



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

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



TEMA
meio ambiente,
política & economia

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE EM ZEÓLITA CLINOPTILOLITA

Ana Katiuce Fellenberg - anakatiucefellenberg@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luci Kelin Quines - kelinquines@yahoo.com.br
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Thaís Schmitz - thaisschmitz@hotmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Kirstin Milbradt Engel – kirstinm_engel@hotmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Nilson Romeu Marcilio - nilson@enq.ufrgs.br
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de adsorção de cromo hexavalente Cr(VI) a partir de soluções aquosas sintéticas com o uso da zeólita clinoptilolita como material adsorvente. A influência do pH (2 e natural da solução, sem ajuste, entre 4 e 5), da concentração da solução aquosa de cromo (10, 25, 50 e 100 mgCr/L) e do tempo de contato do adsorvente / solução (5, 10, 15, 30 e 45 minutos) na capacidade de adsorção de Cr(VI) pela zeólita clinoptilolita foi avaliada. A quantificação de Cr(VI) residual foi realizada através do método colorimétrico da 1,5difenilcarbazida. Os maiores valores de capacidade de adsorção do metal obtidos foram de 0,77 mg/g, para a solução de 100 mgCr/L, pH s/ajuste e tempo de 45 minutos e de 0,76 mg/g, para a mesma concentração da solução de Cr(VI), pH 2 e tempo menor de contato (30 minutos). O que indica que no menor pH, a adsorção foi maior em menor tempo de contato para todas as soluções. O valor de Q não aumentou proporcionalmente à concentração de cromo hexavalente na solução inicial. A baixa capacidade de adsorção de Cr(VI), devido à baixa interação entre a superfície da zeólita clinoptilolita e o cromo hexavalente a ser adsorvido, ambos com carga negativa nos pHs estudados, demonstra pouca aplicabilidade em sistemas de tratamento de efluentes industriais contendo cromo hexavalente. Para ser possível sua utilização nesse fim, deve-se estudar uma modificação na superfície do material adsorvente.

Palavras-chave: adsorção, cromo hexavalente, clinoptilolita

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

EVALUATION OF THE ADSORPTION CAPACITY OF HEXAVALENT CHROMIUM IN ZEOLITE CLINOPTILOLITA

Abstract: The present work aims to evaluate the adsorption capacity of Cr (VI) hexavalent chromium from synthetic aqueous solutions with the use of zeolite clinoptilolite as adsorbent material. The influence of pH (2 and natural solution, without adjustment, between 4 and 5), of the aqueous solution of chromium (10, 25, 50 and 100 mgCr / L) and of the pH of the solution (without adjustment, between 4 and 5) on Cr (VI) adsorption capacity by zeolite clinoptilolite was evaluated. Quantification of residual Cr (VI) was performed using the colorimetric method of 1,5-diphenylcarbazide. The highest values of the adsorption capacity of the metal were 0.77 mg / g, for a solution of 100 mgCr / L, pH 2 and adjustment and time of 45 minutes and of 0.76 mg / g, for the same concentration solution Cr (VI), pH 2 and shorter contact time (30 minutes). This indicates that in the lower pH, the adsorption was higher in a shorter contact time for all the solutions. The value of Q did not increase proportionally to the concentration of hexavalent chromium in the initial solution. The low adsorption capacity of Cr (VI), due to the low interaction between the surface of the clinoptilolite zeolite and the hexavalent chromium to be adsorbed, both negatively charged in the studied pH, shows little applicability in industrial effluent treatment systems containing hexavalent chromium. In order to be possible for this purpose, a modification on the surface of the adsorbent material must be studied.

Keywords: adsorption, hexavalent chromium, clinoptilolite

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional, das atividades industriais e do desenvolvimento econômico vem intensificando um dos grandes problemas globais, a geração de resíduos. Apesar da preocupação com a preservação ambiental ter aumentado significativamente nos últimos anos, o descarte inadequado de efluentes, industriais também aumentou muito. Dentre contaminantes ambientais de elevada toxicidade, destacam-se os metais pesados descartados juntamente com efluentes industriais, pois podem ocasionar efeitos prejudiciais aos seres vivos. A situação é agravada pelo fato desses metais não serem biodegradáveis e, desta maneira, permanecerem nos sistemas ecológicos e, conseqüentemente, na cadeia alimentar indefinidamente, acumulando-se ao longo do tempo (ARAGAY et al., 2011).

