



II-312 - REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA DE CHORUME ESTABILIZADO ATRAVÉS DA COMBINAÇÃO DE PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS

Selêude Wanderley da Nóbrega⁽¹⁾

Professora Adjunta do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (2002); Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (1991).

Christiano Cantarelli Rodrigues

Professor Adjunto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (2002); Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (1992).

Ivete Vasconcelos Lopes ferreira

Professora Adjunta do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo - São Carlos (2005); Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (1988).

Valeska Cavalcante da Costa

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Alagoas - Aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Professor Vital Barbosa, Nº 657, Apartamento 902, Ponta Verde, Maceió - AL, CEP.: 57.035-400. Fone: +55 (82) 3214 1607 - Fax: +55 (82) 3214 1625 - e-mail: swn@ctec.ufal.br

RESUMO

O chorume é um líquido de cor escura e odor desagradável proveniente da decomposição de resíduos sólidos, contendo alta carga poluidora e capaz de ocasionar diversos efeitos ao ambiente. O tratamento desse efluente é um dos grandes desafios do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, visto que o mesmo apresenta características que o torna um poluidor em potencial, além de ser de difícil tratamento. Vários pesquisadores vêm estudando diferentes técnicas de tratamento, contudo a escolha do método mais adequado depende de diversos fatores, exigindo muitas vezes a associação destas para que a qualidade do efluente final atenda aos padrões requeridos. Neste estudo tratamentos físico-químicos foram avaliados na remoção da demanda química de oxigênio (DQO) de uma amostra de chorume coletado no lixão de Maceió, cuja caracterização revelou ser este resíduo um poluidor em potencial, e com características de um lixiviado maduro. Os tratamentos físico-químicos aqui avaliados, acidificação, coagulação e adsorção em carvão ativado, mostraram que uma parcela muita grande da matéria orgânica recalcitrante contida no chorume pode ser removida, sugerindo ser a associação desses métodos uma provável etapa de tratamento para chorumes mais estabilizados.

PALAVRAS CHAVES: Tratamento físico-químico, adsorção, coagulação, chorume.

INTRODUÇÃO

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), ano base de 2000, revelou que são coletados em torno de 229 mil toneladas de lixo por dia no Brasil, sendo que deste total apenas 40,5% têm destinação adequada. O Nordeste é a segunda região do país a produzir lixo, perdendo apenas para a região Sudeste e, com relação à destinação inadequada de seus resíduos, ocupa o incômodo segundo lugar, perdendo apenas para a região Norte (IBGE, 2002).

Atualmente o lixo da cidade de Maceió é disposto em um lixão que, segundo técnicos da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), recebe diariamente cerca de 1200 toneladas de lixo. Embora alguns o denominem de aterro controlado, o mesmo não oferece qualquer tratamento ao chorume, o qual é apenas captado em lagoas naturais, que em períodos de chuva transbordam e, diluído pelas águas pluviais, é lançado num corpo receptor, que por sua vez deságua na Praia de Cruz das Almas. Essa constatação fere a legislação brasileira, haja vista que a Resolução CONAMA Nº 357/2005, estabelece no seu Art. 24 que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em



outras normas aplicáveis.

Na tentativa de atenuar os problemas ambientais causados por este lixiviado, várias técnicas de tratamento vêm sendo estudadas (Imai et al., 1995; Lin e Chang, 2000; Wang et al., 2002), cujos principais processos envolvidos são: físico-químicos; biológicos; eletroquímicos; entre outros.

A dificuldade do tratamento de um efluente está de um modo geral, diretamente relacionada com o grau de complexidade do mesmo. Neste aspecto, o chorume se torna um efluente de difícil tratamento, não somente pela sua ampla composição, mas também devido à variação da concentração destes constituintes com a idade do aterro, entre outros fatores.

Em virtude desses aspectos peculiares, não existe ainda um tratamento eficiente e único capaz de tratar o chorume de um modo geral, levando dessa forma os pesquisadores a estudar as mais diversas técnicas de tratamento de águas residuárias no tratamento deste lixiviado.

