



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

UTILIZAÇÃO DE AMOSTRA DE ZEÓLITA EM TRATAMENTO TERCIÁRIO DE EFLUENTE LÍQUIDO

Marcelo Leote – marcelo_leote@hotmail.com
Universidade La Salle Canoas
Av. Victor Barreto, nº 2288
92010-000 – Canoas – RS

Fernanda Lacerda Fialho – fernandalacerda13@yahoo.com
Universidade La Salle Canoas

Davi Marcos Valduga – valdugadavi@gmail.com
Universidade La Salle Canoas

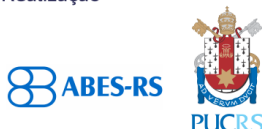
Silvio Roberto Taffarel – silvio.taffarel@unilasalle.edu.br
Universidade La Salle Canoas

Rubens Müller Kautzmann – rubens.kautzmann@unilasalle.edu.br
Universidade La Salle Canoas

Resumo: *O presente estudo tem por objetivo avaliar a capacidade de uma determinada amostra de mineral zeólita natural em realizar a adequação de parâmetros químicos de um efluente líquido para sua disposição final. Para isso, desenvolveu-se um protótipo de escala laboratorial para realizar a filtração de uma amostra de efluente contaminado DAM (Drenagem Ácida de Minas) por metais pesados utilizando como meio filtrante uma amostra de rocha basalto amigdalóide contendo zeólita. O licor de pH ácido, pré e pós-tratamento foi enviado para análise química, que apontou a diminuição e consequente adequação das concentrações dos metais pesados As, Cr e Pb ao final do processo de filtração. Os elementos Hg e Cd não foram detectados, enquanto que o elemento Fe apesar de ter sofrido redução em sua presença não atingiu o mínimo permitido pela resolução vigente para sua disposição. As condições de baixo valor de pH (<3,6) criaram um cenário desfavorável para o tratamento do metal Mn, que apresentou aumento de sua concentração.*

Palavras-chave: *Zeólita, Filtração, Disposição Final de Efluente.*

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

THE USE OF ZEOLITE SAMPLE IN TERTIARY TREATMENT OF LIQUID EFFLUENT

Abstract: *The present study aims to evaluate the ability of a natural sample of zeolite mineral to perform the adaptation of chemical parameters of a liquid effluent to its final disposal. For this, a laboratory-scale prototype was developed to carry out the filtration of a sample of contaminated effluent (Acid Mine Drainage) by heavy metals using a sample of amygdaloid basalt rock infilled with zeolite as filter element. The acidic, pre-treatment and post-treatment liquor were sent for chemical analysis, which indicated the decrease and consequent adequacy of the concentrations of heavy metals As, Cr and Pb at the end of the filtration process. The elements Hg and Cd were not detected, while the element Fe in spite of having suffered reduction in its presence did not reach the minimum allowed by the resolution in force for its disposal. Low pH conditions (<3.6) created a disadvantageous scenario for the treatment of Mn metal, which presented an increase in its concentration.*

Keywords: *Zeolite, Filtration, Effluent Final Disposal.*

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reuso de águas. Para realizar a definição de qual o melhor processo de tratamento para efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento.

Segundo Giordano (1999) são descritos os níveis de tratamento de efluentes líquidos (preliminar, primário, secundário e terciário) e suas aplicações;

Preliminar - destina-se à remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros (areia, terra diatomácea, carvão, pó de pedra e similares), em caixas de areia; sólidos com diâmetros superiores a 1 mm (penas, plásticos, fios e similares), são removidos em peneiras; sólidos com diâmetros superiores a 10 mm podem ser removidos em grades. O nível preliminar compreende também a remoção por diferença de densidade dos óleos e graxas livres em separadores (SA0) de água e óleo (caixas separadoras tipo API, TPI).

