

10. ARRASTO EÓLICO - SISTEMA DE CONTENÇÃO

por

ROOSEVELT DA SILVA FERNANDES



Apresentado no II ENCONTRO DE TRATAMENTO

DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA

COPPE - UFRJ

Maio de 1974

R E S U M O

A perda de minério pela ação do vento durante o transporte e em pilhas de estocagem é um assunto de grande prioridade atualmente. Este artigo reporta o resultado de testes desenvolvidos na Companhia Vale do Rio Doce objetivando a estimativa das perdas de minério de ferro e os meios obtidos para efetuar sua contenção.

1. INTRODUÇÃO

A perda de minérios causada pela ação do vento durante o transporte e em pilhas de estocagem é um assunto de grande interesse. A quantificação dessa perda em função dos preços dos minérios e a preocupação crescente sobre proteção do meio ambiente tem trazido um despertar de interesse para este tipo de problema (1, 2, 3, 18).

Até recentemente, acreditava-se que as perdas de minério devido à ação dos ventos eram desprezíveis, dado o relativo baixo preço do produto que se perdia, razão pela qual eram poucas as pesquisas nesta área.

O material arrastado pelo vento não é somente um agente de degradação do meio ambiente ou uma perda quantificável apenas em termos de custo. É também um agente que pode afetar a produtividade do pessoal vinculado a sua operação bem como do material rodante e demais equipamentos empregados no seu transporte e estocagem. Sua presença implica em custos de manutenção mais elevados, principalmente quando o material arrastado é muito fino e abrasivo.

Este trabalho reporta o resultado de testes desenvolvidos na CVRD no sentido de avaliar a extensão das perdas para os vários tipos de minério de ferro especialmente "pellet feed" e "blue dust" (QUADRO I) - e descrever alguns meios desenvolvidos e patenteados para reduzir estas perdas.

Testes iniciais de erosão no transporte foram desenvolvidos entre julho de 1973 e fevereiro de 1974, utilizando os minérios já mencionados, transportados em gôndolas abertas, com capacidade útil de 70t, entre Itabira (Minas Gerais) e o Porto de Tubarão (Espírito Santo), cobrindo um percurso de aproximadamente 550 Km. Testes em pilhas de armazenamento, foram realizados no mesmo período, no pátio de estocagem do Porto de Tubarão (8).

O presente trabalho trata da apresentação de novos agentes de contenção visando a minimização da erosão eólica principalmente em finos de minério de ferro, apesar de serem válidos para outros minérios. Os métodos apresentados são diferentes dos processos conhecidos onde são utilizados vários aglutinantes tais como o alcatrão, emulsões asfálticas, óleo queimado, melão, breu de piche, água ou resinas solúveis.

2. MÉTODOS E MATERIAIS EMPREGADOS

A erosão é um problema complexo que depende da mútua interação de vários fatores, citando-se entre os mais importantes, velocidade do vento, teor de umidade, vibração, turbulência, topografia do carregamento, densidade e granulometria do material, etc. (4, 5, 9, 11, 13, 14).

As estimativas iniciais acusaram perdas no transporte da ordem de 1t/vagão, valor este que foi obtido através da medida da variação volumétrica da carga dos vagões em teste (6, 7).

Está em andamento uma avaliação mais refinada baseada na medida indireta do peso da carga por vagão, antes e após o transporte, através da obtenção do volume e da densidade aparente, inicial e final (16).

Tal método de avaliação indireta das perdas, bem como aquele anteriormente empregado, foram escolhidos em vista da impossibilidade de se efetuar a estimativa por simples pesagem dos vagões, devido a inexistência de balanças com suficiente precisão, no percurso ferroviário onde se realizaram os testes. As balanças existentes foram utilizadas em um teste preliminar, concluindo-se pela impossibilidade de utilização do método direto (10).

Para obter o volume foi projetada uma plataforma metálica que se apoia nos laterais do vagão e é provida de um esta-

do superior, de onde, utilizando-se um sistema tipo prumo, efetuam-se, em pontos prē-determinados, as medidas das cotas até a superfície de carregamento.