O cromo, metal pesado de elevada toxicidade, se destaca por ser amplamente utilizado em processos industriais, como, por exemplo, no curtimento de couro, galvanização, acabamento metálico, pigmentos, produção de artefatos de madeira, fabricação de produtos químicos, produção de equipamentos eletroeletrônicos, automobilístico, refinamento de petróleo, papel e celulose, têxtil, aço, mineração, entre outros (BARBOSA, 2017). O cromo ocorre na natureza em dois estados de oxidação, Cr^{+3} e Cr^{+6} ou Cr(III) e Cr(VI). O Cr(VI) é 100 vezes mais tóxico e 1000 vezes mais mutagênico que o Cr(III) (OLIVEIRA, 2013). Segundo Oliveira (2013), o cromo hexavalente pode estar presente em soluções aquosas ou águas contaminadas sob as formas neutras e aniônicas de dicromato ($Cr_2O_7^{-2}$), hidrogeno cromato (HCr^{-4}), cromato (CrO_4^{-2}) e ácido crômico (H_2CrO_4). Isso depende principalmente do pH e das características destas soluções/águas contaminadas.

Devido à sua alta solubilidade e mobilidade em água, o cromo hexavalente é de difícil remoção pelos métodos tradicionais de tratamento de água presentes na maior parte das estações de tratamento de água e efluentes (BARBOSA, 2017).

Segundo Santos (2017), o tratamento mais comumente aplicado consiste na redução do cromo hexavalente para cromo trivalente e posteriormente transformação em hidróxido (precipitação

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

química). Porém, este tratamento gera um volume elevado de produtos residuais secundários. No entanto, de acordo com Dettmer (2008), a disposição final desses resíduos em aterros para resíduos industriais perigosos continua sendo a alternativa mais amplamente utilizada industrialmente. Ainda segundo o autor, outros métodos são também utilizados para tratar resíduos contendo cromo, como tratamento térmico (gaseificação, combustão e pirólise), hidrólise enzimática, hidrólise ácida ou básica, incorporação em tijolos e/ou blocos de concreto, precipitação química, troca iônica, adsorção, osmose reversa, coagulação-floculação, eletrocoagulação, flotação, filtração por membranas. Porém, estes processos frequentemente não promovem a remoção completa do metal e são de alto custo. Dentre as inúmeras técnicas propostas para solucionar este problema, Fu e Wang (2011) afirmam que a sorção destaca-se devido sua flexibilidade de dimensionamento e operação, sendo reconhecida como uma técnica eficiente e econômica no tratamento de águas contaminadas por metais pesados.

A utilização da sorção ocorre, geralmente, ao final de processos de tratamento e/ou purificação, já que este processo alcança elevado grau de retirada de poluentes. O processo de sorção envolve a transferência de massa de uma fase para outra, podendo ocorrer na superfície (adsorção), ou no interior da molécula (absorção) (SANTOS, 2017). O processo de adsorção pode ser realizado utilizando zeólitas, aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos, constituídas por tetraedros de alumina e sílica ligados tridimensionalmente através de átomos de oxigênio. A estrutura das zeólitas é formada por uma rede de canais interconectados que formam cavidades internas, chamadas de poros, capazes de reter íons (AUERBACH; CARRADO; DUTTA, 2003; LUZ, 1995; MUMPTON, 1999; SZOSTAK, 1998; VACA MIER *et al.*, 2001). Assim, a alta porosidade, elevada área específica interna, boas propriedades catalíticas, elevada capacidade de troca iônica e seletividade para vários cátions metálicos tóxicos são algumas características que conferem às zeólitas alto valor comercial e permitem que esse material possa ser utilizado nos processos de adsorção para tratamento de efluentes com íons metálicos (ZAMZOW, 2012). De acordo com Souza *et al.* (2016), vários tipos de zeólitas podem ser encontrados na natureza ou podem ser sintetizados. As propriedades dessas zeólitas estão relacionadas com a sua composição e também com sua estrutura. “A zeólita natural clinoptilolita é do grupo da Heulandita, com relação Si/Al menor ou igual a 4” (SOUZA *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a cinética de adsorção de cromo hexavalente em solução aquosa pela zeólita clinoptilolita. Além disso, avaliou-se a influência do pH e da concentração de cromo no processo de adsorção deste metal por esta zeólita. A fim de avaliar a quantidade de metal que esse adsorvente é capaz de remover, em condições de operação previamente determinadas, e sua possível aplicação no tratamento de efluentes contendo cromo hexavalente.

