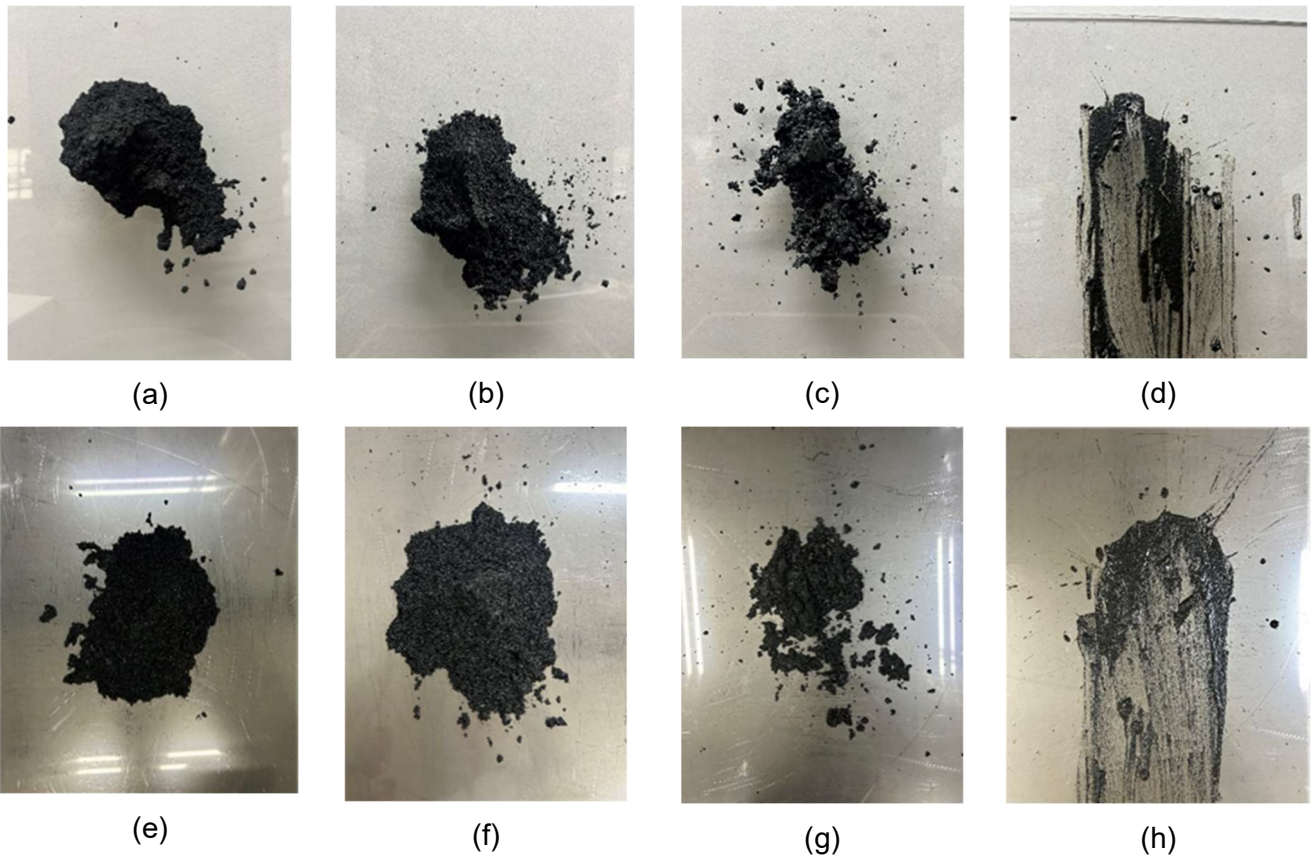


Figura 4 – Minério aderido: a) saturação 15%, acrílico; b) saturação 75%, acrílico; c) saturação 135%, acrílico; d) saturação 165%, acrílico; e) saturação 15%, aço 316; f) saturação 75%, aço 316; g) saturação 135%, aço 316; h) saturação 165%, aço 316.

