

Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios

Evaluation of treatment process of dairy effluent

Ticiane Sauer Pokrywiecki^[a], Mariane Pavani Gumy^[b], Ivane Benedetti Tonial^[c], Juan Carlos Pokrywiecki^[d]

^[a] Engenheira química, doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), professora/pesquisadora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão, PR - Brasil, e-mail: ticiane@utfpr.edu.br

^[b] Farmacêutica bioquímica, especialista em Gestão da Qualidade na Tecnologia de Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão, PR - Brasil, e-mail: mariane@msn.com

^[c] Química, doutora em química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), professora/pesquisadora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão, PR - Brasil, e-mail: ivane@utfpr.edu.br

^[d] Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), professor/pesquisador da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão, PR - Brasil, e-mail: juan@utfpr.edu.br

Resumo

O Estado do Paraná, especialmente a região sudoeste, tem um grande número de laticínios de pequeno e médio porte, cuja contribuição em termos de águas receptoras é muito significativa. O tratamento normalmente utilizado para águas residuárias de laticínios é do tipo biológico, em função da grande quantidade de matéria orgânica presente em sua constituição. Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de laticínio usando métodos convencionais de tratamento constituído de processos anaeróbios e aeróbios. A biodegradabilidade dos efluentes gerados na indústria de laticínio também foi avaliada, levando em consideração o processo de tratamento utilizado. Para tanto, foram analisados os parâmetros de pH, DQO e DBO₅, de acordo com a metodologia padrão. O processo de tratamento empregado se mostrou eficiente na remoção de poluentes, uma vez que os valores médios de pH (8,12), DQO (94%) e DBO (90,15%) e a relação DQO/DBO (1,42) mostraram uma redução significativa nos parâmetros analisados indicando um efluente potencialmente biodegradável.

Palavras-chave: Efluente lácteo. Biodegradabilidade. Eficiência.

Abstract

Paraná State, especially the southwest region, has a great number of dairy industries of small and medium loads, whose contribution in terms of pollution by receptor waters is very significant. The treatment for dairy



wastewater normally used is the biological type due to the great quantity of organic matter in its constitution. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the treatment stand for dairy effluent using conventional methods for treatability, consisting of aerobic and anaerobic processes. The biodegradability of the wastewater generated in the dairy industry was also evaluated taking into account the treatment process used. For both parameters were analyzed pH, COD and BOD₅ in accordance with the standard methodology. The treatment process used was considered efficient in removing pollutants, since the average pH (8.12), COD (94%) and BOD (90.15%) and COD/BOD (1.42) showed a significant reduction in the effluent parameters analyzed indicating a biodegradable potential.

Keywords: Dairy effluent. Biodegradability. Efficiency.

Introdução

Os problemas ambientais, especialmente nas últimas décadas, têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente por causa do crescimento populacional e do aumento da atividade industrial (PERALTA-ZAMORA et al., 2002).

Dentre os setores industriais potencialmente poluidores e causadores de problemas ambientais encontra-se a indústria de laticínios. Os principais impactos ambientais dessas indústrias estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, à geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas, geralmente sem nenhum tipo de controle ou tratamento. A contaminação decorrente do processamento e da transformação da matéria-prima é um dos aspectos a serem considerados, quando relacionado a impactos ambientais (MACHADO; SILVA; FREIRE, 2001; MACHADO et al., 2006; NAIME et al., 2005). Além disso, o elevado consumo de água durante o processamento do leite torna a indústria de laticínios uma das principais geradoras de efluentes potencialmente poluidores.

Em geral, o processamento dos produtos lácteos envolve diversos compostos e/ou substâncias como carboidratos, sais minerais, vitaminas e água. Os efluentes dessas indústrias são constituídos principalmente de leite diluído, materiais sólidos flutuantes, detergentes, lubrificantes (FONTANELLE, 2006), desinfetantes, areia, açúcar, pedaços de frutas (em caso da produção de iogurte), essências e condimentos diversos (no caso da produção de queijos e manteiga), que são diluídos na água de lavagem dos equipamentos, tubulações, pisos e demais instalações da indústria (MACHADO et al., 2002).