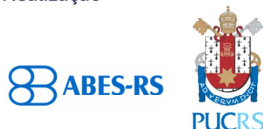
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, preparou-se soluções aquosas de cromo hexavalente nas concentrações de 10, 25, 50 e 100 mgCr/L, a partir do reagente dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$, Dinâmica Química Contemporânea, BR), com pH 2 e pH sem ajuste (entre 4 e 5). O ajuste de pH, quando necessário, foi realizado com ácido sulfúrico (H_2SO_4 , Fluka, BR) e hidróxido de sódio (NaOH, Dinâmica Química Contemporânea, BR).

Os estudos de adsorção foram realizados em erlenmeyers de vidro com volume de 250 mL, nos quais primeiramente, adicionou-se 100 mL da solução padrão de cromo (concentração pré-estabelecida), em seguida 1 g de adsorvente, zeólita clinoptilolita (Celta Brasil), foi disperso nesta solução. Os erlenmeyers foram alocados em agitador tipo shaker CT-712 RN (Cientec Equipamentos Científicos Ltda., BR) e permaneceram sob agitação de 175 rpm, a 25 °C, pelos tempos de 5, 10, 15, 30, e 45 minutos.

Ao final de cada tempo de contato, a suspensão foi submetida à filtração sob vácuo em aparato composto por kitassato, funil de porcelana, filtro de papel quantitativo Unifil (retenção de

Realização



Correalização



Informações:

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



partículas de 1-2 µm e diâmetro de 12,5 cm) e bomba a vácuo Primatec. O filtrado foi coletado para análise de cromo hexavalente, seguindo o SMEWW 3500-Cr B (APHA, 2000). Como indicador para a análise de cromo foi utilizada difenilcarbazida (C₁₃H₁₄N₄O, marca Dinâmica Química Contemporânea, BR) e acetona (C₃H₆O, marca Nuclear). As leituras foram realizadas por espectroscopia na região do UV-vis no comprimento de onda 540 nm, todos os ensaios foram realizados em duplicata.

A capacidade de adsorção do íon Cr (VI) sobre o adsorvente (zeólita clinoptilolita) pode ser quantificada com base na diferença de concentração dos íons metálicos em solução antes (C₀) e após o processo de adsorção (C_f), de acordo com a Equação (1).

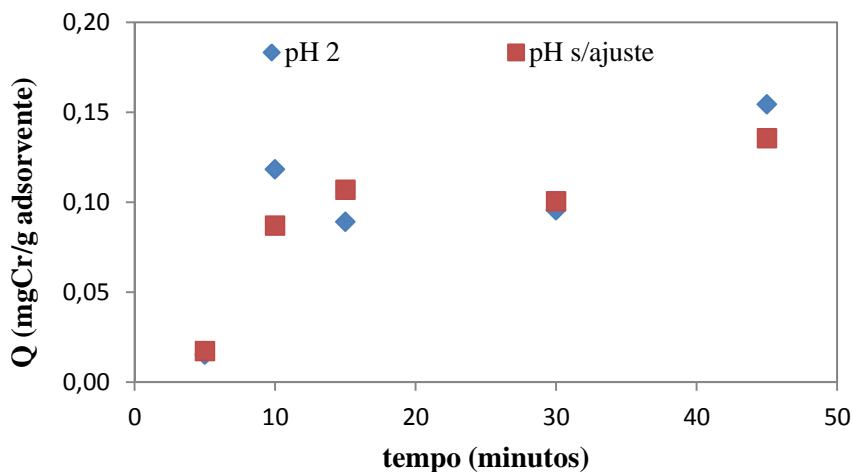
$$Q = \frac{(C_0 - C_f)}{m} * V \quad (1)$$

onde Q é a quantidade máxima de adsorção (mg_{Cr(VI)}/g_{adsorvente}), C₀ é a concentração inicial da solução de Cr (VI) (mg/L), C_f é a concentração final da solução de Cr(VI) (mg/L), m é massa do material adsorvente (g), V é o volume da solução (L).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são apresentados os resultados de remoção de capacidade de adsorção de cromo hexavalente pela zeólita clinoptilolita, com variação dos tempos de contato do adsorvente com a solução aquosa de corante em 2 diferentes pHs.

