

Modelagem Geoquímica de Coberturas Secas para Mitigação de Drenagem Ácida

Emerson Santiago Corrêa
Bolsista PCI, Técnico de Química.

Paulo Sérgio Soares
Orientador, Eng^o. Químico, D. Sc.

Resumo

A Drenagem Ácida de Minas (DAM) é hoje uns dos principais causadores das poluições de rios e lagos do mundo, e assim como observado neste, esse problema pode ser encontrado em alguns lugares da região Sul do Brasil. Esta situação implica no crescimento das espécies da região, pois é uma grande poluidora de solos e rios da mesma (Borma et al., 2001). Com o conhecimento deste problema, foi desenvolvido o trabalho de pesquisa com o objetivo de reproduzir através de ensaios em colunas, a DAM que ocorre no campo. A Coluna 1 representa o modo de contato direto do rejeito de minério com o ambiente, a Coluna 2 com uma cobertura de argila minimiza o contato do minério com o ambiente, assim, fazendo com que ocorra uma grande diminuição na geração da DAM. Para que dados obtidos sejam observados, é preciso que se tenha um acompanhamento através de análises de metais como de Alumínio, Ferro, Manganês, Zinco, Sulfato, Cobre, pH e EH.

1. Introdução

O carvão mineral é um combustível fóssil natural extraído do subsolo por processos de mineração. É um minério não-metálico, que possui cor preta ou marrom e grande potencial combustível. Este, uma vez queimado libera uma elevada quantidade de energia (O'KANE, M. A. & BARBOUR, S.L. 2003). É constituído basicamente por carbono, quanto maior o teor de carbono encontrado mais puro será o carvão, e magnésio, que ao ser encontrado estará na forma de betume (mistura sólida ou semi-sólida, formada por compostos químicos "hidrocarbonetos", que é encontrado de forma natural).

Sua classificação como combustível fóssil, é dada porque as jazidas desse minério se formaram há milhões de anos; quando extensas florestas foram submersas, fazendo com que os restos de vegetais, que são ricos em carbono, se transforma em um elemento denso que com o tempo passa a ser um material rochoso. O carvão também pode ser classificado em turfa, linhito, antracito e hulha, essa distinção existe em razão das condições ambientais e época de formação (BARBOSA, J. P. *et al* 2001).

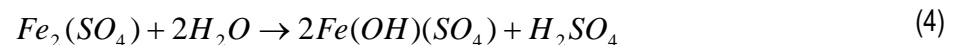
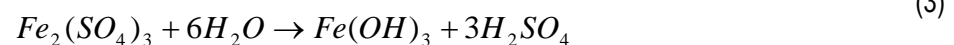
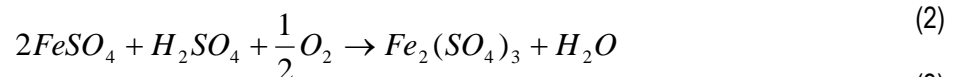
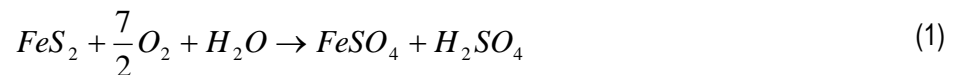
O carvão, tem sido utilizado especialmente no aquecimento de fornos de siderúrgicas, nas indústrias químicas (produção de corantes), na fabricação de explosivos, inseticidas, plásticos, medicamentos, fertilizantes e na produção de energia elétrica nas termoelétricas. O carvão mineral teve seu uso difundido bem antes do

descobrimto do petróleo como fonte de energia. No século XVIII surgiram máquinas movidas a vapor, que permitiram a substituição da força animal pela mecânica (KOPEZINSKI, I 2000).

Contudo, a extração do carvão, tem sido muito prejudicial ao meio ambiente, já que, no processo de extração, o (rejeito) de menor ou nenhum valor comercial, é colocada em contato com o ambiente na forma de uma pilha (G.B. Davis 1987). O rejeito então exposto à mudança climática, onde o calor colabora na extração feita por microorganismos localizados no próprio minério e o oxigênio presente na atmosfera faz a oxidação do mesmo e juntamente com a chuva promovendo a DAM (Drenagem Ácida de Minas) que é muito prejudicial ao solo e rios da região (FIGUEREDO, N. *et al.* 1995). Foi nesta proposta de minimizar com a DAM que se desenvolveu a esta linha de trabalho.