Ponderando o controle da poluição ambiental provocado por lixiviados oriundos de lixões e aterros sanitários e, identificado o seu alto potencial poluidor, além das dificuldades observadas no seu tratamento, este estudo teve como objetivo investigar a associação de processos físico-químicos (adsorção em carvão ativado, acidificação e coagulação) na remoção da demanda química de oxigênio (DQO) de chorume estabilizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Chorume

O chorume objeto de estudo foi coletado no lixão da cidade de Maceió, localizado no bairro de Cruz das Almas. Em virtude da falta de um sistema de captação do mesmo, sua coleta se deu em um ponto, uma "lagoa natural", para onde a maioria do chorume escoava. A maior contribuição nesse ponto de coleta é oriunda de chorume mais antigo, portanto mais estabilizado, de acordo com as suas características, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características da amostra de chorume usada nos ensaios.

Parâmetro	Valor
pH	8,0
DQO (mg/L)	4657
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1307
Cor verdadeira (mg Pt Co/L)	1948
Ácidos voláteis (mg/L)	781
Cloretos (mg/L)	1323
Condutividade (mS/cm)	9,5
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /L)	7040

Adsorvente

O adsorvente utilizado foi carvão ativado de origem comercial, obtido da casca de coco, cujas características obtidas de acordo com as metodologias descritas em Jankowska et al. (1991), estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características do carvão ativado utilizado.

Parâmetro	Valor
pH	9,2
Diâmetro das partículas (mm)	0,7 - 1,7
Área superficial específica (m ² /g)	590
Diâmetro médio de poro (Å)	23



Metodologia

Em todos os ensaios a remoção da matéria orgânica do chorume foi avaliada através da determinação da DQO das amostras antes e após cada um dos tratamentos: adsorção em carvão ativado, acidificação e coagulação.

Para avaliar a remoção da DQO do chorume por cada tratamento isoladamente, foram realizados ensaios em triplicata, utilizando-se chorume bruto e aplicando-se a este cada um dos tratamentos citados, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Metodologia dos ensaios cujos tratamentos eram aplicados isoladamente.

Tratamento	Metodologia
Adsorção	A um béquer, contendo uma amostra de 500 mL de chorume bruto, era adicionado uma massa de carvão ativado correspondente às concentrações de 10 e 20 g/L. Essa mistura era mantida sob agitação por 24 h em um <i>jar-test</i> a 80 rpm.
Coagulação	A um béquer, contendo uma amostra de 500 mL de chorume bruto, era adicionado uma massa de coagulante (FeCl_3) correspondente às concentrações de 500 e 1000 mg/L. Após a adição do coagulante essa mistura era mantida sob agitação em um <i>jar-test</i> por 2 min a 150 rpm (mistura rápida) seguida de agitação por 60 min a 60 rpm (mistura lenta).
Acidificação	A um béquer, contendo uma amostra de 3,2 L de chorume bruto, era adicionado gota à gota e, sob agitação, uma solução concentrada de ácido clorídrico até o pH desejado (3, 5 e 7), com acompanhamento contínuo da leitura em peagômetro. Atingido o pH desejado essa mistura era mantida em repouso por 30 min.

Nos ensaios, nos quais a associação dos métodos de tratamento foi avaliada, utilizou-se um planejamento fatorial do tipo 3^3 , realizados também em triplicata, cujos níveis das variáveis avaliadas estão apresentados na Tabela 4. As metodologias empregadas nestes ensaios foram semelhantes às descritas na Tabela 3, obedecidos os níveis apresentados na Tabela 4, com os tratamentos aplicados na seguinte ordem: acidificação, coagulação e adsorção.

Tabela 4: Níveis das variáveis usadas na associação de processos físico-químicos.