Estas medidas, alimentam um programa de computador - NUMERICAL SURFACE AND CONTOUR MAP PLOTTING - disponível para equipamento IBM-1130. Este programa define a superfície da carga, traça suas curvas de nível, mede a área desta superfície e o volume abaixo da mesma, para qualquer cota de referência previamente estabelecida. O programa opera por interpolação linear, usando aproximações numéricas e analíticas.

Outro programa foi desenvolvido para o IBM-360, onde o volume é obtido por interpolação quadrática. Entretanto, o primeiro programa se mostrou suficientemente satisfatório dentro das condições definidas de trabalho, razão pela qual continua sendo utilizado.

A densidade aparente do carregamento e o teor de umidade são obtidos através da utilização de um núcleo-densímetro, previamente calibrado para operar em minério de ferro. As medidas são feitas através de tubos-sonda. A densidade é obtida através de emissão gama e a umidade por emissão neutrônica (fonte de Rádio-Berílio).

O conhecimento do mapeamento inicial e final da superfície de carregamento é de extrema valia na determinação dos pon-

tos críticos de arrasto. Estes pontos deverão ser tomados como base para a avaliação da performance do agente aglutinante testado e da dosagem de sua aplicação.

As gôndolas para transporte de minério são carregadas em operação contínua através de um silo de passagem onde o trem se desloca a uma velocidade média de 2 a 3 Km/h.

Inicialmente as soluções dos produtos testados com finalidades de contenção foram aplicadas através de um aspersor manual do tipo utilizado para aplicação de inseticidas, dotado de vazão regulável. Atualmente os testes já estão sendo desenvolvidos recorrendo-se a barras de aspersão com vazão regulável de modo a ajustar a vazão à velocidade de passagem dos vagões sob o sistema aspersor.

Um caminhão tanque para aspersão a longo alcance foi utilizado para os testes nas pilhas de estocagem do Porto de Tubarão, apresentando uma excelente flexibilidade de aplicação. Entretanto, aspersores fixos serão testados de modo a reduzir o custo da aplicação.

Complementando os testes de campo, estudos de laboratórios estão sendo desenvolvidos junto ao Centro de Pesquisas de Minério da CVRD, visando melhorar a percolação das soluções nas condições de carregamento, pela adição de agentes tenso-ativos (12, 15).

Através do estudo em placas onde são simuladas as condições de vibração durante o transporte recorrendo-se a um estereomicroscópio dotado de câmara fotográfica, está sendo coletado material para estudos mais detalhados (16) relacionados com o desempenho das películas protetoras. Flexibilidade das películas, tipo de aglutinação, influência da incidência da luz solar e performance dos filmes frente à vibração e consequente compactação da carga de minério que ocorre durante o transporte, são alguns entre os vários pontos estudados.

Diversas soluções aglutinantes foram testadas; um estudo paralelo foi desenvolvido no sentido de estabelecer qual o tipo de bico de aspersão mais indicado para a aplicação de cada uma delas bem como o número de barras e o ângulo de aspersão. Este estudo demonstrou que a configuração do sistema de aplicação pode ser vital para o desempenho do agente de contenção.

Também foram realizados testes onde a camada superior da superfície da carga foi previamente compactada, de modo a acomodar a sua topografia e reduzir a área exposta à ação dos ventos. Novos testes serão realizados utilizando vibradores do tipo "vibroflotation" onde a compactação será obtida através de vibração da superfície com injeção da mistura de contenção.

Ressalte-se que esta alternativa de uma pré-compactação superficial tem outros objetivos além de minimizar o arrasto. Com este artifício, uniformiza-se a carga por eixo nas gôndolas, e baixa-se o centro de gravidade. Isto implica, evidentemente, em vantagens operacionais.

3. RESULTADOS OBTIDOS.

Entre as substâncias testadas, mostraram resultados excelentes a glucose, a dextrina e a cal hidratada. As duas primeiras são obtidas por conversão parcial do amido.

