

II-328 - BIORREMEDIAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Yankha Myllena da Silva Van Tienen⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental na UNICENTRO.

Débora Garcia Emboaba⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras. Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UNICENTRO.

Jeanette Beber de Souza⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).

Carlos Magno de Sousa Vidal⁽⁴⁾

Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela EESC/USP. Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental UNICENTRO.

Endereço⁽¹⁾: Rua Exp. José Miguel Langner, 216 - Rio Bonito - Irati - PR - CEP: 84500-000 - Brasil - Tel: +55 (42) 99970-7000, yankha.tienen@hotmail.com

Endereço⁽²⁾: Rua José Maria de Paula, 1888 - Centro - Jandaia do Sul - PR - CEP: 86900-000 - Brasil - Tel: +55 (12) 99137-5698

Endereço^(3,4): PR 153, Km 7, s/n - Irati - PR - CEP: 84500-000 - Brasil - Tel: (42) 3421-3210

RESUMO

Testou-se, em escala real, a técnica de biorremediação em uma ETE que apresentava problemas operacionais de odor e acúmulo excessivo de gordura e espumas nas unidades da estação. A pesquisa foi realizada considerando duas fases, a saber, I) com o emprego de um biorremediador comercial denominado Enzilimp® e II) sem o emprego do biorremediador. A caracterização físico-química do afluente e efluente à ETE se deu em função dos parâmetros pH, alcalinidade, acidez, DBO, DQO, óleos e graxas (O&G) e fenol, em ambas as fases do estudo. Tanto o esgoto bruto como o tratado apresentaram elevadas concentrações de DQO, DBO, O&G, sem diferença estatística entre as fases. Constatou-se também elevada relação DQO/DBO, tanto na entrada quanto na saída do sistema, para os dois períodos avaliados, bem como a presença de fenol, indicando que a ETE recebe contribuição clandestina de efluentes de origem não doméstica, além de possíveis falhas construtivas na caixa de gordura dessa estação. O emprego do Enzilimp® não foi efetivo para melhoria do desempenho de eficiência da ETE.

PALAVRAS-CHAVE: Biorremediação, DBO, DQO, Esgoto sanitário, Óleos e graxas.

INTRODUÇÃO

No Brasil, as práticas relativas ao saneamento básico ainda estão muito distantes do ideal, principalmente em relação à coleta e ao tratamento do esgoto sanitário, pois, o índice médio de atendimento é de 58,0% nas áreas urbanas e deste total apenas 74% é tratado (BRASIL, 2015). No entanto, o tratamento de esgoto é fortemente afetado pela inadequação dos afluentes que chegam às estações de tratamento de esgotos (ETEs), devido, especialmente ao descarte incorreto, por parte da população e indústrias, de substâncias poluentes juntamente com as águas servidas, como por exemplo, os óleos e graxas (O&G), que causam problemas operacionais e diminuição da eficiência dos tratamentos biológicos (Veiga, 2003).

A maioria das ETEs do país baseia-se em tratamentos compostos por reatores anaeróbios seguidos de lodos ativados, a presença de material gorduroso pode ser muito prejudicial. Isso porque essas substâncias podem envolver os flocos biológicos e impedir a entrada de oxigênio, causando a morte das células bacterianas por asfixia (Nuvolari, 2003); como consequência, eleva-se a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO) (Berti, 2009).

Diante das dificuldades de retirar os O&G das ETEs e as graves consequências ambientais da presença desses nos recursos hídricos, cada vez mais estão sendo utilizadas técnicas de biorremediação para acelerar e aumentar a eficiência da digestão biológica. Este é o caso do produto comercial Enzilimp®, em que as bactérias estão concentradas e produzem enzimas que contribuem para o desempenho posterior dos microrganismos já presentes no meio (Jung, Cammarota, Freire, 2002; Frederice, 2015). Dentre as enzimas, destacam-se as hidrolases (exoenzimas) e as desmolases (endoenzimas), onde as primeiras atuam na transformação de moléculas complexas em outras mais simples ou na solubilização de algumas partículas orgânicas, propiciando a sua absorção pela membrana da célula, e as segundas, promovem a degradação dos compostos orgânicos, o que permite a obtenção de energia para os processos vitais (Veiga, 2003).

As bactérias da formulação Enzilimp® são aeróbias, anaeróbias e facultativas, por isso, são aplicáveis em sistemas de tratamento aerados ou anaeróbios (Jung, Cammarota, Freire, 2002). Segundo o fabricante, o Enzilimp® causa a redução da DQO; DBO; turbidez; O&G de origem animal e vegetal e sólidos suspensos totais, além de minimizar a emissão de amoníaco e gás sulfídrico do efluente, que estão entre as maiores fontes de odores desagradáveis.

