

Materiais

Remoção de metais pesados por filtração reativa com resíduo de ETA

António Albuquerque (UBI, Portugal), Paulo Scalize (UFG, Brasil), Isabel Silva (IPCB, Portugal) e Lorena Soares (mestranda da UFG, Brasil)

Resultados de uma pesquisa mostram que os resíduos de ETAs podem ser reutilizados em estado bruto para a remoção de Cr, Cu e Zn, diante de tempos de contato inferiores a 30 minutos. A presença de carvão ativado residual, alumino-silicato e óxidos de ferro confere ao resíduo propriedades de sorção semelhantes às dos zeólitos.

Os resíduos de estações de tratamento de água são uma preocupação para as entidades gestoras de águas e saneamento, devido às restrições da confinamento em aterro sanitário e aos custos elevados da incineração. A sua reutilização seria uma forma de reduzir as preocupações das entidades gestoras, além de permitir a valorização do resíduo. A maioria desses rejeitos é proveniente da descarga de decantadores e lavagens de filtros de ETAs e pode ter características diferentes conforme as propriedades da água bruta e dos reagentes utilizados na estação de tratamento de água (sulfato de alumínio, cloreto férrico, carvão ativado, polieletrólitos, etc.).

Os efluentes produzidos em zonas urbanas, sejam eles domésticos ou industriais, constituem uma fonte de poluição importante para as massas de água e solo. Entre os poluentes que

causam maior preocupação encontram-se os hidrocarbonetos e os metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) [1, 2].

A aplicação de resíduos como meio de enchimento de processos de tratamento tem se desenvolvido muito na última década, em especial na construção civil e em atividades industriais, agrícolas e florestais. A reutilização de resíduos de ETAs já foi testada para aumentar a eficiência de tratamento de lagoas de estabilização [3], decantadores e digestores anaeróbios [4, 5]. De acordo com [6], esses resíduos têm características similares às de zeólitos, conferindo-lhes boa capacidade de adsorção de metais. Apresentam elevada capacidade de troca catiônica, porosidade e superfície específica, resultantes da aglomeração de resíduos e reagentes com estrutura alumino-silicatada, resíduos de carvão ativado e óxidos de ferro, ou seja, características adequadas para a remoção de metais.

O objetivo principal deste trabalho consistiu em avaliar a capacidade de sorção de resíduos de ETAs, aqui denominados R-ETA, para a remoção de metais pesados (cromo, cobre e zinco), que fazem parte de efluentes gerados em zonas urbanas. Na pesquisa foi utilizado um filtro vertical de escoamento descendente com enchimento à base de resíduo de ETA e um efluente sintético com os três metais, com concentrações semelhantes às encontradas em efluentes urbanos.

Materiais e métodos

Coleta e caracterização do R-ETA

O R-ETA foi coletado na ETA do Caldeirão (Guarda, Portugal), que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante primário e o carvão ativado em pó para afinação da qualidade da água. O R-ETA foi seco a 105°C durante uma semana e moído (figura 1-b) para uniformizar o tamanho das partículas. A composição do R-ETA (em porcentagem de óxidos), antes e depois de ter sido utilizada, foi determinada através de espectrometria de energia dispersi-

va (EDS), da RonTech, da Alemanha, e de difração de raios X (XRD).

A massa volumétrica foi avaliada em 1,9 g/cm³, através de um picnômetro de hélio (*Micromeritics AccuPyc 1330 Gas Pycnometer*, dos EUA). A distribuição granulométrica das partículas foi também realizada com recurso de um Coulter *LS 200* (EUA), tendo sido obtido um tamanho médio de partículas de 23 µm.

Filtro vertical para a realização dos ensaios

Utilizou-se um filtro vertical em acrílico, de seção circular, com 50 cm de altura por 14 cm de diâmetro (figura 1-a). O meio de enchimento incluiu 5 cm de areia uniforme (na base) e 10 cm de R-ETA (cerca de 2,8 kg em peso). O nível do líquido foi de 15 cm (isto é, ao nível do topo de enchimento), tendo o correspondente volume molhado sido de aproximadamente 2,1 L.

