

XII-021 – ESTUDO DE TRATABILIDADE DE EFLUENTE DE ANÁLISES DE ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Aline Garcia⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Engenheira de Segurança do Trabalho da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Doutoranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Carlos Nobuyoshi Ide⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Mato Grosso. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor Titular na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Maria Lucia Ribeiro⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Química (Físico-Química) pela Universidade de São Paulo. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora Titular na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Willian Ribeiro Ide⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Técnico do Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA). Doutorando em Tecnologias Ambientais na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa e Silva, Cidade Universitária - Campo Grande – MS, CEP: 79080-900 - Brasil - Tel: (67) 3345-7084 - 3345-7499 – Fax: (67) 3345-7060 - e-mail: aline.garcia@ufms.br.

RESUMO

Na atualidade, várias universidades do país demonstram-se preocupadas com seus resíduos e, através do gerenciamento, colocam em prática a denominada responsabilidade objetiva, estabelecida pela Política Nacional do Meio Ambiente Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, que o gerador torna-se responsável pelos resíduos que produz e pelos possíveis danos que possam vir a causar, quando descartados no ambiente. Dentre os variados tipos de resíduos encontrados em práticas laboratoriais, os efluentes líquidos contendo metais pesados apresentam elevado risco de contaminação ambiental e podem ser tratados com técnicas simples, como a precipitação química. Este trabalho avaliou a remoção dos metais Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn), presentes em efluentes gerados nas análises de espectrometria de absorção atômica. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, utilizando quatro tratamentos: precipitação seletiva, precipitação por adição de coagulante, precipitação por adição de coagulante mais adsorção em carvão ativado e tratamento por adsorção em carvão ativado. Os ensaios foram realizados em escala de bancada, através de Teste de Jarros (*Jar test*) e Adsorção. No tratamento de precipitação seletiva, a melhor taxa de remoção foi de 100%, para cromo e níquel, e a menor taxa de remoção foi de 62,41, para o cobre. No tratamento de precipitação com adição de coagulante, a melhor remoção foi de 100% de cádmio, chumbo, cromo e níquel e a menor remoção foi de 57,96% de cobre. No tratamento de precipitação com adição de coagulante mais tratamento de adsorção por carvão ativado a melhor remoção foi de 100% de cobre, cromo e níquel e a menor remoção foi de 68,72% de chumbo. No tratamento de adsorção por carvão ativado foi removido 100% de cobre, cromo e níquel e a menor remoção foi de 69,79% de zinco. Para que se mantenha o descarte adequado dos resíduos perigosos, o gerenciamento dos resíduos nas universidades deve ser incentivado, contribuindo para a formação de profissionais competentes e responsáveis com o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, Adsorção, Metais pesados.

INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos tem produzido passivos ambientais capazes de colocar em risco e comprometer os recursos naturais e a qualidade de vida das atuais e futuras gerações. Tais desafios têm gerado políticas públicas e legislações, tendo como eixo de orientação, a sustentabilidade do meio ambiente e a preservação da saúde. Grandes investimentos são realizados em sistemas e tecnologias de tratamento e minimização.

A Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011), que dispõe as condições e padrões de lançamento de efluentes, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento. Determina também os valores máximos de concentrações de metais permitidos para o descarte em corpos receptores. No Estado de Mato Grosso do Sul, essa questão é regida pela Deliberação CECA 036 (MATO GROSSO DO SUL, 2012).

Observa-se que a questão dos resíduos e o desenvolvimento sustentável é um tema mundialmente discutido, principalmente nas universidades e centros de pesquisas de países desenvolvidos. A prioridade é a prevenção, devendo-se evitar sempre que possível, a geração de resíduos. Isso pode ser obtido pela modificação de um processo qualquer ou método, substituição de matérias - primas ou insumos. Quando não é possível prevenir a geração, muitas vezes é possível minimizá-la. O tratamento é a penúltima prática a ser realizada, definido na escala de prioridades, podendo ser químico, físico, biológico ou térmico. O tratamento biológico é mais recomendado para grandes volumes de resíduos. O tratamento térmico (incineração) é considerado dispendioso. Assim, os métodos físicos e químicos são os mais promissores. Os processos mais usuais são: neutralização com ácido/base; e a precipitação química de metais. Por fim, deve-se dispor adequadamente os resíduos, sem agressão ao meio ambiente (NOLASCO, TAVARES e BENDASSOLLI, 2006).

