

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ESTUDO DE TRATABILIDADE DE EFLUENTES GERADO NA ANÁLISE DE ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA POR PRECIPITAÇÃO SELETIVA, ADIÇÃO DE COAGULANTE, ADIÇÃO DE COAGULANTE MAIS ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO E SOMENTE CARVÃO ATIVADO

* Maria Lúcia Ribeiro¹
Aline Garcia¹
Bruno Gabriel Lucca¹
Carlo Nobuyoshi Ide¹
Willian Ribeiro Ide¹

TREATABILITY STUDY OF WASTEWATER GENERATED IN THE ANALYSIS OF ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY BY SELECTIVE PRECIPITATION, ADDITION OF COAGULANT, ADDITION OF COAGULANT MORE ADSORPTION WITH ACTIVATED CHARCOAL AND ACTIVATED CHARCOAL ONLY

Recibido el 16 de mayo de 2012; Aceptado el 15 de octubre de 2012

Abstract

The study evaluated the removal of the metals cadmium (Cd), copper (Cu), Lead (Pb), Chromium (Cr), nickel (Ni) and zinc (Zn) present in the effluent generated in the analysis of atomic absorption spectrometry using the four treatments: selective precipitation, precipitation by addition of coagulant, coagulant precipitation by adding more and activated carbon adsorption treatment by activated carbon adsorption. The treatments were 100% removal of bands of pH above 8. In this case, to release the effluent, the pH should be adjusted to meet current legislation.

Key words: coagulation, adsorption, heavy metals.

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

*Autor correspondiente: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CP 549, 79080-900, Campo Grande – MS, Brasil. Email: Lucia.ribeiro@ufms.br

Resumo

O estudo avaliou a remoção dos metais cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn) presentes no efluente gerado na análise de espectrometria de absorção atômica utilizando os quatro tratamentos: precipitação selectiva, precipitação por adição de coagulante, precipitação por adição de coagulante mais tratamento de adsorção com carvão ativado e tratamento por adsorção com carvão ativado. Os tratamentos apresentaram 100% de remoção em faixas de pH acima de 8, exigindo portanto o ajuste do pH, para lançamento do efluente, atendendo a legislação em vigor.

Palavras chave: coagulação, adsorção, metais pesados.

Introdução

No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 (Brasil, 2011) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) complementada pela Resolução CONAMA 430 (Brasil, 2011) regulamenta a proteção ambiental de cursos d'água e mananciais, através do controle da qualidade de efluentes industriais e domésticos, por meio de padrões de qualidade, obedecendo aos critérios de classificação e enquadramento dos cursos d'água.

Os resíduos perigosos armazenados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa constituem um perigoso passivo ambiental, devido ao grande volume e às precárias condições de armazenamento. O efluente químico resultante de análises de espectrofotometria de absorção atômica é composto de diversos tipos de metais pesados, que variam na sua concentração, porém constituem um líquido perigoso para descarte sem prévio tratamento. Metais pesados mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, ferro, prata, selênio e outros, apresentam grande risco ambiental, fixam-se no solo e na água, transportam-se em forma de gases ou adsorvidos em material particulado em suspensão, alteram o pH em sistemas de tratamento biológico (Cavalcante, 2009).

Na literatura, encontram-se várias técnicas de tratamento de metais pesados presentes em efluentes líquidos, dentre as quais se destacam a precipitação química (Giovannini *et al*, 2007 e Macente, 2011), pH, potencial de oxi-redução e condutância (Silva, 2005), adsorção em carvão ativado (Landrigan e Hallowell, 1975 e Alves, 2007) e vários outros.

A precipitação seletiva de metais depende de dois fatores: concentração do metal e o pH da água. Cada metal possui pH ótimo de insolubilidade, sendo possível fazer sucessivas precipitações seletivas (Cavalcanti, 2009).

Para Richter e Azevedo Netto (1991) o coagulante mais utilizado no tratamento de água e de efluentes é o sulfato de alumínio, que forma um produto insolúvel (hidróxido de alumínio, na forma de floco gelatinoso). A coagulação das partículas em suspensão ocorre através da desestabilização das partículas. Os principais fatores químicos a serem considerados no processo de coagulação/floculação são o pH, a alcalinidade e a adição de produtos auxiliares, destinados a melhorar as características desejáveis no processo, além das características do próprio coagulante escolhido e sua concentração para aplicação (Di Bernardo, 2003).