Primário - destina-se à remoção de sólidos por sedimentação ou flotação (utilizando-se sedimentadores ou flotadores), ou pela associação de coagulação e floculação química (clarificação físico-química para a remoção de matéria orgânica coloidal ou óleos e gorduras emulsionados). Nesta etapa são removidos normalmente componentes tóxicos (excesso de detergentes, corantes, amidas, etc.), matéria orgânica, gorduras e metais pesados (dissolvidos).

Secundário - destina-se à remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal. Nesta etapa podem ser também removidos os nutrientes: nitrogênio e/ou fósforo.

Terciário - destina-se à melhoria da qualidade dos efluentes tratados pelas remoções de cor residual; turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos refratários aos níveis de tratamento anteriores); e desinfecção do efluente tratado.

Um dos maiores desafios no tratamento de efluentes líquidos industriais, para a adequação dos efluentes tratados aos padrões estabelecidos pela legislação é a remoção de contaminantes específicos, persistentes aos tratamentos secundários (VACLAVIK, 2010). Nestes casos a remoção são utilizadas técnicas de tratamento como: a precipitação química, a absorção em resinas trocadoras de íons e carvão ativado, a ozonização (degradação de compostos orgânicos), a osmose reversa (remoção de

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

concentrações salinas), a ultrafiltração (para partícula submicrométricas) e a eletrodialise, que é a utilização de membranas de troca iônica em campo eletrostático (BORBA, 2006).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a capacidade de remoção de metais pesados de material rochoso in natura originário de horizontes vesiculares preenchidos com zeólitas dos derrames vulcânicos do Grupo Serra Geral. Este material ocorre, com frequência, em áreas de extração de agregados para a construção civil, sendo considerado rejeito ou saibro, com baixo valor de venda. A presença de zeólitas motivou a pesquisa de sua utilização para o tratamento de efluentes industriais, com vista a remoção de cátions solúveis persistentes.

A história das zeólitas começou há cerca de 250 anos, em 1756, com a descoberta da estilbita pelo mineralogista sueco Axel Fredrik Cronstedt. Este mineral parecia ferver quando levado a uma chama. Esta nova família de minerais foi chamada de zeólitas, cuja etimologia tem origem nas palavras gregas "zeo" e "lithos" que significam respectivamente "ferver" e "pedra", ou seja, "pedra que ferve" (GUINET, 2004).

As zeólitas são aluminossilicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos e alcalinos terrosos que possuem estrutura cristalina tri-dimensional. Sua estrutura apresenta canais e cavidades, nas quais se encontram íons de compensação, moléculas de água ou outros adsorbatos e sais. Alto grau de hidratação, baixa densidade, estabilidade da estrutura cristalina, propriedades de troca catiônica, condutividade elétrica, adsorção de gases e propriedades catalíticas são as principais propriedades das zeólitas (LUZ, 1995).

Sua diversa variedade de utilização vai de filtro de gases nocivos para o meio ambiente até resgate e melhoria de solos, nutrição animal ou aditivo para cimento na fabricação de concreto leve destinado à construção. Os diversos empregos da zeólita derivam do seu potencial como intercambiador natural de íons, alto poder de adsorção reversível, e peneira molecular natural, o que permite o seu uso na descontaminação de substâncias tóxicas agressivas. Outra característica muito estudada e já reconhecida é sua capacidade de reter metais pesados, como chumbo, níquel, ferro e cobalto, e purificar tanto a água potável como residual contaminada para ser lançada de maneira apropriada em corpos receptores.

A adsorção corresponde a um processo de transferência de massa, onde constituintes de uma fase fluida (gás, vapor ou líquido) se concentram espontaneamente sobre uma superfície, geralmente uma fase sólida (NÓBREGA, 2001). A adsorção é considerada um fenômeno de superfície porque ocorre nas interfaces, zonas de separação entre as fases do sistema fluido-sólido. Então, na adsorção distinguem-se duas fases: o adsorvente e o adsorbato (também chamado de adsorvato ou adsorvido). Denomina-se adsorvente a substância em cuja superfície (interna e/ou externa) se produz o fenômeno da adsorção e adsorbato a espécie retida pelo adsorvente (CÂMARA *et al.*, 2015). Sob o ponto de vista termodinâmico, a adsorção é um processo espontâneo. Por outro lado, a substância adsorvida se encontra mais organizada que a não adsorvida, o que permite afirmar que se trata de um processo que ocorre com diminuição de entropia. A adsorção é um processo exotérmico e o calor despreendido é chamado calor de adsorção (SING *et al.*, 1985).

