

25º. Encontro Técnico AESABESP

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DOIS SISTEMAS UTILIZADOS NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Thiara Reis Lopes⁽¹⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental, Mestranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, câmpus Medianeira.

Adelmo Lowe Pletsch

Doutor em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia, UFBA.

Fernando Periotto

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR.

Juliana Bortoli Rodrigues Mees

Doutora em Engenharia Agrícola: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

Endereço⁽¹⁾: Av. Brasil, 4232 – Parque Independência - Medianeira - Paraná - CEP: 85884-000 - Brasil- Tel: +55 (45) 3240-8000 - Fax: +55 (45) 3240-8101 - e-mail: thiaralop@gmail.com

RESUMO

A quantificação dos contaminantes presentes nos esgotos domésticos é condição necessária à adoção de tecnologias adequadas ao seu tratamento, assegurando a qualidade do efluente tratado, minimizando o risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente. Na região oeste do estado do Paraná existem sistemas de tratamento de esgoto que operam com o uso de lagoas de estabilização e aqueles que operam com o uso de reator anaeróbio de leito fluidizado. Este trabalho teve como objetivo determinar as principais características dos esgotos brutos e tratados e avaliar comparativamente a eficiência entre os dois sistemas de tratamento utilizados no oeste do estado do Paraná. As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Medianeira e serviram para conhecer a eficiência dos diferentes sistemas. O substrato utilizado proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) dos municípios de Medianeira e de Santa Helena, não apresentaram diferenças estatísticas em seus parâmetros, quanto à eficiência das duas formas de tratamento, exceto para o Potencial de Hidrogênio Iônico (pH). Com essa caracterização foi possível comprovar que a eficiência no tratamento de esgoto das duas ETE's para os parâmetros avaliados é semelhante.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, saneamento, esgoto.

INTRODUÇÃO

Uma parcela significativa da água, após ser utilizada para o abastecimento público e nos processos produtivos, retorna contaminada aos corpos hídricos, isso conseqüentemente reduz a sua qualidade e compromete os seus diversos usos e pode se tornar imprópria para a vida ou para o consumo¹³.

Muitos dos fatores que reduzem a qualidade da água ocorrem pelo fato que diversas impurezas se acumulam e/ou contaminam a água, durante o seu percurso, no ciclo hidrológico. Geralmente, são alterações advindas das atividades humanas. Tais impurezas são constituídas por matéria mineral e orgânica em três formas, variam com o tamanho das partículas que podem estar presentes na água, progressivamente, das maiores para as mais finas: suspensão, estado coloidal e solução²⁰.

Por ser descartada pelo homem após o uso, como esgoto, é importante que esta receba tratamento adequado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), antes de ser destinada ao ambiente. Os esgotos destinados à ETE's geralmente são oriundos das seguintes fontes: esgotos domésticos e industrial, águas de infiltração e a de contribuição pluvial parasitária²², de acordo com a Norma Brasileira - NBR 9648/1986 este tipo de esgoto é definido como esgoto sanitário⁷.

A deficiência de redes coletoras de esgoto e ETE's e a presença de ligações clandestinas que drenam esgotos sem tratamento para os corpos hídricos, deterioram a qualidade ambiental, aumentam as chances de se transmitir doenças por veiculação hídrica, afeta a biota aquática e, conseqüentemente, exerce pressão negativa nos recursos hídricos. Isso evidencia a necessidade de ampliação dos serviços de esgotamento sanitário e melhorias na remoção de poluentes, para garantir a qualidade dos recursos hídricos.

Na região oeste do estado do Paraná é possível encontrar sistemas de tratamento de esgoto que operam com o uso de lagoas de estabilização. Esses sistemas de tratamento são comumente utilizados em países de clima tropical devido às elevadas temperaturas que contribui com este tipo de tratamento biológico de esgoto, que é frequentemente utilizado por apresentar baixos custos de implantação, operação e manutenção^{14, 9,12}. O uso de lagoas de estabilização é um método comum para tratar efluentes orgânicos, uma de suas desvantagens é a necessidade de grandes áreas para a sua construção. As mesmas podem ser classificadas em três tipos, tais como, facultativas, anaeróbias e aeradas¹¹.

As Lagoas anaeróbias podem ser caracterizadas como um processo de tratamento de baixa taxa, no qual a matéria orgânica biodegradável é estabilizada convertida em dióxido de carbono e metano. Comparada com os outros tipos de lagoas, este tipo de lagoa se diferencia por ser construída com estruturas relativamente profundas, que variam de 2 a 6 metros de profundidade¹⁴.

