



Tratamento de chorume de aterro sanitário empregando um coagulante produzido a partir de rejeito de carvão

R.M.S. Fagundes¹, J.C.S.S. Menezes,¹ I.A.H. Schneider¹

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Centro de Tecnologia – Campus do Vale

¹LEAmet - Laboratório de Estudos Ambientais para a Metalurgia
e-mail: rosangela@fagundes.com, jean.menezes@ufrgs.br, ivo.andre@ufrgs.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar o tratamento de lixiviado de aterro sanitário com o coagulante sulfato férrico produzido a partir da oxidação da pirita presente em rejeitos de carvão. O lixiviado de Aterro Sanitário foi coletado no Aterro do Município de Campo Bom no Vale do Rio dos Sinos – RS. Pesquisou-se o efeito da dosagem do coagulante e avaliou-se comparativamente o desempenho do coagulante obtido a partir da oxidação da pirita com um coagulante comercial produzido a partir da dissolução de sucata ferrosa em ácido sulfúrico. Os resultados obtidos mostraram que a dosagem necessária para a coagulação do lixiviado é de 1 g/L. Ambos reagentes proporcionaram reduções significativas na carga orgânica, metais pesados, nutrientes e bactérias do grupo coliforme. Desta maneira, surge uma nova alternativa para o tratamento primário do chorume com o uso de um coagulante gerado a partir de rejeito de carvão.

Palavras-chave: Chorume, Coagulação, Tratamento de Efluentes

Área Temática: Tecnologias Limpas

Abstract

The aim of this work was to study the treatment of a municipal landfill wastewater with a ferric sulphate rich coagulant produced from the oxidation of the pyrite present in coal tailings. The wastewater was obtained from Campo Bom Municipal Landfill (RS, Brazil) in the Rio do Sinos Valley. It was investigated the best dosage of the coagulant and the performance was compared to the conventional ferric sulphate coagulant produced from dissolution of iron scraps in sulphuric acid. The results showed that the dosage necessary for coagulation is of 1 g/L. Both reagents allowed the reduction of organic load, heavy metals, nutrients and bacteria of coliform group. It was possible to conclude that the coagulant produced from the pyrite present in coal tailings is a good alternative to treat municipal landfills.

Key words: Municipal Landfill Wastewater, Coagulation, Wastewater Treatment

Theme area: Clean technology



1 Introdução

A disposição em aterros sanitários é a técnica mais utilizada para a destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. O lixo em decomposição, juntamente com a água proveniente principalmente da chuva, gera um lixiviado (comumente chamado de “chorume”) que percola até a base do aterro, a partir de onde deve ser drenado. Esse líquido é escuro e apresenta forte odor, com alto potencial patogênico e toxicológico. O manejo inadequado do “chorume” ou falhas na impermeabilização do aterro podem comprometer o meio-ambiente local, na medida em que este efluente pode se tornar uma fonte de contaminação do solo, das águas subterrâneas ou superficiais (IPT/SEMPRE, 1995).

Normalmente, o chorume é tratado por uma seqüência de processos biológicos (Bidone e Povinelli, 1999; Amaral, 2005). Entretanto, novas tecnologias têm sido estudadas para o tratamento, incluindo principalmente processos oxidativos avançados (Pacheco e Peralta – Zamora, 2004; Moraes e Povinelli, 2005). O tratamento dado ao chorume visar atender os limites de emissão de efluentes estabelecidos pela legislação em vigor (no Brasil, a Resolução CONAMA nº357/2005; no Rio Grande do Sul, a Resolução CONSEMA nº128/2006).

Estudos realizados por Konarzewski e Schneider (2009) demonstraram que o potencial poluidor do chorume pode ser minimizado pelo tratamento conjunto do chorume com a drenagem ácida de minas. A drenagem ácida de minas é resultante da oxidação do mineral pirita (FeS_2) na presença de ar e água, onde produção da oxidação da pirita são o ferro, na forma Fe^{2+} e Fe^{3+} , íons H^+ e sulfato (Kontopoulos, 1998). Dada às devidas condições oxidantes, a drenagem ácida é uma fonte de sulfato férrico, com eventuais contaminantes decorrentes da solubilização de alguns metais existentes na rocha, como alumínio, manganês e zinco. Assim, a drenagem ácida age como agente coagulante removendo os sólidos suspensos presentes no chorume. Porém, como a concentração de ferro na drenagem ácida de minas é baixa, a proporção de DAM:chorume necessária para o processo é elevada (de até 6:1), aumentando muito a carga hidráulica na operação de tratamento.