A dextrina e a glucose, aplicada em solução aquosa de modo a manter uma deposição de 100 a 200 g/m², formam películas de contenção sólida e líquida, respectivamente.

A cal hidratada, aplicada na forma de suspensão em água, apresenta excelentes resultados na faixa entre 1 e 3 Kg/m², fornecendo um filme sólido facilmente identificável.

O volume de solução a ser aplicado está intimamente relacionado com o grau de percolação do minério, sua distribuição granulométrica, existência de agente tenso-ativo diluído na própria solução e muitas outras variáveis (17). Entretanto, operando-se com uma única barra de aspersão e sem utilizar agentes tenso-ativos, observa-se que 80 litros de solução são indicados para aplicação em uma superfície com área média de 25m², no caso específico dos minérios de ferro estudados.

A cal hidratada sofre carbonatação parcial durante a formação do filme protetor. Já as películas obtidas pela aspersão de solução de glucose ou dextrina são formadas sem a interferência de qualquer fenômeno químico.

Com qualquer das tres soluções, observa-se a cimentação das partículas superficiais da carga que passam a um estado excelente de aglomeração, formando uma película resistente à ação do vento, à compactação natural originada pela vibração no transporte e a pequenos choques.

A glucose e a dextrina apresentam vantagens particulares comparativamente aos agentes de contenção disponíveis no mercado, pois são aglomerantes inativos, solúveis em água, não corrosivos para o sistema de aspersão ou para vagões, não são tóxicos nem inflamáveis, não interferem nas propriedades químicas e físicas do minério ou nos processos de beneficiamento a que este é submetido, e carbonizam-se facilmente sem deixar resíduos.

A cal por sua vez, mesmo sendo um aglomerante ativo, não chega a ser um produto indesejável no minério de ferro, considerando-se a taxa de aplicação acima citada. E do mesmo modo que a dextrina e a glucose, também é facilmente encontrada no mercado nacional a preço bastante acessível, o que não ocorre com os demais agentes de contenção os quais, em sua maioria, só podem ser obtidos através de importação.

Como já salientamos, a aplicação foi feita através de um sistema de aspersão por barras perpendiculares ao deslocamento dos vagões. A aplicação em pilhas é feita com jateamento de longa distância, recorrendo-se a um caminhão-tanque com jato tipo leque.

Excluindo-se o caso da cal cujo filme é facilmente identificável, no caso de uso de glucose ou dextrina pode-se adicionar um corante à solução, de modo a conseguir um contraste entre o filme e a superfície não tratada, obtendo-se assim um meio visual de avaliação da performance da película ao longo do tempo, o que é de grande utilidade principalmente no caso de pilhas com alta taxa de renovação.

Tanto os testes de avaliação das perdas como os de desempenho dos agentes de contenção foram realizados no período do ano em que, no trecho ferroviário em questão, ocorrem simultaneamente a menor incidência de chuvas e a maior intensidade de ventos.

4. ANÁLISES E CONCLUSÕES.

Considerando-se a programação de transporte de minério fi no para 1974 - "blue dust" e "pellet-feed" - em torno de 5×10^6 t e uma perda média de 1t por vagão, a perda total estimada (sem contenção) é da ordem de aproximadamente 60×10^3 t o que corresponde a cerca de 1% do material transportado.

Se for alcançada uma eficiência média de contenção da ordem de 90%, o uso das técnicas de contenção reduzirá a perda média real para cerca de 6×10^3 t, o que representa um ganho de cerca de 54×10^3 t de minério.

Uma análise econômica indica ser altamente compensador o uso da contenção, aos preços de minério vigentes no merca do.

Uma comparação com os produtos existentes no mercado mostra que os novos produtos patenteados geram uma substancial vantagem de custos.