A utilização das propriedades de zeólita que ocorrem no Rio Grande do Sul pode vir a contribuir para o cuidado do meio ambiente, no aproveitamento de rejeitos de mineração e produtos de baixo valor em etapas de tratamento de efluentes com ganho tecnologia a sustentabilidade da extração mineral e nos processos de tratamento. A Figura 1 ilustra uma amostra de rocha vulcânica com amígdalas preenchidas com zeólitas.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



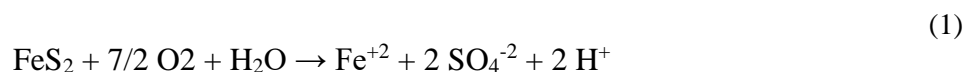
TEMA
meio ambiente,
política & economia

Figura 1 - Amostra de rocha vulcânica com amígdalas preenchidas com zeólitas.

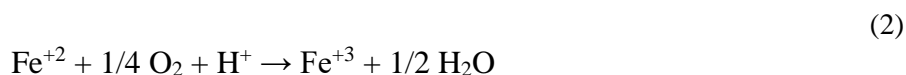


Este trabalho estudou o tratamento de águas ácidas de mina (DAM). A DAM é uma água contaminada caracterizada por altos teores de ferro, alumínio e ácido sulfúrico, razão pela qual pode apresentar coloração esverdeada ou laranja-amarelado a avermelhada, dependendo do estado predominante do ferro (Fe^{+2} ou Fe^{+3} , respectivamente) (SKOUSEN *et al.*, 1998).

A pirita (FeS_2) é o principal mineral sulfetado capaz de produzir drenagem ácida, embora outros sulfetos de menor ocorrência possam também contribuir para o processo. A reação se inicia com a oxidação do sulfeto pelo O_2 atmosférico, produzindo sulfato, Fe^{+2} e íons H^+ em solução, de acordo com a Equação (1) (SINGER & STUMM, 1970).



O Fe^{+2} é oxidado a Fe^{+3} , conforme a Equação (2).

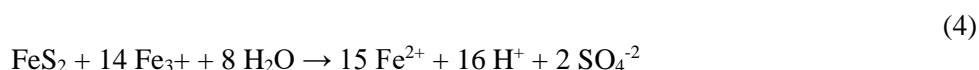


Por hidrólise, produz hidróxido férrico, tornando o meio ácido, conforme Equação (3).

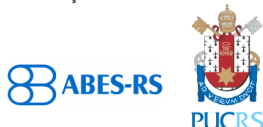


A etapa de oxidação do ferro Equação (2) é considerada limitante no processo, pois ocorre lentamente em meio abiótico. É neste ponto que as bactérias quimiolitotróficas acidófilas como o *Thiobacillus ferrooxidans*, passam a desempenhar um papel fundamental no processo, catalisando as reações de oxidação que podem ser aceleradas em até 10^6 vezes, sendo fundamental o controle do pH no comportamento das reações (PRADO *et al.*, 2011).