A drenagem ácida ocorre em áreas no qual o mineral a ser extraído da mina e transportado para usina de beneficiamento (lavrado) encontra-se sob forma de sulfetos, ou quando os sulfetos estão associados a rochas encaixantes (KOPEZINSKI, I 2000). O mineral passa pelo processo de beneficiamento em que o rejeito (material sem valor econômico), é separado do carvão. O beneficiamento tem como objetivo a redução das impurezas associadas ao carvão. Os resíduos das minas ricos em sulfetos, estéreis e rejeitos provenientes do beneficiamento, ao ficarem expostos à água e ao ar principalmente, oxidam-se, e geram acidez. O produto da oxidação é o ácido sulfúrico que aumenta assim a acidez da água (Borma *et al.*, 2001). O carvão brasileiro é do tipo betuminoso e sub-betuminoso, com elevado teor de pirita (FeS_2) e metais pesados (MORENO, J. A. 1961).

Estas etapas relacionadas à DAM, podem ser representados através das reações descritas a seguir.



Onde:

(1) Produz sulfato ferroso e ácido sulfúrico;

(2), (3) e (4) **Sulfato Ferroso** → Oxidação → **Sulfato Férrico** → Água → **Hidróxido Férrico e Sulfato Básico de Ferro**, que alteram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

A minimização do efeito da drenagem ácida de minas (DAM) pode ser feita com o uso de coberturas secas, cuja viabilidade é função da disponibilidade de materiais locais e do conhecimento detalhado do campo em relação às condições climáticas diárias e sazonais. A utilização de modelos matemáticos, bem como o

monitoramento em campo com instrumentação adequada, constitui uma etapa importante no projeto de cobertura secas (Borma *et al.*, 2001).

2. Materiais e Métodos

2.1. Homogeneização

Para dar o início ao processo de observação comportamental da DAM através de ensaios em colunas, foi feita uma homogeneização com o rejeito da Carbonífera Criciúma S/A, Forquilha – SC. Esta obedeceu ao método de pilhas longitudinal, utilizando de 10 kg, que foi quarteada e tirada amostras de 1 Kg que foram adicionados como recheio das colunas, como podemos observar na foto a seguir:

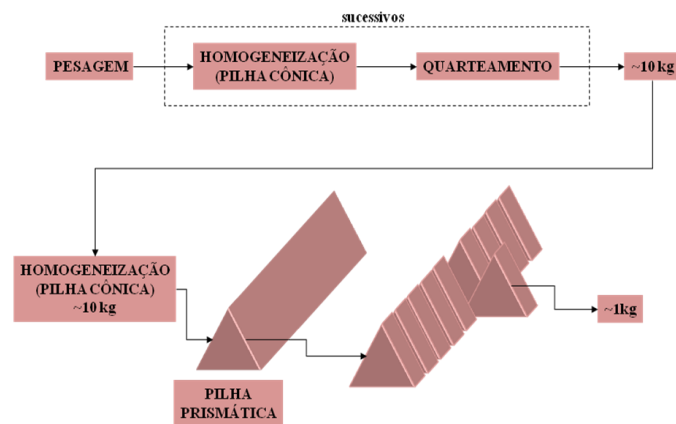


Figura 1: Representação do método utilizado para Homogeneização do rejeito utilizado.

2.2. Montagem das Colunas para o processo de DAM

Para o acompanhamento de mudanças que acontecem no interior das colunas e não só em suas superfícies, foram introduzidos eletrodos nas colunas para leitura e registro de umidade, temperatura, sucção, onde são acompanhados através de um software, que faz as leituras de 40 em 40 minutos e registra a hora e as datas das mesmas, e uma entrada para medição de oxigênio contido na coluna, que é acompanhado pelo aparelho SERVOMEX de uso externo a coluna.

