

ANÁLISE DO CUSTO DE UM SUPRESSOR DE POEIRA APLICADO EM VIAS DE ACESSO DE MINA: UM ESTUDO NA SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

Pétersson Gonçalves de Lima¹; Ana Paula Gomes Ferreira²; Daiana Cristina Pereira da Silva³; José Francisco do Prado Filho⁴

RESUMO - Com a intenção de investigar a viabilidade do uso de um supressor de poeira no controle de emissões de poeira fugitiva de vias de acesso em uma mina de minério de ferro, foi desenvolvido um estudo por meio de levantamento de campo na área da mina da Samarco Mineração S.A unidade de Germano em Minas Gerais. Como resultado, demonstrou-se que os valores obtidos para o controle de poeira nos acessos da mina da Samarco, utilizando-se o supressor de poeira, apresentaram relevantes ganhos financeiros (redução de R\$ 167.622,00).

Palavras-chave: Poluição atmosférica na mineração; controle de material particulado atmosférico; métodos e custos do controle de poeira.

COST ANALYSIS OF USING DUST SUPPRESSANT ON MINING HAUL ROADS: A CASE STUDY ON SAMARCO MINING OPERATIONS

ABSTRACT - Aiming to investigate the feasibility of using dust suppressant for mining dust control, a study was conducted, through field survey, on Samarco Mining Operations, Germano's site, located in the state of Minas Gerais. Financial gains (cost reduction of R\$ 167.622,00) were demonstrated by the study.

Keywords: Air pollution in Mining, Control of Atmospheric Particulate Material, Methods and Costs of dust control.

¹ Engenheiro Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia do Núcleo de Geotecnia (NUGEO) da UFOP. Rua Professor Francisco Pignatário, 384, Bauxita – Ouro Preto – MG – CEP: 35400-000 Fone: (031) 3551-1903. E-mail: peterssom@yahoo.com.br

² Mestre em Engenharia Ambiental. Analista ambiental da Samarco Mineração S.A. E-mail: ana_engenharia@yahoo.com.br.

³ Engenheira Sanitarista e Ambiental. Centro Universitário UNA. E-mail: daiana.eng.amb@gmail.com

⁴ Professor. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Departamento de Engenharia Ambiental. E-mail: jfprado@depro.em.ufop.br

1. INTRODUÇÃO

As emissões atmosféricas associadas às atividades de mineração estão presentes ao longo de todas as fases de um empreendimento mineiro. Dependendo de seu porte, uma mineração pode vir a movimentar, ao longo de sua vida útil, uma quantidade de minério da ordem de milhões de toneladas e isso acaba por gerar uma quantidade acentuada de material em suspensão na atmosfera, principalmente de particulados. Essas emissões têm efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, portanto, seu controle e gestão são de suma importância (IBRAM, 2012).

Carvalho (2013), em matéria para a revista eletrônica Ecológico, datada de 25 de fevereiro de 2013, traz a informação de que o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) encomendou um inventário inédito à empresa de consultoria Ecosoft cujo objetivo foi mensurar as emissões de material particulado (MP) em Congonhas. O documento aponta que no topo da lista estão três grandes mineradores que emitem respectivamente 845.000 kg.h-1, 874 kg.h-1 e 615,3 kg.h-1 de material particulado.

Desses números cerca de 95 % dessas emissões, vêm de apenas três fontes: a poeira carregada das áreas de mina pelo vento, aquela levantada pelo fluxo contínuo de caminhões nas estradas de terra que alimentam as mineradoras (vias de acesso da mina) e o material particulado revolvido pelos veículos nas vias pavimentadas.

Coelho (2011) cita um estudo também realizado em uma mina de uma grande mineradora localizada próxima da cidade de Congonhas (MG), em que um inventário de emissões de poluentes atmosféricos foi conduzido. Esse inventário promoveu o levantamento de fontes emissoras de poluentes atmosféricos provenientes das atividades de extração e beneficiamento das minas de ferro e também as emissões atmosféricas provenientes dessas fontes. A Tabela I apresenta essas emissões, referentes tanto à MP quanto ao material particulado cuja fração é menor que 10 µm (MP₁₀) mostrando o percentual da emissão em relação ao total (valor entre parênteses).