A reação de hidrólise do Fe^{3+} ocorre nos estágios iniciais da oxidação da pirita, à medida que exista acúmulo de acidez no meio e o pH diminui a valores menores que 3,5 a reação de hidrólise se limita, aumentando de maneira significativa a concentração de Fe^{+3} na solução. Nessas condições o Fe^{+3} passa a atuar como um receptor de elétrons na superfície dos cristais de pirita, acarretando a oxidação de sulfetos, e produção de ácido, segundo a Equação (4):



Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Segundo Guevara (2007), quando o pH do meio é suficientemente ácido, o Fe^{3+} passa a ser o principal agente oxidante da pirita sendo reduzido a Fe^{2+} , e o O_2 passa a ter um papel indireto na re-oxidação de Fe^{2+} , regenerando o Fe^{3+} , conforme se mostra na Equação (2). Em valores de pH menores do que 4,5, a pirita é oxidada pelo Fe^{3+} Equação (4) muito mais rapidamente do que com o O_2 Equação (1) e gerando rapidamente Fe^{2+} que logo se oxidará a Fe^{3+} Equação (2).

Ao observar o cenário econômico, muitas empresas procuram se tornar competitivas nas questões de redução de custos, minimizando o impacto ambiental e agindo com responsabilidade. Estas empresas perceberam que controlar a geração e destinação dos resíduos constitui-se em uma das formas de economizar, o que propicia maior reconhecimento da sociedade, pois estas organizações não estão preocupadas apenas com a produção sustentável de seus produtos como também com a destinação correta advinda do uso (SHIBAO *et al.*, 2010).

2. METODOLOGIA

O presente trabalho tem caráter de pesquisa exploratória vinculado à pesquisa do uso de rocha contendo zeólitas para fins de tratamento de efluentes. A amostra de rocha contendo zeólita avaliada neste estudo foi coletada em uma pedreira no município de Maquiné, no estado do Rio Grande do Sul. O corpo de rocha utilizado na realização dos testes pesava aproximadamente 5,3 kg possuindo variação de tamanho de corpo de 5 mm até pó de rocha (amostra de rocha de tamanho menor que 425 microns).

Para simular um efluente com alta carga poluente foi gerado um licor ácido a partir de rejeito piritoso do beneficiamento de carvão mineral.

2.1. Preparação da amostra de rocha com zeólita

O material rochoso após britado foi submetido a classificação granulométrica, com base nas Normas NBR-6508 e NBR-7181. Foram utilizadas seis peneiras de diferentes diâmetros de passagem para realizar a classificação em faixas granulométricas da amostra. As peneiras utilizadas foram das marcas Bertel, Paviteste e Granutest.

A amostra foi classificada em faixas de tamanho de pedregulho e areia. A Tabela 1 apresenta os resultados da classificação granulométrica. Do total da massa de amostra com massa de 5,204 kg, aproximadamente 60% do material é constituído por pedregulhos, 20% por areia grossa e o restante por areia média.

Tabela 1 - Dados de entrada e resultados obtidos.

Peneira	Peneira (MESH)	Abertura d# (mm)	Massa retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
1	¾	19,00	333,5	6,45	6,45	93,55
2	3/8	9,50	1.628,2	31,28	37,73	62,37
3	5	4,00	1.230,5	23,64	61,37	38,63
4	10	2,00	928,9	17,84	79,21	20,79
5	18	1,00	1.083,3	20,81	99,9	0,002
6	40	0,42	0,155	0,002	100	0

O material da amostra é considerado como grãos de acordo com a ABNT NBR 6458. Na Figura 2 pode ser visualizado o gráfico de distribuição granulométrica da amostra.