Outro tipo de lagoa são as denominadas facultativas, nas quais os processos de estabilização da matéria orgânica ocorrem por meio de processos aeróbios e anaeróbios. Possuem como característica a anaerobiose no fundo da lagoa, com a produção de dióxido de carbono e metano, e aerobiose na superfície da lagoa, nessa região a maior parte de oxigênio é produzida pelas algas¹⁴.

Além das lagoas anaeróbias e facultativas utilizadas no tratamento de esgotos, é possível encontrar na região oeste do Paraná sistemas que operam com o uso de reator anaeróbio de leito fluidizado. De maneira geral, o processo de tratamento com o uso do reator consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade biológica anaeróbia. O esgoto entra pelo fundo do reator e o efluente deixa o reator através de um decantador interno localizado na parte superior do reator¹⁵.

Apesar das características específicas de cada sistema utilizado no tratamento de esgotos, estes precisam estar dimensionados adequadamente, devem atender as necessidades do rápido crescimento populacional e ao mesmo tempo, satisfazer os limites estabelecidos pela legislação²³.

Conhecer as características dos sistemas de tratamento e quantificar os contaminantes presentes nos esgotos domésticos brutos e tratados é uma condição necessária para a adoção de tecnologias adequadas para o seu tratamento e, assim, assegurar a qualidade do efluente tratado, bem como minimizar o risco potencial para a saúde pública e ao meio ambiente.

OBJETIVO

Este trabalho foi realizado com objetivo de estudar as principais características dos esgotos brutos e tratados por dois tipos de tratamentos de esgotos encontrados no estado do Paraná. Tal caracterização foi obtida com a realização de análises físico-químicas, contribuindo para a compreensão mais detalhada do tratamento desses esgotos sanitários,

bem como para futuros estudos, os quais podem ser fundamentados nos dados aqui levantados.

MATERIAL E MÉTODOS

Delimitação da área de estudo

Os locais de estudo possuem clima de acordo com a classificação Köppen do tipo Cfa – subtropical, mesotérmico, apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, com índices médios anuais entre 1600 a 2000 mm, temperatura média anual entre 21 a 23 °C e umidade relativa entre 75 a 80%⁸.

Geograficamente a ETE de Medianeira está situada em local com altitude de 360 metros, latitude de 25°17'11.23"S e longitude 54° 6'5.03"O. O esgoto tratado é destinado ao rio Alegria, Figura 1.

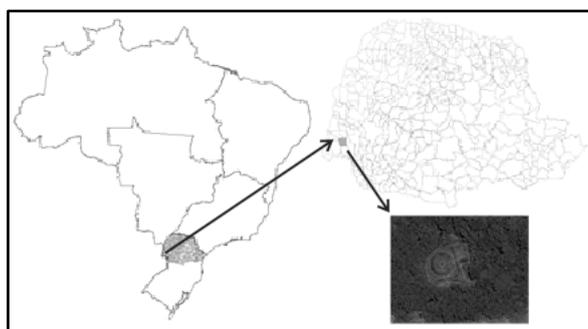


Figura 1: Localização da ETE de Medianeira,

PR.

Geograficamente a ETE de Santa Helena está situada em local com altitude de 244 metros, latitude de 24°51'18.04"S e longitude 54°19'22.83" O W. O efluente tratado é despejado no lago de Itaipu, Figura 2.

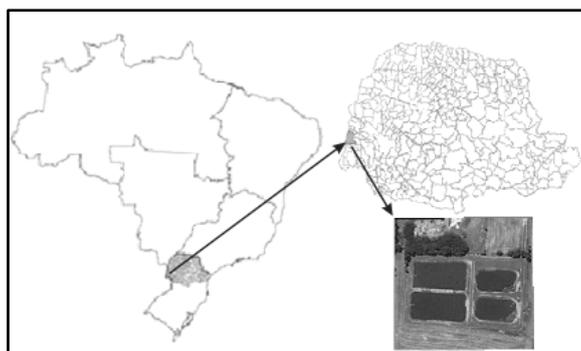


Figura 2: Localização da ETE de Santa Helena, PR.