Tabela I - Emissão de MP e MP₁₀ proveniente de diferentes fontes de emissão na mineração.

Fonte de emissão	Emissão de MP (Kg.h-1)	Emissão de MP ₁₀ (Kg.h-1)
Vias de acesso	101,4 (63,12%)	60,84 (55,27%)
Áreas passíveis de erosão	52,23 (32,51%)	45,01 (40,89%)
Transferência	2,84 (1,77%)	1,71 (1,55%)
Detonação e Escavação	1,01 (0,63%)	0,61 (0,55%)
Britagem	3,17 (1,97%)	1,9 (1,74%)

Fonte: Adaptado de Coelho (2011).

Verifica-se nessa tabela, a grande contribuição representada pelas vias de acesso, fator que reforça a necessidade de se realizar um trabalho efetivo de controle de poeira nessa fonte de emissão.

Reed e Organiscak (2008) citam que pesquisas conduzidas pela Agência Americana de Proteção Ambiental (do inglês United States Environmental Protection Agency cuja abreviatura se torna USEPA) chegaram à conclusão de que os caminhões que transitam nas estradas de acesso das minas são os maiores responsáveis pelas emissões de material particulado nessas. Fatores de emissão da ordem de 78 % a 97 % são citados por essas pesquisas da USEPA.

Em se tratando dos custos financeiros, existem diversos trabalhos tratando dessa temática. Pandey (2012), em estudo realizado na indústria de mineração da Índia, chegou ao valor aproximado de R\$ 300,00 para se tratar um quilômetro de via de acesso de mina por ano utilizando apenas água como tratamento para inibição de geração de MP.

Monenco (1986), realizando um teste na mina Highvale no Canadá, no ano de 1986, chegou à conclusão de que o gasto médio para realizar aspersão de acessos, também por meio da utilização de água nessa mina é de US\$ 35 dólares por quilômetro por aplicação realizada.

Observa-se que a água não é unanimidade quando o assunto é o controle de poeira nas vias de acesso da mina.

Segundo Kaufman e Ault (2001), quando submetidas à elevado umedecimento, estradas de terra não estabilizadas tornam-se extremamente escorregadias e severamente desgastadas pela erosão, pelo que a manutenção deve ser aumentada. A água também atua lubrificando fragmentos rochosos, facilitando a sua penetração nos pneus.

Dessa forma se torna necessário realizar o condicionamento adequado da água (mudar alguma característica) para que seu uso na aspersão de acessos seja realizado com eficiência e não se eleve os custos com manutenção e segurança operacional.

Componentes higroscópicos, agentes tensoativos, agentes surfactantes e umectantes, solventes orgânicos, polímeros ou combinação de polímeros, resinas e outros materiais são utilizados para realizar esse condicionamento da água. É possível ainda generalizar os mecanismos de ação dessa combinação água-produto em duas frentes de atuação: de um lado ocorre a redução da tensão superficial da água que permite que essa seja capaz de reter de forma mais efetiva as partículas que geram poeira, levando a uma infiltração maior de água na camada de revestimento do solo e a redução da evaporação e do fenômeno de “empoçamento” (Midwest, 2010). De outra forma pode ocorrer a criação de um filme sobre o material da estrada evitando que a poeira aprisionada seja emitida.

A literatura possui também diversos trabalhos que demonstram os custos associados à manutenção de estradas não pavimentadas em mineração por meio de outros produtos supressores de poeira em substituição à água.

Schwindt (2011), apresenta um projeto de controle de poeira a ser implementado no Estado norte americano de Dakota do Norte em estradas não pavimentadas, cujas características são semelhantes àquelas encontradas em vias de acesso de mineradoras. Neste projeto diversas aplicações de produtos têm seu valor simulado para o período de um ano. O uso de Permazyme 11x Soil Stabilizer, um estabilizante de solo a base de uma enzima que é produzida pela Pacific Enzymes, Inc, tem um custo da ordem de US\$ 13.354,00 para ser aplicado por quilômetro de estrada por ano.