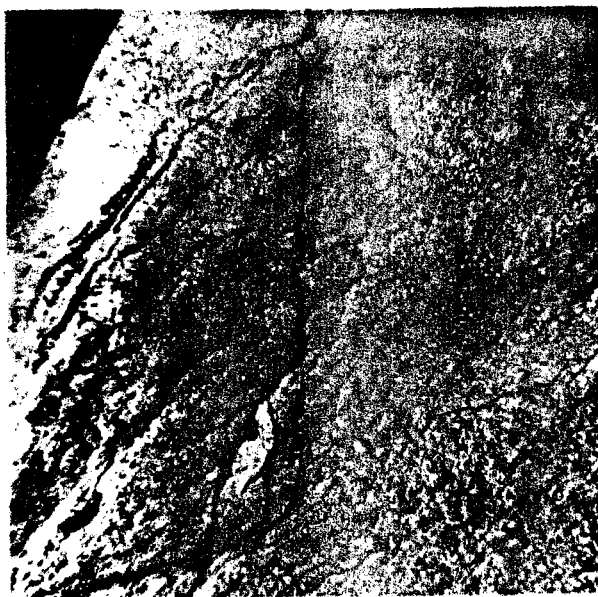
QUADRO I - MINÉRIOS COMERCIALIZADOS PELA CIA. VALE DO RIO DOCE

Nº	Nome do Minério	Ferro % (Seco)	Umidade %	Granulometria	Utilização
1	LUMP COMUM	68-69	1	12,5 a 200mm com 15% (máximo) abaixo de 12,5mm (1/2 a 8")	Aciaria
2	LUMP PENEIRADO	68-69	1	12,5 a 200mm com 10% (máximo) abaixo de 12,5mm (1/2 a 8")	Aciaria
3	NATURAL PELLET (PELLET ORE)	66-68	2 a 4	5 a 25mm com 10% (máximo) abaixo de 5mm	Alto Forno
4	RUBBLE (75mm)	66-69	2 a 4	10 a 75mm com 10% (máximo) abaixo de 10mm	Alto Forno
5	RUBBLE (50mm)	66-69	2 a 4	10 a 50mm com 10% (máximo) abaixo de 10mm	Alto Forno
6	PEBBLE	66-68	2 a 4	10 a 75mm com 25% (máximo) abaixo de 10mm	Alto Forno
7	TUBARÃO "A"	64-68	2 a 4	12,5 a 75mm com 35% (máximo) abaixo de 12,5mm	Altos Forno e Sinterização
8	RUN OF MINE	64-68	2 a 4	12,5 a 200mm com 40% (máximo) abaixo de 12,5mm	Aciaria Alto Forno e Sinterização
9	GRAVEL	65-68	2 a 4	12,5 a 75mm com 60% (máximo) abaixo de 12,5mm	Alto Forno e Sinterização
10	FINO COMUM	60-67	3 a 6	abaixo de 12,5mm (1/2") ou 10mm (3/8")	Sinterização

(continua)

(continuação do quadro I)

Nº	Nome do Minério	Ferro % (Seco)	Umidade %	Granulometria	Utilização
11	SINTER FEED A	66-68	3 a 6	abaixo de 6mm com 12% (máximo) abaixo de 0,1mm (150 mesh)	Sinterização
12	SINTER FEED B	64-68	3 a 6	abaixo de 6mm com 24% (máximo) abaixo de 0,07mm (200 mesh)	Sinterização
13	SINTER FEED D	66-69	3 a 5	abaixo de 6mm com 5% (máximo) abaixo de 0,1mm (150 mesh)	Sinterização
14	PELLET FEED	66-68	4 a 7	abaixo de 0,1mm (150 mesh)	Pelotização
15	BLUE DUST	67-69	2 a 4	abaixo de 10mm (3/8")	Pelotização
16	CONCENTRADO DE BLUE DUST	69	10 a 12	abaixo de 1mm com 30% (máximo) abaixo de 0,04 (325 mesh)	Metalurgia do Pó
17	PELLETS	66-67	1 a 3	90% entre 18 e 8mm com 5% (máximo) abaixo de 5mm	Alto Forno