Amostragens

As coletas de amostras foram realizadas nas duas ETE's durante o período de janeiro a fevereiro de 2014. Na estação de tratamento de esgoto operada com o uso do Reator (RALF), as amostras de esgoto bruto foram coletadas na entrada do sistema, especificamente na Calha *Parshall*. A coleta de esgoto tratado foi realizada na saída do reator, Figura 3 (A).

No sistema de tratamento operado com lagoas, as coletas de esgoto bruto foram realizadas na tubulação de entrada da primeira lagoa e para o esgoto tratado as amostragens foram realizadas na saída da última lagoa, Figura 3 (B).

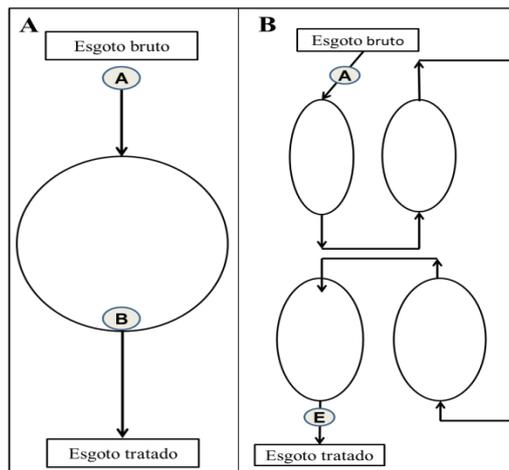


Figura 3 – Esquema dos pontos de coleta de esgoto, na ETE de Medianeira (A), e na ETE de Santa Helena (B).

As amostras foram coletadas e preservadas conforme a NBR 9898 /1987 ⁶. Durante a coleta foi possível determinar a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido com o uso de sonda *dissolved oxygen meter*, modelo: DO-5519. Os dados referentes a localização geográfica das ETE's foram obtidos com o uso de um sistema de posicionamento global (GPS) portátil (*Garmin eTrex® Legend*).

As amostras inorgânicas foram armazenadas com o uso de materiais de polietileno previamente descontaminados deixados em banho em solução de 10% v/v de HCl e lavados com água destilada ²⁰. Durante a coleta todas as embalagens foram identificadas com o uso de etiquetas e as informações referentes a cada ponto amostrado foram registradas em fichas de coleta. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo e encaminhadas para o laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira.

Em laboratório, no tempo máximo de 6 horas após a coleta foram determinados o pH, a condutividade e as amostras foram preservadas de acordo com os requisitos de cada parâmetro estabelecidos na NBR 9898/1987 e armazenadas sob refrigeração a 4°C ⁵.

Determinação de parâmetros físico-químicos

As análises físicas e químicas foram realizadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, *Campus* Medianeira. O substrato utilizado foi o esgoto sanitário bruto e tratado, provenientes das ETE's. Os parâmetros avaliados foram nitrogênio amoniacal, Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos sedimentáveis (SS), essas determinações foram realizadas conforme as metodologias descritas na Tabela 1.

Para a determinação de nitrogênio amoniacal foram utilizados 50 mL de amostra, previamente diluída, na qual foram adicionadas duas gotas da solução de tartarato de sódio, 2 gotas de indicador fenolftaleína e 2 gotas da solução de hidróxido de sódio e cloreto de sódio (NaOH + NaCl), em seguida foram adicionadas 3 mL do reagente fenato, 1 mL da solução de hipoclorito de sódio e 0,5 mL da solução de nitroprussiato de sódio, após a adição de cada reagente todos os béqueres foram agitados, em seguida foram colocados em ambiente com pouca luz, por 45 minutos, na sequência foram realizadas as leituras em espectrofotômetro digital Hach - DR 2800, a 635 nm ².

O pH foi determinado com o uso de um medidor de pH modelo: *HI 76405*, precisão $\pm 0,01$, calibrado com as soluções tampão pH 7,0 e 4,0. A condutividade foi determinada com o uso do condutivímetro, o oxigênio dissolvido (OD) e a temperatura foram

determinados em campo com o uso de uma sonda *dissolved oxygen meter*, modelo: DO-5519.

Tabela 1: Parâmetros e técnicas analíticas utilizadas.

