

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DIANDRA FAUST SILVEIRA

NARIELE RAIANE ARSEGO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO POR ESTAÇÃO
DE ZONAS DE RAÍZES**

FRANCISCO BETRÃO

2014

DIANDRA FAUST SILVEIRA

NARIELE RAIANE ARSEGO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO POR ESTAÇÃO
DE ZONAS DE RAÍZES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, como requisito para a
aprovação na disciplina de TCC-2

Orientadora: Prof. Dra. Ivane Benedetti
Tonial

Co-orientadora: Prof. Dra. Claudia
Eugênia Castro Bravo

Francisco Beltrão

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes

por

Diandra Faust Silveira

Monografia apresentada às **18:00 horas. do dia 19 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRA AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

**Profª. Drª. CLAUDIA E. CASTRO
BRAVO**

UTFPR - Convidada

Profª. Drª. IVANE B. TONIAL

UTFPR Orientadora

Prof. MsC. WAGNER DE AGUIAR

UTFPR Convidado

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki

Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes

por

Nariele Raiane Arsego

Monografia apresentada às **18:00 horas. do dia 19 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRA AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

**Profª. Drª. CLAUDIA E. CASTRO
BRAVO**

UTFPR - Convidada

Profª. Drª. IVANE B. TONIAL

UTFPR Orientadora

Prof. MsC. WAGNER DE AGUIAR

UTFPR Convidado

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki

Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental

DEDICATÓRIA

A meus pais Roberto e Noeli

A minha irmã Naira

A minha colega, parceira e amiga Diandra, que teve paciência, garra e foco
para que pudéssemos concluir esse trabalho juntas

A meus amigos

Nariele Raiane Arsego

A meus pais Valdir e Cleusa

A meu irmão Paulo Samuel

A minha colega, parceira e amiga Nariele, que teve paciência, garra e foco
para que pudéssemos concluir esse trabalho juntas

A meus amigos

Diandra Faust Silveira

AGRADECIMENTO

Agradecemos primeiramente ao nosso bom Deus, por ter nos dado o dom da vida e a capacidade podermos alcançar a tudo que almejamos em nossas vidas e poder estar concluindo mais este trabalho.

A todos nossos professores que contribuíram e enriqueceram nossos conhecimentos em toda nossa vida acadêmica.

A nossa orientadora, Ivane Benedetti Tonial, por nos ajudar com seus ensinamentos, conselhos, paciência e por sempre nos mostrar que conseguiríamos vencer esta etapa de nossas vidas.

A nossa co-orientadora Claudia Castro Bravo, por também nos ajudar com seus conhecimentos, ajuda e conselhos.

Aos nossos familiares que contribuíram para chegar nesta fase, nos apoiaram em todo período acadêmico e por acreditar que iríamos alcançar esta conquista. E agradecer por nos ajudar a nunca desistir e também pela ajuda financeira de suma importância.

Aos nossos amigos que nos incentivaram e sempre estiveram ao nosso lado.

A UTFPR por possibilitar a realização da graduação e a ajuda para desenvolvimento deste trabalho

A todos que de alguma forma contribuíram, mesmo que distantes, para que este trabalho fosse concluído.

EPÍGRAFE

“Nunca deixe que lhe digam que não vale apenas acreditar nos sonhos que se tem ou que seus planos nunca vão dar certo ou que você nunca vai ser alguém... quem acredita sempre alcança.”

(Renato Russo).

RESUMO

ARSEGO, Nariela. R; FAUST, Diandra. **Avaliação da Eficiência do Tratamento de Esgoto por Estação de Zonas de Raízes**. 2014. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2014.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência do biofiltro (Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes) implantado na Escola Epitácio Pessoa, localizada na Seção Jacaré no Município de Francisco Beltrão. Para isso foram realizadas três coletas de amostras de esgoto bruto e tratado, os quais foram avaliados quanto ao pH, temperatura, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, sólidos totais, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fósforo e *E. Coli*. A análise dos resultados mostrou que a ETE apresentou uma diminuição dos teores dos parâmetros do esgoto bruto em relação ao esgoto tratado, porém os valores dos teores do esgoto tratado não atendem as concentrações estabelecidas pela legislação não podendo ser lançado em corpos hídricos comprovando, assim que a eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto por zona de raízes avaliada não é satisfatória devendo passar por reparos e monitoramento constante.

Palavras chaves: Impacto ambiental. Esgoto. Tratamento por zona de raízes

ABSTRACT

ARSEGO, Nariete. R; FAUST, Diandra. . **Efficiency of the sewer Treatment per Station of root Zones.** 2014. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2014.

The present study aimed to evaluate the efficiency of the biofilter (Station Sewage Treatment Roots zone) deployed in Epitácio Pessoa School, located in Section Jacaré in the city of Francisco Beltrao. For this, three Samples of raw and treated sewage has been collected, which were evaluated the pH, temperature, dissolved oxygen, DBO, DQO, total solids, nitrate, nitrite, total nitrogen, phosphorus and E. Coli. The results showed that ETE showed a decrease in the levels of the parameters of raw sewage in relation to treated sewage, but the levels of the treated wastewater values does not meet the concentrations established by government, can't be released into hydrous bodies proving, so the efficiency of the Sewage Treatment Plant for the root zone is assessed unsatisfactory must undergo repairs and Constant monitoring.

Keywords: Environmental Impact. Sewer. Root zone treatment

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONVENCIONAL, CONTENDO A ETAPAPRELIMINAR, PRIMÁRIA, SECUNDÁRIA E TERCÍARIA.	25
FIGURA 2. SISTEMA DE ESCOAMENTO SUB-SUPERFICIAL LEVANDO EM CONTA O FLUXO. (A): MODELO DE FLUXO HORIZONTAL; (B): MODELO DE FLUXO VERTICAL.	28
FIGURA 3. VISTA AÉREA DA LOCALIZAÇÃO DA ESCOLA	35
FIGURA 4. PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE EFLUENTE.....	37
FIGURA 5. (A) PONTO DE COLETA DO ESGOTO BRUTO. (B) EQUIPAMENTO DE COLETA.	37
FIGURA 6. PONTO DE COLETA DO ESGOTO TRATADO.	38
FIGURA 7. (A) ETE SEM MANUTENÇÃO. (B) PONTO DE COLETA DO ESGOTO BRUTO TOMADO POR PLANTAS DANINHAS.	47

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VALORES DO POTENCIAL HIDROGEÔNICO (PH) DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 E 430/11 DO CONAMA.	45
GRÁFICO 2. VALORES DE TEMPERATURA DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 E 430/11 DO CONAMA.	46
GRÁFICO 3. VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 DO CONAMA.	47
GRÁFICO 4. VALORES DE NITRITO DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 DO CONAMA.	48
GRÁFICO 5. VALORES DE NITRATO DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 DO CONAMA.	49
GRÁFICO 6. VALORES DE NITROGÊNIO TOTAL DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 DO CONAMA.	50
GRÁFICO 7. VALORES DE FÓSFORO DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 357/05 DO CONAMA.	51
GRÁFICO 8. VALORES DE DQO DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO CEMA 70/09.	52
GRÁFICO 9. VALORES DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO) DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 430/11 DO CONAMA E CEMA 70/09.	53
GRÁFICO 10. VALORES DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS DO ESGOTO BRUTO E TRATADO EM COMPARAÇÃO AOS VALORES PRECONIZADOS PELA RESOLUÇÃO 257/05 DO CONAMA.	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES A PRIMEIRA, SEGUNDA E TERCEIRA COLETA DE ESGOTO BRUTO (E.B.) E TRATADO (E.T.) DA ETE POR ZONA DE RAÍZES.	44
TABELA 2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM VALORES MÉDIOS \pm DESVIO PADRÃO REFERENTE AS TRÊS COLETAS DE ESGOTO BRUTO (E. B.) E TRATADO (E.T.) DA ETE POR ZONA DE RAÍZES.....	55
TABELA 3. VALORES DE DQO EM AMOSTRAS DE ESGOTO BRUTO E TRATADO E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO.	55
TABELA 4. VALORES DA RELAÇÃO DE DQO/DBO DAS AMOSTRAS DE ESGOTO SUBMETIDO AO SISTEMA DE TRATAMENTO POR ZONA DE RAÍZES.....	56

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
$C_{DQO,0}$	Valor de DQO do efluente bruto em $mg.L^{-1}$
C_{DQO}	Valor de DQO do efluente tratado em $mg.L^{-1}$
CEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
E.B	Efluente bruto
E.T	Efluente tratado
E	Eficiência de remoção de DQO
<i>E. coli</i>	Escherichia Coli
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEMA	Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica

mL	mililitro
mgL ⁻¹	miligrama por litro
NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrito
N _{total}	Nitrogênio total
OD	Oxigênio Dissolvido
ODM	Objetivos do Milênio
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PPGDR	Programa de Pós-graduação e Desenvolvimento Regional
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
R1	Reagente 1
R2	Reagente 2
Sanepar	Companhia de Saneamento do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. A Geração de esgoto	18
3.2. Geração de esgoto e Meio ambiente	20
3.3. Esgoto doméstico versus saúde pública	21
3.4. Doenças de veiculação hídrica.....	22
3.5. Gastos com o tratamento de esgoto e saúde pública	23
3.6. Sistemas convencionais de tratamento de esgoto	24
3.7. Tecnologias alternativas para o tratamento de esgoto.....	26
3.7.1 Tecnologia alternativa do tratamento de esgoto por zona de raízes	26
3.8. Principais parâmetros de qualidade das águas residuárias	29
3.8.1 Sólidos.....	29
3.8.2 Indicadores de Matéria Orgânica	29
3.8.2.1- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	29
3.8.2.2- Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	30
3.8.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)	31
3.8.2.4 Nitrogênio	31
3.8.2.5 Fósforo	32
3.8.2.6 Organismos indicadores de contaminação fecal	32
3.8.2.6.1 <i>Escherichia coli</i>	33
3.9. Legislação Ambiental voltada a Padrões de Lançamento de Efluente	34

3.9.1 - Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005.....	34
3.9.2 - Resolução Nº 430 de maio de 2011	34
3.9.3 - Resolução CEMA 70 de 2009- IAP	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1 Localização da área de estudo.....	35
4.2 Amostragem	36
4.3. Coleta do efluente bruto	37
4.4 Coleta do efluente tratado	38
4.5.10 Determinação Quantificação <i>E. coli</i>	42
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
7. SUGESTÕES	57
8. CONCLUSÃO.....	58
9. REFERÊNCIAS.....	59
10. ANEXO.....	65
ANEXO A - Mapa do Município de Francisco Beltrão	65
ANEXO B – Estação de tratamento por zona De raízes (1º Coleta)	66
ANEXO C – Estação de tratamento por zona De raízes (2º Coleta).....	67
ANEXO D – Estação de tratamento por zona De raízes (3º Coleta)	68

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o meio ambiente mostra de forma prática e clara a necessidade de planejamento, ações que minimizem impactos ambientais, atividades e atitudes sustentáveis, que tenham como prioridade o bem estar do ser humano e a qualidade do meio. A conscientização da sociedade de que na prática a sustentabilidade deve atender a necessidade do presente, de forma a não comprometer as necessidades das futuras gerações também são primordiais.

A falta de saneamento é um dos problemas enfrentados pela população urbana e principalmente quando se trata das zonas rurais o que trivialmente gera consequências negativas para saúde, economia e para o meio ambiente da região. Fatores que algumas vezes são agravados pela falta de infraestrutura das cidades e falta de investimentos dos gestores.

Diante das condições gerais do saneamento ambiental no Brasil, é importante destacar a necessidade de buscar a universalização dos serviços de saneamento básico e de aumentar a qualidade dos mesmos, de modo a contribuir para melhorar a saúde e o bem-estar da população e tornar o meio ambiente mais saudável. As ações de saneamento reduzem a ocorrência de doenças e evitam danos ao ambiente, especialmente aos solos e corpos hídricos (IBGE, 2011).

A fitorremediação vem sendo aplicada e aprimorada com objetivos e direcionamentos específicos, por meio de seleção de plantas de variedades naturais ou híbridas. A fitorremediação busca identificar os processos que ajudem na despoluição de novos e antigos contaminantes que comprometem a saúde e a sustentabilidade do meio ambiente (ANDRADE, et al., 2007).

O presente trabalho visa tratar da interferência antrópica no meio ambiente, minimizando os impactos causados nos corpos hídricos devido ao lançamento de esgotos sem o prévio tratamento. Visa também, apresentar uma alternativa prática e viável de tratar esgotos por meio da fitorremediação, indicado, principalmente para pequenas demandas, o processo de fitorremediação ocorre por meio das plantas de copo de leite, as quais são de fácil obtenção na região., e ainda, avaliar a eficiência do processo. Tal procedimento poderá contribuir com os corpos receptores e facilitar a autodepuração e eliminação natural dos poluentes. A Estação de

Tratamento por Zona de Raízes (Biofiltro), objeto deste estudo foi implantada na Escola Epitácio Pessoa, localizada na Sessão Jacaré no Município de Francisco Beltrão – Paraná.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (biofiltro) implantado na Escola Epitácio Pessoa localizada na Seção Jacaré no Município de Francisco Beltrão.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar os parâmetros físico-químicos, pH, DBO, DQO, OD, nitrogênio total, nitrato, nitrito, fósforo, sólidos totais, determinando se atendem as exigências dos órgãos ambientais.
- Identificar a presença de coliformes, pela análise de *E. coli*, no esgoto bruto e no esgoto tratado que é lançado no corpo hídrico.
- Fazer a comparação dos respectivos valores encontrados para o esgoto bruto e tratado e compará-los com as Resoluções 357/05 e 430/11 do CONAMA e a legislação estadual do Paraná CEMA 70/09 do IAP;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A Geração de esgoto

As modificações ambientais decorrentes dos processos antrópicos de ocupação dos espaços e de urbanização, que ocorrem em escala global, desde os séculos XIX e XX, acarreta na incapacidade de suporte dos ecossistemas naturais de atender a demanda do ser humano. O uso excessivo e desperdício de água, a geração de esgoto e efluentes contabilizam na soma dos fatores que estão afetando

de modo significativo os recursos naturais. Objetivando conter degradação do ambiente, são implantadas sistemas de saneamento básico, como a coleta e tratamento de esgoto, tratamento de resíduos e incentivo de redução no consumo de água (PHILIPPI, 2005).