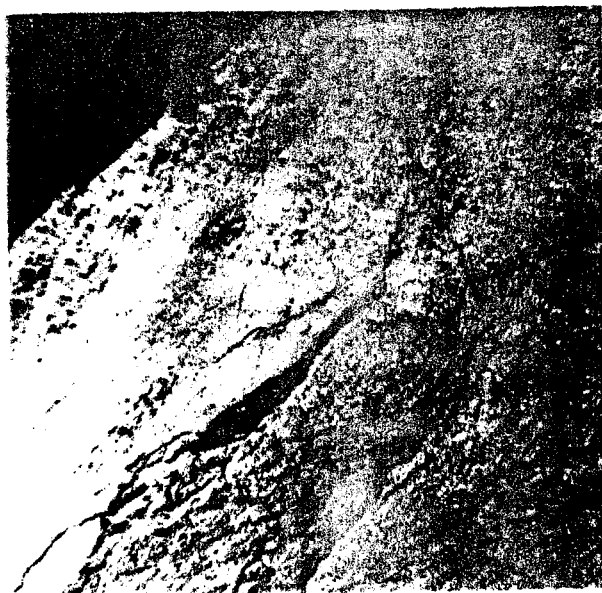
Detalhe de um carregamento em gôndola,
mostrando a continuidade da película
após o percurso de cerca de 550 Km.



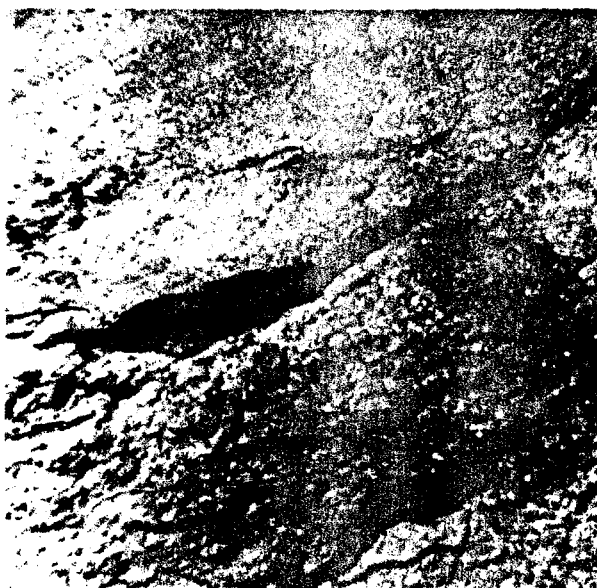
A película de proteção pode ser retirada na forma de escamas e, como mostra a foto, apresenta uma boa resistência mecânica.



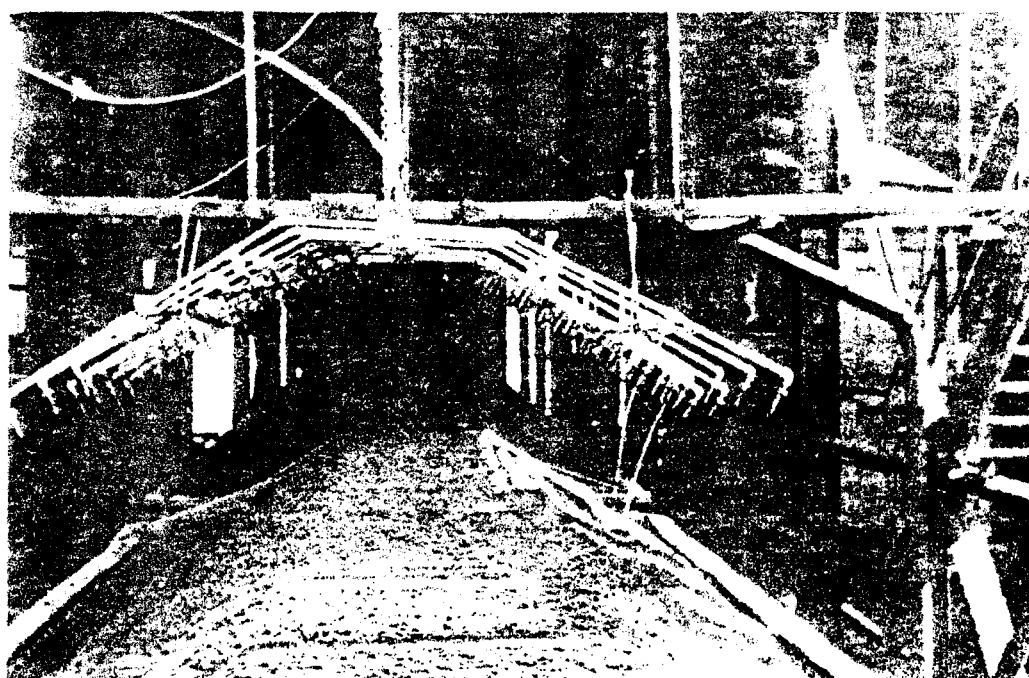
Observe-se que, mesmo sofrendo fratura,
a película ainda permanece protegendo
a superfície da carga.