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
Nitrogênio Amoniacal	Método do Fenato (adaptado do IAP)	mg/L
DQO	Standard Methods, método 5220D ¹	mg/L
ST	Standard Methods, método 2540B ¹	mg/L
STF, STV	Standard Methods, método 2540E ¹	mg/L
Sólidos sedimentáveis	Standard Methods, método 2540F ¹	mL/L.h
pH	Direto, potenciométrico	-----
Condutividade	Direto, condutivímetro	μs/cm
Temperatura	Direto, Sonda	°C
OD	Direto, Sonda	mg/L

Todas as determinações de nitrogênio amoniacal, DQO e SS foram realizadas em duplicata, e as análises de ST, STF, STV, pH e Condutividade foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS

A Tabela 2 e 3 mostra os resultados estatísticos para as variáveis avaliadas no esgoto bruto e tratado pela estação de tratamento de esgoto de Santa Helena que opera com o uso de quatro lagoas, esses resultados foram obtidos com amostras coletadas durante o período de janeiro a fevereiro de 2014.

Tabela 2: Estatística descritiva dos parâmetros avaliados para esgoto bruto da ETE de Santa Helena, PR, o cálculo do desvio padrão e da mediana foram realizados com 95% de significância.

Esgoto bruto							
Parâmetros							
	pH	N-Amoniacal (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SÓL. SED. (mL/L.h)
Média	6,89	76,83	97,06	1601	702	697,3	43,5
Mediana	6,9	73,29	98,25	1456	713	721,0	43,5
Desvio padrão	0,13	9,72	46,38	567,0	171	166,8	51,62
Mínimo	6,75	65,85	53,25	1121	514	520,0	7
Máximo	7,02	87,53	138,50	2372	867	851,0	80

Tabela 3: Estatística descritiva dos parâmetros avaliados para esgoto tratado da ETE de Santa Helena, PR, o cálculo do desvio padrão e da mediana foram realizados com 95% de significância.

Esgoto tratado							
Parâmetros							
	pH	N-Amoniacal (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SÓL. SED. (mL/ L.h)
Média	7,85	60,74	24,68	486	364	214	0,65
Mediana	7,84	64,75	23,80	556	363	219	0,65
Desvio	0,29	9,32	14,02	154	64,9	25,2	0,64

padrão							
Mínimo	7,58	48,71	11,30	319	296	177	0,2
Máximo	8,13	70,44	39,80	662	460	242	1,1

Os resultados obtidos para o esgoto bruto mostram que os valores de pH estão inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução n° 357/2005 - CONAMA, a qual estabelece a faixa de pH entre 6 a 9 ⁴. Os resultados de pH do esgoto bruto e tratado estão próximos aos resultados obtidos por Silva, que realizou estudos em sete estações de tratamento de esgoto operadas com lagoas, localizadas no Rio Grande do Norte, estas apresentaram pH para esgoto bruto que variam de 6,90 a 7,20 ²⁰.

Os valores pH do esgoto bruto esteve sempre próximo a neutralidade e para o esgoto tratado valores levemente alcalinos. Processos de oxidação biológica normalmente reduzem o pH, contudo os valores de pH do esgoto tratado é superior ao dos esgotos brutos, isso sugere que nas lagoas facultativas está ocorrendo um consumo de CO₂ pelas algas fotossintetizantes superior à sua produção de oxigênio, para garantir o bom desempenho das lagoas é interessante evitar valores de pH superiores a 8 e inferiores a 6 ^{10,14}.

O oxigênio dissolvido durante os meses avaliado, possui concentração média de 3,9 ppm para o esgoto bruto e 9,55 ppm para o esgoto tratado. O esgoto tratado atende os padrões de OD para lançamento, por possuir concentração superior a 5 ppm. Isso sugere que a população de algas é suficiente para suprir a demanda exercida pelas bactérias aeróbias, na lagoa facultativa ¹⁰.

A temperatura média do esgoto tratado durante os meses de janeiro a fevereiro foi de 32,75 °C. Tais valores elevados contribuem com os processos metabólicos bacterianos, favorecem a degradação da matéria orgânica dos esgotos que proporciona o aumento da eficiência do tratamento ¹⁴.

Como a temperatura do esgoto tratado está inferior a 40°C, este parâmetro atende os padrões estabelecidos pela Resolução n° 430/2011 - CONAMA ³. Os resultados de Oxigênio dissolvido estão próximos aos resultados obtidos por Silva, que realizou estudos em sete estações de tratamento de esgoto operadas com lagoas, nas quais a concentração de oxigênio dissolvido do esgoto tratado nas ETE's variaram de 2,4 a 4,2 mg/L e a temperatura do esgoto tratado variou de 30 a 31°C ²⁰.

O Nitrogênio amoniacal do esgoto tratado está acima do padrão estabelecido pela Resolução n° 430/2011 - CONAMA, que estipula uma concentração máxima de 20 mg/L ³.

