

Regeneração de Sulfato de Alumínio a partir de lodo de ETA e Água de Drenagem Ácida de Mina ⁽¹⁾.

Diana Aurélio Menegaro⁽²⁾; Thainá Fortunato Miguel⁽³⁾; Ana Paula Figueredo⁽⁴⁾; Everton Skoronski⁽⁵⁾; Lucas Domingui⁽⁶⁾.

Resumo Expandido

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital CNPq/VALE S. A. N° 05/2012 e Edital PIBIC 27/2012/PRPPGI, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação.

⁽²⁾ Aluna Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Criciúma, SC; dinimenegaro@hotmail.com;

⁽³⁾ Aluna Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Criciúma, SC;

⁽⁴⁾ Técnica de Laboratório; Instituto Federal de Santa Catarina; Criciúma, SC;

⁽⁵⁾ Professor; Universidade do Estado de Santa Catarina; Lages, SC;

⁽⁶⁾ Professor Orientador; Instituto Federal de Santa Catarina; Criciúma, SC.

RESUMO: O presente trabalho estudou a utilização de água de drenagem ácida de mina (DAM) na recuperação de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ em lodo proveniente de estações de tratamento de água. A DAM utilizada possuía concentração de íons sulfato (SO_4^{2-}) de aproximadamente 12.000 mg/L, concentração de ferro igual a 3400 mg/L e pH igual a 2,3. O lodo de ETA utilizado apresentava concentração de alumínio igual a 1,2 % (m/m base seca). Considerou-se como variáveis do processo a porcentagem de excesso de sulfato presente na solução e o tempo de contato entre resíduos. Os resultados obtidos mostram que em 28 minutos é possível remover 96,67 % do alumínio presente no lodo de ETA com um excesso de 100 % de sulfato, tornando possível o seu descarte sem os problemas causados pela presença de metal na sua composição.

Palavra Chave: Coagulante, Recuperação, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

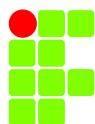
Resíduo sólido oriundo de estações de tratamento de água (ETA), o lodo de ETA, tem sua origem, na maioria das vezes, nos decantadores e representa de 0,3 a 1,0 % do volume de água tratada. Segundo Grandin, Sobrinho e Garcia Jr (1993) o lodo de ETA é constituído, basicamente, de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta, tais como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areias, argila, siltes, cálcio, magnésio, ferro, manganês, etc. Silva, Bidone e Marques (2000) complementam a composição dos lodos com hidróxidos de alumínio em grande quantidade, provenientes da adição de produtos químicos e, em alguns casos, polímeros condicionantes também utilizados no processo.

De acordo com Megda et al. (2005), várias são as possibilidades de aproveitamento dos lodos gerados em ETA, como fertilizantes (CORTÉS et al., 2013), concretos (SALES et al., 2011), modelagem do próprio lodo (GERNAEY et al., 2004), coagulante (NAIR; AHAMMED, 2013), agregados leves

(HUANG; WANG, 2013), no próprio tratamento de água (GÓMEZ-PACHECO et al., 2012), extração de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (CERQUEIRA et al., 2014), produção de clínquer (RODRÍGUEZ et al., 2011), materiais cerâmicos (TEIXEIRA et al., 2011), materiais adsorventes (SISWOYO et al., 2014) entre outros.

Um segundo resíduo, a água de drenagem ácida de mina (DAM) é oriunda de cristais de pirita, associados a rejeitos de beneficiamento de carvão mineral, que sofrem lixiviação e desencadeiam o processo acidificação de águas (GALATTO, et al. 2007). A oxidação do enxofre ali presente leva a formação de íons sulfato (SO_4^{2-}).

Assim, a DAM, rica em íons sulfato, pode ser uma alternativa para recuperação do alumínio presente no lodo da ETA, regenerando o sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, coagulante aplicado no tratamento de água. Nesse contexto, estudou-se a viabilidade do uso da DAM para recuperação de sulfato de alumínio a partir de lodo proveniente de uma ETA.



METODOLOGIA

Materiais e Reagentes

Como fonte de íons Al^{3+} utilizou-se lodo obtido de uma estação de tratamento de águas do município de Lages-SC. O material foi seco em estufa, a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 48 h, e macerado manualmente a tamanhos inferiores a 28 mesh. Este material foi misturado com 100 mL de DAM extraída em um tanque de lixiviação de pirita de uma mineradora do

município de Forquilha-SC, com uma concentração de sulfato de cerca de 12.000 mg/L. Variou-se a quantidade de massa do lodo adicionada à DAM, para gerar diferentes quantidades de excesso de sulfato. As misturas foram mantidas em agitação, em um agitador magnético por 5 (cinco) minutos, com rotação de 200 rpm.