Na adsorção, uma das principais características físicas dos carvões ativados é a sua elevada área superficial que recoberta de óxidos superficiais, conferem aos carvões ativados alta capacidade adsorptiva, é consequência direta da estrutura altamente porosa que os carvões ativados desenvolvem durante o processo de carbonização e ativação. O pH e a temperatura da solução influencia o grau de adsorção (Cavalcanti, 2009 e Spinelli *et al*, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as melhores condições no tratamento de efluentes líquidos, gerados em análises de metais no Espectrômetro de Absorção Atômica, dos laboratórios da UFMS, através de procedimentos analíticos, baseados nos seguintes tratamentos: reações químicas de precipitação seletiva; precipitação com coagulante e adsorção com carvão ativado, visando à redução da concentração dos metais Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), e Zinco (Zn), presentes no efluente.

Metodologia

Os experimentos foram realizados em escala de bancada, através de *Jar Test* e Adsorção, no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Os efluentes líquidos utilizados foram gerados em análises de determinação de metais em espectrometria de absorção atômica (EAA), do LAQUA. Com o objetivo de remover os seguintes metais: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn) presentes no efluente.

Os padrões utilizados para as curvas de calibração foram a Tritisol, conforme os métodos analíticos segundo Apha, Awwa, Wpcf (2005).

Nos tratamentos para remoção dos metais, utilizou-se o sulfato de alumínio, como coagulante e o carvão ativado pó, com diâmetro menor que 200 mesh como adsorvente.

Para o tratamento com precipitação seletiva, foi utilizado um volume de 150 mL de amostra e o pH foi ajustado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) concentrado. O efeito de diluição foi considerado na correção dos volumes das amostras devido à adição da solução de NaOH.

A Tabela 1 apresenta o delineamento do experimento, dos tratamentos realizados neste estudo. O ensaio 1 foi o tratamento por precipitação seletiva, onde o efluente somente recebeu a adição de hidróxido de sódio, variando a faixa de pH de 2 a 11. Os ensaios 2, 3 e 4 os efluentes foram ajustados na faixa de pH de 6 a 11, com três concentrações de coagulante de 30 mg.L^{-1} , 50 mg.L^{-1} , 100 mg.L^{-1} . Os ensaios 5 e 6 foram realizados utilizando a melhor dosagem obtida no experimento de precipitação, com massas diferentes de adsorvente. O ensaio 7 foi utilizado somente carvão ativado.

Tabela 1. Tratamento em função do pH, Coagulante e Adsorvente

Ensaio	Faixa de pH	Concentração de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mg.L^{-1})	Massa do Carvão ativado (g)
Ensaio 1	2 a 11	-	-
Ensaio 2	6 a 11	30	-
Ensaio 3	6 a 11	50	-
Ensaio 4	6 a 11	100	-
Ensaio 5	8 a 10	50	0.2
Ensaio 6	8 a 10	50	2.0
Ensaio 7	8 a 10	-	2.0

Os ensaios tiveram o seguinte procedimento: Ensaio 1 as amostras tiveram o pH ajustado e permaneceram 30 minutos em repouso, foram filtradas e preservadas para leitura no Absorção Atômica. Nos Ensaio 2, 3 e 4 as amostras tiveram o pH ajustado e foram misturadas ao coagulante, submetidas a 1 (um) minuto de agitação rápida, 30 (trinta) minutos de agitação lenta e um tempo mínimo de 30 (trinta) minutos para a decantação/sedimentação dos flocos. Após esse período, as amostras foram filtradas e preservadas para posterior leitura dos metais. Os Ensaio 5 e 6 foram executados da mesma forma que os Ensaio 2, 3 e 4, porém com tratamento adicional por adsorção com carvão ativado. O Ensaio 7 as amostras foram misturadas ao carvão ativado e filtradas. Cada teste foi realizado em duplicata e o coeficiente de variação foi aceito somente quando menor que 20%.

Resultados e discussões

O resíduo líquido gerado pela análise de metais pesados em Espectrometria de Absorção Atômica apresenta-se como um líquido translúcido, isento de sólidos em suspensão, com um odor forte e com valor de pH próximo a 0.5, o que caracteriza um resíduo perigoso.