Para minimizar este efeito, Menezes et. (2009) desenvolveram um processo de produção de um coagulante férrico a partir da pirita presente em rejeitos e carvão por técnicas hidrometalúrgicas. O coagulante apresenta uma concentração de ferro de no mínimo 12%, atendendo as exigências do mercado. A vantagem deste reagente é que foi produzido a partir de um resíduo da mineração de carvão, a baixo custo, sem insumos químicos; pois o sulfato férrico comercial é geralmente produzido a partir da dissolução de sucata metálica com ácido sulfúrico.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar o tratamento de chorume com o coagulante sulfato férrico produzido a partir da pirita (SF-Pirita) presente em rejeitos de carvão de forma comparativa com um coagulante comercial produzido a partir de sucata metálica (SF-Sucata).

2 Materiais e métodos

A produção do coagulante sulfato férrico a partir da pirita (SF-Pirita) foi realizada utilizando rejeito de carvão (com cerca 22% de enxofre pirítico) proveniente da Mina do Recreio, Município de Butiá, RS. O material foi britado e peneirado para atingir granulometria entre 2 e 6 mm para a execução do procedimento de lixiviação. A lixiviação foi conduzida em escala laboratorial em uma coluna cilíndrica de vidro, com 30 cm de altura e 7 cm de diâmetro, recheadas com 1 kg rejeito de carvão. A coluna atuou como um reator de



leito empacotado, contando com um sistema de aspersão e um sistema de coleta do lixiviado, em circuito fechado. A recirculação foi realizada por uma bomba peristáltica Sarle modelo 180 e mangueiras flexíveis de látex, ambos resistentes à acidez do meio. O experimento ocorreu por um período de 5 semanas, quando o extrato foi recolhido e evaporado. Detalhes da metodologia de produção do coagulante podem ser encontrados em Menezes et al (2009).

O coagulante comercial sulfato férrico (SF-Sucata), produzido a partir de sucata ferrosa, foi fornecida pela Empresa Sulfato RioGrande. A Tabela 1 apresenta a composição dos coagulantes em termos de metais.

Tabela 1 - Composição química do sulfato férrico produzido a partir da pirita (SF-Pirita) e do sulfato férrico produzido a partir da sucata (SF-Sucata).

Parâmetros	SF-Pirita	SF-Sucata
Ferro (mg/L)	107.811	115.000
Alumínio (mg/L)	3,6	4419,2
Cálcio (mg/L)	103,8	56,7
Cromo (mg/L)	0,6	305,0
Cobre (mg/L)	1,2	11,5
Magnésio (mg/L)	145,2	160,6
Manganês (mg/L)	3,9	1.585
Chumbo (mg/L)	9,0	15,2
Zinco (mg/L)	24,9	22,4

A amostra de chorume foi coletada no Aterro Sanitário do Município de Campo Bom (Figura 1). Neste aterro, o chorume gerado no aterro é armazenado em lagoas, o que permite um processo de biodigestão. Quando a lagoa encontra-se no limite de sua capacidade, o chorume é tratado por coagulação e descartado. A amostra empregada no presente trabalho foi retirada da lagoa de armazenamento, preservada a 4°C e utilizada nos experimentos em um período inferior a 24 horas da coleta.



Figura 1. Aterro Sanitário do Município de Campo Bom
Fonte: Prefeitura de Cambo Bom



Inicialmente, o tratamento do chorume foi realizado em teste de Jarros, em pH 7,0, variando-se a concentração do coagulante SF-Pirita. Os experimentos foram realizados com 1 L de amostra. O reagente foi adicionado sob agitação 60 rpm rápida a qual foi mantida por 2 minutos. A seguir, baixou-se a rotação para 20 rpm, a qual foi mantida por 5 minutos. Após, parou-se a agitação e o sistema foi mantido em repouso por 10 minutos. O sobrenadante foi separado para a análise de cor e turbidez. Em função destes dois parâmetros definiu-se a melhor dosagem do reagente.