Diante de constantes problemas em termos de presença de odores e escumas em uma ETE brasileira, e a observação de considerável quantidade de “blocos” de gordura solidificada, retidos na operação de gradeamento, utilizou-se a técnica de biorremediação com o produto comercial Enzilimp® visando à redução deste problema e o aumento da eficiência do tratamento praticado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Verificar as causas dos constantes problemas operacionais de uma ETE (em termos de odores, espumas e presença de óleos e graxas) e avaliar a viabilidade de uso do produto comercial Enzilimp® para o tratamento do esgoto doméstico dessa ETE.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a estabilidade, por meio das análises de pH, alcalinidade e acidez, com e sem a aplicação do produto;
- Verificar a eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO e DQO), com e sem a aplicação do produto;
- Analisar a eficiência de remoção de materiais de difícil degradação, em termos de O&G e fenóis, com e sem a aplicação do produto;
- Diagnosticar as possíveis causas do aparecimento de escumas, odores e blocos de gordura na ETE.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo possui tratamento biológico composto de UASB e lodo ativado. Realizou-se a coleta do efluente na entrada da ETE (esgoto bruto), na caixa de remoção de gordura e na saída da ETE (esgoto tratado), totalizando em 9 amostragens, coletadas semanalmente, porém, em duas fases distintas.

Na Fase I, após limpeza dos tanques de gradeamento, desarenador, caixa de gordura e decantador primário, com auxílio de um caminhão limpa-fossa, aplicou-se o produto comercial Enzilimp®, em regime de 24 horas, na entrada da ETE, por meio de um tambor dosador de 200 litros. O período de aplicação foi de, aproximadamente, 40 dias, o que permitiu a obtenção de 5 amostragens.

A Fase II consistiu em testar um período sem a presença do Enzilimp®. Logo, concluída a primeira fase, realizou-se novamente a limpeza dos tanques, como realizado anteriormente, para garantir a eliminação total do produto. Estabeleceu-se um intervalo de, aproximadamente, 45 dias entre o fim da Fase I e o início da Fase II, sendo que, durante esta última, procederam-se 4 amostragens.

Após a coleta, fez-se a caracterização físico-química das amostras. A metodologia de cada análise realizada encontra-se descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 2012) e estão especificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros analisados, métodos analíticos e equipamentos empregados na pesquisa.

Parâmetro	Método analítico e equipamento utilizado
pH (-)	Potenciométrico – peagâmetro PHS-3B, PHTEK
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃)	Volumétrico - Titulométrico
Acidez Total (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃)	Volumétrico - Titulométrico
DBO (mg.L ⁻¹)	Método Iodométrico (Método Winkler)
DQO (mg.L ⁻¹)	Colorimétrico - Espectrofotômetro UV-Vis DR 6000, Hach
Fenol (mg.L ⁻¹)	Colorimétrico - Espectrofotômetro UV-Vis DR 6000, Hach
Óleos e Graxas (mg.L ⁻¹)	Método de extração por solvente em Soxhlet

Para a análise da significância estatística entre os valores obtidos nas fases I e II utilizou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, ambos com nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DO pH, ALCALINIDADE, ACIDEZ E DA ESTABILIDADE DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises referentes aos parâmetros pH, alcalinidade e acidez, para as duas fases do estudo em relação aos diferentes pontos de coleta.

Tabela 2: Valores médios de pH, alcalinidade total (AT) e acidez total (Ac.) obtidos na entrada da ETE (esgoto bruto), na saída da caixa de remoção de gordura e na saída da ETE (esgoto tratado).

Variáveis	pH		Alcalinidade Total		Acidez Total	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
Entrada ETE	7,07a	7,47a	380,9a	495,63a	94,28a	74,02a
Cx. Remoção de Gordura	7,11a	6,93a	440,69a	666,76a	97,79a	169,96a
Saída da ETE	7,18a	7,34a	447,74a	418,72a	73,63a	85,22a

AT – mg.L⁻¹ de CaCO₃; Ac. – mg.L⁻¹ de CaCO₃. Para a mesma variável, médias das duas fases seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo Teste ANOVA e Tukey a 5% de probabilidade

Observando-se os dados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o pH, a alcalinidade e a acidez apresentaram valores médios próximos nas duas fases de tratamento, sendo estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) para qualquer dos pontos de coleta.