Para obtenção do $Al_2(SO_4)_3$, utilizou-se planejamento experimental, com dois fatores (concentração de íons sulfato e tempo de reação) e dois níveis, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Planejamento experimental para regeneração do $Al_2(SO_4)_3$.

Teste	Excesso SO_4 (%)		Tempo (min)	
	Cod.	Real	Cod.	Real
1	-1	35	-1	28
2	-1	35	+1	88
3	+1	85	-1	28
4	+1	85	+1	88
5	-1,41	0	0	60
6	1,41	100	0	60
7	0	50	-1,41	15
8	0	50	1,41	105
9 (C)	0	50	0	60
10 (C)	0	50	0	60
11 (C)	0	50	0	60

Como relações de concentração lodo/DAM, em g/L, utilizou-se 158,4 (0), 147,2 (35%), 118,8 (50%), 90,9 (85%), 79,2 (100%), conforme planejamento. As amostras de DAM e lodo foram mantidas sob agitação constante durante o experimento e posteriormente filtrada.

Determinação do Sólido Residual

A obtenção do sólido residual deu-se por meio de filtração, secagem em estufa e pesagem após o processo de extração do alumínio.

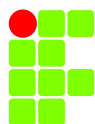
Determinação da Concentração de Sulfato

A determinação de concentração de sulfato foi feita pelo método 8051 (SulfaVer 4 Method), onde o íon SO_4^{2-} presente na amostra reage com o bário presente no reagente SulfaVer4, formando um complexo de sulfato de bário que torna a amostra turva. A turbidez é diretamente proporcional à

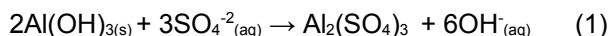
concentração de SO_4^{2-} presente na amostra. O reagente SulfaVer4 também contém um agente estabilizador, para controlar a precipitação da suspensão. Mediu-se de 25 mL da amostra em uma pipeta volumétrica e transferiu-se para um balão de 125 mL, adicionou-se o SulfaVer4 Powder Pillow e agitou-se para dissolver. Aguardou-se 5 minutos necessários para a reação e leu-se a absorvância da amostra preparada em um espectrofotômetro zerado com o branco em 450 nm.

Determinação da Concentração de Ferro e de Alumínio

As análises foram realizadas de forma colorimétrica em um fotômetro (Spectroquant da MERCK), empregando o método para análise de sulfato (método 14564), alumínio (método 14825) e ferro total (método 14549).



RESULTADOS E DISCUSSÃO



Processo de obtenção do coagulante

A extração do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ deu-se através da reação apresentada na Equação 1.

Tabela 2 apresenta os resultados obtidos após a extração do alumínio presente no lodo de ETA por meio da DAM. São apresentados os níveis reais das variáveis utilizadas no experimento a temperatura de 25 °C e rotação de 200 rpm.

Tabela 2 – Resultados obtidos para os experimentos de extração do lodo de ETA.

Teste	Massa lodo seco (g)	Volume de DAM (mL)	Excesso de SO_4^{2-} (%)	Tempo (min)	Massa de lodo extraída (%)	Extração de alumínio (%)	Fe total (mg/L)	SO_4^{2-} Residual (mg/L)
1	14,70	100,0	36	28,0	3,9	30,61	3,14	12.267
2	14,70	100,0	36	88,0	3,1	23,81	3,15	8.533
3	10,00	100,0	100	28,0	5,5	96,67	2,37	8.933
4	10,00	100,0	100	88,0	3,1	50,00	2,64	8.089
5	16,40	100,0	22	60,0	2,3	42,68	3,33	14.445
6	9,40	100,0	113	60,0	2,6	42,55	2,33	10.345
7	11,90	100,0	68	15,0	3,7	43,42	2,75	8.489
8	11,90	100,0	68	105,0	3,1	50,42	2,73	9.556
9	11,90	100,0	68	60,0	1,2	50,42	2,73	7.467
10	11,90	100,0	68	60,0	1,5	39,22	2,63	5.644
11	11,90	100,0	68	60,0	1,5	50,42	2,60	8.311

Os resultados mostram que é possível remover 96,67% do alumínio presente no lodo de ETA com um excesso de 100% de sulfato em 28 minutos de contato. A solução obtida apresentou concentração de sulfato igual 12.800 mg/L, de alumínio igual a 1160 mg/L e de ferro total igual a 3170 mg/L, estes valores mostram que o coagulante formado possuía sulfato de alumínio e sulfato de ferro. O lodo gerado praticamente não apresentou alumínio, podendo ser descartado sem problemas quanto à presença de metal na sua composição

composto presente na DAM, comprometerá os padrões de potabilidade da água.