Marcos históricos da civilização, como os fatos políticos e tecnológicos que impulsionaram a Revolução Industrial e conseqüentemente contribuíram para o aumento do consumo e produção atual refletem no aumento da demanda de água e geração de resíduos (PHILIPPI, 2005).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2013) a cobertura de saneamento em 2011 foi de 64% e acordo com os compromissos dos objetivos do milênio (ODM), cada país deve reduzir em 50% o déficit da área na coleta de esgoto até 2015. Até o final de 2011, havia 2,5 bilhões de pessoas que ainda não haviam tido acesso a instalações sanitárias melhoradas. A porcentagem de pessoas que defecam ao ar livre representam 15% da população global, a maioria (71%) vivem na zona rural, a qual não é atendida pelos serviços de saneamento. O Brasil se enquadra no grupo que caminha rapidamente para o cumprimento do ODM, mas precisa manter os níveis atuais de investimentos no setor.

Reduzindo o escopo do saneamento básico, quando se trata do estado do Paraná, a Sanepar, companhia responsável pelo tratamento de água e esgoto, disponibiliza dados referentes ao ano de 2011 onde retrata que o estado tem uma população de 6 milhões de habitantes atendida por rede de tratamento, totalizando índice de cobertura com rede de 63,2%. E para atender as famílias de baixa renda a Sanepar mantém o programa Tarifa Social, que oferece serviços de saneamento a preços reduzidos, beneficiando cerca de 180 mil famílias com o programa (Sanepar “A”, 2013).

No Município de Francisco Beltrão, com a publicação da Lei nº 11.445/2007, a Lei de Saneamento Básico, onde indica que todas as prefeituras têm obrigação de elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Sem o PMSB, a partir de 2014 a Prefeitura não poderá receber recursos federais para projetos de saneamento básico. Segundo diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios

atendidos com água para o município de Francisco Beltrão referente ao ano de 2005 vai de 20 a 40% (Sanepar “A”, 2013).

Mediante a homologação da lei 11.445/2007 a Sanepar divulga publicamente que até 2013, pretende investir R\$ 15,6 milhões em obras nos sistemas de água e de esgoto de Francisco Beltrão. Do valor global, R\$ 10,4 milhões serão aplicados em obras no sistema de esgoto, que vão desde a reforma da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Marrecas, até a implantação de cerca de 90 mil metros de rede coletora de esgoto e a interligação de mais 2.320 famílias ao sistema de coleta. Com a conclusão das obras, 74,6% da população urbana passará a contar com o serviço (Sanepar, “B” 2013).

No entanto a zona rural do município de Francisco Beltrão continuará desassistida tanto na coleta quanto no tratamento do esgoto gerado nas comunidades. A grande maioria das propriedades rurais do município faz a disposição do esgoto em fossas rudimentares ou “vala negra”, considerado grande contribuinte da poluição do solo e recursos hídricos, pois, não possui nenhuma forma de tratamento. Assim, percebe-se nestas comunidades, a necessidade de implantação de sistemas alternativos para o tratamento do esgoto que é gerado, especialmente em locais públicos, como escolas, postos de saúde e creches. A ETE por zona de raízes implantada na escola da comunidade de Sessão Jacaré do Município de Francisco Beltrão, dimensionada segundo os parâmetros da NRB 7229/93 e a metodologia descrita por Andrade (2012), supriram as necessidades da escola (ABREU, 2013).

3.2. Geração de esgoto e Meio ambiente

O Saneamento ambiental tem por objetivo melhorar a condição de vida da população e do meio ambiente. Vai além do saneamento básico, envolve o abastecimento de água potável, coleta e disposição final de resíduos sólidos e líquidos, uso e ocupação do solo, drenagem urbana e controle de doenças transmissíveis (IBGE, 2011).

Diversos problemas ambientais estão associados à falta ou precariedade do saneamento, tais como: poluição ou contaminação na captação de água para o

abastecimento humano, poluição de rios, lagos, lagoas, aquíferos, doenças, erosão acelerada, assoreamento, inundações frequentes, com as consequentes perdas humanas e materiais (IBGE, 2011).

Com o acelerado crescimento demográfico originam-se uma série de problemas urbanos que representam grande desafio para os gestores e órgãos ambientais. Estes impactos causados antropicamente ao meio ambiente, entre eles a ocupação de margens de rios, o lançamento de resíduos em cursos da água e terrenos vazios, a ocupação de encostas, a poluição hídrica, o material particulado proveniente de indústrias, atividades de construção civil e atividades agropecuária e rural são responsáveis pela abundante degradação do ambiente (PHILIPPI, 2005).

Por consequência do crescimento desordenado de centros urbanos, reflexos negativos e problemas de saúde pública, como o aumento da geração de esgoto, impermeabilidade do solo, enchentes, baixos índices de áreas verdes, acarretam preocupação constante com o desenvolvimento sustentável e com a forma de gerir saneamento ambiental (PHILIPPI, 2005).

3.3. Esgoto doméstico versus saúde pública

A Organização Mundial da Saúde define saúde como o estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças. Caracteriza também a saúde pública como a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde, usando medidas de alcance coletivo e da motivação da população. A saúde pública tem como objetivo o estudo e a busca de soluções para problemas que levam ao agravamento da saúde e da qualidade de vida da população, considerando os sistemas sociocultural, ambiental e econômico. Portanto, a prática da saúde pública necessita do conhecimento científico de diversas áreas como engenharia, medicina e biologia, entre outros. A saúde pública também está ligada a ações da medicina preventiva e social e com as atividades de saneamento do meio (OMS *apud* PHILIPPI, 2005).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 2 milhões de pessoas morrem a cada ano devido a doenças diarreicas, a maioria deles são crianças com menos de 5 anos de idade. Dentre os principais problemas responsáveis por esta

situação estão: a falta de prioridade dada ao setor, a falta de recursos financeiros, a falta de sustentabilidade dos serviços de abastecimento de água e saneamento, precariedade sanitárias de locais públicos, incluindo hospitais, centros de saúde e as escolas. Proporcionar o acesso a água potável, a instalações sanitária adequadas, são de grande importância para reduzir o índice de doenças causadas por esses fatores (OMS, 2013).

As escolas, em especial, as municipais são um serviço fundamental para a sociedade, o saneamento destas é um fator muito importante, pois, promove a saúde, à prevenção de doenças, de acidentes e o desenvolvimento de hábitos de higiene e devem satisfazer os requisitos de segurança, ambiente físico e saneamento básico (CARVALHO, 2003).

3.4. Doenças de veiculação hídrica

A poluição hídrica pode ser causada entre outras formas pelo despejo de efluentes industriais e esgotos domésticos que é a mais séria forma de degradação dos recursos hídricos, pois se constitui de água que foi utilizada para fins higiênicos, onde predominam as águas de lavagem e matéria fecal (SOUZA, 2013).

A ausência de uma rede coletora de esgotos e estações de tratamento, em alguns locais, implica no lançamento destas águas e de materiais diretamente no solo das vizinhanças ou em canalizações irregulares para os cursos d'água mais próximos (SOUZA, 2013).

As doenças podem ser transmitidas diretamente pela água que contem bactérias ou vírus patogênicos. Podem ainda ser provocadas por má higiene pessoal; contato de água contaminada na pele ou nos olhos; por parasitas encontrados em organismos que vivem na água ou insetos vetores com ciclo de vida na água (OPAS, 2003).

As doenças que se apresentam relacionadas com as fezes são geralmente observadas quando há contaminação fecal, ou seja, a presença de coliformes fecais na água. A presença de bactérias do grupo coliforme em água indica que a mesma encontra-se contaminada por fezes. Estes coliformes também podem estar presentes no solo e nos alimentos (RIBEIRO, 2010).

Desta forma, o consumo de água não tratada, especialmente de recursos hídricos superficiais pode ser aporta aberta para várias doenças que são veiculadas por este meio, entre as quais pode-se citar: giardíase, criptosporidíase, gastroenterite, febre tifóide e paratifóide, hepatites infecciosa, cólera, verminose, ascercíase (lombrigas ou bichas), teníase (solitária), oxiuríase, ancilostomíase (amarelão) (COPASA, 2013).

3.5. Gastos com o tratamento de esgoto e saúde pública

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Assim, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. A característica dos esgotos é determinada em função dos usos à qual a água foi submetida. O uso, e a forma com que são exercidos variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos definem a qualidade do esgoto (VON SPERLING, 2005 *apud* NASCIMENTO, 2007).

O tratamento de esgoto por reatores anaeróbios iniciam o tratamento pelos reatores (anaeróbios) seguido de lagoas de estabilização, economizando em área e em tempo de detenção hidráulica. O custo do sistema está relacionado principalmente ao custo de construção. A obra de se transformar uma área bruta em uma lagoa constitui o custo principal, e seu valor depende das condições topográficas e geotécnicas do local (NASCIMENTO, 2007).

Outro custo a se considerar é com energia elétrica consumida pelos equipamentos do sistema de tratamento, que pode chegar a 20% do custo operacional total, e também custos relacionados aos serviços de manutenção de equipamentos, transporte de lodo desidratado para aterro sanitário, conservação de áreas verdes, limpeza dos prédios administrativos e salas de operação, segurança da área da estação, portarias, aluguel de máquina de reprodução, gastos com telefone e manutenção de veículos, realizados por terceiros, que pode representar 12% do custo operacional total. Gastos com materiais de tratamento como cloreto férrico (SAMPAIO, 2013).

Em relação à saúde pública, investe-se muito pouco em saneamento, o que torna a universalização muito distante. Deveriam ser investidos 0,63% do produto interno bruto (PIB), mas efetivamente são investidos apenas 0,22% (IBGE, 2013).

A qualidade e o acesso aos serviços de saneamento estão diretamente relacionados à saúde pública. Água de residências que é encanada e tratada é considerada um grande benefício para as comunidades, mas se esse serviço não for acompanhado de um sistema de tratamento de esgoto adequado poderá, evidencialmente, não acabar com os problemas de saúde relacionados à veiculação hídrica. A Fundação Nacional de Saúde destaca que, a cada R\$ 1,00 investido no setor de saneamento, cerca de R\$ 4,00 é economizado com a saúde (FUNASA, 1994).

3.6. Sistemas convencionais de tratamento de esgoto

A cobertura da rede de coleta de esgotos vem se ampliando nas últimas décadas, porém, a construção das estações de tratamento de efluente não tem acompanhado esse ritmo, tendo como resultado negativo a degradação da maioria dos cursos d'água urbanos (PHILIPPI, 2005).

As lagoas de tratamento de efluente foi o primeiro sistema a ser descoberto e, logo depois o sistema foi projetado de forma a garantir a eficiência e a economia no tratamento. Em seguida foram implantados os reatores anaeróbios, o qual atualmente inicia o tratamento seguido das lagoas de estabilização. As lagoas são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos. As lagoas dependem da área disponível, da topografia do terreno e do grau de eficiência desejado. O tratamento é constituído por processos naturais através de três zonas: anaeróbia, aeróbia e facultativa. O efluente percolado leva alguns dias de acordo com o tempo de detenção hidráulica da lagoa para a estabilização da matéria orgânica. A fonte de energia usada para esta estabilização é a radiação solar, portanto, um fator importante para implantação deste sistema é a temperatura (NASCIMENTO, 2007).

Segundo VON SPERLING (2005) e Serviço autônomo de Água e Esgoto (SAAE, 2006) o tratamento convencional de esgoto possui várias etapas, inicia-se

com o tratamento preliminar que é a remoção de grandes sólidos usando para isso um sistema de gradeamento e uma caixa de areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. Em seguida o esgoto passa para o tratamento primário onde ainda contém sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente, sendo necessário uso de decantador circular, seguido pelo tratamento secundário e terciário finalizando o tratamento.

No tratamento secundário é realizada a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável. O tratamento terciário por sua vez objetiva a remoção de poluentes tóxicos e não biodegradáveis, e também poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. Nesta etapa, é realizada a desinfecção que é realizada por processo natural com lagoas de estabilização ou processos artificiais como cloração e radiação ultravioleta e finalizando o sistema o lodo é deixado no secador e posteriormente levado para um destino final adequado, podendo ser usado como fertilizante (SAAE, 2006; VON SPERLING, 2005). A Figura 1 mostra o sistema de tratamento de esgoto convencional.

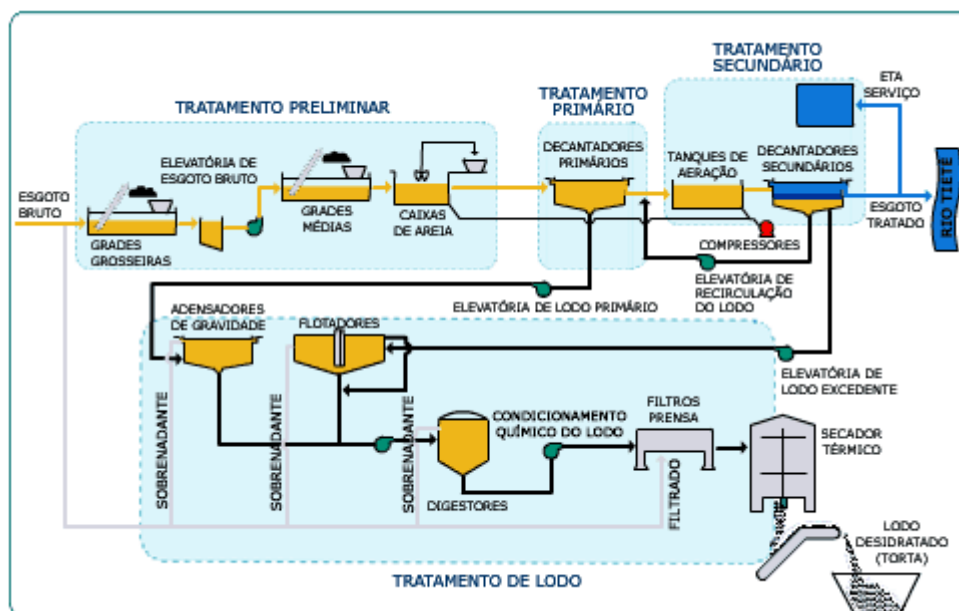


Figura 1. Sistema de tratamento de esgoto convencional, contendo a etapa preliminar, primária, secundária e terciária.