Dentre os vários tipos de tratamento de água e efluentes, destacam-se a Coagulação/Floculação, a qual permite a remoção da turbidez (orgânica e inorgânica), cor (aparente e verdadeira), microrganismos, algas, plânctons, substâncias responsáveis pelo odor e sabor, precipitados químicos e nutrientes, com a utilização de um ou mais tipos de coagulantes (NUMES, 1996), e a adsorção, a qual permite a separação de as substâncias orgânicas e inorgânicas em solução, na interface entre um líquido e um sólido.

De forma a evitar que os metais sejam descartados no meio ambiente, alguns tratamentos foram desenvolvidos e relatados. Na literatura, encontram-se várias técnicas de tratamento de metais pesados presentes em efluentes líquidos, dentre as quais destacam-se a precipitação química (GIOVANNINI *et al.*, 2007 e MACENTE, 2011), pH, potencial de óxi-redução e condutância (SILVA, 2005), adsorção em carvão ativado (LANDRIGAN & HALLOWELL, 1975 e ALVES, 2007) e vários outros.

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

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em escala de bancada, através do *Jar Test*. O efluente líquido utilizado foi o resíduo gerado a partir de análises de determinação de metais em espectrometria de absorção atômica (EAA).

Foram propostos sete métodos diferentes de tratamento, baseados em processos de precipitação química, coagulação com sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e adsorção com carvão ativado. Em todos os ensaios, foi utilizado um volume de 150 mL de amostra. O pH foi ajustado com uma solução de hidróxido de sódio concentrada (NaOH) até o valor desejado. O efeito de diluição foi considerado na correção dos volumes das amostras devido à adição da solução de NaOH. A Tabela 1 apresenta os tratamentos propostos para este resíduo líquido.

Após cada tratamento, o líquido sobrenadante era filtrado e, posteriormente, preservado com ácido nítrico, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. Todas as análises foram realizadas de acordo com *Standard Methods* (APHA *et al.*, 2012).

Tabela 1 – Tratamentos propostos para o resíduo líquido

Ensaio	Tratamento	Faixa de pH	Concentração de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mg.L^{-1})	Massa de carvão ativado (g)
1	Precipitação seletiva	2 a 11	-	-
2	Precipitação seletiva com adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	6 a 11	30	-
3	Precipitação seletiva com adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	6 a 11	50	-
4	Precipitação seletiva com adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	6 a 11	100	-
5	Precipitação seletiva com adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ seguido por um tratamento com carvão ativado	8 a 11	50	0,2
6	Precipitação seletiva com adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ seguido por um tratamento com carvão ativado	8 a 11	50	2
7	Tratamento com carvão ativado	8 a 11	50	2

Após cada tratamento, o líquido sobrenadante era filtrado e, posteriormente, preservado com ácido nítrico, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. Todas as análises foram realizadas de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 2012).

RESULTADOS

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 $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$, refere-se ao Cobre dissolvido, porém, este estudo tratou o Cobre Total.

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

Remoção do Cádmio

A Figura 1 apresenta a remoção de cádmio em todos os ensaios em função do pH. Observa-se que as melhores remoções ocorreram em pH 9, 10 e 11. Nessas condições, as concentrações de cádmio mantiveram-se em níveis inferiores ao valor máximo de descarte permitido, atendendo a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011), que é de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ Cd. No entanto, antes do lançamento, é necessário realizar a correção do pH.

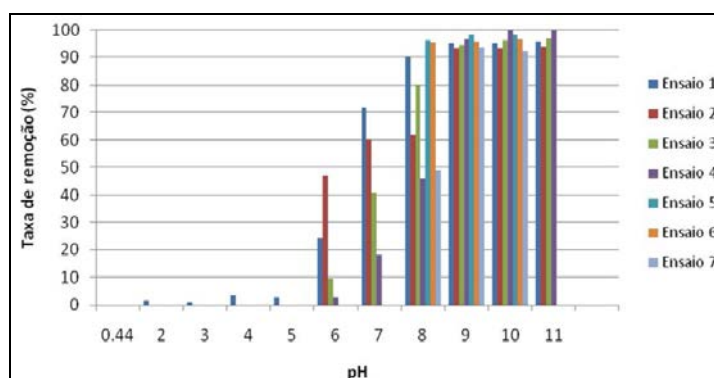


Figura 1: Taxa de remoção do Cd em função do pH.