Figura 1 – Resultados de capacidade de adsorção de Cromo(VI) pela clinoptilolita com variação do tempo de contato do adsorvente com a solução de 10 mgCr(VI)/L em pH 2 e pH sem ajuste, entre 4 e 5.

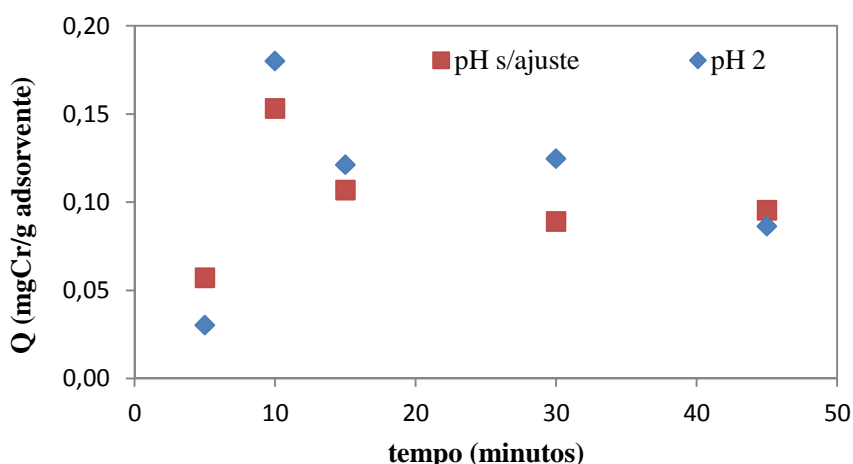


Na Figura 1 observa-se que os valores de Q (capacidade de adsorção) ficaram abaixo de 0,2 para os dois pHs estudados, podendo indicar que nessa faixa de concentração esse parâmetro não influencia na capacidade de adsorção de Cr(VI) pela clinoptilolita, uma vez que não houve diferença significativa entre os valores de Q dos dois pHs avaliados ao final de cada tempo de contato. Porém, os valores de Q aumentaram ao passo que o tempo de contato aumentou, sendo que nos primeiros 10 minutos ocorreu o maior aumento de Q, onde passou de 0,02 para 0,09 e 0,12, nos pH s/ajuste e pH2 respectivamente.



É possível observar também, que na Figura 1, somente a curva do pH 2 apresenta um pico de acréscimo de 0,1 no tempo de 10 minutos seguido de um decréscimo de 0,03 no valor de Q. Essa flutuação da capacidade de adsorção não é observada para a curva do pH s/ajuste nos referidos tempos de contato, porém, no tempo de 30 minutos, ela sofre um pequeno decréscimo de 0,01 e depois, no tempo final de 45 minutos, sobe de 0,10 para 0,14.

Figura 2 – Resultados de capacidade de adsorção de Cromo(VI) pela clinoptilolita, Q (mgCr(VI)/gzeólita), com variação do tempo de contato do adsorvente com a solução de 25 mgCr(VI)/L em pH 2 e pH sem ajuste, entre 4 e 5.