A Resolução CONAMA nº 430 (Brasil, 2011) estabelece as condições de lançamento de efluentes onde o pH deve estar entre 5 a 9 e os padrões de lançamento de efluentes para parâmetros inorgânicos, com o valor máximo permitido, para os metais estudados. Para o metal Cobre, o valor máximo de 1.0 mg.L^{-1} , refere-se ao Cobre dissolvido, porém, este estudo tratou o Cobre

Total, obtido por espectrofotometria de absorção atômica, que é sempre maior que o valor do metal dissolvido.

A seguir serão apresentados os resultados da remoção de cada metal estudado.

Remoção do Cádmio

A maior remoção do cádmio foi de 96.02% para pH 11, ficando com a concentração final de 0.0071 mg.L⁻¹ no tratamento de precipitação seletiva.

A maior remoção do cádmio no tratamento de precipitação com adição de coagulante, foi no Ensaio 4 com 100% em pH 10 e 11. Houve pouca diferença entre o tratamento por precipitação seletiva e o tratamento por adição de coagulante na remoção do cádmio.

Nos Ensaio 5 e 6, o tratamento com adição de coagulante com o tratamento de adsorção teve uma máxima remoção de 98.31% e 96.44%, respectivamente, para o cádmio.

O melhor resultado obtido no tratamento de adsorção foi 93.71% em pH 9. A remoção de cádmio no tratamento com carvão ativado não superou as remoções apresentadas nos tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante e no tratamento combinado de coagulante mais carvão ativado.

A Figura 1 apresenta a remoção de cádmio em todos os ensaios em função do pH. Observa-se que as melhores remoções são para pH 9, pH 10 e pH 11. Nessas condições, as concentrações de cádmio mantiveram-se em níveis inferiores ao valor máximo de descarte permitido, atendendo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) que é 0.2 mg.L⁻¹ Cd, mas antes do lançamento é necessário realizar a correção do pH.

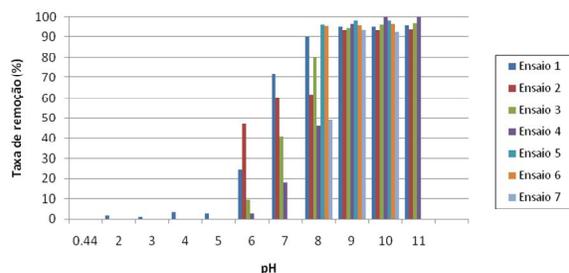


Figura 1. Taxa de remoção do Cd em função do pH

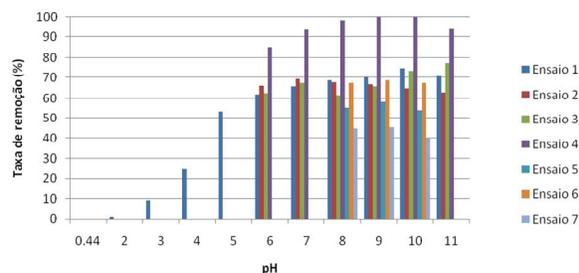


Figura 2. Taxa de remoção do Pb em função do pH

Remoção do Chumbo

A maior remoção de chumbo no tratamento de precipitação seletiva foi de 74.63% em pH 10. Ficando com uma concentração final de 0.0976 mg.L⁻¹.

A maior remoção do chumbo nos tratamentos de precipitação com adição de coagulante foi no Ensaio 4 com 100% em pH 9 e 10. Houve pouca diferença entre o tratamento por precipitação seletiva e o tratamento por adição de coagulante na remoção do chumbo.

Nos Ensaio 5 e 6, a associação de coagulante com o adsorvente removeu 58.17% e 68.72% de chumbo respectivamente. Porém, no Ensaio 6 em que a dosagem de carvão ativado foi maior, 2.0 g, os resultados foram melhores, chegando a 68.72% em pH 9. No tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento com adsorvente para remoção do chumbo, as remoções não foram superiores as obtidas na precipitação seletiva e na precipitação com adição de coagulante.

No Ensaio 7, tratamento com carvão ativado a melhor remoção de chumbo foi de 98.31% em pH 10. O pH influenciou no resultado deste ensaio, a remoção de chumbo obtida superou os resultados apresentados nos tratamentos de precipitação seletiva e no tratamento com coagulante mais carvão ativado.