Remoção do Chumbo

Na Figura 2 verifica-se que, nos ensaios 1, 2 e 4, a concentração de chumbo na solução 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, de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ Pb, atendendo a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011), porém, necessita de correção do pH para lançamento.

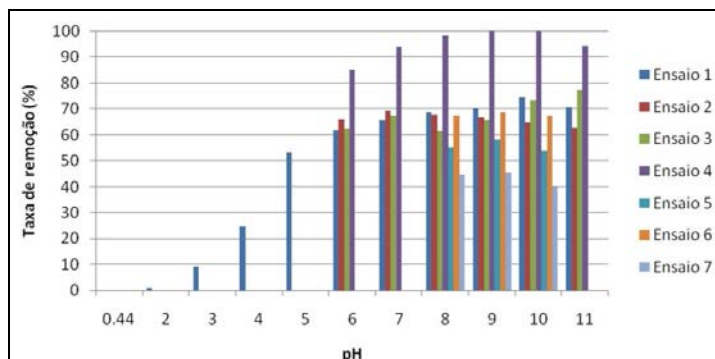


Figura 2: Taxa de remoção do Pb em função do pH.

Remoção do Cobre

Analizando 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, foi obtido uma eficiência razoável na remoção deste metal nos ensaios 1, 2, 3 e 4 e um ótimo rendimento nos ensaios 5, 6 e 7. De fato, as melhores remoções foram obtidas nos ensaios 5 e 6, com aplicação do coagulante (sulfato de alumínio) seguido por um tratamento com adsorvente (carvão ativado) e no ensaio 7 com a aplicação única de carvão ativado. Para o metal cobre, a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011) refere-se ao cobre dissolvido cujo valor máximo permitido para lançamento é de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ Cu. Neste trabalho, os ensaios foram realizados considerando o cobre total.

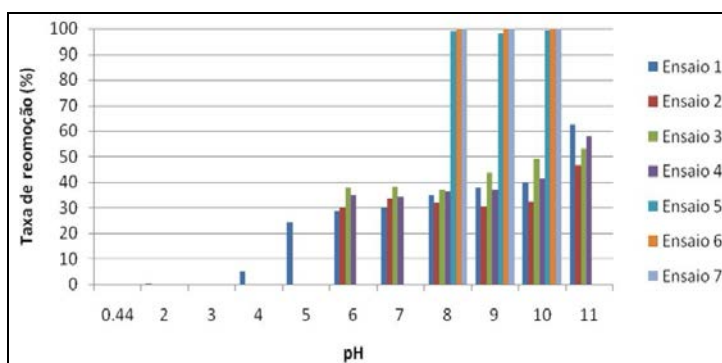


Figura 3: Taxa de remoção do Cu em função do pH.

Remoção do Cromo

Analizando a Figura 4, verifica-se que a remoção do cromo foi eficiente em todos os tratamentos com faixa de pH entre 6 e 11, atingindo taxas de 100% de remoção. A associação do coagulante e do adsorvente foi eficaz 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. Porém, em pH superiores a 5, as concentrações de cromo atenderam a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011).

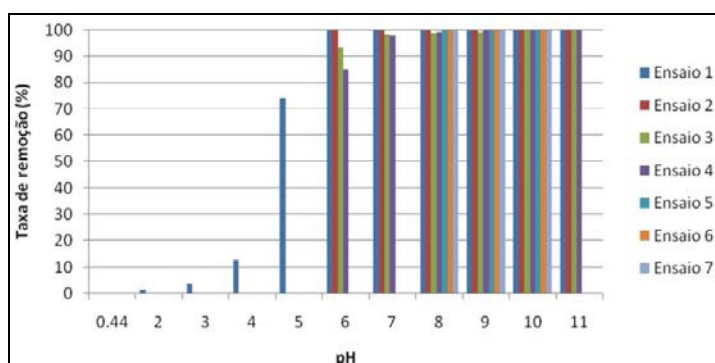


Figura 4: Taxa de remoção do Cr em função do pH.