Logo, indústrias de laticínios são caracterizadas por gerar um grande volume de efluente de elevado índice de contaminação com alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) (MENDES; PEREIRA; CASTRO, 2006; VILLA; SILVA; NOGUEIRA, 2007). Quando não tratados adequadamente, esses efluentes podem causar alteração da qualidade dos corpos receptores de água causando grande prejuízo ao ecossistema.

Entre as possíveis consequências do lançamento de efluentes de laticínios em cursos d'água estão: (a) o aumento de matéria orgânica, que favorece o desenvolvimento de microrganismos consumidores de oxigênio, fato que pode promover uma situação de anaerobiose e (b) a alteração do pH graças à fermentação e presença de detergentes a base de hipocloritos. Além disso, a presença de sólidos em suspensão tem como consequência o aumento da turbidez da água. Paralelamente, em função da presença de frações de nitrogênio e fósforo, no meio receptor poderá se desenvolver a proliferação de algas em excesso, fenômeno conhecido por eutrofização com sérios problemas aos corpos hídricos (MOTA et al., 2009; PRADO; CANABELLAS, 2008).

Para minimizar os riscos do lançamento de águas residuárias em corpos receptores, normalmente utiliza-se o tratamento convencional que, na maioria das vezes, emprega tecnologia simples, de fácil operação e baixo custo. Tais tratamentos utilizam frequentemente processos biológicos, considerados eficientes para a maioria dos poluentes, por reduzir consideravelmente os níveis de matéria orgânica e microrganismos patogênicos, e apresentar boa ciclagem de nutrientes (COSTA et al., 2003).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar o processo de biodegradabilidade dos efluentes gerados em uma indústria de laticínio, além de estimar a eficiência da estação de tratamento de efluentes que utiliza métodos convencionais de tratamento por meio de lagoas biológicas.

Material e métodos

Amostragem

O processo avaliado constitui-se num tratamento convencional composto por duas lagoas, uma anaeróbia e outra aeróbia. Ambas com as atividades de degradação da matéria orgânica regidas principalmente por microrganismos, em especial bactérias. Para a coleta das amostras foram definidos dois pontos de amostragem: o primeiro antes do tratamento para obtenção da amostra de efluente bruto e o segundo após o tratamento para a obtenção da amostra de efluente tratado.

As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro (dias 17, 18, 23 e 24) e março (dias 10, 11, 16 e 17) de 2011, sempre no período matutino no mesmo horário. Após cada coleta, as amostras foram acondicionadas e encaminhadas ao laboratório para realização das análises.

Parâmetros analisados

Para a aquisição dos objetivos propostos por este trabalho, as amostras coletadas de efluente bruto e tratado, foram mensuradas quanto aos parâmetros de DQO, DBO5 e pH. Assim, as análises de DQO foram realizadas de acordo com o Standard Methods (APHA, 2005), o pH foi determinado *in loco* utilizando pH metro portátil, e as análises de DBO5 foram realizadas com o uso do kit de DBO5 da Alfakit.

Avaliação do processo de tratamento

A avaliação do processo de tratamento em termos de eficiência de remoção de carga orgânica foi efetuada com base na equação a seguir, também adotada em estudo realizado por Koetz, Faria e Nunes (1996), para estimar a eficiência de um sistema de

tratamento anaeróbio empregado em uma indústria de beneficiamento de arroz:

$$E = [(C_0 - C_f) \times 100]$$

Sendo:

E - Eficiência de remoção em porcentagem (%);
 C_0 - Valor de concentração inicial ou efluente bruto em mgL^{-1} ;
 C_f - Valor de concentração final ou efluente tratado em mgL^{-1} .

Quanto à avaliação do potencial de biodegradabilidade do efluente final, esta foi realizada de acordo com Von Sperling (2005), por meio da seguinte relação:

$$R: \text{DQO}/\text{DBO5}$$

Sendo:

R - Relação Adimensional;
 DQO - Valor de DQO do efluente bruto e tratado;
 DBO5 - Valor de DBO5 do efluente bruto e tratado.