Na melhor condição de tratamento, realizaram-se dois experimentos comparativos entre o SF-Pirita e o SF-Sucata. O sobrenadante foi analisado em relação aos seguintes parâmetros de qualidade da água: alumínio total, chumbo total, cobre total, coliformes totais, cor, *Escherichia coli*, cromo total, DBO₅, DQO, ferro total, manganês total, níquel total, nitrogênio Kjeldahl Total (NKT), sólidos suspensos totais, sulfato total, turbidez, e zinco total. Todas as análises seguiram os procedimentos descritos no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005). A quantidade de lodo gerada foi medida por filtração, em termos de massa (em base seca) por unidade de volume.

A partir dos resultados, calculou-se a eficiência de remoção dos poluentes pela seguinte equação 1:

$$ER(\%) = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

onde C_i é a concentração inicial e C_f a concentração final.

3 Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta uma fotografia com o resultado da clarificação do chorume após o tratamento do efluente com 1000 mg/L do SF-Pirita em pH 7,0. Esta dosagem foi considerada a mais adequada, após estudos que levaram em conta diferentes concentrações do coagulante a base de rejeito de carvão (SF-Pirita) (Tabela 2). Pode-se verificar que a dosagem mínima para o tratamento do chorume por coagulação é de aproximadamente 1000 mg/L, obtendo-se um efeito de coagulação nítido e uma significativa redução da cor e turbidez.



Figura 2 - Fotografia do chorume bruto (direita) e após o tratamento com o SF-Pirita (esquerda)



Tabela 2 – Efeito da concentração do coagulante SF-Pirita na remoção de cor e turbidez do chorume

Dosagens de SF –Pirita (mg/L)	pH	Cor (Hazen)	Turbidez (NTU)	Efeito Coagulação
1250	7,1	80	15,1	Sim
1000	7,1	101	16,4	Sim
750	7,0	151	24,2	Insipiente
500	7,0	335	68,5	Não

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de coagulação realizados com o SF-Pirita e o SF-Sucata em uma dosagem de 1000 mg/L dos coagulantes em pH 7,0, juntamente com os padrões de emissão previstos na Resolução no 128/2006 do CONSEMA. Observa-se que, por ser um aterro de pequeno porte, a vazão do lixiviado não excede a 20 m³/dia.

Pode-se observar que ambos os coagulantes promoveram a remoção de carga orgânica, metais, nitrogênio, fósforo e bactérias do grupo coliforme. Para o SF-Pirita, as reduções de DBO₅ e DQO foram de 17 % e 15%, respectivamente. Os metais apresentaram eficiências de remoção de 97 % (Fe), 45% (Mn), 63% (Zn) e os nutrientes de 65% (P) e 24% (NKT). Para o SF-Sucata, a redução do parâmetro de DBO₅ e DQO foi de 9 % e 12%, respectivamente. As eficiências de remoção de metais foram de 99% (Fe), 50% (Zn) e os nutrientes de 98% (P) e 27% (NKT). A concentração de Mn aumentou, o que pode ser explicada pela alta concentração deste elemento no coagulante produzido a partir da sucata metálica. Cabe observar que o SF-pirita apresentou uma menor quantidade de lodo gerado.

Tabela 3 - Características do chorume bruto, tratado com 1000 mg/L de SF-Pirita e tratado com 1000 mg/L de SF-Sucata em pH 7,0

Parâmetro	Chorume bruto	SF - Pirita	SF-Sucata	Padrão de Emissão
Alumínio total (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	10
Chumbo total (mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	0,5
Cobre total (mg/L)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,5
Coliformes totais (NMP/100mL)	16000	45	30	10 ⁵
Cromo total (mg/L)	0,6	<0,003	<0,003	0,5
DBO ₅ (mg/L O ₂)	2510	2074	2289	180
DQO (mg/L O ₂)	7305	6169	6429	400
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Presente	Ausente	Ausente	-
Ferro total (mg/L)	25,4	0,7	0,3	10
Fósforo total (mg/L)	8,68	3,06	0,12	4
Manganês total (mg/L)	3,3	1,8	8,3	1,0
Níquel total (mg/L)	0,111	<0,006	<0,006	1,0
Nitrogênio total Kjeldahl (mg/L)	313,7	287,4	227,6	20
Sólidos suspensos totais (mg/L)	360	12	14	180
Sulfato mg/L)	62,5	63,4	59,1	-
Zinco total (mg/L)	0,4	0,1	0,2	2,0
Cor	-	101	105	-
Turbidez (NTU)	-	16,4	15,2	-
Lodo Seco (g/L)	-	2,6	3,5	-