O uso de cloreto de magnésio, outro produto também utilizado na estabilização de estradas e para o controle da poeira, custa em torno de US\$ 5.300,00 por quilômetro no primeiro ano de aplicação e do segundo ano em diante o custo cai para US\$ 3.750,00 por quilômetro (Schwindt, 2011).

Ainda segundo Schwindt (2011), o uso do polímero denominado ECO Polymer PM-10 e do produto denominado Base One produzido pelo Team Lab, têm custos da ordem de US\$ 3.726,70 por quilômetro de estrada por ano.

Segundo Lunsford e Mahoney (2001), o uso de Biocat 300, outra enzima utilizada também para o controle de poeira em estradas de rodagem, consome cerca de US\$ 1.583,85 por ano por quilômetro de estrada tratada.

Apesar de muitos trabalhos já abordar essa temática, a impressão que se tem é que o controle de poeira nas vias de acesso de minas seja do ponto de vista financeiro ou mesmo ambiental ainda são pouco debatidos e valorizados e a atual percepção acerca desses acessos é que ainda não houve evolução tecnológica a ponto de se afirmar que se pratica uma engenharia satisfatória para a importância que o assunto tem no processo produtivo (Costa Filho, 2011).

Nesse contexto o presente trabalho apresentou, por meio de um levantamento de campo, um estudo de contabilização de custos econômicos decorrentes do uso de um produto supressor de poeira em comparação ao uso rotineiro que se faz da água para controlar a poeira nas vias de acesso de mina, demonstrando que, a princípio, foi possível reduzir os gastos com recursos econômicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Definição do Foco do Estudo

Tentou-se elaborar um estudo capaz de comparar duas formas de se executar a atividade de aspersão dos acessos de mina: (1) a forma como a atividade é conduzida atualmente (uso de água) e (2) o possível uso de um produto supressor de poeira. Buscou-se demonstrar de forma quantitativa, através de indicadores, a viabilidade econômica da proposta do uso do supressor de poeira.

2.2. O Empreendimento Samarco

O estudo foi desenvolvido em 2012 na Samarco Mineração S.A, unidade de Germano, mais especificamente no Complexo das Minas de Alegria (Norte e Sul). A unidade de Germano está localizada no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Mariana e Ouro Preto cujos limites territoriais estão quase em sua totalidade dentro do Quadrilátero Ferrífero.

A Samarco é uma empresa brasileira de mineração fundada em 1977 que possui capital fechado sendo controlada em partes iguais por dois acionistas: Vale S.A. e BHP Billiton. O principal produto da empresa são as pelotas de minério de ferro, obtidas após a transformação de minerais de ferro de baixo teor (46%) em um produto nobre de alto valor agregado (67,5%), comercializado essencialmente para a indústria siderúrgica mundial (Samarco, 2011). A Samarco opera ainda no sistema de lavra a céu aberto e possui reservas de 2,1 bilhões de toneladas de minério de ferro nas duas minas em operação. A produção de minério e a remoção de material estéril são realizadas utilizando frota de equipamentos móveis de grande porte, aliada ao uso de sistema de correias transportadoras, logística de produção que resulta em baixos custos na atividade (Samarco, 2011).

2.3. Aspectos Gerenciais Referentes ao Material Particulado no Âmbito da Samarco

Nessa etapa procurou-se levantar os aspectos gerenciais (ambiental, ocupacional e de segurança) referentes ao material particulado na área da Samarco, unidade de Germano.

Esse levantamento foi realizado da seguinte forma:

- Levantamentos de campo em que foram realizadas visitas à mina para o acompanhamento da realização de atividades de aspersão dos acessos de mina e observação de pontos de melhoria no processo;
- Reuniões técnicas com profissionais envolvidos nas atividades desenvolvidas no âmbito da mina e também no que se refere ao controle do material particulado. Os profissionais como: chefe de departamento da mina, engenheiros de minas, analista de higiene ocupacional, técnico de sistema gerencial, encarregados, motoristas de caminhão pipa e outros foram consultados nessa etapa.