Fonte: Sabesp, (2013).

3.7. Tecnologias alternativas para o tratamento de esgoto

Os sistemas existentes como alternativos para os sistemas tradicionais de tratamento esgoto podem ser classificados como não hídricos e hídricos. Os sistemas não hídricos englobam os diferentes tipos de banheiros secos (termofílicos) ou privadas secas que, segundo (JENKINS, DEL PORTO E STEINFELD *apud* ERCOLE 2003), são três: o sistema com recipientes móveis, o sistema carrousel, e os sistemas com duas câmaras.

Dentre os sistemas hídricos de tratamento de águas negras está o tanque séptico, ou fossa séptica como uma estrutura de fluxo horizontal em que predomina o processo de sedimentação, ocorrendo também uma digestão anaeróbia dos sólidos orgânicos. O esgoto sanitário, após passar pelo tanque séptico, pode receber outros tipos de tratamentos, dentre os quais: valas de filtração ou filtro de areia, filtro anaeróbio, filtro aeróbio, ou já ir para uma disposição final, em sumidouros, valas de infiltração ou círculo de bananeiras (FAGUNDES, 2009).

Dentre as alternativas atuais empregadas para o tratamento de esgoto misto, encontra-se o sistema de reciclagem das águas, apresentado pelo IPEMA (2008). O sistema é constituído por uma série de filtros, alternando ambientes anaeróbios e aeróbios, associados a materiais filtrantes e plantas (FAGUNDES, 2009).

Usa-se também reatores anaeróbios combinados com filtros biológicos, como por exemplo, reator anaeróbio com recheio de bambu associado com filtros biológicos de areia, onde os microorganismos anaeróbios e aeróbios se aderem a superfície do bambu e da areia removendo a matéria orgânica contida no esgoto (TONNETTI, 2003).

3.7.1 Tecnologia alternativa do tratamento de esgoto por zona de raízes

As tecnologias alternativas surgem com o intuito de solucionar problemas ambientais, como os que envolvem a contaminação dos recursos hídricos e do solo devido ao lançamento indiscriminado de esgoto, assim fazem-se uso de plantas que auxiliam no tratamento dos mesmos (ABREU, 2013).

Essa tecnologia é baseada em uso de vegetais para remediação do solo e do sistema hídrico está cada vez mais utilizada e ganhando importância dos pesquisadores e até mesmo do governo, pois seu emprego é de baixo custo econômico comparado a outras formas de remediação (ABREU, 2013).

Essa técnica denominada de fitorremediação usando as planta viabiliza o tratamento de esgoto remediando-o e podem ser usadas em grandes áreas onde outras técnicas de remediação seriam economicamente inviáveis, o qual também aproveita da energia da luz do sol para o desenvolvimento das plantas (ANDRADE, 2007).

As plantas constituem as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) por zona de raízes. Trata-se de uma tecnologia eficiente, de baixo custo para implantação, operação e manutenção, além de ser ecologicamente correta, a qual pode ser usada em áreas onde não existe o método convencional de tratamento (ABREU, 2013).

A ETE por zona de raízes é um sistema físico-biológico, com parte do filtro constituído de plantas. O esgoto bruto é lançado através de uma rede de tubulações perfuradas que é instalada logo abaixo da zona de raízes, área plantada. Esta área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto já pré-determinada (KAICK, 2002).

A descontaminação do efluente é realizada de forma física, química e biológica. Os meios filtrantes (pedra brita e areia) farão o processo físico de filtragem, já a fixação dos nutrientes pelas plantas se dá pelo princípio químico e biologicamente as bactérias que se desenvolvem na rizosfera onde se alimentam e degradam a matéria orgânica contida no efluente (ABREU, 2013).

Segundo Andrade (2007) a remediação do solo contaminado ocorre porque, na região do solo sob influência das raízes (rizosfera), as plantas, produzem e fornecem os microrganismos substratos como açúcares e aminoácidos, ácidos orgânicos e graxos, enzimas entre outros, para sua nutrição e produção de energia, promovendo a degradação de vários compostos e substância complexas, reduzindo então o grau de toxicidade e possibilitando a absorção pelas plantas. A Figura 2 apresenta sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes com fluxo sub-superficial (A) e vertical (B).

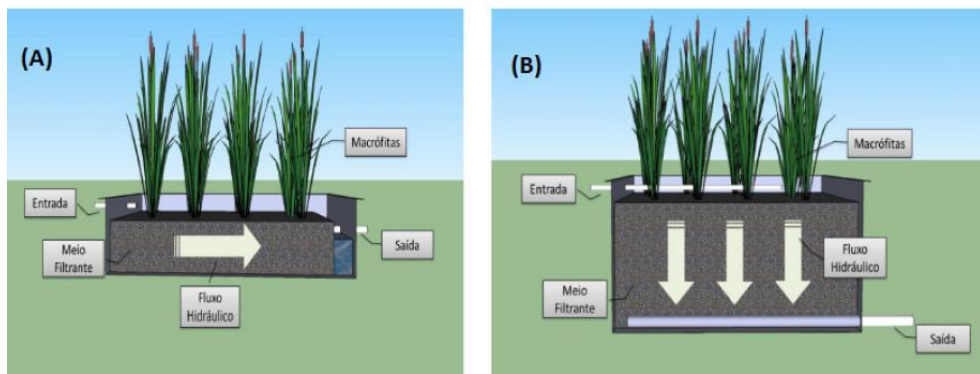


Figura 2. Sistema de escoamento sub-superficial levando em conta o fluxo. (A): Modelo de fluxo horizontal; (B): modelo de fluxo vertical.

Fonte: Andrade et al., (2012).

O efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominado zona de entrada, geralmente composta por brita, de onde irá percolar vagarosamente pelo material filtrante até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída. Esta percolação tende a ser horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo. Durante a percolação o esgoto entrará em contato com regiões aeróbias, anóxicas e anaeróbias (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Segundo Philippi e Sezerino (2004), no sistema de fluxo vertical, “as macrófitas emergentes são plantadas diretamente no material de recheio sendo o efluente disposto, intermitentemente, sob a superfície do módulo inundando-o e percorrendo verticalmente ao longo de todo o perfil vertical do módulo de tratamento, sendo coletado no fundo por meio de um sistema de drenagem/coleta”.

Os sistemas wetlands construídos tornam-se mais atrativos e auto sustentáveis quando materiais reutilizáveis ou facilmente encontrados na própria comunidade são utilizados, sendo uma alternativa potencial ou suplementar ao tratamento de efluentes em pequenas comunidades (SILVA, 2007).

Os sistemas de fluxo vertical vêm sendo aplicados para a remoção de DBO_5 , sólidos suspensos e para a promoção da nitrificação, devido à potencialidade da aderência de nitrificantes no material filtrante, compondo o biofilme, e a uma entrada de oxigênio superior a demanda de conversão da matéria carbonácea (SEZERINO, 2006).

3.8. Principais parâmetros de qualidade das águas residuárias

Segundo Von Sperling (2005) no tratamento preliminar os principais parâmetros relativos a esgotos predominantemente domésticos a merecerem destaque especial em face de sua importância são: sólidos; indicadores de matéria orgânica; nitrogênio; fósforo e indicadores de contaminação fecal.

3.8.1 Sólidos

Os sólidos são todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, e podem ser classificadas de acordo com seu tamanho, suas características químicas e sua decantabilidade. Na classificação por tamanho os sólidos podem apresentar-se como em suspensão (particulados) e dissolvidos (solúveis). Em relação às características químicas, os sólidos são submetidos a uma temperatura elevada, oxidando a fração orgânica (volatilizada), permanecendo após a combustão apenas a fração inerte a não oxidada. Determina-se, assim, os sólidos voláteis que é a matéria orgânica e os sólidos fixos que é a matéria inorgânica. Já os sólidos sedimentáveis são capazes de sedimentar no período de 1 hora, e a fração que não se sedimentar representa os sólidos não sedimentáveis (VON SPERLING, 2005).

3.8.2 Indicadores de Matéria Orgânica

3.8.2.1- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É um dos parâmetros mais importantes na medição da contaminação orgânica, indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria biologicamente. Pelo motivo de que a oxidação da matéria orgânica demorar de 21 a 28 dias, o teste da DBO é realizado em 5 dias a 20°C, ou seja, determina-se a concentração de oxigênio dissolvido (OD) da amostra no dia da coleta e cinco dias após, com a amostra mantida em um frasco fechado e incubada a 20°C, determina-

se a nova concentração, já reduzida, devido ao consumo de oxigênio durante o período (VON SPERLING, 2005).

A diferença entre o teor de OD no primeiro dia e no quinto dia representa o oxigênio consumido para a oxidação da matéria orgânica, sendo está a DBO5 ou DBO padrão. Este teste é usado para avaliar a biodegradabilidade da matéria orgânica em um ambiente aeróbio, não sendo um bom indicativo para um ambiente anaeróbio (NUNES, 2012).

Um dos principais efeitos da poluição dos corpos d'água é o alto teor de oxigênio dissolvido causado pela respiração dos microrganismos que se alimentam da matéria orgânica. A análise de DBO é muito importante para quantificar teor de poluição orgânica, possibilitando assim, indicar o tratamento mais adequado, conduzindo o corpo hídrico em questão à estabilização da matéria orgânica biodegradável através de processos bioquímicos e conseqüentemente reduzindo a poluição local (VON SPERLING, 2005).

3.8.2.2- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. Na realização do teste de DQO além de degradar a matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a matéria orgânica não biodegradável e outros componentes inorgânicos como sulfetos. Usado também para quantificar a matéria orgânica, principalmente em contato com substâncias tóxicas. Sua análise é realizada entre 2 a 3 horas (CETESB, 2013).

A principal diferença entre a DBO e DQO é a oxidação, que na DQO corresponde a uma oxidação química da matéria orgânica, existindo uma relação entre os dois testes, que varia da fonte do esgoto podendo ser bruto, líquido, doméstico e industrial, podendo então determinar qual o método de tratamento mais adequado a cada tipo de esgoto (VON SPERLING, 2005).

Caso a relação da DBO/DQO for baixa (<de 2,5) mostra fração biodegradável, indicado para tratamento biológico. Caso a relação for intermediária (entre 2,5 e 3,5) mostrando fração biodegradável baixa, indicando estudos para viabilidade do uso de tratamento biológico. E caso apresente relação elevada (> de 3,5 ou 4,0) a fração

inerte (não biodegradável) é elevada, indicando tratamento físico-químico (VON SPERLING, 2005).

3.8.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

Quantidade de oxigênio dissolvido no meio líquido. Esse parâmetro é de muita importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio nos seus processos respiratórios, o que leva a causar a redução de sua concentração no meio líquido. E se por ventura o oxigênio for totalmente consumido, tendo sua ausência e um meio anaeróbio, com geração de maus odores (FIORUCCI, 2005).

3.8.2.4 Nitrogênio

É um composto de grande importância em termos da geração e do próprio controle da poluição das águas, devido principalmente a aspectos como a poluição das águas, onde o nitrogênio serve como nutriente para crescimento de algas, conduzindo a eutrofização de lagos e represas, também converte amônia em nitrito e deste a nitrato (nitrificação), assim consumindo mais oxigênio dissolvido no corpo d'água, e na presença de amônia livre torna o ambiente tóxico aos seres aquáticos e doenças ao humano (ESTEVES, 1998).

Outro aspecto é o tratamento de esgoto, onde o nitrogênio da sustentabilidade para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgoto, a ocorrência de desnitrificação causada pela conversão de nitrato a nitrogênio gasoso, que eventualmente possa ocorrer em uma estação de tratamento de esgoto implicando em economia de oxigênio e alcalinidade ou a deterioração da sedimentabilidade do lodo, devido à aderência de bolhas de nitrogênio aos flocos em sedimentação (VON SPERLING, 2005).

3.8.2.5 Fósforo

Nos esgotos domésticos o fósforo apresenta-se na forma de fosfato tanto inorgânico (polifosfatos e ortofosfatos) tendo sua origem principal nos detergentes e outros produtos químicos domésticos, e também na forma orgânica (ligada a compostos orgânicos) de origem fisiológica (VYMAZAL, 2004).

Fósforo solúvel apresenta-se periodicamente na forma inorgânica, composta principalmente de polifosfato e ortofosfatos, com acréscimo de uma pequena fração correspondente ao fósforo ligado à matéria orgânica solúvel dos esgotos. Fósforo particulado apresenta-se na forma orgânica, ligado à matéria orgânica particulada dos esgotos (VON SPERLING, 2005).

O fósforo é um componente importante, pois, ele é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e também um nutriente para o crescimento das algas, podendo então, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas (MACEDO, 2001).

3.8.2.6 Organismos indicadores de contaminação fecal

Este parâmetro permite detectar agentes patogênicos em amostras coletadas de água e esgoto. Porém para realizar a detecção desses agentes patogênicos em amostras de água é extremamente difícil, pelo fato de suas baixas concentrações, o que demanda o exame de grandes volumes das amostras, e as razões são várias, uma delas é em uma população apenas uma determinada faixa apresenta doenças de veiculação hídrica e nas fezes destes habitantes a presença de patógenos pode não ocorrer em elevada proporção. A presença de coliformes é geralmente considerada indicadora de más condições higiênicas e sanitárias (VASCONCELOS, 2006).