Nível	$C_{\text{carvão}}$ (g/L)	$C_{\text{Cloroeto férrico}}$ (mg/L)	pH
-1	0	0	3
0	10	500	5
1	20	1000	7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição e a concentração de contaminantes no chorume são influenciadas, não somente pelos tipos de resíduos ali depositados, mas também pela idade do aterro. O chorume oriundo de aterros maduros é muito complexo, apresentando altas concentrações de ácidos húmicos e fúlvicos, assim como sais e baixa relação DBO_5/DQO (Morais e Zamora, 2005). É comum, segundo Silva (2002), associar a recalcitrância do chorume estabilizado à presença dessas substâncias húmicas.

Coelho et al. (2007) apresentam as principais características do chorume produzido no lixão de Maceió e objeto desse estudo, em três anos de monitoramento. Seus resultados mostram que, com exceção do pH, todos os demais parâmetros apresentaram uma variação muito grande no período amostrado. Esta variação também é observada na literatura (Fan et al., 2006; Tatsi e Zouboulis, 2002; Imai et al., 1995; Neto e Mota, 1999), o que confirma a influência de uma série de fatores (tipo de resíduo, forma de disposição, precipitação pluviométrica, idade dos resíduos, etc.) sob estes parâmetros, tornando ainda mais complexo o tratamento deste lixiviado.

Esses dados também demonstram ser o chorume em questão complexo e com características de um chorume mais estabilizado, em especial, pela baixa biodegradabilidade, expressa em termos da relação DBO_5/DQO , e pelos valores dos parâmetros pH e nitrogênio amoniacal, conforme discussão apresentada por Renou et al. (2008). A literatura (Ntampou et al., 2006; Morales e Zamora, 2005; Amokrane et al., 1997) cita que os



processos biológicos convencionais apresentam pouca eficiência no tratamento desse lixiviado, sendo necessário, nesse caso, aplicar uma associação de diversos processos, em especial os físico-químicos, para um efetivo tratamento do mesmo.

Os resultados das eficiências dos tratamentos físico-químicos aplicados isoladamente ao chorume bruto (pH = 8,0), com a finalidade de remoção da carga orgânica (DQO) desse lixiviado, estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Observando-se esses resultados, percebe-se que todos os três tratamentos analisados individualmente apresentaram uma remoção de DQO pouco expressiva (< 25%).

A literatura (Ntampou et al., 2006; Tränkler et al., 2005; Rivas et al., 2004; Zamora et al., 2000) apresenta vários trabalhos nos quais a associação de processos físico-químicos é estudada no tratamento do chorume. Nestes trabalhos fica evidenciada a importância da combinação de processos na eficiência do tratamento do chorume, em especial o chorume mais estabilizado e, portanto mais recalcitrante.

Assim, de forma a maximizar essa remoção, buscou-se identificar qual a combinação desses tratamentos é mais favorável à remoção de DQO, usando-se um planejamento experimental do tipo fatorial 3^3 . Nesses ensaios as três variáveis, pH, concentração de carvão e concentração de coagulante (FeCl_3) foram avaliadas, de acordo com os níveis apresentados na Tabela 4.