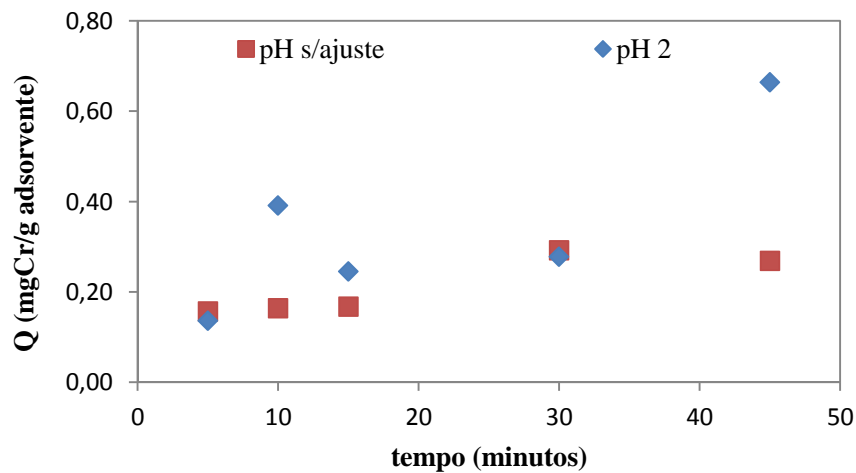


De acordo com a Figura 2, nota-se que diferentemente da solução de 10 mgCr/L, a solução de 25 mgCr/L apresenta comportamento semelhante para as duas curvas de pH, um pico de acréscimo de 0,09 para pH s/ajuste e 0,15 para pH 2 é observado no tempo de 10 minutos. Seguido desse aumento para ambas as curvas de pH, há também um decréscimo nos valores de Q, no tempo de 15 minutos, de 0,06 para o pH 2 e 0,04 para o pH s/ajuste.

Mesmo em maior concentração de Cr(VI) na solução aquosa (25 mgCr/L), a capacidade de adsorção Q não foi superior do que no caso da solução de menor concentração (10 mgCr/L), sendo que em ambos os casos o valor de Q não ultrapassou 0,2 mg/g. Ainda é possível observar que o Q do maior tempo da Figura 1 é maior do que o Q no mesmo tempo da Figura 2. Esse resultado não condiz com o que afirma Fonseca *et al.* (2016), que estudou a remoção de Cr(VI) utilizando como adsorvente a cinza da casca de arroz, segundo estes autores, quanto maior a concentração de Cr(VI) na solução, maior será a quantidade de metal adsorvida. Porém, para essa concentração de cromo hexavalente (25mg/L), a capacidade de adsorção máxima foi atingida após 10 minutos de contato com o adsorvente e após esse tempo, observou-se um decaimento nos valores de Q.



Figura 3 – Resultados de capacidade de adsorção de Cromo(VI) pela clinoptilólita, Q (mgCr(VI)/gzeólita), com variação do tempo de contato do adsorvente com a solução de 50 mgCr(VI)/L em pH 2 e pH sem ajuste, entre 4 e 5.

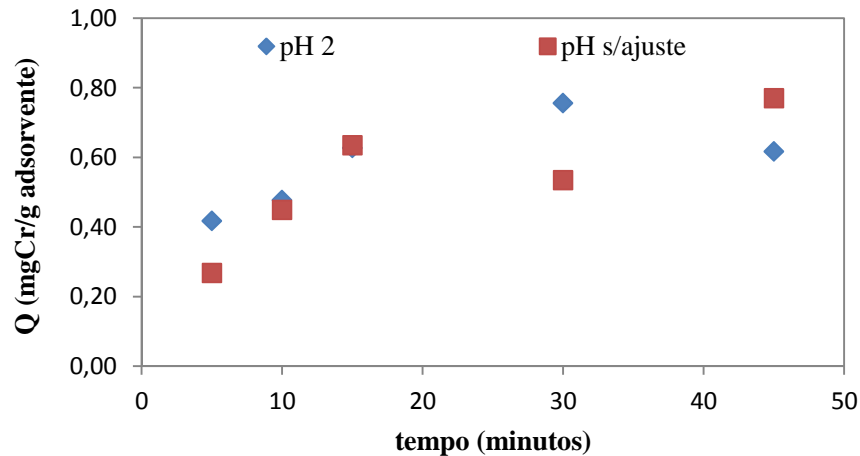


Na Figura 3 é possível observar um comportamento mais constante dos resultados de Q para a curva de pH sem ajuste, se comparada a curva de pH 2. Para essa concentração, 50 mgCr/L, houve um aumento da capacidade de adsorção Q , sendo que no tempo final de 45 minutos, a solução de pH 2 apresentou valor de Q cerca de 2 vezes maior do que a solução de pHs/ajuste. De acordo com Fonseca *et al.* (2016), isso pode ser explicado porque o aumento do pH das soluções favorece o aumento da concentração de íons OH^- presentes na superfície do adsorvente. Esses íons competem com o íon Cr(VI) pelos sítios adsorventes, reduzindo assim, a adsorção de Cr(VI) pelo material adsorvente.