Mas este obstáculo pode ser solucionado através do estudo dos chamados organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos são predominantemente não patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando

uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e da sua potencialidade de transmissão de doenças (CASCAIS, 2008).

Os organismos mais utilizados para tal finalidade são as bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes, pelo fato de que os coliformes apresentam resistência maior comparado às outras bactérias, sendo mais eficiente como indicadores de contaminação fecal. E as técnicas bacteriológicas para detecção de coliformes são rápidas e econômicas (VON SPERLING, 2005).

Os coliformes totais constituem um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos para detecção de fezes de humanos e animais. Também foi bastante usado no passado como indicador e continua a ser usado em algumas áreas. Sendo entendidos como coliformes ambientais, os coliformes totais podem ser encontrados em águas e solos não contaminados, representando, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinal (GOMES, 2012).

3.8.2.6.1 *Escherichia coli*

É a principal bactéria do grupo de coliformes fecais termotolerantes, sendo abundante nas fezes humanas e de animais de sangue quente. Também encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por atividades humanas, agropecuárias e animais. O método de detecção de *E. coli* é o único que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal. Por estas razões, há uma tendência atual em se utilizar predominantemente *E. coli* como indicador de contaminação fecal. Embora, a sua detecção não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que a *E. coli* pode ser encontrada em fezes de outros animais. Há algumas espécies de *E. coli* que são patogênicas, podendo causar diarreia e doenças extra-intestinais (VASCONCELLOS, 2006).

Em tratamento de esgotos, estes organismos são usados, como indicadores da eficiência de remoção de patógenos no processo de tratamento de esgoto (VON SPERLING, 2005).

3.9. Legislação Ambiental voltada a Padrões de Lançamento de Efluente

Na legislação brasileira, referente aos recursos hídricos, foi indispensável criar normas que regulamentassem a utilização destes recursos, visto que a água tem uma grande importância para o desenvolvimento de inúmeras atividades humanas. Ela abrange diversos segmentos da sociedade, como o uso industrial, companhias de saneamento e também produtores rurais. Desde o princípio a legislação adotada tem como objetivo a minimização dos impactos negativos causados pela poluição ambiental derivados da emissão de efluentes para corpos receptores (MIERZWA, 2005).

3.9.1 - Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005

A Resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

3.9.2 - Resolução Nº 430 de maio de 2011

A Resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA.

3.9.3 - Resolução CEMA 70 de 2009- Instituto Ambiental Paranaense (IAP)

A Resolução estadual do Paraná dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na comunidade da Seção Jacaré, que fica localizada a 10 km do centro da cidade de Francisco Beltrão/PR, longitude 53°03' W-GR e latitude 26°04' SUL, na Escola Epitácio Pessoa, como mostra a Figura 3. A comunidade é cercada de corpos hídricos, sendo o Rio Santana (Anexo 1) o maior deles o qual, por meio de seus afluentes recebe o esgoto tratado pela ETE por zona de raízes. O sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes foi implantado na forma de um sistema piloto por uma mestrandia do Programa de Pós-graduação e Desenvolvimento Regional (PPGDR) do Câmpus Pato Branco como pesquisa de dissertação a qual não passou por uma avaliação quanto a sua eficiência na ocasião da implantação. A Escola Municipal Epitáfio Pessoa, localizada no centro da Comunidade e foi implantada em 1978, e trabalha em dois turnos, pelo período matutino frequenta a escola alunos do Ensino Fundamental do 5º ao 9º ano e no período vespertino, alunos da Educação infantil ao 4º ano, totalizando 157 pessoas entre alunos e funcionários.



Figura 3. Vista aérea da localização da escola

Fonte: Google Earth (2013).

4.2 Amostragem

Foram realizadas três coletas, num intervalo de dois meses cada, no período de julho a dezembro de 2013, totalizando três coletas, contemplando o período letivo, onde há maior geração de esgoto. Em cada coleta foi retirada uma amostra do efluente bruto e uma amostra do efluente tratado

As coletas foram realizadas em dois pontos, como mostra a Figura 4. O primeiro ponto que antecede o processo de tratamento localizado a 1m do biofiltro, onde é realizada a coleta do efluente bruto que passa pela fossa séptica e o segundo ponto sucede o processo de tratamento do esgoto, localizando-se ao final do biofiltro, onde é coletado o efluente tratado, o qual desemboca em um córrego paralelo a estação de tratamento implantada

As amostras coletadas foram armazenadas em vidro âmbar e acondicionadas para transporte em caixa de isopor contendo gelo, para preservação das mesmas. As amostras foram submetidas a análise de pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais. As análises foram realizadas nos laboratórios de águas/resíduos líquidos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Francisco Beltrão.

As análises de DBO, DQO, Nitrogênio Total, nitrito, nitrato e fósforo e *E. coli* foram terceirizadas por um laboratório de prestação de serviços do Município de Francisco Beltrão - PR.

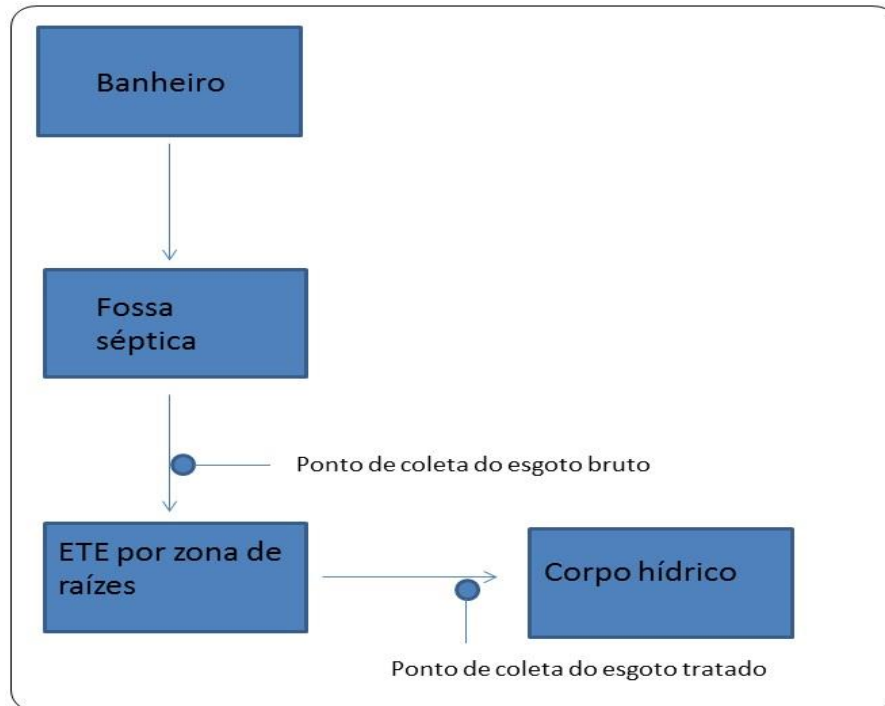


Figura 4. Pontos de coleta das amostras de efluente.

Fonte: Autores (2014).

4.3. Coleta do efluente bruto

As amostras do efluente bruto foram retiradas diretamente do tubo de entrada do esgoto na estação de tratamento por zona de raízes e assim realizada com o auxílio de um frasco coletor improvisado (Figura 5).



Figura 5. (A) Ponto de coleta do esgoto bruto. (B) Equipamento de coleta.

Fonte: Autores (2013).

4.4 Coleta do efluente tratado

O efluente tratado foi coletado diretamente do tubo de saída da estação de tratamento por zona de raízes (Figura 6).



Figura 6. Ponto de coleta do esgoto tratado.

Fonte: Autores (2013).

4.5 Determinação das variáveis abióticas

4.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi medido utilizando-se mPA 210 Medidor de pH de bancada Tecnopon, que foi calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, de acordo com o Standard Methods.

4.5.2 Temperatura

A temperatura das amostras foi aferida mediante utilização do termômetro modelo L.228/07.

4.5.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A determinação da DQO foi realizada empregando-se o Método de refluxo fechado, de acordo com o Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 22 ND Edition, (APHA, 2012).

4.5.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O método consiste em encher um frasco hermético, de tamanho específico, com transbordo de amostra incubando-o numa temperatura específica (20°C) por cinco dias. O oxigênio dissolvido é medido antes e depois do período de incubação, utilizando um medidor de oxigênio dissolvido modelo DO 5510 Lb, e a DBO é computada pela diferença entre o oxigênio dissolvido inicial e final. Como o oxigênio dissolvido é determinado logo após a diluição ser feita, todo o oxigênio ocorrido após essa medida é incluído na demanda bioquímica de oxigênio. Metodologia de acordo com Standard Methods (APHA, 2012).

4.5.5 Oxigênio dissolvido (OD)

Para medida de oxigênio dissolvido utilizou-se medidor de oxigênio dissolvido modelo DO 550 Lb.

4.5.6 Sólidos Totais

A cápsula foi seca em estufa a 110°C por 1 hora. Resfriou-se em dessecador até atingir a temperatura ambiente e em seguida ela foi pesada. A amostra foi homogeneizada e transferida para a cápsula previamente seca e tarada. A cápsula com a amostra foi levada para a estufa a 110°C por aproximadamente 12 horas.

Retirou-se a cápsula da estufa e foi colocada no dessecador até atingir temperatura ambiente. Por último, pesou-se a cápsula novamente. O procedimento foi realizado de acordo com o Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 22nd Edition, (APHA, 2012).

4.5.7 Nitrogênio total

O procedimento analítico consiste em, ajustar o pH da amostra que deve estar entre 5 e 9, se necessário ajustar com solução de hidróxido de sódio ou ácido sulfúrico. Adicionou-se ao tubo vazio 5 mL da amostra. Adicionou-se uma medida rasa do reativo laranja de decomposição, fechar o tubo e agitar bem. A amostra foi digerida no digestor por 30 minutos a 120 C°. Retirou-se o tubo do digestor e agitou-se. Deixou-se esfriar até temperatura ambiente, abriu-se o tubo e adicionou-se uma medida rasa do reativo preto de compensação, fechou-se o tubo e agitou-se bem. Abriu-se o tubo teste (outro tubo, já com a solução) e adicionou-se 0,5mL da amostra preparada e 0,5 mL de R₂. Fechou-se o tubo e agitou-se várias vezes, limpou-se a parte externa do tubo. Selecionou-se o método no espectrofotômetro (0-83), aguardou-se 10 minutos e realizou-se a leitura de acordo com Standard Methods (APHA, 2012).

4.5.7 Nitrito

O procedimento analítico consiste em, verificar a concentração de nitritos da amostra e diluir com água destilada as amostras com concentrações de nitrito superior a 3,28 mgL⁻¹ de NO₂⁻. O valor de pH na amostra deve encontrar-se na faixa de 3 à 10. Caso seja necessário, corrigir o valor do pH adicionando gota a gota solução diluída de ácido sulfúrico. Realizar o branco com: 20 mL de água destilada, 2 mL de R1 e agitar, 2 mL de R2 e agitar. Para as medições fotométricas as cubetas devem estar limpas. Pipetar 20 mL da amostra para um balão de 25 mL, adicionar 2

mL de R1, agitar, adicionar 2 mL de R2, agitar. Deixar reagir por 10 minutos. Transferir a solução para a cubeta correspondente. Selecionar o método no espectrofotômetro (teste 1-67) e realizar a leitura. Metodologia de acordo com o Standard Methods (APHA, 2012).

4.5.8 Nitrato

O procedimento analítico consiste em, verificar a concentração de cloro na amostra, sendo que as amostras com concentrações superiores à 1000 mgL^{-1} de cloro devem ser diluídas com água destilada. Verificar a concentração de nitritos na amostra, se necessário eliminar os íons nitrito até a concentração máxima de 50 mgL^{-1} . A eliminação dos íons deve ser feita através da adição de aproximadamente 50mg de ácido amido sulfúrico a 10mL de amostra e dissolver. O valor do pH desta solução deve encontrar-se na faixa de 4 à 7, se necessário ajustar o pH com ácido sulfúrico em seguida agitar a solução e deixar esfriar. Verificar também a concentração de nitratos nas amostras e as amostras com concentrações de nitrato superiores a $110,7 \text{ mgL}^{-1} \text{ NO}_3$ devem ser diluídas com água destilada. Realizar o branco com: 20 mL de água destilada, 1mL de R1 e agitar, adicionar uma medida de R2, agitar de 15 à 30 segundos.

Para as medições fotométricas, pipetou-se 20 mL da amostra para balão de 25 mL, adicionou-se 1 mL de R1, agitou-se, adicionou-se uma medida de R2, agitou-se 30 segundos, ajustou-se o volume da amostra para 25 mL com água purificada e agitou-se. Deixou-se reagir por 10 minutos. Adicionou-se a amostra preparada na cubeta. Selecionou-se o método no espectrofotômetro (teste 1-63) e realizou-se a leitura. O procedimento foi realizado de acordo com o Standard Methods (APHA, 2012).

4.5.9 Avaliação do processo de tratamento

As amostras foram submetidas a avaliação da eficiência do processo de tratamento de esgoto por zona de raízes. Para realização desta avaliação foi utilizado os valores da demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto bruto e tratado. A eficiência de remoção foi calculada de acordo com Koetz et al., (1996), através da seguinte expressão matemática:

$$E = [(C_{DQO,0} - C_{DQO}) / C_{DQO,0}] \times 100$$

Sendo:

E - Eficiência de remoção de DQO

$C_{DQO,0}$ - Valor de DQO do efluente bruto em $mg.L^{-1}$

C_{DQO} - Valor de DQO do efluente tratado em $mg.L^{-1}$

4.5.10 Determinação Quantificação *E. coli*

As amostras foram analisadas em laboratório particular, de acordo com a metodologia BRASIL/MAPA Métodos Analíticos Oficiais para Análise Microbiológica para Controle de Produtos de Origem Animais e Água de 2003.