Realização



Correalização

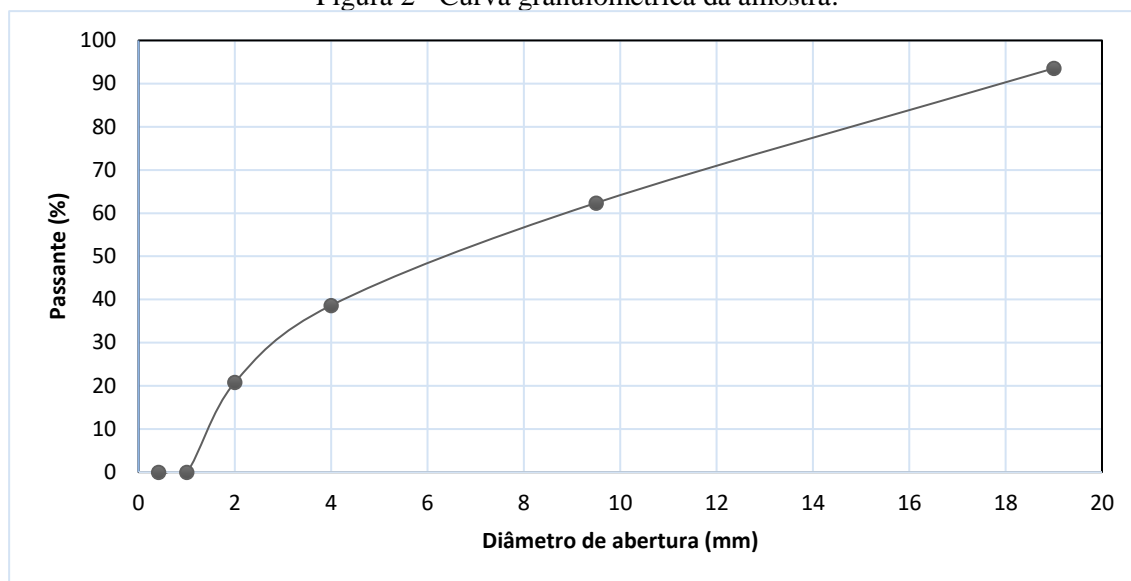


Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Figura 2 - Curva granulométrica da amostra.



A característica granulométrica da amostra atendeu ao planejamento do experimento que foi de preencher a coluna com material filtrante sem risco de colmatação, pela degradação da rocha durante o processo reciclo do licor contaminado. A coluna foi preenchida com 3,4 kg de material filtrante (rocha basáltica contendo zeólita).

2.2. Montagem experimental

Para a produção do licor (efluente) e tratamento deste com rocha contendo zeólita foi utilizada a montagem em coluna de vidro onde a solução foi mantida recirculando (sistema fechado). Os materiais utilizados para a construção da coluna foram: coluna de vidro temperado de formato cilíndrico com altura de 60 cm e diâmetro de 11 cm. Para o bombeamento da solução foi empregada uma bomba de aquário sem especificação de fabricante. Duas mangueiras de comprimento 1,5 m e diâmetro 1 cm interligavam a coluna de vidro contendo as piritas com o recipiente reservatório plástico de capacidade 10 l, onde localizava-se a bomba de aquário submersa no líquido utilizado no processo.

Produção do efluente

Para o experimento, uma massa de aproximadamente 3 kg de rejeito piritoso preencheu a coluna de vidro, recebendo um volume de água de aproximadamente 6 l, em circuito fechado durante 7 dias. Após este período realizou-se a medição do pH com o auxílio do pHmetro da marca Digimed e constatou-se valor aproximado 2,19, ácido.

A montagem em laboratório para a produção da DAM (licor contaminado) pode ser vista na Figura 3.



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Figura 3 - Montagem de produção do licor contaminado.



A verificação visual apontou que a solução apresentava uma coloração amarelada de tonalidade escura. Nestas condições a pirita (FeS_2) solubiliza o ferro e vários metais pesados presentes neste sulfeto.

Tratamento do licor

A coluna de vidro foi então preenchida com a amostra de rocha contendo zeólita, de aproximadamente 3,4 kg, que recebeu em circuito fechado o licor ácido por um período de 35 dias, conforme.

Durante o procedimento de tratamento foi controlado o pH da solução, adicionado água perdida por evaporação e observado o aspecto da solução e do material na coluna. Foram coletadas alíquotas do licor bruto, e de etapas durante o tratamento, após 7 dias, 21 dias e 45 dias, quando o experimento foi concluído.

As alíquotas de licor resultante destas coletas foram submetidas ao processo de filtração à vácuo para a separação das partículas sólidas presentes. Segundo Reis (2010), uma das vantagens da utilização da filtração à vácuo é sua rapidez e eficiência. Para esse fim foram utilizados os seguintes materiais: 01 kitassato, 01 funil de Buchner de porcelana, 01 becker, 01 mangueira de borracha, 01 papel filtrante e 01 bomba de vácuo de marca Primatec.