Os resultados obtidos demonstram que ambos coagulantes são eficientes no tratamento de lixiviados de resíduos sólidos urbanos. Na verdade, observa-se que na maioria dos aterros do Estado do Rio Grande do Sul, não se emprega a coagulação com uma etapa de tratamento, preferindo-se exclusivamente operações de cunho biológico. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a coagulação é altamente eficiente na remoção de vários contaminantes do chorume após uma este passar por uma etapa de digestão biológica (no presente caso, predominantemente anaeróbia). Para esse efluente em particular, o uso de coagulantes férricos são preferíveis, aos coagulantes a base de alumínio, pois apresentam a vantagem de proporcionarem uma maior remoção de fósforo.

Entre os dois coagulantes estudados, sulfato férrico produzido a partir da pirita (SF-Pirita) e o sulfato férrico produzido a partir da sucata (SF-Sucata) o primeiro a apresenta as vantagens de potencialmente poder ser produzido a menor custo (não é necessário adição de ácido sulfúrico no processo produtivo). Ainda, pode ser produzido no Estado do Rio Grande do Sul nas próprias minas de carvão, algumas das quais estão sendo empregadas como aterros de resíduos sólidos urbanos, como ocorre no Município de Butiá. Para este caso em específico, dois impactos ambientais seriam atenuados, uma vez que o custo para tratamento deste chorume seria minimizado pelo benefício da logística operacional.

Conclusões

Os resultados demonstraram que o coagulante produzido a base de rejeito rico em pirita (SF-Pirita) é eficiente no tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos. As soluções obtidas pela evaporação de excesso de água nas amostras, possibilitam as concentrações de ferro para valores iguais ou superiores as soluções comerciais de coagulante de sulfato férrico produzidas a partir de sucata (SF-Sucata). Os resultados demonstraram uma redução de vários parâmetros do chorume, incluindo carga orgânica, microrganismos, metais e nutriente, reduzindo assim o impacto ambiental nos mananciais quando lançado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro para a pesquisa, a Copelmi Mineração Ltda pela amostra de Rejeito de Carvão e a Prefeitura Municipal e a Central de Tratamento de Resíduos Domésticos de Campo Bom – Rio Grande do Sul – pelas amostras de chorume.

Referências bibliográficas

AMARAL, M.C.S. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de lixiviados de aterros sanitários**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.13, n.1, 2008.

APHA- AWWA-WEF, **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 2005, American Public Health Association, Washington D.C.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.



IPT/SEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: IPT, 1995.

KONARSEWSKI, V.H.; SCHNEIDER, I.A.H. **Atenuação de efluente de aterro sanitário utilizando-se a mistura do chorume com drenagem ácida de minas**. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2009. Gramado. Anais..., v.2, 2009, p.219-223.

KONTOPOULOS, A. **Acid mine drainage control**. In: Effluent Treatment in the Mining Industry. Castro, S.H.; Vergara, F.; Sánches, M.A.; (Eds.). University of Concepción, 1998.

MENEZES, J.C.S.S.; SILVEIRA, P.S.; SCHNEIDER, I.A.H. **Potencial de produção de sulfato férrico a partir de rejeitos de carvão dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2009. Gramado. Anais..., v.2, 2009, p.391-396.

MORAES, P. B.; BERTAZZOLI, R. **Degradação fotoelétrica de chorume de lixo gerado em aterros sanitários**. In: III Workshop Brasil-Japão, 2005, Campinas. III Workshop Brasil Japão: energia, meio ambiente desenvolvimento sustentável. Campinas: CORI – Unicamp, v. 1, 2005, p.24-24.

PACHECO, J.R.; PERALTA-ZAMORA, P.G., **Integração de Processos Físico-Químicos e Oxidativos Avançados para Remediação de Aterro Sanitário (Chorume)**. Eng. Sanit. Ambiental v.9, n.4, p.306-311,2004.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual de Meio Ambiente. **Resolução nº128/2006**. Porto Alegre, 24 Nov.2006.