Detalhe de uma das poucas regiões onde o vento, agindo na região das fraturas, conseguiu um início de arrasto.



A mesma foto, colhida mais de perto, mostra que o sulco tem abertura e profundidade inferiores a 0,5 cm ou seja, arrasto desprezível.



Detalhe do sistema de aspersão para vagões

REFERÊNCIAS.

- (1) The Battle Against Dockside Dust
Yu, A.T.
Skillings' Mining Review, February 17, 1973
- (2) Innovative Rail Transport - Systems Cut Concentrate Losses
Schwartz, P.L.
World Mining, January, 1974
- (3) North Calorinas' Dustless Terminal
World Ports, March, 1973
- (4) Sand Movement by Wind
Pierre, Y.B.
Defense Documentation Center for Scientific and Technical Information, Cameron Station Alexandria, Virginia, January, 1964
- (5) Minimizing In - Transit Windage Losses of Olga Low Volatile Coal
Denton, G.H., Hassel, R.E. and Scott, B.E.
American Mining Congress, Cleveland, Ohio, May 10, 1972
- (6) Perda de Minério por Ação do Vento
CVRD - Divisão de Operações
Serviços Técnicos Operacionais, TO-69, 1973

- (7) Perda de Minério por Ação do Vento
CVRD - Divisão de Operações
Serviços Técnicos Operacionais, TO-59, 1972
- (8) Perdas por Erosão Eólica no Transporte e Estocagem de
Minério de Ferro
CVRD - Divisão de Operações
Serviços Técnicos Operacionais, E.10, 1973
- (9) The Physics of Blown Sand and Desert Dunes
Bagnold, R.A.
- (10) Engineering Evaluates Dust Control
Whooler, D.H.
Rock Products, 65 (5), May, 1962
- (11) Fluidization
Davidson, J.F. and Harrison, D.
Academic Press, 1972
- (12) Laboratory Study of Transport of Fine Sand
Willis, J.C., Coleman, N.L. and Ellis, W.M.
Journal of the Hydraulics Division, March, 1972
- (13) Critical Review of Sediment Transport Experiments
Cooper, R.H., Peterson, A.W. and Blench, T.
Journal of the Hydraulics Division, May, 1972

- (14) Loose Boundary Hydraulics
Raudkivi, A. J.
Pergamon Press, London, 1965
- (15) Wind Erosion and Transportation
Chepil, W.S and Woodruff, N.P.
Progress Report Task Committee on Preparation of
Sediment Manual,
Proc. Am. Soc. Civil Engineering, Journal of
Hydraulics Div., March, 1965
- (16) Erosão Eólica - Avaliação das Perdas e Geração de
Sistemas de Contenção
Fernandes, Roosevelt da Silva
Tese de Mestrado a ser defendida junto ao Programa
de Engenharia de Produção da COPPE - Univ. Fed. do
Rio de Janeiro
- (17) Effect of Sample Size and Environmental Conditions on
Evaporation of Water from Soil
Gardner, H.R. and Hanks, R.J.
Agricultural Research Service, United States
Department of Agriculture, 1966

- (18) Minerals Transportation
Proceedings of The First International
Symposium of Transportation and Handling of Minerals
Vancouver, British Columbia, October 1971