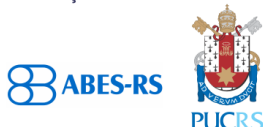
Após filtradas as amostras foram separadas, catalogadas e armazenadas em local acondicionado no laboratório para preservar a integridade das mesmas até o envio para análise. Ao final do experimento foi coletada uma amostra do material rochoso lavado que juntamente com amostra do material rochoso in natura foram enviados para análise química. As análises químicas da rocha e licores foram realizadas na SGS Geosol. A abertura das amostras de rocha foi parcial, utilizando água régia. Os ensaios analíticos foram feitos em ICP – espectrometria de Plasma Indutivamente Acoplado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O licor (DAM) produzido em laboratório apresenta uma concentração em metais com valores muito acima daqueles que ocorrem em interiores das cavas de mina, sujeitos a diluição e precipitação, como também em relação aos efluentes tratados. Portanto, os resultados a seguir discutidos não pretendem trabalhar uma situação real, mas sim avaliar o comportamento do material rochoso frente a uma condição extrema de acidez e elevados níveis de contaminantes.

Como era esperado o licor de DAM apresentou pH muito ácido de 2,19. Esta solução aquosa em contato com material mineral promoveu a dissolução de fases silicáticas reativas e a matriz

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

amorfa da rocha. Foi adicionada a Tabela 2 os limites de concentração admitidos para lançamento de efluentes conforme a Resolução CONAMA N°430/2011.

Tabela 2 - Concentração dos principais elementos contidos nas amostras de licor antes e durante o tratamento por filtração em coluna e os seus respectivos pH.

Elementos	Unidade	Amostra 1 (20/04/2017)	Amostra 2 (27/04/2017)	Amostra 3 (11/05/2017)	Amostra 4 (25/05/2017)	CONAMA
Ag	mg/L	1,14	0,83	0,13	0,39	0,10
As	mg/L	11,20	0,20	<0,10	<0,10	0,50
Cd	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,20
Cr	mg/L	0,38	0,07	<0,05	<0,05	0,10
Cu	mg/L	0,10	1,30	2,01	1,33	1,00
Fe	mg/L	5.890,80	4.340,30	623,40	1,98	15,00
Hg	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Mn	mg/L	3,88	86,59	119,34	85,18	1,00
Ni	mg/L	5,82	6,07	6,34	4,92	2,00
Pb	mg/L	2,19	<0,08	<0,08	<0,08	0,50
Zn	mg/L	3,21	2,91	3,30	2,46	5,00
pH	-	2,19	3,61	3,47	3,02	5,00 a 9,00

Os resultados mostram que durante o tratamento houve flutuações no pH, que apesar de apresentarem valores de pH acima do valor inicial, ainda mantendo condições de elevada acidez. Além do pH os valores de concentração de Fe, Mn e Cu não atendem aos padrões estabelecidos pelo CONAMA. O efeito da dissolução de minerais contidos na rocha influenciou a elevação dos níveis de concentração, principalmente do Mn, e do Cu em menor grau. O manganês (Mn^{2+}) é um elemento de difícil remoção, pois conforme a literatura necessita um pH entre 9,5 e 10 para que surja em forma de precipitado (LIMA, 1996).

No entanto, houve a redução significativas nas concentrações de As, Cr, Ni e Pb a níveis aceitáveis segundo o CONAMA. A concentração de Ag também foi reduzida, porém ainda ficou acima do nível aceitável.

Dois contaminantes de alta toxidez, o Cd e o Hg não foram detectados no licor, o que indica, que estes elementos, mesmo que presentes no rejeito piritoso, não foram remobilizados. Por sua vez, é importante ressaltar o fato da remoção do As e Pb, já na primeira semana de tratamento, atingindo níveis aceitáveis frente ao CONAMA, enquanto o Cr alcançou o valor de aceitação na segunda semana.