A etapa de preenchimento das colunas ocorreu da seguinte forma, a Coluna 1 (sem cobertura) possui rejeito de minério utilizado como recheio e exposto diretamente com o ambiente, a coluna 2 (com cobertura) possui como recheio o rejeito de minério com uma cobertura do próprio rejeito com diferentes frações granulométricas (rejeito misturado), argila e solo (solo fértil para crescimento de vegetais). Como nos mostra a figura a seguir:

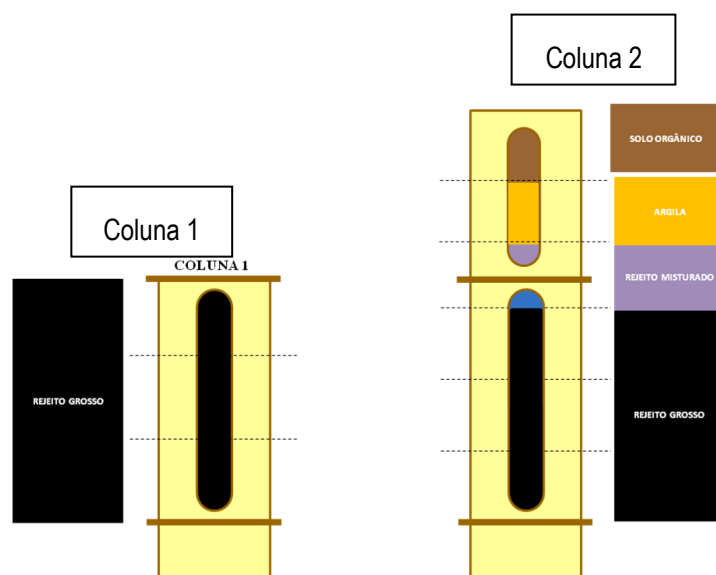


Figura 2: Esquema de montagem das colunas 1 e 2.

Foi montado um sistema de circulação de água com uma vazão de 2 ml/ minuto, representando a chuva que entra em contato com as pilhas gerando a DAM, e estipulado o tempo de contato da mesma com a superfície das colunas para uma semana com irrigação e outra sem irrigação representando assim uma semana chovendo sobre as pilhas e na semana seguinte apenas o contato da mesma com o ar.

Após a montagem das colunas foi dado início aos ensaios de acompanhamento dos parâmetros de avaliação da DAM, que são obtidos através de análises como Alumínio, Ferro, Manganês, Zinco, Sulfato, Cobre, pH e EH, feitas por Absorção Atômica (Spectra AA50B Atômico Absorption Spectrometer) , Espectrofotometria Visível (Cary 50 Conc UV Visible spectrophotometer), aparelho analisador de O₂ (SERVOMEX 5200 Multi Purpose) dentro da coluna e pHmetro (mPA-210).

3. Resultados e Discussão

Para a obtenção dos resultados mostrados a seguir, foi usado como material para análise, a água coletada após percolação nas colunas (separadamente em cada coluna), proveniente da simulação da chuva sobre as colunas, comparando-se então as mudanças ocorridas nestas.

3.1. Análise de Ferro

Para a obtenção destes resultados foi utilizado o aparelho de Absorção Atômica (Spectra AA50B Atômico Absorption Spectrometer) calibrado em 248,3 nm (nanômetros), corrente da lâmpada equivalente a 5,0 mA e Ar/ Acetileno.

Tabela 1. Resultados comparativos da análise de Ferro feita nas colunas 1 e 2.

Amostra Coluna 1	Média de resultados Coluna 1 (mg/L)	Amostra Coluna 2	Média de resultados Coluna 2 (mg/L)
07/05- 12/05	4600,00	07/05- 12/05	274,21
18/06- 21/06	3978,25	18/06- 21/06	349,65
28/07- 04/08	3711,83	28/07- 04/08	294,21

3.2. Análise de Sulfato

Para a obtenção destes resultados foi utilizado o aparelho de Espectrofotometria Visível (Cary 50 Conc UV Visible spectrophotometer) calibrado com o comprimento de onda igual a 410 nm (nanômetros).

Tabela 2: Resultados comparativos da análise de Sulfato feita nas colunas 1 e 2.