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Segundo Barbetta (2010), o teste T é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. Nesse estudo foi realizado o teste T para duas amostras pareadas, adotando duas hipóteses, a primeira seria a nula onde se supõem não haver diferença no tratamento de esgoto e segunda, seria a alternativa, onde é esperado que o valor do efluente tratado seja inferior ao do efluente bruto. Considerando o nível de significância igual a 95%, os valores de P (variância) devem apresentar valores menores que 5% ($\alpha = 0,05$) para

se adequar a hipótese alternativa que é o desejado, e uso da amostra de tamanho 3, grau de liberdade igual a 2.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos referentes às análises de esgoto bruto e tratado (Estação de Tratamento de Esgoto - ETE por zona de raízes) obtidos neste estudo em três distintas coletas (1º mês de julho; 2º mês de setembro e 3º mês de dezembro todas realizadas no ano de 2013) são apresentados em três Tabelas subsequentes, sendo a Tabela 1 referente as três replicatas de coletas de esgoto bruto e tratado; a Tabela 2 mostra os resultados através do cálculo da média e desvio padrão referente as três coletas acompanhados do tratamento estatístico aplicado e a Tabela 3 mostra os percentuais de remoção de matéria orgânica, calculada com auxílio de uma expressão matemática utilizando para isso os valores obtidos na análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos referentes a primeira, segunda e terceira coleta de esgoto bruto (E.B.) e tratado (E.T.) da ETE por zona de raízes.

	Variáveis	Unidade	E.B.	E.T.	CONAMA* 357/05	CONAMA** 430/11	CEMA*** 70/09
Primeira Coleta de esgoto	pH	(-)	8,49	7,05	6 a 9	5 a 9	NC
	Temperatura	°C	21,40	21,13	< 40	< 40	NC
	OD	mgL ⁻¹	3,49	4,63	>5	NC	NC
	DBO5	mgL ⁻¹	14,00	<1,6	NC	120	50
	DQO	mgL ⁻¹	27,00	<1,6	NC	NC	200
	Sólidos Totais	mgL ⁻¹	80,00	20,00	500	NC	NC
	Nitratos	mgL ⁻¹	20,51	13,18	10	NC	NC
	Nitritos	mgL ⁻¹	0,78	0,37	1	NC	NC
	Nitrogênio total	mgL ⁻¹	2,68	1,98	1,27	NC	NC
	Fósforo	mgL ⁻¹	18,52	3,71	0,03	NC	NC
	Variáveis	Unidade	E.B.	E.T.	CONAMA* 357/05	CONAMA** 430/11	CEMA*** 70/09
Segunda Coleta de esgoto	pH	(-)	8,56	7,53	6 a 9	5 a 9	NC
	Temperatura	°C	26,30	25,70	< 40	< 40	NC
	OD	mgL ⁻¹	6,10	5,90	>5	NC	NC
	DBO	mgL ⁻¹	47,00	<1,6	NC	120	50
	DQO	mgL ⁻¹	104,00	<1,6	NC	NC	200
	Sólidos Totais	mgL ⁻¹	50,00	50,00	500	NC	NC
	Nitratos	mgL ⁻¹	11,50	7,65	10	NC	NC
	Nitritos	mgL ⁻¹	0,50	0,57	1	NC	NC
	Nitrogênio total	mgL ⁻¹	81,17	67,28	1,27	NCC	NC
	Fósforo	mgL ⁻¹	17,49	3,63	0,03	NC	NC
	Variáveis	Unidade	E.B.	E.T.	CONAMA* 357/05	CONAMA** 430/11	CEMA*** 70/09
Terceira Coleta de esgoto	pH	(-)	8,50	7,06	6 a 9	5 a 9	NC
	Temperatura	°C	21,04	22,10	< 40	< 40	NC
	OD	mg _{O₂} L ⁻¹	6,40	6,20	>5	NC	NC
	DBO	mg _{O₂} L ⁻¹	4,00	4,00	NC	120	50
	DQO	mg _{O₂} L ⁻¹	7,00	6,80	NC	NC	200
	Sólidos Totais	mgL ⁻¹	65,00	35,00	500	NC	NC
	Nitratos	mgL ⁻¹	6,09	8,50	10	NC	NC
	Nitritos	mgL ⁻¹	0,27	0,41	1	NC	NC
	Nitrogênio total	mgL ⁻¹	48,49	21,49	1,27	NC	NC
	Fósforo	mgL ⁻¹	5,01	0,93	0,03	NC	NC

EB: Esgoto Bruto; ET: Esgoto Tratado OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio.

* Classificação de acordo com o que se aplica as águas de Classe 2, estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências

**CONAMA 430/11 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA.

*** CEMA 70/09 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais.

Os pH das amostras do esgoto submetidos ao estudo apresentaram valores que variaram de 8,49 a 8,56 para amostras do esgoto bruto e de 7,05 a 7,53 para as amostras de esgoto tratado. Em comparação com os limites estabelecidos pela legislação pode-se inferir que em ambos (bruto e tratado), encontra-se dentro do valor determinado pela Resolução 430/11 do CONAMA, não comprometendo, neste caso qualidade da água (Gráfico 1).

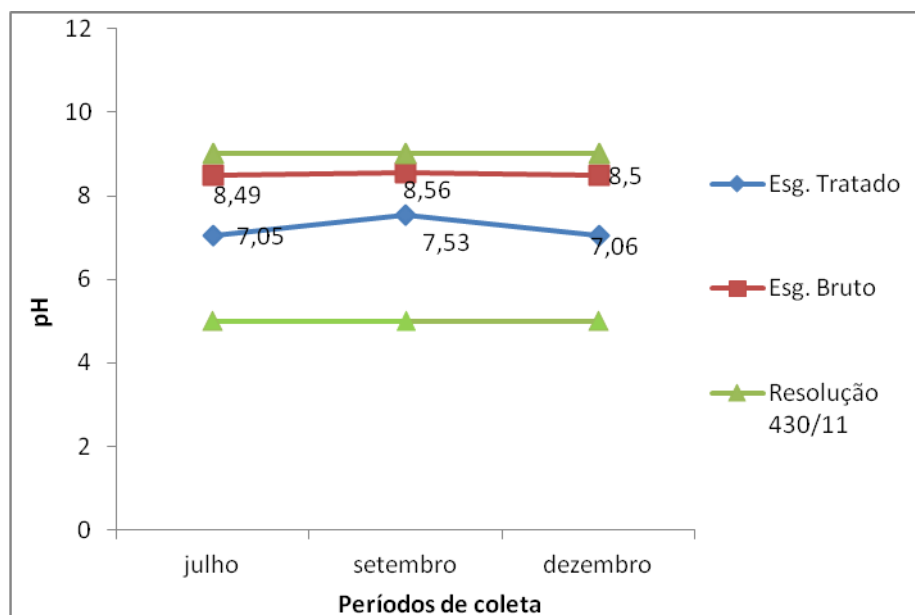


Gráfico 1. Valores do Potencial Hidrogeônico (pH) do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 e 430/11 do CONAMA.

A temperatura é um parâmetro de grande importância, dado que tem influência na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos micro-organismos, entre outras (SOUSA, 2001 *Apud* ROCHA, 2013).

As amostras apresentaram valores de temperatura que variaram de 21,04°C a 26,30°C, os valores observados não demonstraram grandes variações entre as coletas e forma do esgoto (bruto/tratado). Segundo a Resolução 430/2011 do CONAMA a temperatura de um efluente para poder ser lançado ao ambiente deve

ser inferior a 40°C, o que comprova, neste sentido que o esgoto em estudo atende a legislação no parâmetro temperatura (Gráfico 2).

Em específico a temperatura pode ter influência direta do clima, da temperatura atmosférica e horário de coleta. Esta consideração pode explicar o maior valor de temperatura correspondendo a segunda coleta (mês de setembro), considerando que esta coleta foi realizada em período vespertino em dia ensolarado e de alta temperatura. As demais coletas foram realizadas durante o período da manhã, circunstância em que a (CETESB *apud* RAMOS (2014) confirma a afirmação anteriormente explanada, que a temperatura superficial é influenciada pela latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

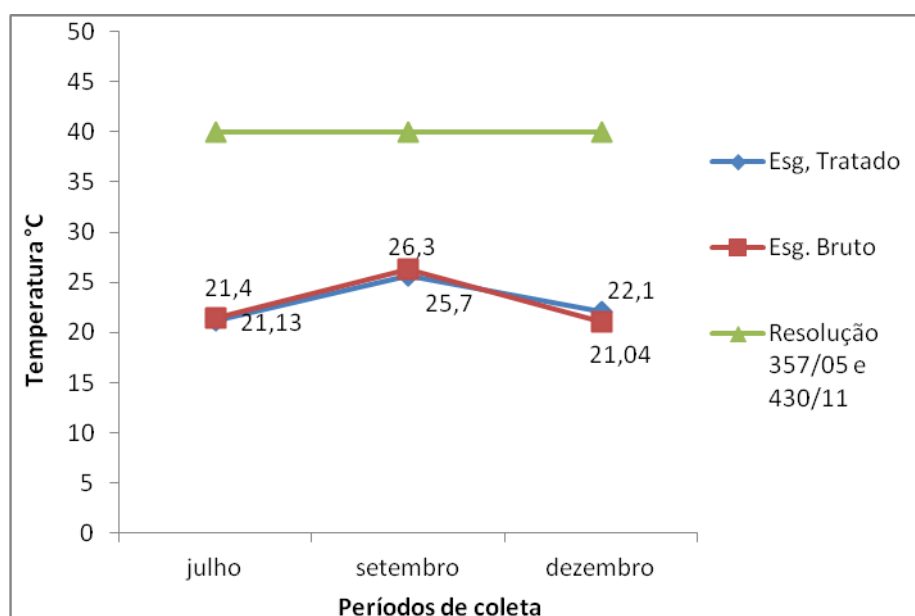


Gráfico 2. Valores de Temperatura do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 e 430/11 do CONAMA.

Um parâmetro muito importante para análise da qualidade da água é a quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD) presente, pois deste parâmetro depende diversas formas de vida do meio aquático. Os valores de OD variaram de 3,49 a 6,40 mgL⁻¹ para o esgoto bruto e 4,63 a 6,20 mgL⁻¹ para o esgoto tratado. A Resolução 357/05 CONAMA estabelece para lançamento de efluente teores não inferiores a 5,0 mgL⁻¹ para este parâmetro (Gráfico 3). Em consideração a esta Resolução pode-se verificar que os valores de OD encontrados na primeira coleta, tanto para o esgoto bruto quanto para o tratado os valores encontram-se abaixo do

indicado, o que leva a rematar que o tratamento de esgoto por zona de raízes para este parâmetro ainda não foi totalmente eficaz.

Na última coleta, mês de dezembro é um período de chuva, explicando a maior concentração de OD, fato que pode ter relação direta com a precipitação ocorrida na região neste período, mesmo sendo observada a precariedade da manutenção ao local onde o biofiltro foi instalado (Figura 7), o qual encontrava-se sem as devidas manutenções e com ausência do replantio do copo de leite, e ainda pelo assoreamento de solo que acumulo-se na superfície do biofiltro.

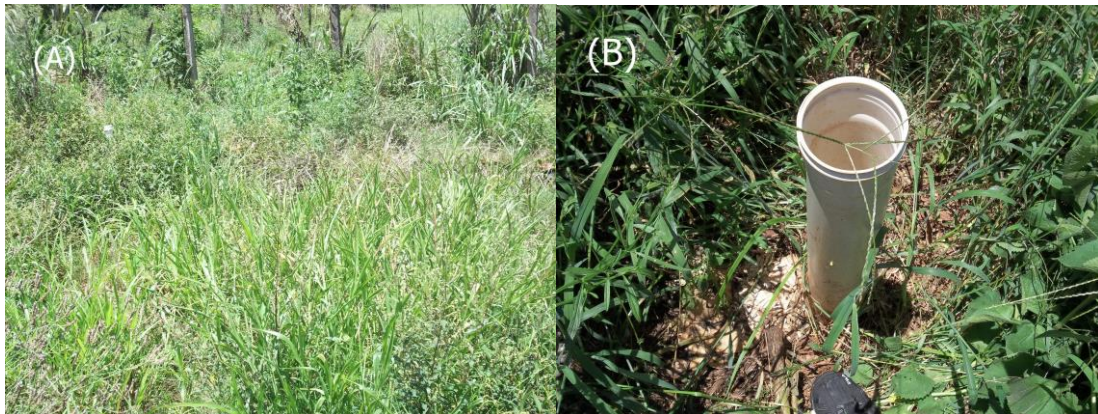


Figura 7. (A) ETE sem manutenção. (B) Ponto de coleta do esgoto bruto tomado por plantas daninhas.

Fonte: Autor (2013).

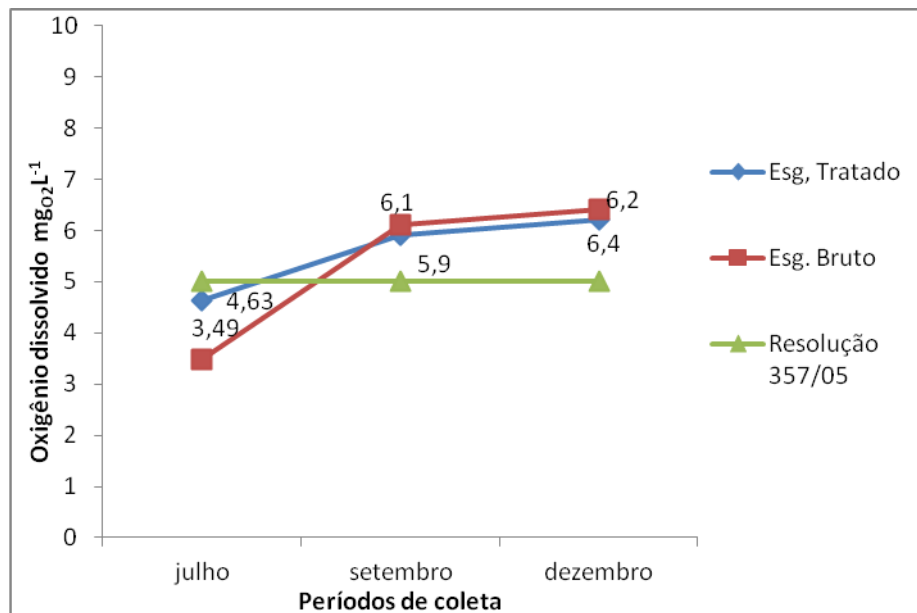


Gráfico 3. Valores de Oxigênio dissolvido do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

Para os parâmetros de nitrito (Gráfico 4) e nitrato as análises resultaram em valores de acordo com o estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que determina que o valor de nitrato não devem exceder 10 mgL^{-1} e nitrito não deve exceder a 1 mgL^{-1} , exceto na primeira coleta em que o valor encontrado de nitrato ultrapassou os limites permitidos pela legislação tanto para o esgoto bruto ($20,51 \text{ mgL}^{-1}$) quanto para tratado ($13,18 \text{ mgL}^{-1}$) (Gráfico 5). A menor concentração de nitrito foi registrado no mês de dezembro, tanto para o esgoto bruto ($0,27 \text{ mgL}^{-1}$) quanto tratado ($0,41 \text{ mgL}^{-1}$), onde a concentração de OD foi maior, explicando que o nitrito é encontrado em baixas concentrações em ambientes oxigenados, fato este também observado por Ramos, (2014).