Este estudo exploratório não permitiu ainda uma compreensão sobre os mecanismos de remoção de contaminantes. O ataque ácido à rocha pode ser observado pela geração de material argiloso de cor avermelhada, possivelmente hidróxidos metálicos de Fe e Al.

Acredita-se que parte do ferro envolvido na geração deste precipitado argiloso tenha procedência do ferro dissolvido no licor bruto, haja vista a significativa redução a concentração de Fe durante o tratamento. A concentração de ferro no licor bruto de 5.890,8 mg/l, sofreu grande redução após 21 dias de tratamento, chegando a atingir a concentração de 623,4 mg/l, ainda elevada para o padrão de emissão.

É possível também que a formação do material argiloso tenha carreado total ou parcialmente os demais metais dissolvidos.

O mecanismo de adsorção de cátions metálicos na estrutura porosas, com carga negativa das zeólitas também pode ter contribuído para a remoção destes elementos, principalmente aqueles de

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

menor tamanho, como Pb e Cd. As análises composicionais de amostras in natura e pós-tratamento do agregado de rocha utilizado no experimento. No entanto, os resultados não corroboram com evidências ao mecanismo de adsorção em zeólitas.

Um comparativo entre a composição química das amostras de rocha, antes e depois do tratamento, está apresentado na Tabela 3. Por tratar-se de amostras de agregados grosseiros, de um horizonte rochoso de textura e composição heterogênea das suas amígdalas, é grande o risco de obter-se duas amostras de composições química com valores distintos. Esta variabilidade se amplia se comparar as concentrações de substâncias traço, como é o caso dos elementos tóxicos As e Pb.

Tabela 3 - Quantificação dos principais elementos contidos nas amostras de zeólita pré e pós processo de tratamento por filtração.

Elemento	Unidade	Amostra 1 (20/04/2017)	Amostra 2 (05/05/2017)
Ag	ppm	<0,01	<0,01
Al	%	3,07	2,93
As	ppm	6,00	2,00
Ba	ppm	119,00	143,00
Cd	ppm	0,04	0,03
Cr	ppm	11,00	12,00
Cu	ppm	39,00	48,90
Fe	%	4,40	4,43
Hg	ppm	0,21	0,01
Li	ppm	8,00	7,00
Mn	ppm	466,00	490,00
Ni	ppm	14,90	14,70
Pb	ppm	9,10	8,20
S	%	0,20	0,07
Sc	ppm	10,50	12,20
Sr	ppm	338,30	436,20
Zn	ppm	62,00	59,00

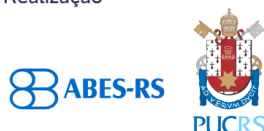
Observar-se que a expectativa de haver aumento da concentração dos elementos As e Pb na amostra tratada em relação a amostra in natura não ocorreu. Pelo contrário, estes elementos apresentaram concentrações menores na amostra após o tratamento. Não foi notado também redução significativa do Al, enquanto o Fe que foi idêntica para as duas amostras.

As diferenças de diminuição e aumento de percentagem podem ser resultantes dos processos de lixiviação e argilificação, pois houve diminuição de massa (elementos foram perdidos), enquanto que os elementos que permaneceram na amostra podem ter tido ganho percentual, como o Cu, Fe, MN, e Sr.

4. CONCLUSÕES

O uso de rocha basalto amigdalóide, contendo zeólitas no tratamento de uma DAM, com alto potencial contaminante, utilizando zeólita natural se mostrou eficaz para a diminuição e adequação

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
**meio ambiente,
política & economia**

dos metais pesados As, Cr, Pb à legislação em vigor. Contudo, faz-se necessário realizar tratamento para promover a precipitação e remoção de elementos como o Fe e Mn. Ambos elementos se apresentaram em altas concentrações em todas as amostras, o que indica um cenário desfavorável para o sistema proposto. Visto as diferenças de concentrações para cada amostra de licor analisado fica evidente a influência do tempo e do pH da solução com relação a remoção dos elementos tóxicos da solução.