A média dos resultados obtidos para ST do esgoto bruto comparadas com as concentrações da composição típica do esgoto doméstico não tratado está entre as concentração baixa que é de 390 mg/L a média que é de 720 mg/L ¹⁶.

Para os esgotos tratados, os sólidos sedimentáveis possuem concentração superior aos limites estabelecidos pela Resolução n° 357/2005 - CONAMA, esses deveriam estar virtualmente ausente no esgoto tratado que é lançado no lago ⁴.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados dos parâmetros obtidos com a análise do esgoto bruto e tratado pela ETE que opera com o uso de reator anaeróbio de leito fluidizado.

Tabela 4: Estatística descritiva dos parâmetros avaliados para esgoto bruto da ETE de Medianeira, PR, o calculo do desvio padrão e da mediana foram realizados com 95% de significância.

Esgoto bruto							
Parâmetros							
	pH	N-Amoniacal (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SÓL. SED. (mL/L.h)

)
Média	6,9 1	51,45	49,63	729	241	491	3,75
Mediana	6,9 9	59,05	50,75	793	236	516	3,75
Desvio padrão	0,1 5	12,24	2,59	96,1	48,8	55,0	1,77
Mínimo	6,6 5	36,00	45,75	607	198	409	2,50
Máximo	7,0 4	64,35	51,25	803	293	523	5,00

Os valores de ST para os esgotos brutos da ETE de Medianeira possuem concentrações médias se comparados com os valores apresentados por METCALF & EDDY¹⁶.

Tabela 5: Estatística descritiva dos parâmetros avaliados para esgoto tratado da ETE de Medianeira, PR, o cálculo do desvio padrão e da mediana foram realizados com 95% de significância.

Esgoto tratado							
Parâmetros							
	pH	N- Amoniacal (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SÓL. SED. (mL/ L.h)
Média	6,93	59,74	16,08	535	444	158	0,75
Mediana	6,93	66,17	15,55	492	373	137	0,75
Desvio padrão	0,15	11,39	4,13	375	289	61,8	0,35
Mínimo	6,86	46,89	11,60	190	202	110	0,50
Máximo	6,97	71,39	21,60	965	828	228	1,00

Os valores do pH no período de estudo atendem os limites estabelecidos pela Resolução n° 357/2005 - CONAMA, a qual estabelece a faixa de pH entre 6 a 9, o pH não apresentou variações significantes entre o esgoto bruto e tratado, mas está em condições ótimas para os processos anaeróbicos por estar entre 6,8 a 7,4¹⁴.

O oxigênio dissolvido possui concentração média de 8 ppm para o esgoto bruto, e de 3,4 ppm para o esgoto tratado, sendo assim, o esgoto tratado não atende os limites estabelecidos para a concentração de OD, por ser inferior a 5 ppm.

A temperatura média do esgoto tratado teve valores médios de 27,6 °C, por ser inferior a 40 °C este parâmetro atende os limites estabelecidos pela Resolução n° 430/2011 - CONAMA³.

O esgoto bruto possui concentração de nitrogênio amoniacal necessária ao desenvolvimento bacteriano, por estar entre 50 a 200 mg/L¹⁴. Contudo, a concentração de nitrogênio amoniacal no esgoto tratado é superior aos padrões estabelecidos pela Resolução n° 430/2011 - CONAMA, por estar superior a 20 mg/L³. Os materiais sedimentáveis atendem os parâmetros estabelecidos, por estar inferior a 1 mL/L³.

Comparação dos parâmetros de esgoto tratado entre as ETE's

Com o uso do software Minitab foi possível realizar análise de variância - Anova e o teste para comparação das médias de Fischer, os valores de F tabular para a análise de variância foram comparados conforme a tabela de Mucelin¹⁸.

Isso possibilita afirmar que as médias de pH amostradas do esgoto tratado pela estação de tratamento que opera com lagoas e a estação de tratamento que opera com reator são estatisticamente diferentes. A realização do teste de Fischer, a 5% de significância, possibilita confirmar que as médias de pH do esgoto tratado pelas ETE's são estatisticamente diferentes. Os resultados estatísticos obtidos para sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos sedimentáveis, nitrogênio amoniacal e DQO do esgoto tratado pelas ETE's durante o período avaliado apresentaram médias estatisticamente iguais.