Resultados e discussão

Segundo Brião e Tavares (2011), existem dois focos de minimização da carga do efluente da indústria de laticínios: a redução do volume lançado e a minimização da carga poluente. O primeiro se refere à redução do consumo de água e o segundo refere-se ao tratamento "*in plant*", no qual processos são instalados, buscando remover a carga orgânica do efluente e recuperando um concentrado para a reutilização.

De acordo com Tchobanoglous, Burton e Stensel (2003), a faixa de pH para a existência de vida biológica no meio aquático é estreita e crítica, e além disso, é um fator muito importante para que o tratamento biológico de uma estação de tratamento de efluentes seja eficiente.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros analisados: pH, DQO e DBO5 nos efluentes de laticínio bruto e tratado.

Os valores de pH dos efluentes brutos da indústria de laticínio estudada, apresentaram variações entre 4,89 e 13,50. Tais valores sugerem que as amostras foram coletadas em fases diferentes de produção do laticínio: (a) os valores de pH próximos da neutralidade podem estar relacionados à fase ou ao período de produção, o processo de beneficiamento em si;

Tabela 1 - Valores encontrados para os parâmetros pH, DQO e DBO₅, nos efluentes de laticínio bruto e tratado

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	Coleta 7	Coleta 8	Média
pH Bruto	7,68	6,89	7,96	10,89	5,56	7,84	4,89	13,50	8,15
pH Tratado	7,39	7,89	7,53	8,20	8,10	8,22	8,48	9,17	8,12
DQO Bruto mg L ⁻¹	2420	2044	2545	2201	1981	2138	2514	2295	2267,25
DQO Tratado mg L ⁻¹	153	99	162	143	87	139	157	148	135,87
DBO Bruto mg L ⁻¹	990	930	990	1050	870	1020	930	999	972,37
DBO Tratado mg L ⁻¹	87	98	102	108	81	96	94	99	95,75

Legenda: DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Fonte: Dados da pesquisa.

(b) já os valores de pH baixos podem estar relacionados à fase de limpeza com emprego de substâncias ácidas que tornaram o efluente ácido (4,89). De forma análoga, valores mensurados de pH alto (10,89 e 13,50) podem estar relacionados ao emprego de substâncias alcalinas no processo de limpeza.

O pH das amostras após o tratamento teve variação entre 7,39 e 9,17, com valores médios respectivos de 8,15 e 8,12. De maneira geral, os resultados de pH referentes ao efluente bruto e tratado não apresentaram grandes diferenças e, em termos apenas de efluente tratado com exceção da coleta 8 (pH=9,17), todas as demais estão em conformidade com o preconizado pela Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), a qual estabelece a faixa de pH de 5 a 9 para efluentes a serem lançados em corpos d'água.

As análises de DBO apresentaram valores que variaram de 870 mgL⁻¹ e 1050 mgL⁻¹, com média de 972,37 mgL⁻¹ do efluente bruto, indicando carga potencialmente poluente do efluente em estudo que é diariamente enviada para a estação de tratamento.

O tratamento utilizado promoveu reduções consideráveis nos valores de DBO, em todos os dias de coleta, apresentando variações de 81 a 108 mgL⁻¹ e média de 95,75 mgL⁻¹. Quando se compara esses valores aos máximos permitidos para lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução n. 021/09 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná – SEMA (PARANÁ, 2009), em que se estabelece um máximo de 90 mgL⁻¹ para efluente de estações de tratamento de esgoto (ETE), pode-se inferir que a carga orgânica presente nesse efluente atende a resolução em apenas duas das coletas.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) indica de forma indireta o teor de matéria orgânica por meio da degradação biológica, enquanto a demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro indireto que estima o conteúdo orgânico por meio de um forte oxidante, geralmente dicromato de potássio; logo, a DQO expressa em seu resultado tanto a fração biodegradável quanto parte da fração inerte.