Desse levantamento surgiu a necessidade de um controle ambiental mais efetivo na atividade de aspersão de vias de acesso da área de mina (foco desse trabalho). Em outros pontos do processo, já ocorrem controles

mais consolidados ou estes podem ser minimizados: nos taludes e pilhas de estéril, o processo de revegetação já promove uma menor dispersão das partículas de poeira. Outro exemplo seria o caso das pilhas de minério. Nestas ocorre o rápido consumo da matéria-prima.

2.4. Variáveis Necessárias ao Estudo

Buscou-se nessa etapa obter todas as informações necessárias para construir o estudo de avaliação do uso do produto supressor no controle da poeira dos acessos de mina. Nessa fase definiu-se as variáveis fundamentais para a plena condução do trabalho. Variáveis como: extensão e largura dos acessos da mina, quantidade de caminhões pipa (efetivo de máquinas) utilizados para realizar a aspersão de vias de acesso da mina, custo e quantidade de hora-máquina utilizada na atividade de aspersão de vias de acesso de mina e outras foram também levantadas.

Para se chegar ao ponto de ser possível uma comparação entre apenas o uso de água e o uso de produtos que simulam o efeito da água no controle da poeira (supressores de poeira), teoricamente com uma eficiência superior, uma pesquisa bem elaborada foi também previamente conduzida.

Inicialmente buscou-se identificar que produtos existentes no mercado poderiam ser utilizados para o controle da poeira na mineração. Nesse levantamento foram encontrados diferentes produtos tais como: solventes orgânicos, polímeros ou combinação de polímeros, resinas e outros.

Das empresas pesquisadas, quatro foram selecionadas para uma possível parceria. Dessas, conseguiu-se três propostas técnicas para uma aplicação de produto supressor na área da Samarco e outra apresentou informações de seu produto por meio de uma reunião na própria Samarco.

Finalmente foi selecionada para o estudo, aquela com o maior detalhamento do produto e a que foi mais receptiva em fornecer dados, tanto técnicos quanto econômicos (variáveis necessárias ao estudo).

2.5. Elaboração de Fórmulas

No decorrer deste trabalho precisou-se elaborar fórmulas e procedimentos de cálculo de tal forma a obter informações para atestar ou não, de forma objetiva e mensurável, a viabilidade do uso do produto supressor de poeira. Muitas variáveis não puderam ter seus valores diretamente obtidos, sendo assim buscou-se levantar variáveis secundárias para se obter o valor da grandeza procurada.

2.6. Elaboração do Estudo

O estudo foi proposto de tal forma que fosse apresentado no formato de diferentes cenários (situações). Inicialmente, constatou-se que na prática diária da mina existia pouca informação de como a atividade de aspersão de acessos de mina era operacionalmente conduzida, mas também com relação a custos financeiros.

A Samarco possui um custo geral que engloba a aspersão de vias, a limpeza de correias e a limpeza da área industrial, ou seja, é um custo composto. Para o estudo, era necessário que se analisasse apenas o recorte representado pela atividade de aspersão de vias de acesso.

Dessa forma buscou-se avaliar de forma mais precisa como esta atividade era conduzida no âmbito da Samarco visando a apresentação de alternativas para esse tipo de demanda. Para tanto avaliou-se três situações a saber:

- Situação I: Experiência de pessoas na atividade de aspersão de acessos de mina - Nessa situação estimou-se o custo para se realizar a aspersão dos acessos de mina, baseado na experiência de pessoas com esta atividade na área da Samarco.

- Situação II: Levantamento de campo - Nessa situação, estimou-se o custo para realizar a aspersão dos acessos de mina, por estimativa baseada no levantamento de campo utilizando-se um questionário preenchido pelos motoristas dos caminhões pipa no decorrer da atividade de aspersão dos acessos de mina;
- Situação III: Levantamento de campo refinado - Nessa situação estimou-se o custo para se realizar a aspersão dos acessos de mina baseado no levantamento de campo e descontados os dias sem aspersão ao longo do ano.