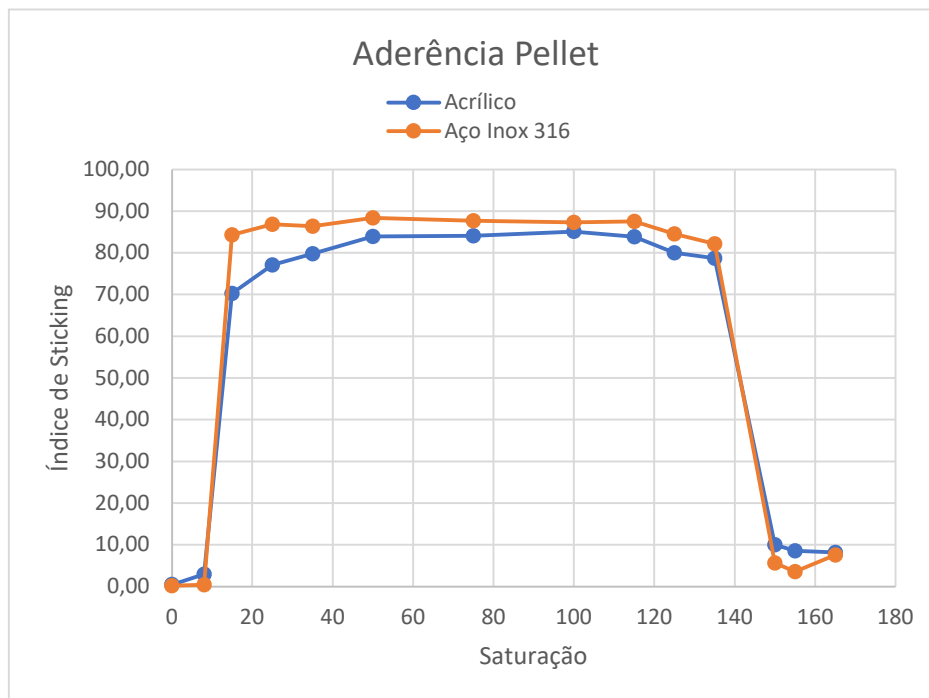


Figura 5 – Gráfico de comparação entre os comportamentos de aderência do pellet feed

A rugosidade das superfícies aumenta a área de contato com o minério, permitindo melhor penetração nas irregularidades das placas e, portanto, afetando significativamente a aderência observada. Logo, constata-se o aumento da adesão do minério no aço em comparação com acrílico, tendo em consideração que o aço apresenta uma rugosidade superior.

CONCLUSÕES:

Os experimentos mostraram que a aderência do minério de ferro é significativamente influenciada pela rugosidade das superfícies e pela umidade. Com maior rugosidade, a chapa de aço apresentou índices levemente maiores que o acrílico, cuja superfície apresenta baixíssima rugosidade. A aderência aumenta com a saturação até um ponto de estabilização, mas depois decai devido ao escorregamento causado pela formação de uma polpa aquosa. Esses resultados apresentam indícios de comportamento esperado no transporte de minério do tipo pellet feed, sugerindo que o aço 316 possui um índice de aderência semelhante a uma superfície lisa, como o acrílico, o que pode ser bom para o desprendimento de minério no descarregamento da carga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VALE S.A. pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa vinculado à Cátedra de Vagões e pelas bolsas estudantis para desenvolvimento de pesquisas relacionadas a drenagem de vagões, em parceria com a Universidade Santa Cecília, em Santos-SP.

BIBLIOGRAFIA

- [1] VISSER, J. Van der Waals and other cohesive forces affecting powder fluidization. **Powder Technology**, v. 58, n. 1, p. 1–10, maio 1989.
- [2] PASCOAL, A. D. L. et al. Estudo da produção de sinter feed e pellet feed de acordo com a granulometria. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 35, n. 3, p. 151, 21 fev. 2017
- [3] BOGSAN, M. A. V. et al. **Desenvolvimento de uma Bancada Experimental para Estudos de Percolação e Drenagem de Água em Minérios**. In: POMBO, J. (Ed.). Proceedings of the Fifth International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance. Civil-Comp Press, Edinburgh, Reino Unido, Online volume: CCC 1, Paper 25.4, 2022. DOI: 10.4203/ccc.1.25.4.
- [4] ALENCAR, J. P. S. G. DE et al. Avaliação da influência da tipologia do minério em testes de sticking. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 18, p. e2373, 2021.
- [5] COSENTINO, P. G. DE S. Viragem de vagões de pellet feed de minério de ferro: dispositivo de ensaio e modelagem. **Ufrj.br**, 2018.