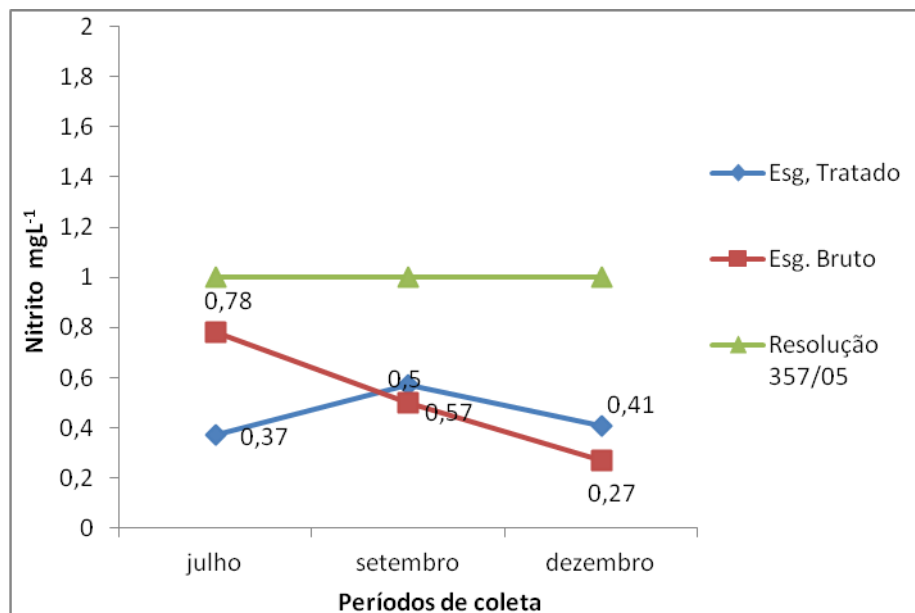


Gráfico 4. Valores de Nitrito do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

A concentração de nitrato no mês de julho (1º coleta) apresentou valores maiores, quando comparados às outras duas coletas, o qual não era esperado, pois como o OD no mesmo período foi baixo, deveria ter ocorrido o processo de desnitrificação, caso encontrado também por (SCANDOLERA, 2001).

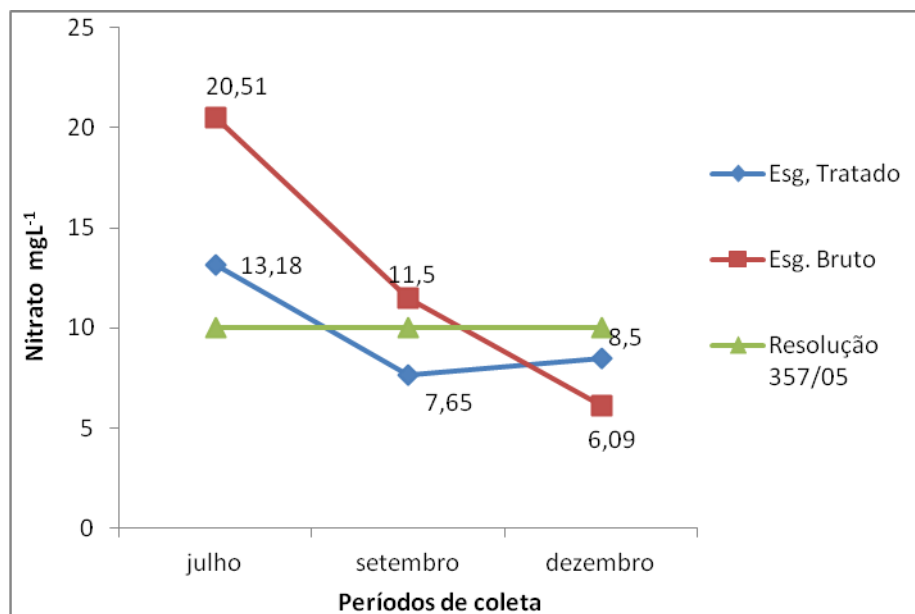


Gráfico 5. Valores de Nitrito do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

O nitrogênio total é um elemento químico que sugere a presença global de nutrientes na água e o nível de eutrofização da mesma. Pela análise dos resultados constatou-se que as concentrações de nitrogênio nas três coletas não se apresentam de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA que estabelece valores inferiores a $1,27 \text{ mgL}^{-1}$. Os teores de N_{total} apresentou redução quando se compara o esgoto bruto com o tratado, porém, mesmo após tratamento os valores foram superiores ao permitido, sendo que na segunda coleta o esgoto tratado apresentou aproximadamente 53 vezes a mais que o estabelecido pela legislação.

As elevadas concentrações de Nitrogênio pode ser decorrente da aplicação de adubos nas plantas (copos de leite) que contribuem para o bom funcionamento do biofiltro. Outro fator como o carreamento de solo na superfície do biofiltro ocasionada pela água da chuva, que foi intensa nos meses de setembro e dezembro também podem ter contribuído para tal fato. Fato semelhante foi observado por Medeiros (2013), que estudou a qualidade da água em micro bacias rurais e encontrou altas concentrações de nitrogênio total, o qual sugere uma forte influência deste nutriente no nível de eutrofização do corpo hídrico. Os valores de N_{total} pode ser melhor observado quando comparados com a legislação no Gráfico 6.

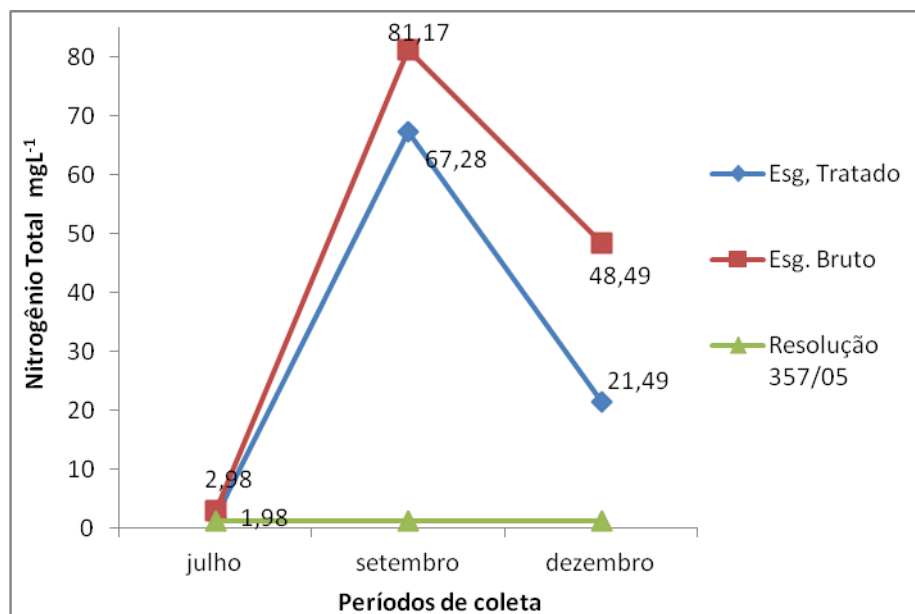


Gráfico 6. Valores de Nitrogênio total do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

As concentrações de fósforo também excederam os valores permitidos pela Resolução 357/05 do CONAMA que estabelece valor de $0,02 \text{ mgL}^{-1}$ tanto para o esgoto bruto quanto tratado (Gráfico 7). Os maiores índices de fósforo foram observados para o esgoto bruto o qual se repetiu nas três coletas. No esgoto bruto, os valores se mostraram maiores nas duas primeiras coletas com valores de $3,71 \text{ mgL}^{-1}$ (1° coleta) e $3,63 \text{ mgL}^{-1}$ (2° coleta). Na terceira o valor encontrado foi de $0,93 \text{ mgL}^{-1}$. A redução deste nutriente após tratamento foi na ordem de 20,03% na primeira coleta, 20,75% na segunda coleta e 18,56%, valores estes considerados válidos, no entanto, sua concentração ainda encontra-se acima do que determina a legislação.

As altas concentrações de fósforo podem ser explicadas pelo consumo de detergentes e outros produtos químicos domésticos, assim como a forma orgânica (ligada a compostos orgânicos) de origem fisiológica, utilizados frequentemente para higienização da escola, onde fica localizado a estação de tratamento por zona de raízes. Caso este também levantado por Santos (2013) que encontrou valores semelhantes para concentrações de fósforos indicando valores acima do estabelecido pela Resolução 357/05 em análises realizadas no rio Catolé na Bahia e constatou que o lançamento de despejos ricos em fosfatos num curso de água pode,

em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes nitrogenados, ocasionar eutrofização das águas e conseqüentemente estimularem o crescimento de micro e macro-organismos fotos sintetizadores, e que essa altas concentrações podem estar relacionadas a atividades domésticas.

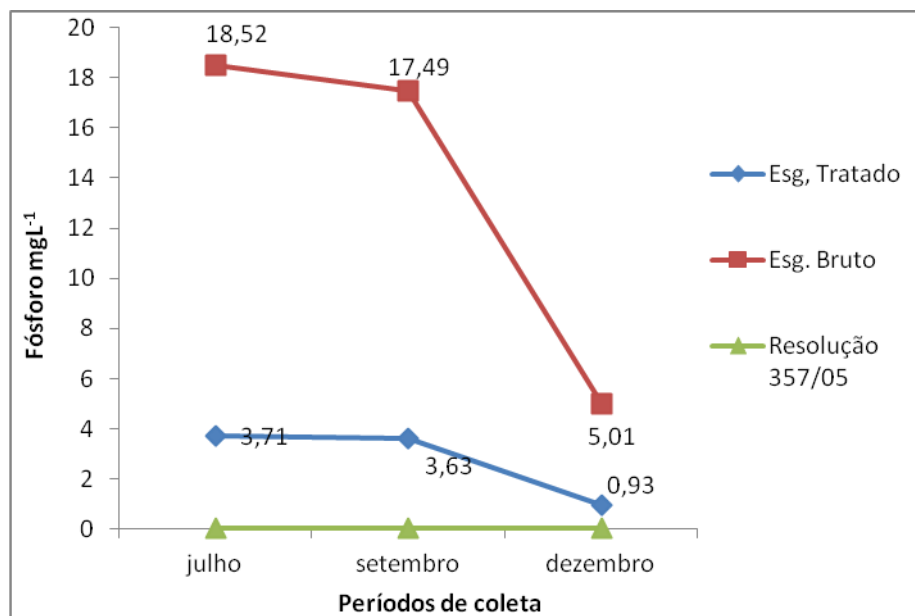


Gráfico 7. Valores de Fósforo do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

A concentração de DQO no esgoto bruto variou de 7,00 mgL⁻¹ a 104,00 mgL⁻¹, enquanto no esgoto tratado apresentou valores <1,6 mgL⁻¹ a 6,80 mgL⁻¹. Os valores encontrados estão dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05 e a CONAMA 430/11, respeitando também a legislação estadual CEMA 70/09 (Gráfico 8). Foi observada a mesma concentração para o esgoto tratado na primeira e segunda coleta. A maior concentração de DQO para o esgoto tratado foi observada na última coleta. Neste período, a ETE estava em situação precária, não sendo observado a presença de plantas responsáveis pelo funcionamento ideal da ETE, além disso, o córrego apresentava, no momento da coleta vazão maior que as anteriores decorrentes, certamente, das constantes chuvas ocorridas no período. Os fatos descritos podem ter influenciado de maneira bastante significativa na eficiência da ETE por zona de raízes.

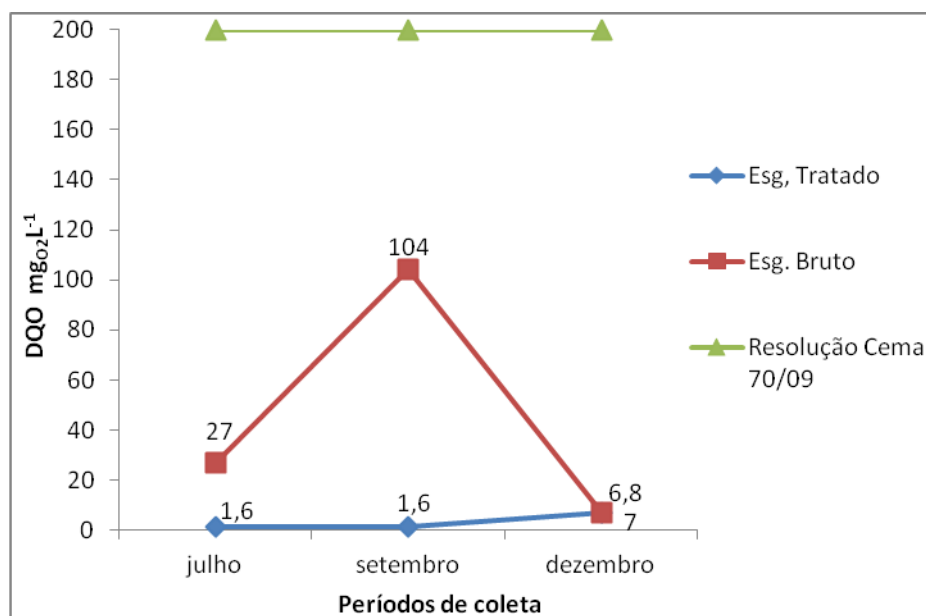


Gráfico 8. Valores de DQO do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução CEMA 70/09.