A flutuação nos resultados de Q obtidos para os ensaios com pH 2 das Figuras 2, 3 e 4 também foi observado por Fonseca *et al.* (2016). Sendo que na Figura 2, o mesmo comportamento flutuante é observado para as duas curvas de pH. E novamente, na Figura 4, pode-se observar essa flutuação nos valores de Q , no tempo 15 minutos para o pH s/ajuste e no tempo 30 minutos para o pH 2. Sendo que para o pH s/ajuste, o valor de Q reduziu de 0,63 (15 minutos) para 0,53 (30 minutos) e então aumentou para 0,77 (45 minutos). Para a curva de pH 2, o maior valor de Q observado foi de 0,76 no tempo de 30 minutos, porém esse valor reduziu para 0,62 ao final dos 45 minutos.

De acordo com Franguelli *et al.* (2018), perfis semelhantes com maior retenção de metal nos instantes iniciais podem estar associados à disponibilidade de sítios ligantes, e à medida que são preenchidos, o processo de adsorção torna-se mais lento.

Figura 4 – Resultados de Q (mgCr(VI)/gzeólita), capacidade de adsorção de Cromo(VI) pela clinoptilolita, com variação do tempo de contato do adsorvente com a solução de 100 mgCr/L em pH 2 e pH sem ajuste, entre 4 e 5.



Conforme Santos (2017), a quantidade total de metal adsorvido normalmente varia entre 5% e 30% da massa do sólido adsorvente, podendo chegar a 50%. Porém, neste estudo os valores de quantidade de metal adsorvido não alcançaram essa porcentagem anteriormente citada, ficando abaixo dos 5%. No entanto, no presente estudo, encontraram-se valores de Q (mgCr(VI)/gzeólita) muito próximos aos obtidos por LEYVA-RAMOS *et al.* (2008). Ademais, o estudo realizado por Haggerty e Bowman (1994) mostrou que a clinoptilolita natural de St. Cloud é incapaz de adsorver quantidades significativas de cromato de soluções aquosas (Faghihian e Bowman, 2005). Sendo que o maior valor de Q encontrado no estudo anteriormente citado, foi em torno de 0,29 mg de cromato/ g de zeólita.

O valor máximo atingido para Q (mgCr(VI)/gzeólita) foi de 0,77 para a solução de 100 mgCr/L, pH s/ajuste e tempo de 45 minutos, porém, para a mesma concentração da solução de Cr (VI) num tempo menor (30 minutos) e o pH 2, o valor de Q encontrado foi 0,76. Evidenciando mais uma vez, que a adsorção foi maior no pH mais baixo. Kieling *et al.* (2009), em seu estudo com cinza de casca de arroz como material adsorvente, verificaram que à medida que o pH diminui, a remoção de cromo hexavalente aumenta. Ainda segundo o autor, isso está relacionado com as formas existentes do íon cromo em cada faixa de pH e a afinidade de cada uma dessas formas com a superfície do adsorvente utilizado.

Franguelli *et al.* (2018) atingiram valores de capacidade de adsorção de cromo hexavalente em fibra de coco de até 8,30 mg/g para pH 2. Ainda segundo estes autores, em contrapartida, conforme a massa de adsorvente aumentou a capacidade de adsorção sofreu uma redução, levando a escolha da menor quantidade de adsorvente estudada como massa de adsorvente escolhida para os ensaios da cinética de adsorção. Esses comportamentos nos ensaios de adsorção de Cr(VI) demonstram a importância de estudar as interações entre o material a ser adsorvido e o adsorvente, bem como as condições de operação dos processos de sorção.