Considerando-se o padrão de lançamento de esgoto sanitário disposto na Resolução CONAMA 430/2011, a faixa recomendada para o pH é entre 5 e 9. Desta forma, verifica-se que todas as amostras estão de acordo com a legislação, além disso, os valores mantiveram-se próximos à neutralidade, o que indica uma condição adequada para os processos biológicos no sistema.

Tanto o parâmetro acidez quanto a alcalinidade não são contemplados nos padrões de classificação das águas naturais ou de emissão de esgotos. Entretanto, pode-se comparar os resultados obtidos com valores da literatura. Segundo Mota e Von Sperling (2009) nas pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal do Ceará (UFC), utilizou-se o efluente final da ETE localizada no município de Aquiraz, no Estado do Ceará, constituída por um sistema de tratamento em lagoas de estabilização em série, composto de uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação para irrigar mamonas. Para tal finalidade, realizou-se a caracterização do efluente e obteve-se uma média para a alcalinidade igual a 146,3 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Já no estudo de Fonseca (2001) sobre o efeito da aplicação de efluente de esgoto tratado da ETE de Lins, SP, na disponibilidade de nitrogênio do solo obteve-se valor de alcalinidade igual a 362,3 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Ao longo do tratamento, Von Sperling *et al.* (2001) recomenda valores de alcalinidade entre 4.000 a 5.000 mg.L⁻¹ de CaCO₃, e de acidez volátil menor que mg.L⁻¹ de CaCO₃, para o controle de digestores anaeróbios. Jordão e

Pessôa (2014) orientam que, para um lodo bem digerido, a alcalinidade total deva ficar em torno 1.800 mg.L⁻¹ de CaCO₃ ou menos, e a acidez volátil abaixo de 300 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Quanto à acidez, Henze e Harremões (1983) citam a faixa compreendida entre 100 e 300 mg.L⁻¹ de CaCO₃ de acidez volátil para a correta operação dos processos anaeróbios.

Assim, apesar de os valores de acidez terem se enquadrado nas faixas recomendadas pela literatura e provavelmente terem sido responsáveis pela manutenção do pH dentro da neutralidade, nota-se que os valores de alcalinidade estão abaixo do indicado, por isso, uma das causas de mau funcionamento da ETE pode estar atrelada à baixa relação alcalinidade/acidez, dificultando parcela da degradação dos poluentes, de forma satisfatória, nos compartimentos anaeróbios, e sobrecarregando as unidades subsequentes.

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de DQO e DBO, parâmetros indicativos da remoção de matéria orgânica, obtidos nas amostragens relativas a cada ponto de coleta do estudo.

Tabela 3: Valores médios de DQO e DBO obtidos na entrada (esgoto bruto) e na saída da ETE (esgoto tratado).

Variáveis	DQO		DBO	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
Conc. Entrada ETE (mg.L ⁻¹)	1322,84a	1439,76a	337,71a	621,21a
Conc. Saída da ETE (mg.L ⁻¹)	1087,54a	1134,58a	213,47a	403,57a
Eficiência (%)	17,78	21,19	36,78	35,03

Para a mesma variável, médias das duas fases seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo Teste ANOVA e Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à DBO, comparando tais resultados com a Resolução do CONAMA 430/2011, verifica-se que nenhuma amostra atingiu a eficiência mínima de 60% de remoção de DBO ou apresentou-se em concentração inferior ao limite de 120 mg.L⁻¹, situações recomendadas para lançamento no corpo receptor. Tal fato se agrava quando tomamos por base o Código Estadual de Meio Ambiente, onde foi realizado o estudo, instituído pela Lei 14.675/2009, que é ainda mais restritivo em termos de despejo de efluentes e estabelece a concentração máxima de DBO de 60 mg.L⁻¹ para a permissão de lançamento. Desta forma, verifica-se que o sistema de tratamento de esgoto da área de estudo não estava operando corretamente, pois, segundo Von Sperling (2014) a eficiência típica de remoção de DBO em sistemas compostos de digestores anaeróbios seguidos de lodos ativados convencional é de 83 a 93%.

Quanto à DQO, apesar de não haver um limite máximo estabelecido pelas legislações federal e estadual, Von Sperling (2014) estabelece para o afluente das ETEs, a faixa de concentração mais usual de DQO situa-se entre 400 e 800 mg.L⁻¹, sendo que a concentração típica é de 700 mg/L, ainda, o autor define que a eficiência de remoção de DQO em sistemas compostos de digestores anaeróbios seguidos de lodos ativados convencional é, normalmente, de 75 a 88%. Entretanto, a concentração obtida na entrada do tratamento, tanto para a Fase I quanto para a Fase II, estiveram bem acima do comum, chegando a ser duas vezes superior à concentração típica, considerando-se o ponto de entrada da ETE na Fase II. Além disso, a eficiência esteve bem menor do que o recomendado. Isso indica que, além do problema de estar suportando uma carga poluidora muito superior àquela para a qual as unidades de tratamento foram projetadas, a estação pode estar recebendo contribuição clandestina de águas residuárias industriais.