A concentração de DBO no esgoto bruto variou de $4,00 \text{ mgL}^{-1}$ a $47,00 \text{ mgL}^{-1}$, enquanto no efluente tratado apresentou valores $<1,6 \text{ mgL}^{-1}$ a $4,00 \text{ mgL}^{-1}$. Os valores encontrados estão dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 430/11, respeitando também a legislação estadual CEMA 70/09 (Gráfico 9). Igualmente ao observado com os valores de DQO, os valores de DBO também se mostraram iguais para o esgoto tratado nas duas primeiras coletas.

A maior concentração de DBO no esgoto tratado foi observada na terceira coleta, período este que a ETE apresentou deficiência no crescimento dos copos de leite, apresentava ausência de plantas e o córrego com maior vazão.

Mesmo funcionando em estado precário, os valores de DBO do esgoto tratado na terceira coleta são menores ($148,00 \text{ mgL}^{-1}$ de DBO) que os valores encontrados por ALBA (2008) em estudo realizado com Fitorremediação de efluentes de frigorífico de aves.

Nas duas primeiras coletas, a DBO manteve valores similares para o esgoto tratado, indicativo de que não houve introdução de matéria orgânica capaz de causar perturbação ao meio, ou seja, a quantidade de matéria orgânica existente ou introduzida é menor do que a capacidade de assimilação do corpo hídrico (RAMOS, 2014). Na terceira coleta não houve diferença nos resultados obtidos entre o esgoto

bruto e tratado, o que pode ter ocorrido devido a falta de manutenção do biofiltro e ausência de plantas para auxiliar na filtração do esgoto.

A redução nos teores de DBO e também de DQO no esgoto bruto para o esgoto tratado, é decorrente da presença de microorganismos aderidos ao meio filtrante e as raízes da planta, formando o biofilme (LOHMANN, 2011) que contribui para a redução da matéria orgânica.

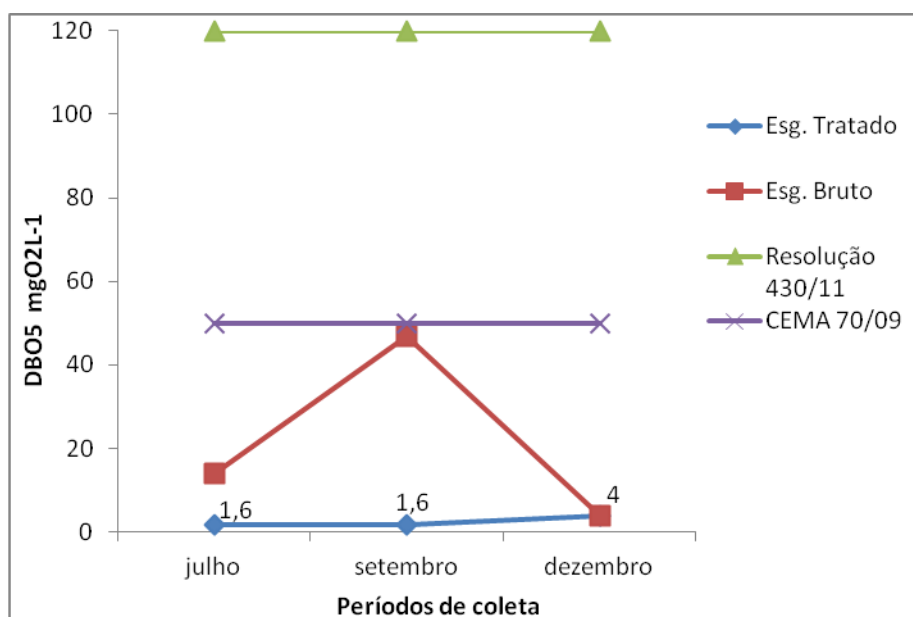


Gráfico 9. Valores de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 430/11 do CONAMA e CEMA 70/09.

Os sólidos totais atenderam ao padrão estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (500 mgL^{-1}), tanto para o esgoto bruto quanto para o tratado, embora apresentando resultados bem variados o que pode ser decorrente da falta de manutenção da ETE, pois verificou-se que os valores foram decrescendo ao decorrer das 3 coletas, apresentando desvio padrão significativamente alto (Gráfico 10).

Os sólidos totais, especialmente quando em grandes quantidades em esgotos, tendem a fixar nutrientes, matéria orgânica, metais pesados, pesticidas e microorganismos e todos esses poluentes, quando aderidos à superfície dos sólidos podem ser transportados por longas distâncias, contaminando os cursos fluviais (BASSO, 2013).

A ETE apresentando uma eficiência média (40,4%) quanto a remoção de sólidos totais encontra-se dentro dos valores (15 % a 59%) de medidas de eficiência encontrados por Philippi (2007), que avaliou o desempenho de algumas unidades baseando-se no monitoramento do efluente do tanque séptico (efluente da zona de raízes) e do efluente tratado na saída da zona de raízes.

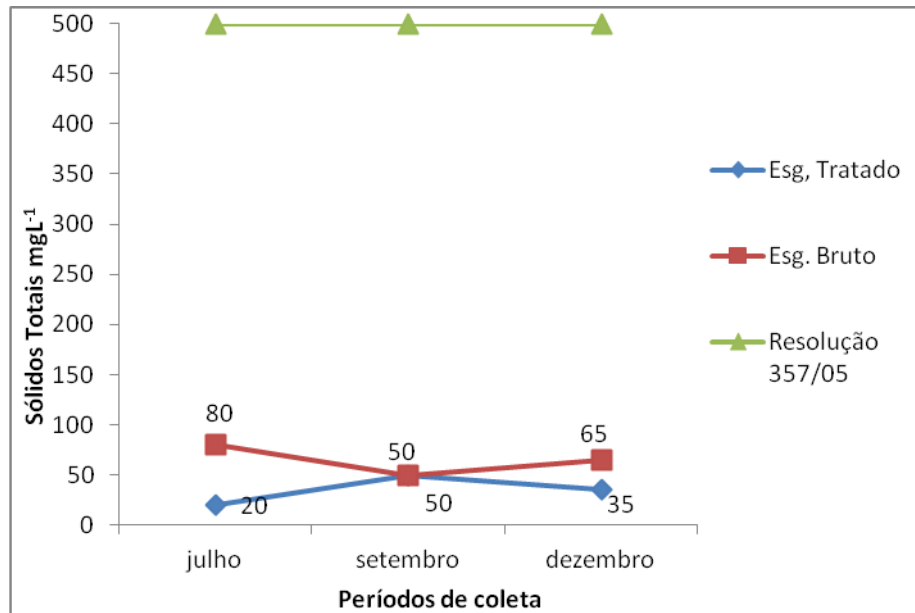


Gráfico 10. Valores de Sólidos Dissolvidos Totais do esgoto bruto e tratado em comparação aos valores preconizados pela Resolução 357/05 do CONAMA.

A Tabela 2 mostra a média referente as três coletas acompanhada do desvio padrão e o tratamento estatístico pela aplicação do teste T para as variáveis analisadas.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos em valores médios \pm desvio padrão referente as três coletas de esgoto bruto (E. B.) e tratado (E.T.) da ETE por zona de raízes.

Variáveis	Unidade	E.B.	E.T.	D.P E.B.	D.P E.T.	t - Valor	p
pH	(-)	8,52	7,21	0,04	0,27	8,15	0,037
Temperatura	°C	22,91	22,98	222,94	2,41	-0,029	0,803
OD	mgL ⁻¹	5,33	5,58	1,60	0,83	-0,237	0,427
DBO5	mgL ⁻¹	21,67	2,40	22,50	1,39	1,480	0,007
DQO	mgL ⁻¹	46,00	3,33	51,22	3,00	1,440	0,007
Sólidos Totais	mgL ⁻¹	65,00	35,00	15	15	2,449	0,070
Nitratos	mgL ⁻¹	12,70	9,78	7,28	2,98	0,6434	0,286
Nitritos	mgL ⁻¹	0,52	0,45	0,26	0,11	0,4177	0,293
Nitrogênio total	mgL ⁻¹	44,11	30,25	39,43	33,52	0,4639	0,839
Fósforo	mg L ⁻¹	13,67	2,76	7,52	1,58	2,4604	0,085

EB: Esgoto Bruto; ET: Esgoto Tratado OD: Oxigênio Dissolvido; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio. D.P: Desvio Padrão. p: variância

Os valores de ($p < 0,05$) indicam haver diferença significativa entre os valores médios de cada parâmetro analisado para o esgoto bruto e esgoto tratado, enquanto que os valores de ($p > 0,05$) indicam não haver diferença a uma significância de 95%.

Neste sentido, a Tabela 2 mostra que dentre as variáveis avaliadas, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias os teores de pH, DBO, DQO, enquanto que os demais parâmetros não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre seus valores médios.

Na interpretação dos dados estatísticos pode-se verificar que a ETE por zona de raízes necessita de reparos e monitoramento para que possa reduzir a concentração da maioria dos parâmetros avaliados e seja realmente eficiente, contribuindo para minimização da poluição ambiental.

A Tabela 3 apresenta o percentual de eficiência na redução de DQO do esgoto submetido ao tratamento por zona de raízes.

Tabela 3. Valores de DQO em amostras de esgoto bruto e tratado e eficiência de remoção de DQO.

Amostra	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Média
DQO Bruto (mg L ⁻¹)	27	104	7	46
DQO Tratado (mg L ⁻¹)	1,6	1,6	6,8	3,33
E (%)	94,07	98,46	2,86	63,13

DQO: Demanda Química de Oxigênio

A ETE por zona de raízes avaliada se mostrou eficiente para remoção de DQO com valores de redução na ordem de 94,04% (1° coleta); 98,46% (2° coleta), sendo observado na 3° coleta percentual de (2,86%) mostrando a perda de eficácia da ETE na remoção de DQO no período equivalente a 6 meses, consequência da falta de monitoramento e da reposição de plantas responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

Mesmo com o baixo percentual de remoção de matéria orgânica observado na 3° coleta, a ETE apresentou média do percentual de eficiência na ordem de 92,76%, o que pode se considerar bastante efetivo, no entanto, segundo Zanella (2008) afirma que o meio filtrante pode interferir significativamente na qualidade do efluente final para a DQO. O mesmo autor afirma, também, que a evapotranspiração ou incorporação pelas plantas podem levar a diferentes resultados para análise de eficiência de um sistema.

Tabela 4. Valores da relação de DQO/DBO das amostras de esgoto submetido ao sistema de tratamento por zona de raízes.

Coleta	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
DQO Bruto mg L ⁻¹	27	104	7	46
DBO Bruto mg L ⁻¹	14	47	4	21,66
DQO / DBO ₅	1,92	2,21	1,75	1,96

DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio

A relação DQO/DBO₅ representa um fator importante para verificação da biodegradabilidade de um esgoto ou efluente. Os resultados obtidos para a razão DQO/DBO₅ apresentaram variações de 1,75 (3° coleta) a 2,21 (2° coleta) apresentando média de 1,96, considerando as três coletas. Segundo (BRAILE E CAVALCANTI (1993) *apud* DEZOTTI), o tratamento biológico é recomendado quando está razão for menor que 2, no entanto, Dezotti (2008), afirma que a biodegradação é possível quando estes valores se situarem entre 1,5 e 2,5.

As análises microbiológicas realizadas nas amostras de esgoto bruto e tratado com o sistema de raízes indicaram a presença da bactéria *E. Coli* em ambas as amostras.

A sobrevivência de bactérias patogênicas depende de fatores, tais como: pH, umidade, radiação solar, temperatura, concentração de matéria orgânica (CHERNICHARO, 1997). Essas bactérias são oriundas da presença de animais que utilizam o rio para dessedentação ou de esgotos sanitários lançados diretamente no rio, tornando a água imprópria para o consumo. As principais doenças transmitidas pela rota oral fecal(bacterianas) que podem ser adquiridas são: febre tifóide, febre paratifóide, diarreias e disenterias bacterianas, como a cólera. Tem-se também a esquistossomose que é transmitida pelo contato da pele com a água contaminada e também a popular elefantíase que é transmitida pela procriação por insetos (vetores) em locais contaminados por fezes (RIBEIRO, 2010).

Está é uma forma de avaliar a qualidade microbiológica do esgoto, pois, detectado a presença de agentes indicadores de qualidade higiênico sanitária pode se inferir que há contaminação por fezes humanas ou animais de sangue quente e, por conseguinte, a sua potencialidade em transmitir doenças (CASCAIS, 2008).

7. SUGESTÕES

Na comprovação da falta de eficiência da estação por zona de raízes implantada na Escola Epitácio Pessoa devido ao estado de abandono que se encontra, sugere-se:

- O replantio das plantas na ETE;
- Substituir a atual espécie por outra que seja mais resistente a situação apresentada neste estudo;
- Inoculação de microorganismos na ETE que possam auxiliar na degradação e estabilização da matéria orgânica e dos nutrientes presentes no esgoto;
- Monitoramento das condições de funcionamento da ETE;
- Monitoramento da eficiência do tratamento de esgoto realizado pela ETE.

8. CONCLUSÃO

A avaliação físico-química e microbiológica da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) por zona de raízes mostrou que pH, temperatura e sólidos totais, se mantiveram de forma regular nas três análises. Os teores de fósforo e nitrogênio encontrados tanto para o esgoto bruto quanto tratado estão em desconformidade com a legislação Resolução 357/05 do CONAMA. Constatou-se que apesar dos valores potencialmente baixos de OD, houve remoção parcial de matéria orgânica.