Ensaio laboratoriais

Foram realizadas duas séries de ensaios laboratoriais para dois tempos de

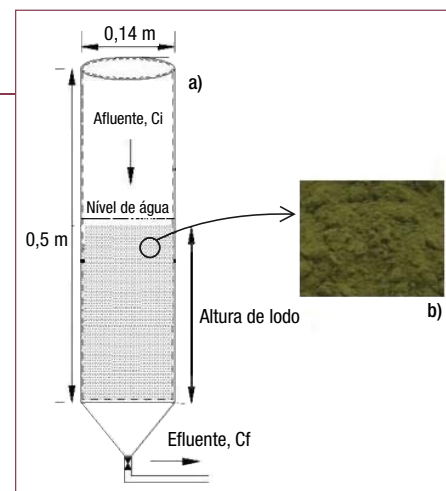


Fig. 1 – a) Filtro vertical; b) R-ETA seco e moído

contato: 15 min (série E1) e 30 min (série E2). O peso de R-ETA seco utilizado foi de 2812 g (série E1) e 2866 g (série E2). O filtro foi operado em três fases (enchimento, contato e esvaziamento), com a execução de 40 ciclos em cada série de ensaios.

A alimentação foi preparada a partir de soluções concentradas de cromato de potássio (K₂CrO₄), cloreto de zinco (ZnCl₂) e sulfato de cobre (CuSO₄), tendo sido incluídas concentrações iniciais de Cr, Cu e Zn de 1,1 e 5 mg/L (Ci), respectivamente, que estão dentro dos valores encontrados em efluentes urbanos. O tempo de retenção adotado (15 e 30 minutos) foi considerado adequado para a sorção



MULTICONEXÕES
Soluções em PVC • PP • FIBRA

Rua Álvaro Valentim Cunha
Guanabara | Joinville / SC
(47) 3436.3132 - (47) 3466.7680

HÁ 14 ANOS ESPECIALIZADA EM
DESENVOLVER SOLUÇÕES PERSONALIZADAS
EM POLIPROPILENO, PEAD E PVC

OFERECEMOS SOLUÇÕES EM: **SBR, LODOS ATIVADOS E MBBR.** OPÇÕES DE **CORES E PERSONALIZAÇÃO** PARA **ETES E ETAS** E ADIÇÃO DE **UV** QUANDO EXPOSTAS AO TEMPO.



comercial@multiconexoes.ind.br | www.multiconexoes.ind.br

Materialiás

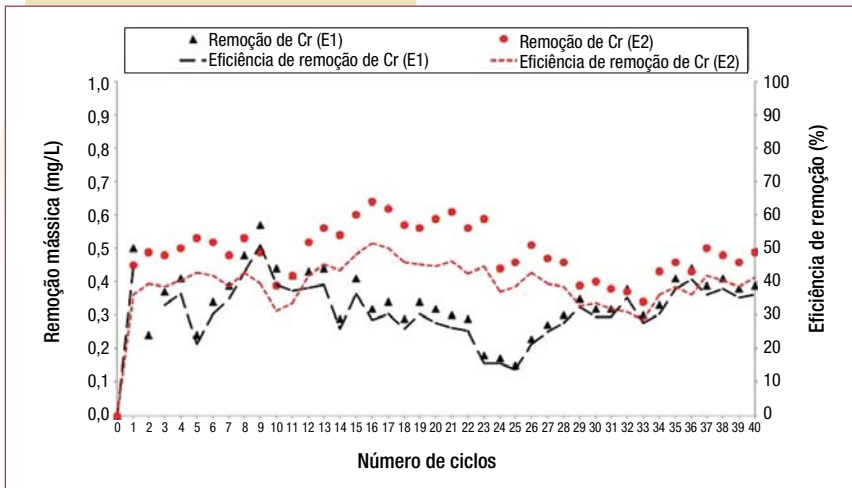


Fig. 2 –Variação da remoção mássica e da eficiência de remoção para o Cr

de Cr, Cu e Zn, tal como observado nos trabalhos de [7].