Os valores de DQO do efluente bruto estão entre 1981 mgL⁻¹ e 2545 mgL⁻¹, com um valor médio de 2267,25 mgL⁻¹. Observou-se que, após o tratamento, houve uma considerável redução nos valores de DQO, variando de 87 mgL⁻¹ a 162 mgL⁻¹, com uma média de 135,87 mgL⁻¹, constatando uma considerável redução na carga de matéria orgânica no efluente analisado. Esse resultado encontra-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução 001 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná – SEMA (PARANÁ, 2007), que determina uma concentração máxima de 225 mgL⁻¹ de DQO para o lançamento de efluentes para ETE.

Ao reportar à legislação nacional, cuja referência em termos de lançamento de efluentes era a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), então substituída pela Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), em que se estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, verifica-se que não são estabelecidos valores para a DQO.

A eficiência do tratamento do efluente em questão foi avaliada pela equação apresentada anteriormente, cujos valores são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de DQO e DBO em amostras de efluente de laticínios bruto e tratado e eficiência de remoção de DQO e DBO

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	Coleta 7	Coleta 8	Média
DQO Bruto mg L ⁻¹	2420	2044	2545	2201	1981	2138	2514	2295	2267,25
DQO Tratado mg L ⁻¹	153	99	162	143	87	139	157	148	135,87
E (%) DQO	93,67	95,20	93,63	93,50	95,61	93,50	93,75	93,55	94,05
DBO Bruto mg L ⁻¹	990	930	990	1050	870	1020	930	999	972,37
DBO Tratado mg L ⁻¹	87	98	102	108	81	96	94	99	95,75
E (%) DBO	91,21	89,46	89,69	89,71	90,69	90,59	89,89	90,09	90,17

Legenda: DQO = Demanda Química de Oxigênio; E = Eficiência de remoção de DQO; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Fonte: Dados da pesquisa.

A eficiência média de despoluição do sistema, considerando-se a DQO apresentou valores que variaram de 93,50% a 95,61% (Tabela 2), sendo que a média foi de 94,05%. A remoção de DQO total foi menor nas coletas 4 e 6, enquanto que a remoção maior de DQO total foi na coleta de número 5, perfazendo um total de remoção de 95,61%. Apesar de apresentar bons resultados relacionados à eficiência da estação de tratamento, o efluente tratado lançado no referido corpo receptor, encontra-se acima dos valores máximos estabelecidos pela legislação paranaense (PARANÁ, 2009).

A remoção média de DBO, observado na Tabela 2, apresentou uma eficiência de 90,17%, estando assim de acordo com o valor mínimo de remoção (60%) exigido pela Resolução do CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011).

A biodegradabilidade dos efluentes foi outro fator avaliado por meio da relação DQO/DBO₅ e os resultados podem ser observados na Tabela 3.

Segundo Von Sperling (2005), a relação DQO/DBO₅ tende a aumentar em relação à inicialmente verificada, graças à redução sequencial da fração biodegradável presente. Assim, quanto maior

Tabela 3 - Valores da relação de DQO/DBO em amostras de efluente de laticínios bruto e tratado

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	Coleta 7	Coleta 8	Média
DQO bruto mg L ⁻¹	2420	2044	2545	2201	1981	2138	2514	2295	2267,25
DBO bruto mg L ⁻¹	990	930	990	1050	870	1020	930	999	972,37
DQO / DBO ₅ Bruto	2,44	2,20	2,57	2,10	2,28	2,10	2,70	2,30	2,34
DQO Tratado mg L ⁻¹	153	99	162	143	87	139	157	148	136,00
DBO Tratado mg L ⁻¹	87	98	102	108	81	96	94	99	95,62
DQO / DBO ₅ Tratado	1,75	1,01	1,58	1,32	1,07	1,44	1,67	1,49	1,42

Legenda: DQO = Demanda Química de Oxigênio e DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Fonte: Dados da pesquisa.

a eficiência do tratamento biológico na remoção da matéria orgânica biodegradável, maior será a relação entre os valores tratados de DQO e DBO₅, podendo chegar a 4,0 ou 5,0, quando comparados com os resultados brutos da relação DQO e DBO₅. Neste estudo, a relação DQO/DBO₅ do efluente bruto apresentou média de 2,34, enquanto que o efluente tratado apresentou para a mesma relação o valor de 1,42. Esses valores mostram que, mesmo no estado bruto, o efluente apresenta características biodegradáveis. No entanto, pode-se inferir que após o tratamento a redução do valor da relação DQO/DBO₅ favorece ainda mais a biodegradação.