Verificou-se por meio dos resultados obtidos que a ETE, embora reduzindo os teores dos parâmetros analisados do esgoto bruto em relação ao esgoto tratado, não atende as indicações da Legislação sendo, portanto insatisfatória quanto ao tratamento, devendo, desta forma, ser evitado o lançamento em corpos hídricos.

Conclui-se, desta forma, que para apresentar maior eficiência da ETE por zona de raízes avaliada, a mesma deve passar por reparos, e ser constantemente monitorada para que possa tratar de forma eficaz o esgoto gerado pela comunidade da Escola Epitácio Pessoa localizada na Seção Jacaré e contribuir para redução e minimização da poluição ambiental.

9. REFERÊNCIAS

ABREU, Potira. S. **Implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes na Comunidade Rural da Seção Jacaré do Município de Francisco Beltrão**. 2013. 87 f Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Pato Branco, 2013.

ALBA, Cristina. S. M. **Fitorremediação de efluentes de frigorífico de aves**. Pato Branco, 2008.

ANDRADE, Helisson H. B. de. **Avaliação do desempenho de sistemas zona de raízes (wetlands construída) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. 2012.

ANDRADE, Julho. C. M.; TAVARES, Sílvio. R. L.; MAHLER, Cláudio. F. **O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. 2012.

BARBETTA, Pedro. A; REIS, Marcelo. M; Bornia; Antonio. C. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. 3. Ed. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2010.

BASSO, Alberto. L; Moreira, Luiza. G. R. **AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E CARGA DE SÓLIDOS EXPORTADA PELO ARROIO DO SALSO, PORTO ALEGRE-RS**. Disponível em: < http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=importancia+dos+s%C3%B3lidos+totais&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agb.org.br%2Fevento%2Fdownload.php%3FidTrabalho%3D1642&ei=P3DeUoekIcblkAf304GABw&usq=AFQjCNECTwdh0CT8meqNZL_Ch4H5HwIF-g&bvm=bv.59568121,d.eW0. Acessado em: 21 jan. 2013.

CARVALHO, Anésio. R. **Princípios Básicos do Saneamento do Meio**. 10. Ed. Editora SENAC. São Paulo, 2003.

CASCAIS, Bruna. F. A. **Monitoramento de Efluente e Comparação das Eficiências das Estações de Tratamento de Esgoto da Grande Florianópolis**. Florianópolis, 2008.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/demanda_quimica_d_e_oxigenio.pdf>. Acessado em: 10 set. 2013.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doem%C3%A7as.pdf> Acessado em: 27 ago. 2013.

Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR "A". Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/servicos/esgoto>> Acesso em: 10 jul. 2013.

Companhia de saneamento do Paraná - SANEPAR "B". Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/noticias/empresa-ira-investir-mais-de-r-15-milhoes-em-francisco-beltrao>> Acesso em: 10 jul. 2013.

Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo - SABESP. **Relatório de Sustentabilidade 2012.**

Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo - SABESP. **Tratamento de esgoto.** Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&proj=sabesp&pub=T&nome=TratamentoDeEsgoto&db=>>> Acessado em: 10 set. 2013.

Conselho Estadual do Meio Ambiente- CEMA. Resolução nº70 de 11 agosto 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf>. Acessado em: 20 jul.2013.

Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 20 jul.2013

Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº430 de 13 de maio de 2011. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em: 20 jul.2013.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias** – Volume 5: *Reatores anaeróbios*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 1997.

DEZOTTI, Márcia. **Processos e Técnicas para Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers Serviço Editoriais Ltda, 2008.

ERCOLE, Luiz. A. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ESTEVEES, Francisco. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ: Ed Interciência, FINEP. 1998.

FAGUNDES, Renata. M.; SCHERER, Minéia. J. **Sistemas Alternativos para o Tratamento Local de Efluentes Sanitários**. *Disc. Scientia*. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 53-65, 2009.

FIORUCCI, Antonio. R.; FILHO, Edeimar. B. **A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos**. Química e Saúde. 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 1994.

GOMES, Polini. R. **Bactérias termotolerantes como indicador de poluição do arroio da Praia do Rincão, litoral sul de Santa Catarina**. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE- **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Síntese dos Indicadores de 2009 – IBGE, 2010**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/situacao-do-saneamento-no-brasil>> acessado em: 13 ago. 2013.

Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica – IPEMA. Disponível em:<<http://www.ipemabrasil.org.br>>. Acesso em 11 ago. 2008.

KAICK, Tamara. S. V. **Estação de tratamento de esgotos por zona de raízes: Uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Tese (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

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, 117-120, Mai./Ago., 1996.

LOHMANN, Gabriele. **Caracterização microbiológica de estação de tratamento de esgoto por zona de raízes de fluxo vertical**. Curitiba, 2011.

MACEDO, Jorge. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**. 2ª ed., CRQ/MG, 2001.

MEDEIROS. Gerson. A.; TOMAS. Iris. S. F.; RIBEIRO. Admilson. I.; LONGO. Regina. M. **Qualidade da Água em Micro-bacias Hidrográficas Rurais**. Salvador-BA, 2013.

MIERZWA, José. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria uso racional e reuso**. Editora: Oficina de textos. 1. Ed. 2005.

NASCIMENTO, Monica. S. de. F.; FERREIRA. Osmar. M; **Tratamento de esgoto urbano: comparação de custos e avaliação da eficiência**. Goiânia - Dezembro 2007

NUNES, José. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 6 ed. Editora ABES, 315p. 2012.

Organização Mundial de Saúde - OMS. **UNICEF - Progresso on Sanitation and Drinking –Water 2013 UPDATE**. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/en/> Acesso em: 24 jul. 2013.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPASA. **Água e Saúde**. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.pdf> > Acesso em 02 Nov. 2003.

PHILIPPI, Luiz. S.; SEZERINO, Pablo. H; OLIJNYK, Debora. P; KOSSATZ, Bruno. **EFICÁCIA DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO E DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO UTILIZANDO WETLANDS CONSIDERANDO PERÍODOS DIFERENTES DE INSTALAÇÃO E DIFERENTES SUBSTRATOS E PLANTAS UTILIZADOS**. Florianópolis, 2007.

PHILIPPI, Luiz. S.; SEZERINO, Pablo. H. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas**. 1. ed. Florianópolis: Edição do Autor, 2004. v. 500. 144 p.

PHILIPPI Jr, Arlindo. **Saneamento, saúde e meio ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri – SP: Manole, 2005.

RAMOS. Fabricio. O.; BARROS. Caroline. F.; SOUSA. Iracélia. C. **Avaliação da Qualidade da Água dos Mananciais Superficiais do Projeto Polo Fruticultura Irrigada de São João - Porto Nacional**. TO. Disponível em: < http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2010-1/4-periodo/Avaliacao_da_qualidade_da_agua_dos_mananciais_superficiais.pdf > Acessado em: 14 jan.2014.

RIBEIRO, Júlia. W. ROOKE, Juliana. M. S. **Saneamento Básico e sua relação com o Meio Ambiente e a Saúde Pública**. Juiz de Fora. 2010.

ROCHA, Any. T. S.; LEITE. Juliana. F. **Avaliação da Qualidade da Água do Córrego Samambaia Afluente do Córrego Anocuns**. Disponível em: < <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20QUALIDADE%20DA%20%C3%81GUA%20NO%20C%C3%93RREGO%20SAMAMBAIA%20AFLUENTE%20DO%20C%C3%93RREGO%20ANOCUNS.pdf> >Acessado em 13 jan.2014.

ROCHA, Paula. V. D. **Wetland não-plantada de fluxo vertical com leito de areia e conchas de ostra como pós-tratamento de efluentes para remoção de fósforo.** Trabalho de conclusão de curso. Curso de Tecnologia em Química Ambiental/DAQBI. UTFPR – Curitiba, 2011.

Serviço autônomo de Água e Esgoto. Sistemas de Tratamento de Esgoto – SAAE. Aracruz. 2006.

SAMPAIO, Américo. O.; GONSALVES, Maria. C. **Custos operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados.** Barueri –SP. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-130.pdf> >. Acesso em: 27 ago 2013.

SANTOS, Quelle. R.; FRAGA, Micael. S.; ULIANA, Eduardo. M. **Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do Rio Catolé,** Itapetinga – BA. Jun/2013.

SILVA, Selma. C. **“Wetlands Construídos” de Fluxo Vertical com Meio Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos.** Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Publicação PTARH. TD-003. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

SEZERINO, Pablo. H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2006.

SOUZA, Roberta. F. P.; JUNIOR, Aziz. G. S. **Poluição Hídrica e Qualidade de vida: O caso do saneamento básico no Brasil.** Disponível em: < <http://sober.org.br/palestra/12/06P372.pdf> > Acesso em: 31 set. 2013.

SCANDOLERA, A. J.; PALHARES, J. C.; JUNIOR, J. L.; AMARAL, L. A.; MENDONÇA, R. P.; OLIVEIRA, G. P. **Avaliação de parâmetros químicos, microbiológicos e parasitológicos de águas de abastecimento da UNESP e residuária, no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.** Semina: Ci. Agrárias, Londrina, v. 22, n.1, p. 83-91, jan./jun. 2001

TONETTI, Adriano. L.; FILHO, Bruno. C.; KANEGAE, Alexandre. P.; STFANUTTI, Ronaldo. **Método Alternativo de Tratamento de Esgoto.** Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento. Edição nº31, julho/dezembro, 2003.

VASCONCELLOS, Fernanda. C. S. **Análise Microbiológica de Barras de Cereais e Cereais Matinais, comercializados na cidade de Pelotas RS.** Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2006.

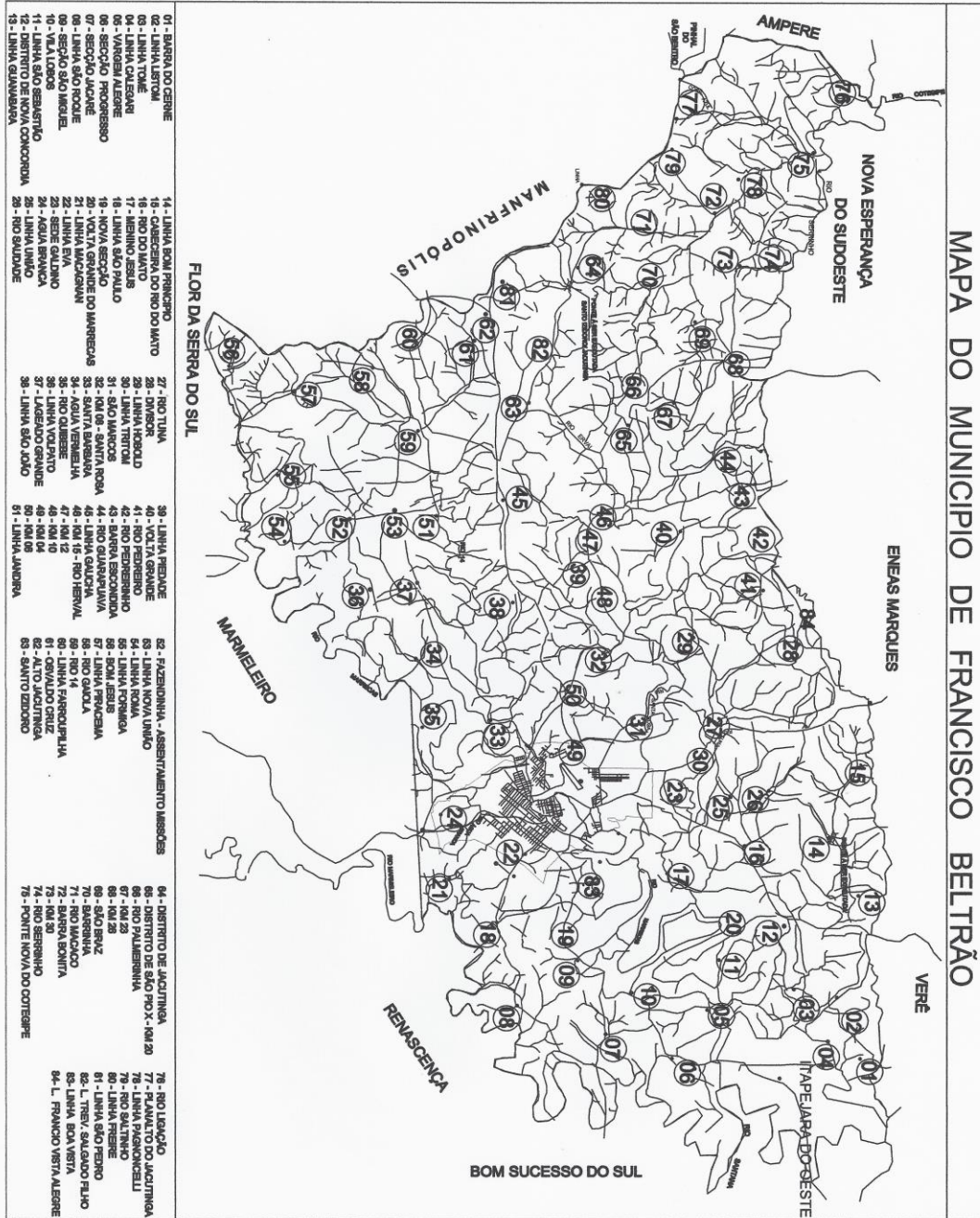
VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Volume 1, 3ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VYMAZAL, Jan. **Removal of phosphorus in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow in the Czech Republic.** Water, Air and Soil Pollution: Focus, v.4, n.2-3, p.657-670. 2004.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte.** Campinas, 2008.

10. ANEXO

ANEXO A - Mapa do Município de Francisco Beltrão



ANEXO B – Estação de tratamento por zona De raízes (1° Coleta)



ANEXO C – Estação de tratamento por zona De raízes (2° Coleta)



ANEXO D – Estação de tratamento por zona De raízes (3° Coleta)