Remoção do Níquel

Analizando 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 ensaios 1, 2, 3, 6 e 7 apresentaram uma melhor resposta em nível de remoção. Nos ensaios 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 mg.L⁻¹ Ni, atendendo a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011).

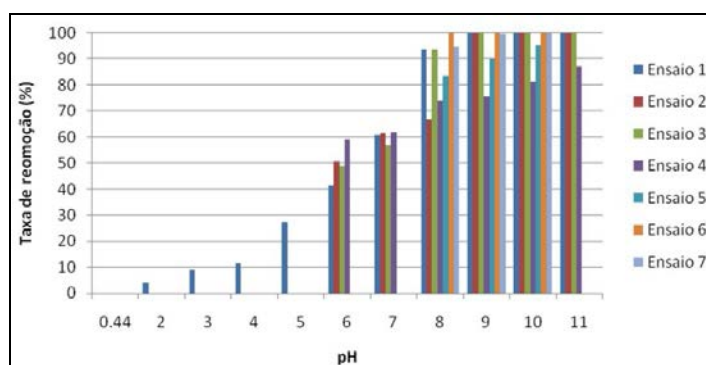


Figura 5: Taxa de remoção do Ni em função do pH.

Remoção do Zinco

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 mg.L⁻¹ Zn, atendendo a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011). No entanto, para o lançamento, o pH deverá ser ajustado.

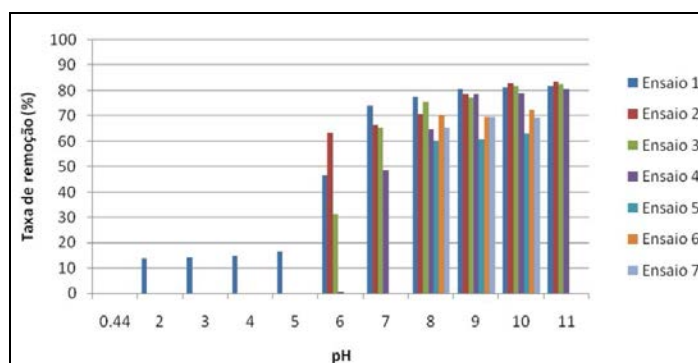


Figura 6: Taxa de remoção do Zn em função do pH.

CONCLUSÕES

Os tratamentos de precipitação seletiva, precipitação com adição de coagulante, precipitação com adição de coagulante seguido por um tratamento com adsorvente e tratamento com carvão ativado, tiveram 100% de remoção em faixas de pH acima de 8. Neste caso, para lançamento do efluente, o pH deverá ser corrigido, atendendo a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011) que estabelece pH 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 residuárias, 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 (ARIPE). 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, promovendo a ética adequada concernente à manipulação, tratamento e descarte de produtos químicos, levando conscientização da preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th edition, Washington D. C., 2012.
2. ALVES, A.C.M. Avaliação do tratamento de efluentes líquidos contendo Cobre e Chumbo por adsorção em carvão ativado. Dissertação do Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, jun. de 2007.
3. BRASIL. Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981.
4. BRASIL. Resolução CONAMA nº 430. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 2011.
5. CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Efluentes Industriais. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., p. 349-352, 377-381, 2009.
6. 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, n.8, dez. 2007.
7. 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).
8. MACENTE, D.F.C. Remoção de Cromo e Prata do Resíduo de Análise de Demanda Química de Oxigênio. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande/MS, 2011.
9. MATO GROSSO DO SUL. Conselho Estadual de Controle Ambiental – CECA. Deliberação CECA/MS nº 036. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Secretaria do Estado e Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e da Tecnologia - SEMAC, Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL, Campo Grande: CECA, 2012.
10. NOLASCO, F.R., TAVARES, G.A., BENDASSOLLI, J.A. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.11, n.2, p.118-124, abr/jun. 2006.

11. NUMES, J.A. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 2ª ed. Aracaju: Andrade, 1996.
12. SILVA, J. da. Metodologia de Monitoração de Efluentes de Laboratórios: Aplicação no Instituto de Química da UNICAMP. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP, 2005.