No início e final de cada ensaio, recolheu-se uma amostra para análise. Para cada amostra inicial (Ci) e final (Cf) foram medidas a temperatura e pH e determinadas as concentrações

de Cr, Cu e Zn. Para a medição do pH e temperatura foi utilizada uma sonda *Sentix 41* e um medidor multiparamétrico *Multi 340* (Alemanha), enquanto a determinação do Cr, Cu e Zn foi realizada por um espectrofotômetro de absorção atômica com

atomizador termoelétrico *GBC-906* (Austrália), de acordo com a norma ISO 15586:2003.

Resultados e discussão

A composição em óxidos do R-ETA (antes e depois dos ensaios) foi a seguinte:

- alumínio (56,2% e 51,5%);
- sílica (26,4% e 32,6%);
- enxofre (8,3% e 8,4%);
- ferro (5,6% e 5%);
- cálcio (2,4% e 1,7%); e
- potássio (1,1% e 0,8%).

Verifica-se que a percentagem de óxidos de alumínio (Al_2O_3), ferro (Fe_2O_3), cálcio (CaO) e potássio (K_2O) decresceu após contato do R-ETA com a solução de metais pesados (cerca de 4,7, 0,3, 0,7 e 0,6 pontos percentuais, respectivamente).

Tanques em PP / PVC / PEAD

Tanques prismáticos e cilíndricos com fundo inclinado, cônico ou plano. Capacidade até 40m³

Conexões de PEAD de Eletrofundição

20 a 700mm

(11) 3836-2933 | 3835-3371
www.hidropipe.com.br
hidropipe@hidropipe.com.br

ATUADORES ELÉTRICOS VÁLVULAS MOTORIZADAS

RIOSS

(15) 3031-2536
atendimento@rioss.com.br
www.rioss.com.br

ÁGUA BOA. A SOLUÇÃO PARA VOCÊ E SEUS CLIENTES

A Yporã atende suas necessidades em sistemas de tratamento de água, projetando e fabricando equipamentos de filtração por membranas e outras tecnologias.

A Yporã também comercializa diversos insumos e componentes, como:

- Membranas de osmose reversa • Nano, ultra e microfiltração
- Cartuchos filtrantes • Carcaças para filtros em aço inox e plásticas
- Meios filtrantes e resinas • Antincrustante e outros produtos
- Tanques para filtros • Controladores, condutivímetros e bombas dosadoras
- Válvulas automáticas para filtros e abrandadores

Distribuidor autorizado

Yporã

PENTAIR

Rua Joaquim Carneiro, 973 - Abraão
Florianópolis / SC - Fone 48 3028-9095
www.ypora.com.br

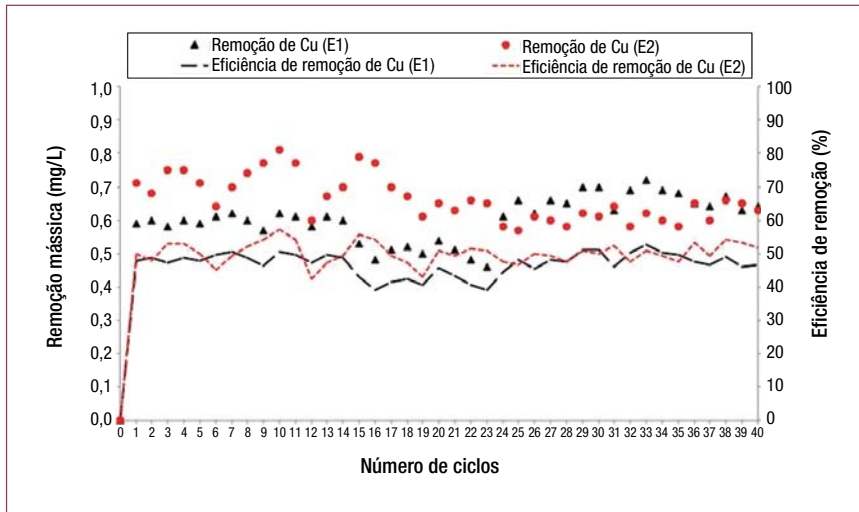


Fig. 3 –Variação da remoção mássica e da eficiência de remoção para o Cu

Nos ensaios realizados no filtro foram notadas eficiências médias de remoção entre 31,7% (E1) e 40,1% (E2) para o Cr (figura 2); entre 46,9% e 50,2% para o Cu (figura 3); e entre 59,2% e 71,1% para o Zn (figura 4). As remoções mássicas médias correspondentes ficaram entre 0,35 mg/L (E1) e 0,49 mg/L (E2) para o Cr; 0,6 mg/L (E1) e 0,66 mg/L (E2) para o Cu; e entre 3,1 mg/L e 3,8 mg/L para o Zn.