Segundo Barbosa (2017), as características que influenciam o processo de adsorção são inúmeras, o tamanho da molécula do material a ser adsorvido determina a que poros do adsorvente ela conseguirá ter acesso, a solubilidade do adsorvato é importante, pois determina as interações hidrofóbicas, a natureza dos grupos funcionais determina as interações do soluto no sistema e a temperatura do sistema afeta principalmente a velocidade de adsorção, enquanto o pH influencia a carga superficial do sorvente e o grau de ionização do soluto. O aumento do tempo de contato entre



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

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



TEMA
meio ambiente,
política & economia

soluto e sorvente, diminui a disponibilidade de sítios ativos, reduzindo a taxa de sorção até alcançar o equilíbrio. Os adsorventes com maior área superficial possuem maior área disponível para reações entre os sítios ativos e os adsorvato, conseqüentemente, apresentam maiores índices de sorção.

A estrutura dos poros também é um fator muito importante, pois somente poros com diâmetro maior do que o da molécula a ser adsorvida são acessíveis a essas moléculas para que ocorra a sorção. A química da superfície está relacionada à presença de grupos funcionais específicos que determinam a afinidade com o adsorvato e o tipo de interações entre adsorvente e adsorvato. O tamanho das partículas e a distribuição granulométrica estão diretamente ligados à área superficial e são fatores importantes a se levar em conta em termos de viabilidade técnica e econômica.

Atualmente no Brasil, estão em vigor a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONAMA nº 430/2011. A primeira dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes; a segunda complementa e altera a Resolução nº 357.

Ainda para o Rio Grande do Sul, existe a Resolução CONSEMA nº 128/2006, que dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no estado. Segundo Conama (2011), as concentrações máximas permitidas de cromo trivalente e hexavalente em efluentes industriais são, respectivamente, 1 mg/L e 0,1 mg/L.

Dessa forma, os tratamentos de efluentes contendo cromo hexavalente, devem atender a esses padrões de lançamento. Portanto, a eficiência de remoção do contaminante em questão deve garantir que, ao final do processo de tratamento, a concentração residual de cromo hexavalente no efluente tratado não seja maior do que o valor permitido na legislação vigente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência do pH no processo de adsorção de Cr (VI) somente foi significativa para a concentração de 50 mgCr/L. Para as demais concentrações, não observou-se influência dessa variável na adsorção. Porém, em pH mais baixo (pH 2), a adsorção de Cr(VI) na clinoptilolita foi maior em menor tempo de contato para todas as soluções.

A concentração de cromo no processo de adsorção influenciou na quantidade do metal que a zeólita foi capaz de adsorver. Sendo que o valor de Q não aumentou proporcionalmente à concentração de cromo hexavalente na solução inicial.

A baixa capacidade de adsorção de Cr (VI), devido à baixa interação entre a superfície da zeólita clinoptilolita e o cromo hexavalente a ser adsorvido, ambos com carga negativa nos pHs estudados, demonstra pouca aplicabilidade em sistemas de tratamento de efluentes industriais contendo cromo hexavalente. Para ser possível sua utilização nesse fim, deve-se estudar uma modificação na superfície do material adsorvente, tornando-a positiva nos pHs pretendidos para o uso, a fim de aumentar a adsorção do cromo hexavalente, que está na forma de íon negativo.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 20th Ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2000.

ARAGAY, G.; PONS, J.; MERKOÇI, A. Recent Trends in Macro-, Micro-, and Nanomaterial-Based Tools and Strategies for Heavy-Metal Detection. *Chemical Reviews*, [s.l.], v. 111, n. 5, p.3433-3458, 11 maio 2011.

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

BARBOSA, D. L. **Aplicação do rejeito do beneficiamento do carvão de Moatize (Moçambique) como sólido sorvente na remoção de cromo (VI).** Porto Alegre, 91 p., 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BARBOSA, D. L.; BATISTEL, N. R.; FÉRIS, L. A. Hexavalent chromium removal from aqueous solution by adsorption onto coal beneficiation tailings. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 12., Gramado. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2018. ID 150-313.

CHAKRABARTI, S.; CHAUDHURI, B.; BHATTACHARJEE, S.; RAY, A. K.; DUTRA, B. K. Photo-reduction of hexavalent chromium in aqueous solution in the presence of zinc oxide as semiconductor catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v.153, p 86-93, 2009.

CONAMA, Resolução. 430, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Brasil, 2011.