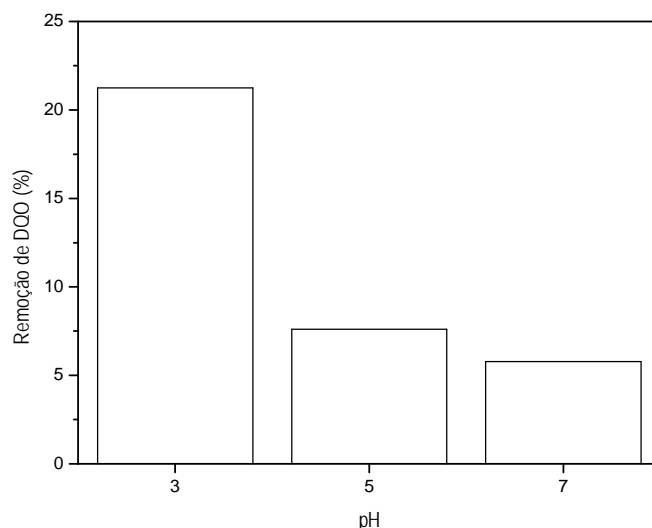


Figura 1 – Efeito do pH na remoção de DQO do chorume bruto

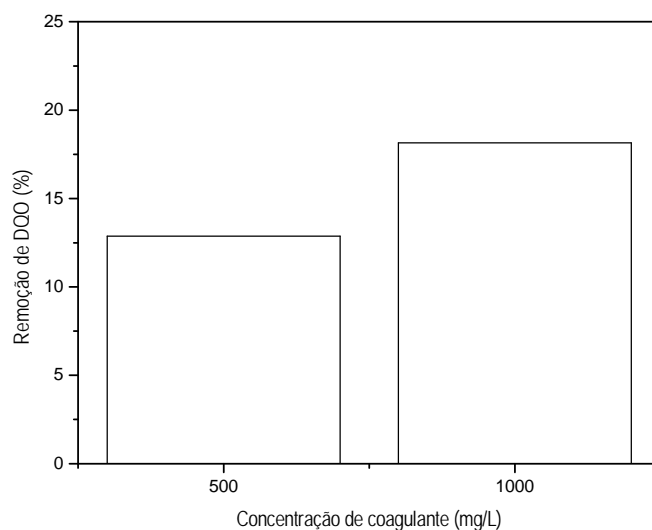


Figura 2 – Efeito da concentração do coagulante na remoção de DQO do chorume bruto

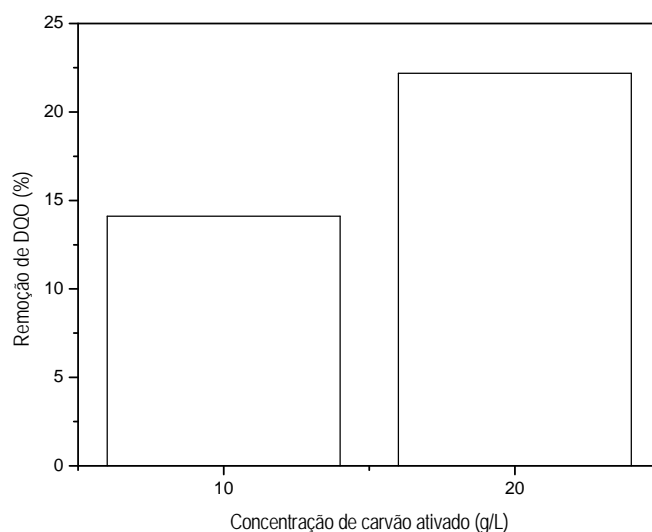


Figura 3 - Efeito da concentração de carvão ativado na remoção de DQO do chorume bruto

Os resultados dos ensaios realizados a partir do planejamento permitiram uma análise estatística dos mesmos, a qual mostrou que todas as variáveis estudadas são significativas na remoção de DQO do chorume. Algumas das superfícies de respostas obtidas nessa análise estão apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6.

Observando essas figuras nota-se que a combinação dos processos físico-químicos avaliados tem a capacidade de remover uma grande parcela da DQO do chorume. A combinação de processos que resultou em maior eficiência de remoção de DQO se deu em pH igual a 3. Nesse caso os resultados mostraram que é possível remover praticamente 80% da DQO do chorume se, além da acidificação do chorume até pH igual a 3, o mesmo for submetido à coagulação com cloreto férrico (500 mg/L) seguido de adsorção em carvão ativado (20 g/L).