A remoção de Zn foi mais significativa em ambas as séries, mas a duplicação do tempo de contato originou no aumento maior da remoção de Cr (+40%) se comparado com o Cu

(+6,7%) e Zn (+21,1%). Jaafar *et al.* [8] utilizaram um R-ETA para a remoção de zinco, sem conter carvão ativado, tendo observado eficiências de remoção entre 17,6% e 38,6% para concentrações iniciais entre 3000 e 4000 mg Zn/L, em um tempo de contato de 24 horas. A presença de carvão ativado parece ser mais importante para a remoção de metais do que o prolongamento do tempo de contato, até porque, na maioria dos casos, as reações de sorção ocorrem nas primeiras horas de contato.

Verifica-se que, independentemente do tempo de contato, a remoção de Zn se manteve aproximadamente estável

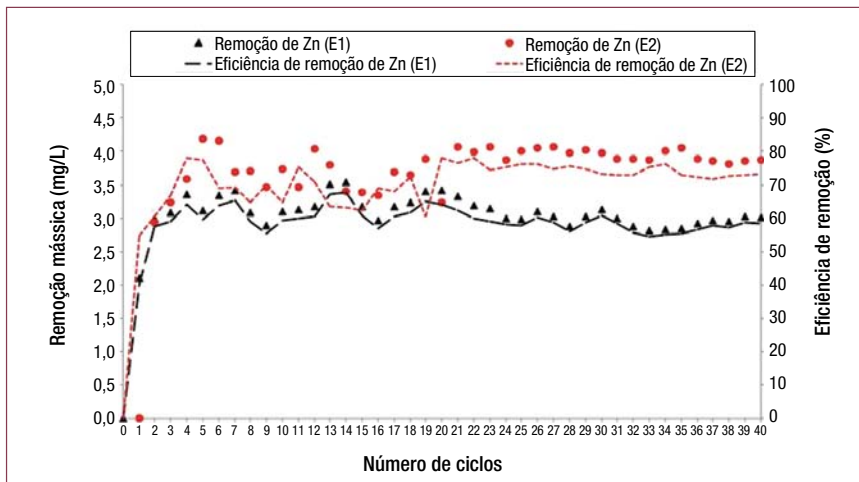


Fig. 4 –Variação da remoção mássica e da eficiência de remoção para o Zn

Conexões, flanges
e válvulas.



Aço inox,
Aço carbono,
Aço liga.

Consulte-nos para as
melhores condições
de preço e prazo de entrega.

11 4070-5610 contato@coneforja.com.br
www.coneforja.com.br

ONEFORJA
Equipamentos Hidráulicos Ltda.

A sua conexão com a qualidade.

Materiais

a partir do 20º ciclo, enquanto a remoção de Cr e Cu apresentou oscilações, com redução de valores nos últimos ciclos. Parece que o meio de enchimento não saturou nos 40 ciclos de ensaios executados. O resíduo da ETA, apesar de reutilizado no estado bruto, ainda apresentou capacidade para remover metais e poderia ter sido utilizado para um número de ciclos mais amplo.

A presença de carvão ativado residual é uma grande vantagem para esse meio de enchimento reutilizável, uma vez que ainda existe uma fração considerável de partículas com sítios ativos para adsorver metais. As elevadas superfícies específicas e a porosidade dessas partículas de carvão ativado tornam-nas eficientes para a fixação de compostos de baixo peso molecular, como é o caso dos metais, que se fixam à sua superfície pelas ligações eletrostáticas e forças de Van der Waals. A presença de elevados teores de óxido de ferro pode aumentar a remoção de metais por complexação e precipitação, nomeadamente do Cr, como observado por [9], utilizando colunas de areia enriquecidas com óxido de ferro para o tratamento de um efluente sintético com 2 mg Cr/L ao longo de 70 ciclos. Os íons F^{2+} reduziram o Cr^{6+} a Cr^{3+} , sendo parte deste último mais rapidamente adsorvido na superfície do R-ETA, enquanto outra parte foi complexada e precipitada na forma de hidróxido de crômio ($Cr(OH)_3$).