AGRADECIMENTOS

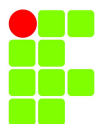
Ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus Criciúma, à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), campus Lages, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão do aporte financeiro para realização do trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o trabalho demonstraram que é possível extrair alumínio do lodo de ETA utilizando DAM como fonte de sulfato e produzindo um coagulante que reduz cor, turbidez e alumínio existentes na água sem tratamento. Outros testes devem ser feitos afim de que a concentração de ferro presente na solução seja controlado, de forma a não comprometer a qualidade da água. Estão sendo realizadas análises da portaria 2914, em laboratório externo, para avaliar se a adição de algum

REFERÊNCIAS

- CORTÉS, J. M.; LARSSON, E.; JÖNSSON, J. Å. **Study of the uptake of non-steroid anti-inflammatory drugs in wheat and soybean after application of sewage sludge as a fertilizer.** Science of The Total Environment, 2013.
- GALATTO, S.L., LOPES, R.P., BACK, A.J., BIF, D.Z., SANTO, E.L. Emprego de coberturas secas no controle da Drenagem Ácida de Mina – Estudos em campo. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2, p. 229-236, 2007.



- GERNAY, K. V.; LOOSDRECHT, C. M.; HENZE, M.; LIND, M.; JØRGENSEN, S. B. **Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art.** Environmental Modelling & Software, 2004.
- GÓMEZ-PACHECO, C. V.; RIVERA-UTRILLA, J.; SÁNCHEZ-POLO, M.; LÓPEZ-PEÑALVER, J. J. Optimization of the preparation process of biological sludge adsorbents for application in water treatment. Journal of Hazardous Materials, 2012.
- GRANDIN, S. R., ALÉM SOBRINHO, P., GARCIA JR, A.D. Desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de água. **Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.** 1993.
- HUANG, C. H.; WANG, S. Y. **Application of water treatment sludge in the manufacturing of lightweight aggregate.** Construction and Building Materials, 2013.
- MARISTELA, B.R. CERRQUEIRA, M. B. R.; GUILHERME, J. R.; CALDAS, S. S. MARINS, M. L.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. G. Evaluation of the QuEChERS method for the extraction of pharmaceuticals and personal care products from drinking-water treatment sludge with determination by UPLC-ESI-MS/MS. Chemosphere, 2014.
- MEGDA, C. R.; SOARES, L. V.; ACHON, C.L. Propostas de Aproveitamento de Lodos gerados em ETAs. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23., 2005, Campo Grande. Coletânea de Trabalhos Técnicos. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
- NAIR, A. T.; AHAMMED, M. M. **The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban wastewater.** Journal of Cleaner Production, 2013.
- RODRÍGUEZ, N.; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, S.; BLANCO-VARELA, M.T; PUIG, J. G.; LARROTCHA, J.; FLORES, J. Evaluation of spray-dried sludge from drinking water treatment plants as a prime material for clinker manufacture. Cement and Concrete Composites, 2011.
- SALES, A.; SOUZA F. R.; ALMEIDA F. C. R. **Mechanical properties of concrete produced with a composite of water treatment sludge and sawdust.** Construction and Building Materials, 2011.
- SILVA, A. P. da; BIDONE, F. R. A.; MARQUES, D. M. Lda M. Avaliação da Lixiviação de Alumínio e da Produção de Ácidos Graxos Voláteis em Reatores Anaeróbios Utilizados para Estudar a Disposição Final de Lodos de ETAs em Aterros Sanitários. In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, XXVII.**, 2000, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: AIDIS, 2000.
- SISWOYO, E.; MIHARA, Y.; TANAKA, S. **Determination of key components and adsorption capacity of a low cost adsorbent based on sludge of drinking water treatment plant to adsorb cadmium ion in water.** Applied Clay Science, 2014.
- TEIXEIRA, S. R.; SANTOS, G. T. A.; SOUZA, A. E.; ALESSIO, P.; SOUZA, S. A.; SOUZA, N. R. **The effect of incorporation of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials.** Applied Clay Science, 2011.