Outro fator que corrobora com tal suposição são os altos valores da relação DQO/DBO. Von Sperling (2014) indica que para águas residuais de origem doméstica, tais relações podem variar de 1,7 a 2,4. Neste trabalho, todavia, a relação alcançada para o afluente foi de 3,92 na Fase I e 2,32 na Fase II. Este resultado demonstra que pode estar adentrando ao sistema de tratamento uma fração de substâncias recalcitrantes muito maior do que a parte biodegradável. Além de se constituírem de moléculas mais complexas, dificilmente assimiláveis pela atividade microbiana, essas substâncias podem estar relacionadas à compostos tóxicos, que imobilizam ou até mesmo eliminam as bactérias do meio, prejudicando todo o tratamento.

Todas estas evidências podem explicar o porquê de a introdução do consórcio de bactérias ao sistema não proporcionar mudanças significativas no aumento da eficiência da ETE. Ora, tais microrganismos podem estar sofrendo o comprometimento, ou mesmo a destruição, de suas atividades enzimáticas, não proporcionando qualquer diminuição significativa nos níveis de DBO e ainda contribuindo para maior carga desta, uma vez que, em última instância a biomassa é constituída por matéria carbonácea.

REMOÇÃO DE MATERIAIS DE DIFÍCIL DEGRADAÇÃO

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das análises de O&G e fenóis.

Tabela 4: Valores médios das concentrações de óleos e graxas e fenóis obtidos na entrada (esgoto bruto) e na saída (esgoto tratado) da ETE.

Variáveis	O&G		Fenol	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
Conc. Entrada ETE (mg.L ⁻¹)	121,73a	98,70a	21,50a	32,63b
Conc. Saída da ETE (mg.L ⁻¹)	217,29a	116,79a	33,00a	43,50a

Para a mesma variável, médias das duas fases seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo Teste ANOVA e Tukey a 5% de probabilidade.

Percebe-se que não houve qualquer eficiência de remoção para ambos os parâmetros, mesmo com a aplicação do Enzilimp® na Fase I. Pelo contrário, tanto para O&G quanto para os fenóis, as concentrações de saída foram superiores às concentrações de entrada, sugerindo o possível arraste dessas substâncias para fora das unidades de tratamento, provavelmente aderidas ao lodo e às espumas.

A única diferença estatística que aparece na comparação entre as fases recai sobre o valor da concentração de fenol na entrada da ETE. Contudo, por se tratar do esgoto bruto, pode-se considerar que o afluente chegou mais concentrado na Fase II. Desta forma, não foi a presença do biorremediador que influenciou o tratamento, já que não houve eficiência de remoção.

Em termos de O&G, a Resolução CONAMA 430/2011 determina os limites máximos de 20 mg.L⁻¹ para óleos minerais e de 50 mg.L⁻¹ para óleos vegetais e gorduras animais, que podem estar presentes em efluentes. Entretanto, o método de extração por solvente em *Soxhlet*, não permite a distinção entre os tipos de óleos, sendo que, para essa diferenciação seria necessária a utilização da espectrofotometria na faixa de infravermelho, o que é mais complexo e se encontra menos desenvolvido no país. Já a Lei Estadual 14.675/2009, mais restritiva, limita a presença dessas substâncias a 30 mg.L⁻¹, independentemente do tipo de óleo ou gordura considerado. Nesse sentido, a ETE em questão não cumpre para com as exigências estabelecidas pela legislação.

A presença de concentrações elevadas de O&G no sistema também pode estar afetando o processo biológico e indicando a ocorrência de contribuições industriais. Isso porque essas substâncias podem envolver os flocos biológicos e impedir a entrada de oxigênio, causando a morte das células bacterianas por asfixia (Nuvolari, 2003), como consequência, eleva-se a DBO e a DQO (Berti, 2009). Além disso, pode ter havido uma má adequabilidade construtiva da caixa de retenção, que em vez de reter este material, esta liberando-o juntamente com o efluente pelo fundo do tanque.