A partir do peso de R-ETA seco utilizado em cada ensaio, do volume molhado da coluna (2,1 L) e das concentrações iniciais e finais de cada metal em cada ciclo, determinou-se a massa de soluto adsorvida por massa de meio de enchimento (taxa de sorção). A taxa de sorção para o Cr e o Cu não se alterou significativamente quando foi duplicado o tempo de

contato, enquanto a taxa de sorção de Zn aumentou cerca de 10%. Ou seja, a sorção ocorreu essencialmente nos primeiros 15 minutos. No entanto, para melhor perceber a velocidade de sorção serão necessários ensaios em batelada com várias concentrações de metais e de R-ETA.

Em ambas as séries, verificou-se a diminuição de pH ao longo dos ciclos de ensaio, o que pode estar associada à libertação de íons H^+ da estrutura alumino-silicatada do R-ETA para a fase aquosa, que terão permutado com os cátions Cr^{6+} , Cu^{2+} e Zn^{2+} . O aumento da concentração de H^+ na solução pode dificultar o transporte de metais até à superfície das partículas de R-ETA, o que só foi observado para o Cr e Cu. De acordo com [10], a remoção de Zn é mais elevada para pH entre 5 e 7, e ocorre exponencialmente para tempos de contato inferiores a 1 hora.

A permuta de metais com os cátions Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} e K^+ também ocorreu, em especial com o Al^{3+} , porque se observou um decréscimo na composição elementar do R-ETA após a sua utilização no filtro.

Conclusões

Os resultados deste trabalho mostram que os resíduos de ETAs podem ser reutilizados em estado bruto para a remoção de Cr, Cu e Zn, para tempos de contato inferiores a 30 minutos. A presença de carvão ativado residual, alumino-silicato e óxidos de ferro confere ao resíduo propriedades de sorção semelhantes às dos zeólitos. Além dessa vantagem, a sua reutilização pode contribuir para a redução de encargos das entidades gestoras de águas e saneamento com o tratamento e confinamento desse tipo de resíduo.

Referências

- [1] Barbosa, A. (1999): *Highway runoff pollution and design of infiltration ponds for pollutant retention in semi-arid climates*. Tese de Doutoramento, Aalborg University, Dinamarca.
- [2] Oliveira, A.; Bocio, A.; Trevilato, T., Takayanagui, A.; Domingo, J.; Muñoz, S. (2007): *Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant*. *Environmental Science and Pollution Research – International*, V. 14, Nº 7, 483-489.
- [3] Souza S.; Soares L.; Scalize, P.; Albuquerque A. (2012). *Tratamento de efluente de lagoa de estabilização por adição de resíduo de estação de tratamento de água*. 15º Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental (15º ENASB), 10 a 12 de outubro de 2012, Évora, 9 pp.
- [4] Scalize P. (2003): *Disposição de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto*. Tese de Doutoramento, Escola de Engenharia de São Carlos, Brasil.
- [5] Rosário, C. (2007). *Avaliação da disposição de lodo gerado numa Estação de Tratamento de Água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB)*. Tese de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, Brasil, 119 p.
- [6] Neto R. (2006). *Materiais pozolânicos*. Monografia, UFMN, Belo Horizonte, Brasil.
- [7] Opoku B. (2007). *Suitability of different reactive filter media for onsite wastewater treatment*. Tese de Mestrado, KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suécia.
- [8] Jaafar, A.; Isa, M.; Kutty, R. (2008): *Adsorption of zinc, cadmium and nickel from aqueous solutions using ground water sludge (GWS)*. In: *Water Pollution IX*. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 111, WIT Press, 247-253.
- [9] Dermatas D., Meng X. (2004): *Removal of As, Cr and Cd by adsorptive filtration*. *Global Nest: the Int. J.*, 6, 1, 73-80.
- [10] Bhattacharya, A.; Mandal, S.; Das, S. (2006). *Adsorption of Zn(II) from aqueous solution by using different adsorbents*. *Chemical Engineering J.*, 123, 43-51.