A Figura 2 apresenta que, a concentração chumbo na solução, nos ensaios 1, 2 e 4, diminui até certo valor de pH e, em seguida, aumenta. O Ensaio 4 atingiu 100% de remoção nas faixas de pH 9 e 10. A dosagem de 100 mg.L^{-1} de Sulfato de Alumínio foi significativa para a obtenção do resultado. Mesmo assim, as concentrações de chumbo mantiveram-se em níveis inferiores aos limites de descarte permitidos, 0.5 mg.L^{-1} Pb, atendendo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005), porém, necessita de correção do pH para o lançamento.

Remoção do Cobre

A maior remoção de cobre no tratamento de precipitação seletiva foi de 62.41% em pH 11. Ficando com uma concentração final de 0.1654 mg.L^{-1} .

A maior remoção do cobre no tratamento de precipitação com adição de coagulante foi no Ensaio 4 com 57.96% em pH 11. Houve pouca diferença entre o tratamento por precipitação seletiva e o tratamento por adição de coagulante na remoção do cádmio.

Nos Ensaio 5 e 6, a associação de coagulante com o adsorvente removeu 99.29% e 100% do cobre, respectivamente. A remoção do cobre no tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento sobre carvão ativado os resultados foram muito melhores que os tratamentos de precipitação seletiva e precipitação com adição de coagulante.

No Ensaio 7 em que foi utilizado o carvão ativado para remoção do cobre, os resultados foram de 100%. O resultado obtido neste ensaio superou os resultados apresentados no tratamento de precipitação seletiva e no tratamento com adição de coagulante.

Analisando a Figura 3 observa-se que, a concentração do Cobre na solução, diminui progressivamente, a medida que o pH aumenta. Para valores de pH acima de 8, nos Ensaios 1, 2, 3 e 4 conseguiu-se uma eficiência razoável na remoção deste metal e um ótimo rendimento nos Ensaios 5, 6 e 7. De fato, as melhores remoções foram obtidas nos Ensaios 5 e 6, com a aplicação do coagulante (sulfato de alumínio) mais tratamento com o adsorvente (carvão ativado) e no Ensaio 7 com a aplicação única de carvão ativado.

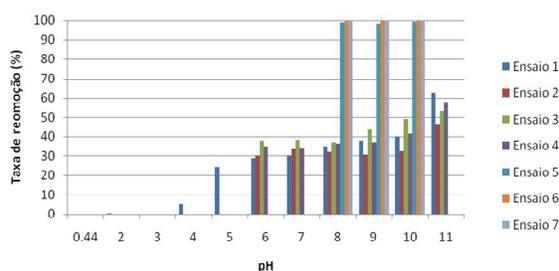


Figura 3. Taxa de remoção do Cu em função do pH

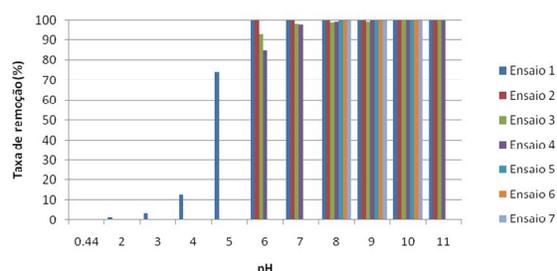


Figura 4. Taxa de remoção do Cr em função do pH

Remoção do Cromo

Na precipitação seletiva ocorreu 100% de remoção do cromo em pH de 6 a 11. Em pH abaixo de 6 as concentrações ficaram altas.

A maior remoção de cromo foi 100% em várias faixas de pH no tratamento de precipitação com sulfato de alumínio. Em pH 6 a melhor remoção de cromo foi 93.20%, ficando com uma concentração final de 0.4580 mg. L⁻¹.

Nos Ensaios 5 e 6, a associação de coagulante com o adsorvente removeu 100% do cromo. Não houve diferença nos resultados de remoção obtidos nos tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante e no tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento com carvão ativado.

No Ensaio 7 em que foi utilizado o carvão ativado para remoção do chumbo, os resultados foram de 100%. Os resultados obtidos no Ensaio 7, se iguala aos resultados apresentados nos tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante e no tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento com carvão ativado.

Analisando a Figura 4 a remoção do cromo foi eficiente em todos os tratamentos com faixa de pH entre 6 e 11 consideradas ótimas atingindo 100%. A associação do coagulante e do adsorvente foram eficazes em todas as faixas de pH estudadas e a aplicação única de carvão ativado no Ensaio 7 teve 100% de remoção, mostrando a eficiência do adsorvente. Para valores

de pH menores de 5, as concentrações de cromo, mantiveram-se acima do valor máximo permitido para descarte, $0.5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cr}$. Porém, em pH superiores a 5, as concentrações de cromo atenderam a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005).