O trabalho de caráter de pesquisa exploratória atendeu as expectativas ao apresentar resultados positivos que comprovaram a redução de elementos contaminantes. Todavia, por se tratar de uma primeira abordagem, cria um espaço para a realização de adequações visando otimizar e agregar novas operações em busca de aumento de eficiência nos processos.

Considerando o que foi exposto, incentiva-se a realização de estudos futuros mais aprofundados na amostra de zeólita objeto desse plano. A literatura indica que a realização da caracterização morfológica da zeólita natural auxilia a entender sua capacidade em adsorver metais pesados, podendo assim, indicar uma pré-disposição de uma determinada amostra em realizar a adequação das concentrações de determinados metais pesados em um efluente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERGS e CAPES/PROSUC pelo aporte em recursos e bolsa à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura de 4,8 mm.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508: Determinação da Massa Específica de Grãos de Solos.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Análise Granulométrica de Solos.** Rio de Janeiro, 1968.

BORBA, C. E. **Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo.** Campinas, 163 p., 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.

CÂMARA, G. G., BIANCHIN, L., TUBINO, R. Avaliação do uso de zeólitas na remoção de cromo (VI) de efluente da indústria metalúrgica. In: CONGRESSO ANUAL ABM WEEK, 70, Rio de Janeiro. **Anais...** Porto Alegre- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2011.

REIS, M. **Química: Meio Ambiente, Cidadania e Tecnologia.** São Paulo: FTD, 2010. 448 p.

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos.** Niterói, 137 p., 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
**meio ambiente,
política & economia**

GUEVARA, L. R. Z. **Predição do Potencial de Drenagem Ácida de Minas Utilizando o Método Cinético da Coluna de Lixiviação**. Rio de Janeiro, 141 p., 2007. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

GUINET, M.; RIBEIRO, F. R. **Zeólitos - Um nanomundo a serviço da catálise**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 221 p.

LIMA, A. F. **Problema de engenharia Sanitária**. Pernambuco: Editora universitária de UFPE, 1996. p. 175-192.

LUZ, Adão Benvindo; **Zeólitos: Propriedades e Usos Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ, 1995. 42 p.

NÓBREGA, G. A. S. **Determinação do teor de umidade do gás natural usando um dispositivo com adsorção**. Natal, 85 p., 2001. Monografia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PRADO, P. F., SOARES, A. B., SOUZA, V. P., SOUZA, P. S. M. **Determinação da taxa de oxidação intrínseca da pirita em rejeitos de carvão**. Rio de Janeiro: UFRJ – Centro de Tecnologia Mineral, 2011.

SHIBAO, F. Y.; MOORI, R. G.; SANTOS, M. R. dos. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., São Paulo. **Anais...** São Paulo, set/2010.

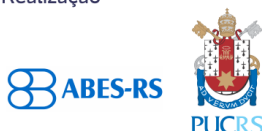
SING, K. S. W., EVERETT, D. H., HAUL, R. A. W., MOSCOU, L., PIEROTTI, R. A., ROUQUEROL, J., SIEMIENIEWSKA, T., Reporting Physisorption data for gas/solid systems. **Pure & App. Chem.**, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

SINGER, P. E., STUMM, W. Acid Mine Drainage: The Rate-Determining Step. **Science**, v. 167, p. 1121-1123, 1970.

SKOUSEN, J., ROSE, A., GEIDERL, G., FOREMAN, J., EVANS, R., HELLIER, W. **A Handbook Of Technologies for Avoidance and Reclamation of Acid Mine Drainage**. Morgantown, WV: National Mine Land Reclamation Center, West Virginia University, 1998.

VACLAVIK, F. D. **Avaliação e Otimização do uso de Zeólitas no Tratamento Terciário de Efluentes Líquidos Industriais**. Porto Alegre, 70 p., 2010. Monografia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375