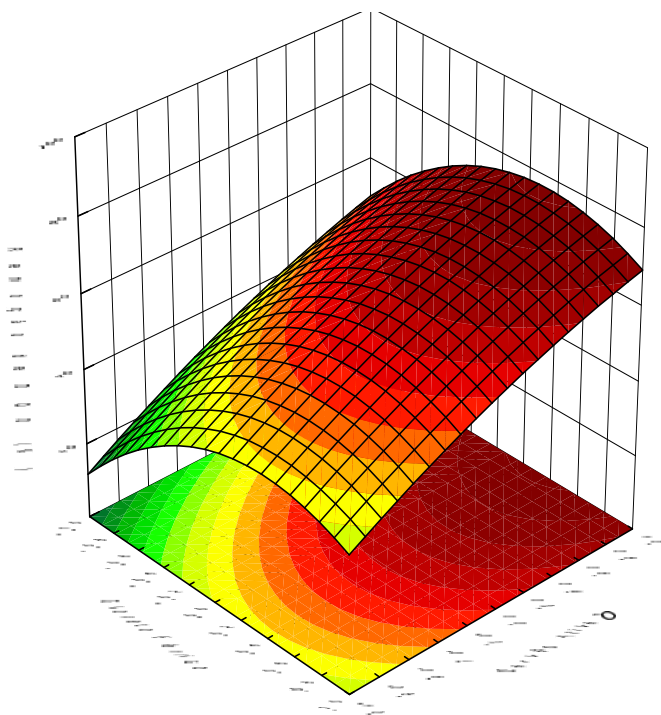


Figura 4 - Efeito da concentração de FeCl_3 e carvão ativado (pH = 3)

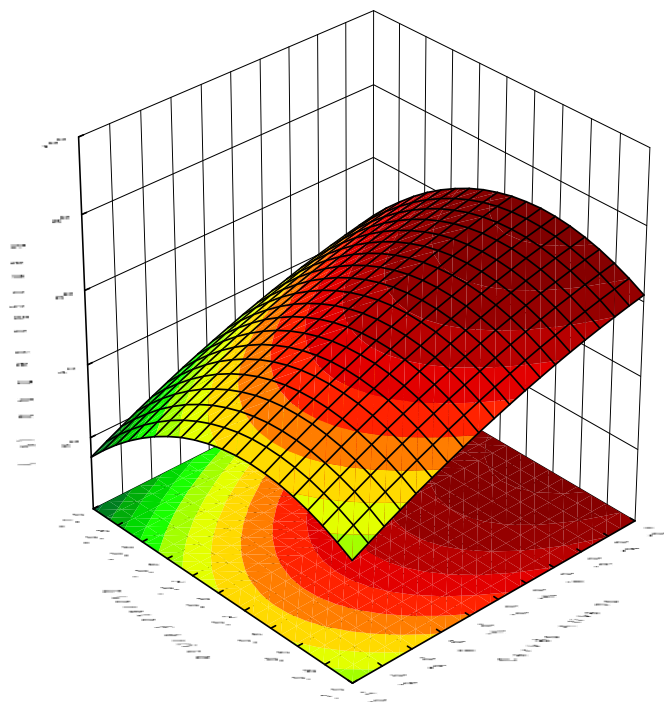


Figura 5 – Efeito da concentração de FeCl_3 e carvão ativado (pH = 5)

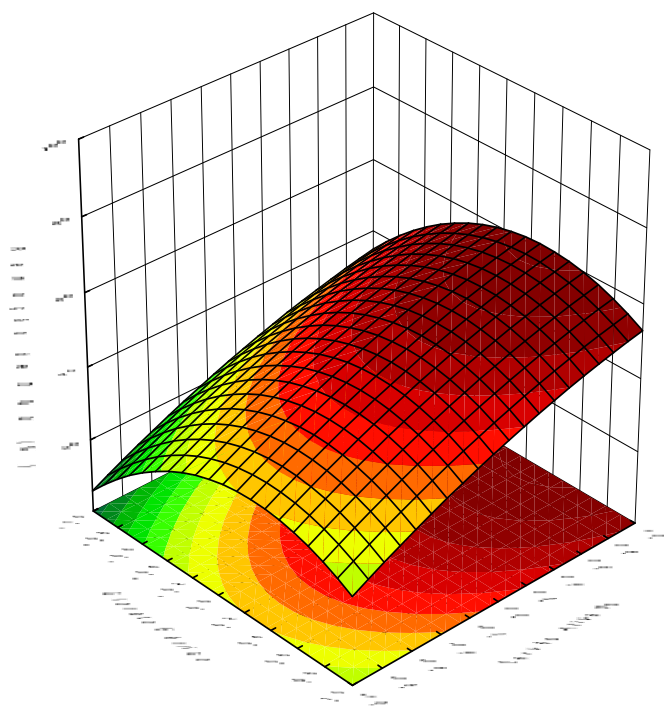


Figura 6 – Efeito da concentração de FeCl_3 e carvão ativado (pH = 7)