Remoção do Níquel

As maiores remoções de níquel foram de 100% em pH 9, pH 10 e pH 11 no tratamento de precipitação seletiva. Em pH menores que 8, as concentrações que ficaram foram altas.

A maior remoção de níquel nos tratamentos de precipitação com adição de coagulante foi 100% nas faixas de pH entre 9 a 11. No Ensaio 4 a melhor remoção do níquel foi em pH 11 com 86.90%, ficando com uma concentração final de 0.0682 mg.L^{-1} .

Nos Ensaio 5 e 6, a associação de coagulante com o adsorvente removeu entre 83 e 100% do níquel. No Ensaio 5 em que a dosagem de carvão ativado foi menor, 0.2 g, os resultados também foram menores, alcançando o máximo de 95.23% em pH 10, ficando uma concentração final de 0.0248 mg.L^{-1} .

No Ensaio 7 em que foi utilizado o carvão ativado para remoção do níquel, os maiores resultados foram de 100%. Os resultados obtidos no Ensaio 7, se iguala aos resultados obtidos nos tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante e no tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento com carvão ativado.

Analisando a Figura 5, a concentração do níquel na solução diminui progressivamente, a medida que o pH aumenta. Para valores de pH acima de 8, os Ensaio 1, 2, 3, 6 e 7 apresentaram uma melhor resposta em nível de remoção. Os Ensaio 4 e 5 a remoção variou entre 75 a 95%. Nessas condições, as concentrações de níquel mantiveram-se em níveis inferiores ao valor máximo permitido para descarte de $2.0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Ni}$, atendendo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005).

Remoção do Zinco

A maior remoção de zinco no tratamento de precipitação seletiva foi de 81.87% em pH 11. Ficando com uma concentração final de 0.0921 mg.L^{-1} .

A maior remoção de zinco no tratamento de precipitação com adição de coagulante foi 83.29% em pH 11, ficando com uma concentração final de 0.0849 mg.L^{-1} . Houve pouca diferença entre o tratamento por precipitação seletiva e o tratamento por adição de coagulante para remoção do zinco.

Nos Ensaio 5 e 6, a associação de coagulante com o adsorvente removeu 63.08% e 72.15% respectivamente da concentração de zinco. A melhor remoção foi de 72.15% em pH 10, ficando

uma concentração final de 0.1415 mg.L^{-1} . O tratamento de precipitação seletiva com adição de coagulante mais tratamento com adsorvente apresentou resultados inferiores aos dos tratamentos de precipitação seletiva e precipitação com adição de coagulante na remoção do zinco.

No Ensaio 7 em que foi utilizado o carvão ativado para remoção do zinco, o maior resultado foi de 69.79% em pH 9. Ficando com concentração final de 0.1535 mg.L^{-1} . Os resultados obtidos no Ensaio 7, não foram superiores aos resultados obtidos nos tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante e no tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento com carvão ativado.

Na Figura 6 pode ser visto que os melhores resultados na remoção de zinco ocorreram em pH 10 com 82.82% e pH 11 com 83.30%. Estas remoções foram obtidas no tratamento de precipitação com adição de coagulante, Ensaios 2 e 3. A aplicação combinada (coagulante e adsorvente) ou remoção por carvão ativado, não demonstraram grandes resultados no percentual de remoção do zinco. Ainda assim, as concentrações de Zn, mantiveram-se em níveis inferiores ao valor máximo permitido, $5.0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$, atendendo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) no entanto para o lançamento o pH deverá ser ajustado.