Amostra Coluna 1	Média de resultados Coluna 1 (mg/L)	Amostra Coluna 2	Média de resultados Coluna 2 (mg/L)
07/05- 12/05	17066,67	07/05- 12/05	3346,66
18/06- 21/06	16935,02	18/06- 21/06	3152,16
28/07- 04/08	16911,83	28/07- 04/08	3128,67

3.3. Aferição de pH

Para a obtenção destes resultados foi utilizado o aparelho pHmetro (mPA-210) calibrado com os tampões 4 e 7. Em relação ao pH observado na água coletada após percolação na Coluna 1 (sem cobertura) observou-se seu caráter mais ácido com um pH médio em torno de 1,80, e em relação a Coluna 2 (com cobertura) o pH médio foi em torno de 3,00 .

3.4. Aferição de Oxigênio

Para a obtenção destes resultados foi utilizado o aparelho analisador de oxigênio (SERVOMEX). Esta é feita em sete diferentes pontos sendo eles numerados de 1 à 3 na Coluna 1 e de 4 à 7 na Coluna 2.

Tabela 3: Resultados comparativos da análise Oxigênio nas colunas 1 e 2

Pontos de Coleta	Média da % de O ₂	Média da % de O ₂	Média da % de O ₂
	07/05- 12/056	18/06- 21/06	28/07- 04/08
1	6,5	9,56	8,02
2	11,1	13,5	12,9
3	18,1	18,84	18,9
4	1,2	0,34	0
5	0	0	0
6	0	0	1,02
7	0	0	4,9

4. Conclusão

Foi observado que a Coluna 1 (sem cobertura), apresentou maior teor de sulfato na amostra coletada, o que contribui para que a água percolada pela coluna 1 apresente menor pH do que o observado na mesma amostra coletada na coluna 2 (com cobertura). Isto pode ser explicado devido a maior difusão de O₂ , pela coluna 1(sem cobertura) promovendo uma maior taxa de oxidação em relação a coluna 2 (com cobertura).

De acordo com a tabela 1 pode – se concluir que a extração de ferro observada na coluna 1 (sem cobertura) foi maior do que extração do mesmo elemento quando comparada com a coluna 2 (com cobertura) , isto pode ocorrer devido ao fato da coluna 1 apresentar uma maior taxa de oxidação e acidez na sua água de percolação gerando assim uma lixiviação mais acentuada do metal em questão.

5. Agradecimentos

Agradeço a Deus primeiramente por ter me dado a oportunidade de caminhar e buscar mais de mim em tudo que eu faço, à minha família, aos funcionários do CETEM-CPMA/SETL, e as pessoas que me acompanharam no desenvolvimento deste trabalho me ajudando e me ensinando mais sobre a área que trabalho.

6. Referências Bibliográficas

BARBOSA, J. P. et al (2001). Projeto Conceitual para Recuperação Ambiente da Bacia Carbonífera Sul Catarinense, Vol I, RT/ 33/2000 - Relatório Técnico elaborado p/ SIESCEC. Volumes I, II e III.

BORMA, L.S., MENDONÇA, R. & SOUZA, V. P. (2001). Processo de Mitigação da Formação de Drenagens Ácidas Utilizando Coberturas Secas. Projeto Básico da Unidade Piloto e da Instrumentação - Avaliação Preliminar dos Custos de Instalação e Operação de piloto, RT 2002-038-00- Relatório Técnico elaborado para o SIECESC, 126p.

FIGUEREDO, N. ET AL. Gerenciamento de rejeitos da lavra de minério de urânio do CIPC. In: REGEO' 95/ Simpósio sobre Barragem de Rejeito e Deposição de Resíduos,3, Escola de Minas/ Universidade Federal de Ouro Preto. 1995

G.B. Davis, A.I.M. Ritchie, A model of oxidation in pyritic mine wastes. Part 3. Import of particle size distribution, Appl. Math. Modell. 11 (1987) 417–422.

KOPEZINSKI, I. Mineração x Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e seus Processos Modificadores, Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2000, 103 p.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

O'KANE, M. A. (2002) - CANMET - CETEM Manual on Cover System Design for Reactive Mine Waste. Report No. 689-01 prepared for CANMET-CETEM, June.

O'KANE, M. A. & BARBOUR, S.L. (2003). "Predicting Field Performance of Lysimeters Used to Evaluate Cover Systems for Mine Waste", Proceedings of the 6th International Conference for Acid Rock Drainage, Australia, July.