Por ser a Situação III aquela com maior riqueza de detalhes, no que se refere à variáveis e procedimentos de cálculos, na condução da atividade de aspersão dos acessos de mina, esta foi considerada a situação ideal para verificar o comportamento da atividade realizada apenas com água e utilizando-se o produto supressor de poeira e para realizar os levantamentos de indicadores econômicos e ambientais da condução da atividade.

Essa foi a situação utilizada neste estudo para se atestar ou não a viabilidade dos produtos supressores de poeira frente ao uso rotineiro que se faz da água. No que se refere ao custo, avaliou-se basicamente 02 indicadores:

- Horas-máquinas/trabalhadas: procurou-se visualizar através do uso do produto supressor de poeira se este seria capaz de influenciar na redução das horas-máquinas utilizadas na condução desta atividade (caso o produto supressor necessite de menos reaplicações quando comparado à água, ocorre a redução de horas-máquinas/trabalhadas).
- Custos financeiros: foi investigado se o uso do supressor de poeira impactaria de forma direta na redução de gastos econômicos na condução da atividade. É preciso levar em consideração o preço decorrente da compra do supressor de poeira e outros custos associados (na aplicação, por exemplo) e comparar se esse é inferior do valor gasto com a aspersão realizada por meio de água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados referentes à redução de custo serão apresentados nesta seção. Procedimentos de cálculo, variáveis utilizadas no estudo e mais informações sobre o estudo de caso podem ser obtidos em Lima (2013) ou diretamente com os autores.

3.1. Viabilidade do Uso do Supressor de Poeira

A viabilidade do uso do supressor de poeira foi analisada tendo por base os dois indicadores anteriormente citados. Os resultados são apresentados na Tabela II. Admitiu-se que o produto supressor seria 3 vezes mais eficiente que a água, com base em informações de teste de campo, fornecidas pela empresa detentora do produto.

Os benefícios do uso do produto supressor de poeira ficam claros ao se analisar a seção da Tabela II, indicada por: “Mesma eficiência”. Nessa seção, trabalha-se com o supressor de poeira tendo o mesmo nível de eficiência que a água e mostrando que mesmo nesse cenário ele tem, ainda que na teoria, indicadores mais favoráveis ao seu uso.

Tabela II - Comparação entre o uso puro de água e da mistura água produto na atividade de aspersão.

INDICADORES (Considerar com referência à um ano)		
	Horas/máquinas (h)	Custo (R\$)
EFICIÊNCIAS DIFERENTES (Ação do supressor de poeira é 03 vezes superior que da água)		
Somente água	3.164,2	462.801,83
Supressor de poeira	3.097,5	885.539,50
MESMA EFICIÊNCIA (O supressor de poeira tem o mesmo nível de eficiência que a água)		
Somente água	3.164,2	462.801,83
Supressor de poeira	1.032,5	295.179,83

Fonte: Própria (2012)

3.2. Redução de Horas-máquinas / trabalhadas

Constatou-se que é possível obter uma redução de 2.131,7 horas-máquinas / trabalhadas ao longo do ano com o uso do supressor de poeira o que equivale a uma redução percentual de 67,36 % nas horas-máquinas / trabalhadas na atividade de aspersão dos acessos de mina ao se utilizar o produto supressor de poeira. Essa redução tem ainda um impacto direto no custo financeiro da atividade já que as horas-máquinas / trabalhadas tem um determinado valor.

3.3. Redução de Custos Financeiros

Obteve-se com este estudo que é possível atingir uma redução direta nos custos financeiros de R\$ 167.622,00 ou uma redução percentual de 36,22 % substituindo-se o uso da água pelo uso da mistura água-produto supressor de poeira. Nesse custo financeiro já está incluído o valor da compra do produto supressor de poeira e também sua aplicação.

Comparando-se o valor a ser gasto com o uso de supressores de poeira na área da Samarco com outros dados da literatura, obtém-se os seguintes resultados presentes na Tabela III.