CONCLUSÃO

Conhecer as principais características dos esgotos é fundamental para promover melhorias na qualidade do tratamento e compreender o funcionamento do sistema de tratamento adotado. A realização deste estudo em sistemas de tratamento distintos possibilitou verificar a similaridade entre a maioria dos parâmetros avaliados para o esgoto tratado, que apresentaram para a maioria dos parâmetros médias estatisticamente iguais, isso comprova que a eficiência do tratamento de esgoto das duas ETE's para estes parâmetros é semelhante.

Somente os valores de pH apresentaram médias estatisticamente diferentes durante o período de estudo, contudo o pH está dentro dos limites estabelecidos por legislação. É possível observar a necessidade de melhorar a eficiência dos sistemas de tratamento referente à conversão de nitrogênio amoniacal, por este estar superior aos limites estabelecidos por legislação.

RECOMENDAÇÕES

É importante dar a continuidade a estudos nos sistemas de tratamento de esgotos, uma vez que os esgotos tratados são destinados geralmente a um corpo receptor e conseqüentemente passam fazer parte do ciclo hidrológico e assim podem estar presentes na água para abastecimento público, entre outros fatores. Sendo assim, é necessário conhecer quais são as principais características dos esgotos tratados, pois esses podem afetar a biota do corpo receptor e a todos os seres vivos, incluindo o homem que passa a utilizar deste recurso, isso conseqüentemente pode acarretar malefícios à saúde pública caso o esgoto não seja tratado adequadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012.
2. Adaptação do método 4500 NH₃F (Método do Fenato) feita pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP/Toledo. Procedimento original da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012, Método 4500-NH₃F.
3. BRASIL. Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. **CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente**. 2011.
4. BRASIL. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. **CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente**. 2005.
5. BRASIL, NBR 9897/1987 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. 14 p.
6. BRASIL, NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. 22 p.

7. BRASIL. NBR 9648/1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Procedimento. 5 p.
8. CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEITA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 15 out. 2013.
9. CASAROTTI, E. G.; MATSUMOTO, T.; ALBERTIN, L. L. Avaliação da influência do vento na circulação de uma lagoa de estabilização. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, n. 4. p. 401-412, 2012.
10. DUARTE, M. A. C.; PEREIRA, W. H. N.; CEBALLOS, B. S. O. Avaliação comparativa da eficiência de três sistemas de tratamento de esgotos domésticos em Natal – RN. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2000.
11. ECKENFELDER, W. W. **Industrial water pollution control**. 3ª ed. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering, United States of America - USA, 2000.
12. FURTADO, A. L. F. F.; CALIJURI, M. do C.; LORENZI, A. S.; HONDA, R. Y.; GENUÁRIO, D. B.; FIORE, M. F. Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. **Hydrobiologia**, p. 195 – 209, 2009.
13. GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Edição especial, mai. 2001.
14. GRADY, L.; LIM, H. C. **Biological wastewater treatment: theory and applications**. Marcel Dekker, New York, 1999.
15. JURGENSEN, D.; MOCHIDA, G. A.; CARRARO, A.; GALPERIN, V.; MEDEIROS, S. L.; ALVES, H. B.; DUMA, M. **Programa de educação e qualificação tratando o esgoto ambiente legal: tratamento biológico anaeróbio**. SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. 2005.
16. METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. Donnelley & Sons Company, Crawfordsville, IN. 2003.
17. MATTA, M. E. M. da. **Índice de perigo para subsidiar a aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola**. 2011, 97 f. Tese (Programa de Patologia) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
18. MUCELLIN, C. A. **Estatística elementar e experimental aplicada às tecnologias**. Medianeira, PR, 2006.
19. RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009. 340 p.
20. SOARES, A. MOZETO, A. A. Water quality in the Tietê River Reservoirs (Billings, Barra Bonita, Bariri and Promissão, SP - Brazil) and nutriente fluxes across the sediment-water interface (Barra Bonita). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n.3, p. 247-266, 2006.
21. SILVA FILHO, P. A. da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007, 169 f. Dissertação (Programa Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
22. TAVARES, J. L.; TETÉO, K. F. de C. Avaliação da eficiência de estações de tratamento de esgotos em municípios do Rio Grande do Norte. **IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN**. 2013.
23. WANG, J.; JIN, P.; BISHOP, P. L.; LI, F. Upgrade of three municipal wastewater treatment laggons using a high surfasse área media. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 6, n.2, p. 288 – 293, 2012.