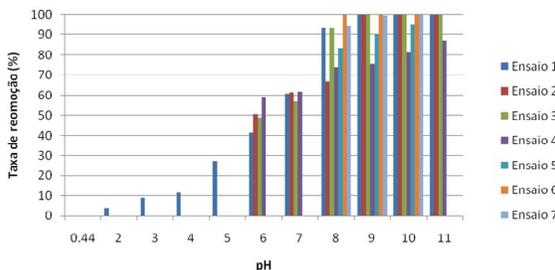


Figura 5. Taxa de remoção do Ni em função do pH

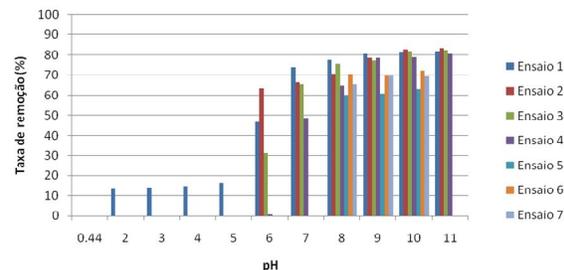


Figura 6. Taxa de remoção do Zn em função do pH

Conclusões e recomendações

Os tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante, precipitação com adição de coagulante mais tratamento com adsorvente e tratamento sobre carvão ativado, tiveram 100% de remoção em faixas de pH acima de 8. Neste caso, para lançamento do efluente, os pH deverão ser corrigidos, atendendo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) que estabelece pH's entre 5 e 9.

Embora o processo físico-químico por precipitação com uso de sais de alumínio esteja relativamente bem consolidada, do ponto de vista científico na Engenharia Sanitária e Ambiental para tratamento de água potável e no processo para tratamento de águas

residuarias, ainda necessita investigações experimentais, para determinar as melhores condições de pH e de coagulantes para remoção dos metais.

Recomenda-se o descarte dos resíduos resultantes dos tratamentos, em aterro de resíduos perigosos (ARIFE).

Recomenda-se a realização de novos estudos, utilizando outros coagulantes, ou mesmo polieletrólitos para auxiliar na reação de precipitação dos metais.

Recomenda-se também, a realização de mais estudos utilizando outros tipos de adsorventes. Alguns estudos com cascas de tamarindo, de jatobá e outros materiais apresentaram bons resultados como adsorventes. São ações que reduzem os gastos com aquisição de reagentes, nos laboratórios, além de minimizar o descarte na rede de esgoto de resíduos potencialmente poluidores.

Recomenda-se também, a gestão e o gerenciamento dos resíduos perigosos, gerados nos laboratórios da universidade, promovendo a ética adequada concernente à manipulação, tratamento e descarte de produtos químicos, levando conscientização da preservação ambiental.

Referências bibliográficas

- Apha, Awwa, Wpcf. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 25th edition, Washington D.C., 2005.
- Alves, A.C.M. Avaliação do tratamento de efluentes líquidos contendo Cobre e Chumbo por adsorção em carvão ativado. *Dissertação do Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas*, Maceió, jun. de 2007.
- Brasil. Portaria Federal nº 2.914. Dispõe Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. *Brasília: Ministério da Saúde*, 2011.
- Brasil. Resolução CONAMA nº 357. 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, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, *Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília*, 2005.
- Brasil. Resolução CONAMA nº 430. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357. Ministério do Meio Ambiente, *Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília*, 2011.
- Di Bernardo, L. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, RiMa, **498** p., 2003.
- Cavalcanti, J.E. W.A. Manual de Tratamento de Efluentes Industriais. São Paulo: *Engenho Editora Técnica Ltda.*, p. 349-352, 377-381, 2009.
- Giovannini, J. G.; Tavares, G. A.; Bendassolli, J. A.; Secco, V. Avaliação das Técnicas de Precipitação Química e Encapsulamento no Tratamento e Destinação Conjunta de Resíduos Líquidos Contendo Cromo e Vidrarias de Laboratório. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – nº 8. São Paulo/SP, dezembro 2007.
- Landrigan, R.B.; Hallowell, J.B. Removal of chromium from plating rinse water using activated carbon. Washington: *EPA*, 1975, **43** p. (Report EPA 670/2-75 - 055).

- Macente, D. F. C. Remoção de Cromo e Prata do Resíduo de Análise de Demanda Química de Oxigênio. *Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande/MS, 2011.
- Richter, C.A. e Azevedo Netto, J.M.. Tratamento de Água. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1991.
- Silva, J. da. Metodologia de Monitoração de Efluentes de Laboratórios: Aplicação no Instituto de Química da UNICAMP. *Dissertação de Mestrado*. Campinas, SP, 2005.
- Spinelli, V.A.; Laranjeira, M.C.M.; Fávere, V.T.; Kimura, I.Y. Cinética e Equilíbrio de Adsorção dos Oxianions Cr (VI), Mo (VI) e Se (VI) pelo Sal de Amônio Quaternário de Quitosana. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 15, n.3, p. 218-223, 2005.