Devido a que os trabalhos não deixarem claro os tamanhos dos acessos tratados (largura das pistas, se pista simples, estrada comum e outros) bem como a periodicidade das aplicações de água ou outro produto supressor, dificulta qualquer iniciativa de uma normalização e comparação de valores.

Além disso, o valor pago pela captação da água (quando este existe) e os custos associados à aplicação, variam de acordo com cada alternativa tecnológica escolhida para realizar a atividade: o uso de aspersão móvel (uso de caminhão pipa, por exemplo) demanda um determinado custo, já o uso de aspersão fixa (uso de mangueiras ou mesmo sistemas capazes de utilizar sensores para detectar a variação de umidade dos acessos) pode demandar outro bem diferente.

Tabela III - Custos com o uso de supressores de poeira para aspersão em 12 Km acesso / ano.

Produto Supressor	Preço por quilômetro/ano	Gasto para cobrir 12 Km de acesso/ano (R\$)
(Utilizando como base o valor de US\$ 1,00 = R\$ 2,00 no ano de 2012)		
Água (MONENCO, 1986)	US\$ 35,00	R\$ 840,00
Água (Pandey, 2012)	R\$ 300,00	R\$ 3.600,00
Biocat 300 (Lunsford e Mahoney, 2001)	US\$ 1.583,85	R\$ 38.012,00
Eco polymer PM-10 (Schwindt, 2011)	US\$ 3.726,70	R\$ 89.440,00
Base One (Schwindt, 2011)		
Cloreto de Magnésio - 1º ano de uso (Schwindt, 2011)	US\$ 5.300,00	R\$ 127.200,00
Cloreto de Magnésio – 2º ano de uso em diante (Schwindt, 2011)	US\$ 3.750,00	R\$ 90.000,00
Proposta de utilização do produto na Samarco	-	R\$ 295.179,83
Permazyne 11x soil stabilizer (Schwindt, 2011)	US\$ 13.354,00	R\$ 320.496,00

Fonte: Adaptado de Monenco (1986), Lunsford e Mahoney (2001), Schwindt (2011) e Pandey (2012).

Menciona-se ainda que todos esses trabalhos trazem apenas o custo da compra do produto ou já contabilizam, todos os custos associados, por exemplo, os custos com a aplicação nos acessos da mina. Ainda assim, a título de comparação de custos empregados na atividade de aspersão de acessos de mina, estes valores servem como uma base de comparação inicial.

Observa-se que o cálculo realizado para o controle de poeira nos acessos da mina da Samarco utilizando um produto supressor de poeira está na faixa de valor entre o cloreto de magnésio e o Permazyne 11 x Soil Stabilizer.

A fim de buscar dados mais confiáveis e próximos à realidade encontrada na Samarco, procurou-se ainda comparar o valor do estudo teórico realizado com valores encontrados por testes de campo do mesmo produto supressor de poeira, em duas unidades de uma outra importante mineradora. Calculou-se dessa vez o valor mensal da aplicação referente a 1 Km de acesso de mina obtendo os seguintes resultados presentes na Tabela IV.

A Tabela IV mostra que o valor final encontrado para os custos na Samarco está próximo do valor encontrado na Unidade II de uma importante mineradora. Esse valor é importante como resultado neste estudo sinalizando que os cálculos realizados para a obtenção de indicadores do uso do produto supressor de poeira frente ao uso da água foram coerentes.

Além disso, tanto na Samarco quanto na Unidade II dessa importante mineradora, existem características que de certa forma aproximam as minas das empresas tais como: serviço de aspersão dos acessos terceirizado e clima com características semelhantes.

Tabela IV - Custo de aspersão dos acessos da mina com uso de produto supressor de poeira.

Local de aplicação	Gasto mensal apresentado pelas empresas (R\$)	Gasto mensal por Km de acesso (R\$)
Importante mineradora – Unidade II (teste de campo)	37.161,60 para 15 Km	2.477,44
Samarco Mineração S.A – Mina do Germano (estudo teórico elaborado)	29.517,98 para 12 Km	2.459,76
Importante mineradora – Unidade I (teste de campo)	60.000,00 para 12 Km	5.000,00

Fonte: Própria (2012).