DETTMER, A. **Recuperação do cromo das cinzas do tratamento térmico de resíduos da indústria calçadista visando o curtimento de peles.** Porto Alegre, 111 p., 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FAGHIHIAN, H.; BOWMAN, R. S. Adsorption of chromate by clinoptilolite exchanged with various metal cations. **Water Research**, Socorro, v.39, p. 1099-1104, 2005.

FILHO, C. J. S.; MOTA, D. L. F.; SEOLATTO, A. A. **Avaliação da eficiência da adsorção de chumbo, cádmio e cromo pela biomassa da casca do pequi (Caryocar brasiliense Camb.).** Disponível em: < http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/conpeex/pibic/trabalhos/CARLOS_J.PDF >. Acesso em: 30 abr. 2018.

FONSECA, H. C.; FONSECA, S. C.; PEREIRA, C. A. F. Uso da cinza da casca de arroz na adsorção de cromo hexavalente. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v.8, n.1, p. 16-21, 2016.

FRANGUELLI, F. P.; TANNOUS, K.; COPPI, C. C. Biossorção do cromo hexavalente a partir de soluções aquosas utilizando fibra de coco *in natura* como um adsorvente natural. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 12., Gramado. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2018. ID 254-313.

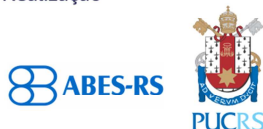
GONÇALVES, G. T.; CORRÊA, R.; CORRÊA, A. X. da R. Avaliação da aplicabilidade de escamas de sardinha verdadeira *Sardinella Brasiliensis* na remoção de cromo hexavalente pelo processo de adsorção. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 12., Gramado. **Anais...** Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2018. ID 244-313.

KIELING, A. G.; MORAES, A. M.; BREHM, F. A. Utilização de cinza de casca de arroz na remoção de cromo hexavalente. **Estudos Tecnológicos**, São Leopoldo, v.5, n.3, p. 351-362, 2009.

LEYVA-RAMOS, R.; JACOBO-AZUARA, A.; DIAZ-FLORES, P. E.; GUERRERO-CORONADO, R. M.; MENDONZA-BARRON, J.; BERBER-MENDONZA, M. S. Adsorption of chromium(VI) from an aqueous solution on a surfactant-modified zeolite. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, San Luis Potosi, n.330, p. 35-41, 2008.

MACHADO, T. C. **Proposta de um tecnologia ambientalmente sustentável para o tratamento de efluentes de indústrias galvânicas contendo Cr(VI).** Porto Alegre, 113 p., 2015. Tese (Doutorado) - 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

MOHAN, D.; PITTMAN JR, C. U. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water. **Journal of Hazardous Materials**, v.B137, p 762-81,2006.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia**. Porto Alegre, 79 p., 2010. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, R. F. **Estudo da adsorção de cromo hexavalente em altas concentrações**. Porto Alegre, 80 p., 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RALASZ, M. R. T.; BOTAN, R.; SOEIRO, T. N. Utilização da casca de eucalipto na adsorção de cromo hexavalente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 21., Fortaleza. **Anais...** Aracruz: Faculdades Integradas de Aracruz, 2016. ISSN: 21785600, vol 1, #38762.

SANTOS, M. C. dos. **Avaliação da utilização de zeólita obtida a partir de cinzas volantes de carvão mineral como material sorvente para remoção de poluentes**. Porto Alegre, 45 p., 2017. Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, V. C. de; VINACHES, P.; PERGHER, S. B. C.; EUSTÁQUIO, H. M. B. Caracterização de zeólitas clinoptilolita destinadas à remediações de efluentes com presença de metais. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 11., Aracaju. **Anais...** Natal: UFRGN, 2016. p. 501-1320.

ZANIN, E.; SCAPINELLO, J. OLIVEIRA, M. de; RAMBO, C. L.; FRANCESCON, F.; FREITAS, L.; MELLO, J. M. M. de; FIORI, M. A.; OLIVEIRA, J. V.; DAL MAGRO. J. Adsorption of heavy metals from wastewater graphic industry using clinoptilolite zeolite as adsorbent. **Process Safety and Environmental Protection**, Chapecó, n.105, p. 194-200, 2017.

Realização



Correalização



Informações:

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