Quando a relação DQO/DBO₅ apresenta valores baixos, ou seja, menores que 2,5, indica-se que o efluente possui caráter de biodegradabilidade elevado (VON SPERLING, 2005). Ao analisar de forma geral os resultados obtidos por este trabalho de relação DQO/DBO₅ tratados, observa-se que os valores variaram de 1,01 a 1,75 com média de 1,41, fato que sugere que o efluente tratado na estação de tratamento do laticínio estudado é potencialmente biodegradável.

De acordo com os resultados apresentados pode-se inferir que os processos de tratamentos empregados apresentam desempenho satisfatório.

Conclusões

A utilização de um processo de tratamento empregando sistemas biológicos para o efluente em questão se mostrou eficiente na remoção de poluentes, uma vez que os valores médios de pH, DQO e DBO determinados, mostraram uma redução significativa. A eficiência do processo pode estar relacionada às características do efluente, que de acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode ser considerado potencialmente biodegradável, comprovado pelo valor encontrado para a relação DQO/DBO₅.

Agradecimentos

Ao Departamento de Pós-Graduação (DIRPPG) e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Francisco Beltrão (UTFPR-FB), pelo apoio e estrutura para realização dos trabalhos.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Water Works Association. Water Environmental Federation. 21. ed. Washington, DC: APHA-AWWA-WEF, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. 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. Brasília, DF, 18 mar, 2005.

BRASIL. **Resolução do CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Brasília, DF, 16 maio, 2011.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reuso de efluentes de laticínios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 134-138, 2007. doi:10.1590/S1413-41522007000200004.

COSTA, L. L. et al. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 3, n. 1, 2003.

FONTANELLE, M. N. **Tratamento de efluentes líquidos da indústria de laticínios de Minas Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

KOETZ, P. R.; FARIA, O. L. V.; NUNES, W. A. Tratamento de efluentes da indústria de arroz parboilizado por digestão anaeróbia em reatores de fluxo ascendente. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 2, p. 117-120, 1996.

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H. Controle ambiental em indústrias de laticínios. **Brasil Alimentos**, n. 7, p. 34-36, 2001.

MACHADO, R. M. G. et al. **Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios**: Projeto Minas Ambiente. Belo Horizonte: SEGRAC, 2002.

MACHADO, Ê. L. et al. Gestão Tecnológica Ambiental de uma indústria de laticínios. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Uruguai. **Anais...** Punta del Leste: AIDIS, 2006. p. 1-6.

MENDES, A. A.; PEREIRA, E. B.; CASTRO, H. F. Biodegradação de águas residuárias de laticínios previamente tratadas por lipases. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 143-149, 2006.

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário**: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustriais. **Estudos tecnológicos**, v. 1, n. 2, p. 9-20, 2005.

PERALTA-ZAMORA, P. et al. Degradação enzimática de corantes têxteis. **Química Têxtil**, v. 68, p. 32-38, 2002.

PRADO, M. C.; CABANELLAS, C. F. G. Eficiência do sistema alagado construído no tratamento de efluentes de laticínios em relação a ultrafiltração e filtro biológico. In: JORNADA CIENTÍFICA, 1., E FIPA DO CEFET BAMBUÍ 6., 2008. Bambuí. **Anais...** Bambuí: CEFET, 2008. p. 1-4.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA. **Resolução n. 001, de 11 janeiro de 2007**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 23 jan. 2007. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_01_2007.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2011.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA. **Resolução n. 021, de 22 de abril de 2009**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 22 abr. 2009. Disponível em: <www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_21_2009_LICENCIAMENTO_PADROES_AMBIENTAIS_SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2012.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Science; Engineering; Math, 2003.

VILLA, R. D.; SILVA, M. R. A.; NOGUEIRA, R. F. P. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1799-1803, 2007. doi:10.1590/S0100-40422007000800002.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

Recebido: 09/09/2011
Received: 09/09/2011

Aprovado: 14/03/2013
Approved: 03/14/2013