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos foi possível obter as seguintes conclusões sobre a adsorção do fósforo em carvão ativado:

- o modelo de pseudo-segunda ordem foi o mais adequado para representar os dados cinéticos



experimentais, indicando que o tipo principal de mecanismo que controla a adsorção do fosfato sobre o carvão ativado é, provavelmente, a interação química que ocorre entre o mesmo e os grupos funcionais presentes na superfície do carvão ativado;

- os modelos de Langmuir e Freundlich representam de forma satisfatória os dados de equilíbrio experimentais, confirmando assim a validade de ambos para representar o comportamento do equilíbrio para o sistema em questão, nas condições testadas;

- os testes realizados com o carvão ativado tratado com a solução de ácido clorídrico foram mais eficientes em termos de remoção de fosfato que aqueles cujo carvão ativado foi tratado com solução de ácido acético, motivando uma maior investigação desta constatação através de análises texturais e química dos carvões tratados;

- a faixa de pH avaliada não alterou de forma significativa a adsorção do fosfato pelos carvões ativados usados;

- o aumento da concentração inicial do fosfato e da concentração de carvão ativado influenciaram de forma positiva a remoção do fosfato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. de-BASHAN, L.E.; BASHAN, Y.. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). **Water Research**, v. 38, p. 4222-4246, 2004
2. CHAO, I.R.S.. Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água. **Dissertação de Mestrado**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, São Paulo, 147 p., 2006.
3. COONEY, D.O.. **Adsorption design for waste water treatment**. Boca Raton: Lewis Publishers, 190 p., 1999.
4. GOLDER, A.K.; SAMANTA, A.N.; RAY, S.. Removal of phosphate from aqueous solutions using calcined metal hydroxides sludge waste generated from electrocoagulation. **Separation and Purification Technology**, v.52, p.102-109, 2006.
5. HEUMANN, W.L.. **Industrial Air Pollution Control Systems**, McGraw-Hill, 620 p., 1997.
6. KARACA, S.; GÜRSES, A.; EJDER, M.; AÇIKYILDIZ, M.. Kinetic modeling of liquid-phase adsorption of phosphate on dolomite. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.277, p.257-263, 2004.
7. NAMASIVAYAM, C.; SANGEETHA, D.. Equilibrium and kinetic studies of adsorption of phosphate onto ZnCl₂ activated coir pith carbon. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.280, p.359-365, 2004.
8. NOLL, K. E.; GOUNARIS, V.; HOU, W.. **Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control**, Lewis Publishers Inc., 347 p., 1992.
9. ÖZACAR, M.. Equilibrium and kinetic modelling of adsorption of phosphorus on calcined alunite. **Adsorption**, v.9, p.125-132, 2003.
10. ÖZACAR, M.. Contact time optimization of two-stage batch adsorber design using second-order kinetic model for the adsorption of phosphate onto alunite. **Journal of Hazardous Materials**, B137, p.218-225, 2006.
11. ÖZACAR, M.; ŞENGİL, I.A.. A kinetic study of metal complex dye sorption onto pine sawdust. **Process Biochemistry**, v.40, p.565-572, 2005.
12. ROUSSEAU, R.W.. **Handbook of Separation Process Technology**, John Willy & Sons, 1010 p., 1987.
13. SLEJKO, F.L.. **Adsorption Technology: A Step-by-Step Approach to Process Evaluation and Application**. New York: Marcel Dekker Inc, 223 p., 1985.
14. YEOMAN, S.; STEPHENSON, T.; LESTER, J.N.; PERRY, R.. The removal of phosphorus during waste-water treatment - a review. **Environmental Pollution**, V. 49, n. 3, p. 183-233, 1988.
15. **STARDANDS METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**, 20^a Edition., ISBN 0-87553-235-7, American Public Health Association, 1999.