Em se tratando dos fenóis, enquanto a Resolução CONAMA 430/2011 determina o valor máximo de 0,5 mg.L⁻¹ como concentração permitida em efluentes, a Lei 14.675/2009 adota o limite de 0,2 mg.L⁻¹. Ao analisar os resultados verifica-se que tanto a entrada quanto a saída da ETE, em ambas as fases, apresentam concentrações de pelo menos 43 vezes maiores que o máximo permitido pela legislação federal. Novamente, tal fato indica um possível despejo de efluente industrial no sistema de coleta de esgoto, sem o devido tratamento, pois, de acordo com Neto (2016), o fenol pode ser proveniente de diversos tipos de indústrias.

Os fenóis são extremamente prejudiciais ao tratamento biológico devido ao fato de se constituírem de moléculas compostas por anéis aromáticos, difíceis de serem degradados pelas bactérias. Rigo (2005, p. 43) explica que “As enzimas podem ser facilmente inativadas [...], pela ação do fenol. A estabilidade da enzima

pode ser aumentada pela sua imobilização ou pela sua incorporação em solventes orgânicos”. Ainda de acordo com o autor, por ser altamente tóxico, este composto causa instabilidade na população microbiana, podendo comprometer até mesmo a sua sobrevivência.

Diante do exposto, a utilização do Enzilimp® não apresentou uma eficiência significativa na remoção de matéria orgânica, pois, as bactérias de sua formulação tiveram a sua produção de enzimas prejudicadas. Assim, entende-se que a presença de fenóis e O&G em elevada concentração é um dos fatores que está prejudicando o funcionamento da ETE, principalmente nos reatores biológico, o que consequentemente explica a baixa remoção de matéria orgânica no sistema.

CONCLUSÕES

A partir da realização da pesquisa é possível concluir que:

- a baixa relação alcalinidade/acidez propicia instabilidade ao sistema de degradação biológica da ETE;
- além da presença de O&G em excesso, o afluente e efluente da ETE também apresentam elevadas concentrações de DQO, fenóis, e altas relações DQO/DBO;
- a utilização do produto comercial Enzilimp® não proporcionou para a ETE estudada aumento da eficiência de remoção O&G e de matéria orgânica;
- Os problemas encontrados na área de estudo parecem ser causados por despejo ilegal de efluentes industriais na rede coletora de esgoto doméstico;
- Há possibilidade de que tenham ocorrido falhas construtivas e/ou de projeto do tanque de retenção de gordura;
- Provavelmente as bactérias da formulação Enzilimp® tiveram a sua produção enzimática prejudicada pela presença de compostos tóxicos presentes no sistema estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. *Standart Methods for Examination of Water and Wastewater*. 19ed. Washington: American Public Health Association, 2012.
2. BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; GRASSI, L. E. A.; SOARES, L. C. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. *SaBios - Revista de Saúde e Biologia*, v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009.
3. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): Diagnóstico dos serviços de água e esgotos, 2015.
4. BRASIL. Resolução do CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 9p. Brasília, DF, 2011.
5. FREDERICE, V. M. Efeito da adição de Enzilimp® aplicado ao tratamento de efluente de laticínio em reator aeróbio, com diferentes concentrações de gordura, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
6. FONSECA, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado, 2001. Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo, 2001.
7. HENZE, M.; HARREMÕES, P. *Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors – a literature review*. *Water Science and Technology*, v. 15, n. 8-9, p. 1-101, ago. 1983.
8. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 1050p. 7ª ed. Rio de Janeiro, 2014.
9. JUNG, F.; CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D.M.G. *Impact of enzymatic prehydrolysis on batch activated sludge systems dealing with oily wastewaters*. *Biotechnology Letter*, v. 24, n. 21, p. 1797-1802, nov. 2002.

10. MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. Nutrientes de esgoto sanitário: Utilização e Remoção. 428p. 1ª ed. Rio de Janeiro. ABES, 2009.
11. NETO, L. G. L. Modelagem da degradação de fenol em efluentes aquosos através do processo de foto-fenton, 2016. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
12. NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 193 p. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2003.
13. RIGO, M. Estudo da biodegradação de compostos fenólicos em águas residuárias, 2005. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas, 2005.
14. SANTA CATARINA. Lei n. 14.675, de 13 de abr. de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. 92p. Florianópolis, 2009.
15. VEIGA, A. A. Biodegradação de gordura em efluente através da adição controlada de enzimas e microrganismos em reatores aeróbios em série. Rio de Janeiro, 2003. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2003.
16. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
17. VON SPERLING, M.; AANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 6. Lodo de esgoto: tratamento e disposição final. 484p. 1ª ed. Belo Horizonte, 2001.