Não foi possível encontrar explicação satisfatória para a diferença de valores entre os indicadores econômicos da Unidade I dessa importante mineradora e a área da Samarco.

4. CONCLUSÃO

Os indicadores obtidos apontam ainda que de forma preliminar que existe maior viabilidade econômica na alternativa tecnológica representada pelo uso do produto supressor de poeira na atividade de aspersão dos acessos da mina frente ao uso rotineiro que se faz da água.

Há necessidade de se levantar o fator de eficiência obtido na prática (com testes de campo) para o supressor de poeira, os custos relativos à estocagem de produto e demais custos financeiros, e outros refinamentos que se conseguir para o desenvolvimento de trabalhos mais aprofundados cujo foco seja similar ao que foi conduzido para a Samarco.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Samarco Mineração S.A pelas informações disponibilizadas para realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Carvalho, V. 2013. O Dilema dos Profetas. Revista Ecológico. Disponível em: < <http://www.revistaecologico.com.br/materia.php?id=60&secao=880&mat=951> > . Acesso em: 28 de fevereiro de 2013.

Coelho, V. S. C. 2011. Dimensionamento de uma Rede de Monitoramento Atmosférico para Material Particulado em uma Mineração a Céu Aberto: Estudo de Caso. 92 p. (Monografia Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.

Costa Filho, W. D. 2011. Proposta de Tecnologias Construtivas de Sistema Viário Aplicado à Mineração de Ferro. Ouro Preto, MG, Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, 165 p.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. 2012. Mineração & Economia Verde – Encontro da Indústria para a Sustentabilidade. Brasília, 73 p. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002708.pdf> >. Acesso em: 10 out. 2012.

Kaufman, W. W.; Ault, J. C. 2001. Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual. Disponível em: < <http://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/ic8758.pdf> >. Acesso em: 20 de janeiro de 2013.

Lima, P. G. 2013. Custo-benefício do Uso de um Supressor de Poeira Aplicado no Controle de Emissões Fugitivas de Vias de Acesso de Mina: Um Estudo na Samarco Mineração S.A. (Monografia Graduação em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 116 p.

Lunsford, G. B.; Mahoney, J.P. 2001. Dust Control on Low Volume Roads – A Review of Techniques and Chemicals Used. Seattle, Washington. Disponível em: < http://www.dot.state.ak.us/stwddes/research/assets/pdf/fhwa_lt_01_002.pdf > . Acesso em: 10 de janeiro de 2013.

Midwest. 2010. Haul Road Dust Control - Dust Wetting Additive. Disponível em: < <http://www.midwestind.com/assets/files/Brochures-3-25-11/HRDC-364.pdf> > . Acesso em : 10 de janeiro de 2013.

MONENCO. Montreal Engineering Company. 1986. Highvale Mine Haul Road Dust Control Study. Montreal: TransAlta Utilities Corp.

Pandey, J. K. 2012. Dust Control Practices in the Indian Mining Industry. 12th Coal Operators' Conference. New South Wales, Australia, p. 185 – 192. Disponível em: < <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2067&context=coal> > . Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

Reed, W. R.; Organiscak, J. A. 2008. Haul Road Dust Control - Fugitive Dust Characteristics from Surface Mine Haul Roads and Methods of Control, 4 p. Disponível em: < <http://stacks.cdc.gov/view/cdc/8897/> > . Acesso em: 10 de março de 2013.

SAMARCO. 2011. Relatório Anual de Sustentabilidade, 108 p. Disponível em: < <http://www.samarco.com.br/uploads/e9drjadqx.pdf> > Acesso em: 16 out. 2012.

Schwindt, F. 2011. Investigation of Methodologies to Control Dust on County Roads in Western North Dakota. North Dakota, United States of America. Disponível em: < https://cms.oilresearch.nd.gov/image/cache/Dust_Control.pdf > . Acesso em: 10 de janeiro de 2013.