

MONITORAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO: ANÁLISE DE QUALIDADE DO EFLUENTE LÍQUIDO TRATADO

Ariel Paulo Bracht¹

Eduardo Lauschner²

Maciel Welter³

Odair Kessler⁴

Thaís Heck⁵

Thamires Camile Wenzel⁶

Resumo

Visando o aumento da preocupação mundial acerca da saúde presente e futura do meio ambiente, esta pesquisa objetiva analisar o desempenho e a perspectiva de sustentabilidade ambiental do tratamento de esgoto em uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, no bairro Morada Feliz, município de Itapiranga – SC. Para tanto, são analisadas a eficácia de tratamento da ETE e a qualidade do seu efluente líquido tratado para disposição em curso hídrico superficial, na intenção de constatar se o tratamento ocorrido no local realmente coopera para o ideal de lançar menos dejetos ao meio ambiente. Igualmente, é analisada a possibilidade de reaproveitamento do efluente líquido tratado para uso em irrigação de culturas, ambicionando uma gestão do sistema de esgotamento ainda mais efetiva, tendo em vista que a promoção de bem-estar e saúde da população está intimamente ligada à consciência ambiental acerca da proteção do ambiente e do uso responsável dos recursos naturais.

Palavras-chave: Saneamento; Sustentabilidade ambiental; Reuso agrícola.

Abstract

In view of the increasing worldwide preoccupation about subjects relationated to present and future environment health, this research aims to analyze the performance and the perspective of environmental sustainability of the sewage treatment in a sewage treatment station, located in the neighborhood Morada Feliz, at the county of Itapiranga – SC. Therefore, is made an analysis about the station treatment effectiveness and about the quality of its treated effluent which is released in surface water resource, intending to corroborate if the treatment that happens there is effective, or in other words, if it really cooperates with the ideal of throwing less pollution to the enviroment. Also, is made an analysis about the possibility of treated wastewater reuse for agriculture irrigation, coveting a still more effective management of sewage system, in view of the

¹ Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: ariel_bracht@hotmail.com

² Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: edolauschner@gmail.com

³ Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: mac-wel@hotmail.com

⁴ Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: odairkessler83@gmail.com

⁵ Acadêmica de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: thaishack7@gmail.com

⁶ Acadêmica de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: thami.5@hotmail.com

promotion of population health and well-being is closely linked to the environmental awareness about the environmental protection and the responsible use of natural resources.

Keywords: Sanitation; Environmental sustainability; Agricultural reuse.

Introdução

O gradativo crescimento da população mundial vem modificando gradativamente as condições ambientais, que influem diretamente na qualidade de vida dos seres humanos. Para garantir o meio ambiente de forma mais saudável, o saneamento é uma ferramenta de importância ímpar, baseando-se em quatro pilares: água, esgoto, drenagem pluvial e resíduos sólidos (FUNASA, 2015).

Enfatiza-se, dentre os componentes do saneamento, o esgoto gerado pelo ser humano. Possuindo alta carga de contaminantes, configura-se como o principal poluente de corpos d'água e do solo. Faz-se necessário, portanto, encontrar meios que possibilitem a mitigação ou até mesmo a dizimação destas poluições e dos prejuízos que trazem ao meio ambiente e à qualidade de vida. Constata-se, desta forma, que o tratamento de esgotos é indispensável solução para os referidos problemas (NUVOLARI, 2011).

Apesar da intenção, nem sempre o tratamento de esgoto assegura a qualidade do efluente que será devolvido ao meio ambiente. Segundo Aisse (2000), mesmo com as exigências legislativas e apesar do crescimento quantitativo da utilização de sistema de tratamento de esgotos, o controle qualitativo não vem crescendo à mesma proporção, devido à falta de recursos financeiros, de vontade política e de capacidade institucional para regulação e controle do lançamento de esgoto bruto nos cursos hídricos, continuando, assim, a tornar a situação complicada.

Desta maneira, além do incentivo à ampliação do uso de sistemas de tratamento de esgotos, deve existir preocupação humana em relação ao correto funcionamento dos mesmos. Estes devem desempenhar com louvor sua função de remoção dos contaminantes, para que possa haver a disposição final do efluente nos cursos hídricos sem a conseqüente poluição destes ou, ainda, a reutilização do efluente líquido, tendo ambos os casos por consequência lógica a melhoria do ambiente regional. Neste sentido, a eficiência das estações de tratamento pode ser encontrada por meio da avaliação constante da qualidade do efluente líquido, comparando resultados obtidos de

amostras extraídas do esgoto bruto, antecedente ao tratamento, e do esgoto tratado, ou efluente líquido, produto final do sistema (SPERLING, 2010).

Neste sentido, a presente pesquisa pretende contribuir para os debates científicos acerca do referido assunto, buscando analisar o desempenho do tratamento de esgoto em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) situada no município de Itapiranga – SC, quanto à qualidade do efluente líquido e a possibilidade de sua utilização para irrigação agrícola na área no entorno da ETE.

Saneamento

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2015), o saneamento é compreendido como uma aglomeração de ações que objetivam gerir todos os fatores que possam alterar negativamente o estado físico, mental ou social do homem através da promoção de doenças e geração de condições insalubres de vida. Portanto, trata-se do ato de sanear, ou seja, de tornar um ambiente agradável e habitável, sem riscos à saúde e bem-estar do homem e ao ambiente ao seu entorno, principalmente da água, tornando-se uma premissa básica para usufruir de qualidade de vida.

O saneamento inclui a disponibilização de água potável para o consumo da população, tratamento e destinação do esgoto sanitário, gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e das águas pluviais, abrangendo, assim, os quatro pilares mundialmente conhecidos do saneamento básico (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

A situação brasileira para o saneamento básico não condiz ao desejável, sendo classificada como deficitária pelo Plano Nacional de Saneamento Básico, onde as atividades em déficit são consideradas aquelas com atendimento precário ou ausência de atendimento (BRASIL, 2014). Também é classificada deste modo a situação no estado de Santa Catarina, e no seu município de Itapiranga, onde, apesar de indicador de 100% de abastecimento de água potável à população, os demais serviços de saneamento ainda são precários. Conforme os dados elucidados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos e no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, ambos de autoria do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2014), os dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) em sua Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 e os dados demonstrados no Plano

Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2014) e no Plano Municipal de Saneamento Básico (ITAPIRANGA, 2015), apresenta-se a tabela 01 com o resumo da situação de cada pilar do saneamento básico nas respectivas esferas federais, estaduais e municipais.

Tabela 01 - Comparativo dos indicadores de saneamento a nível nacional, estadual e municipal

Local	População servida de abastecimento de água	Relação entre volume de esgoto gerado e tratado	População servida de manejo de resíduos sólidos	Manejo de águas pluviais
Brasil	83,0%	40,8%	92,7%	94,5%*
SC	86,60%	21,88%	100%*	99,7%*
Itapiranga	98,15%	0,93%	49,42%	-**

*Valores referentes à quantidade de municípios

**Não existem indicadores do manejo de águas pluviais neste município

Fonte: Adaptado de Brasil (2014); IBGE (2010); Itapiranga (2015); SNIS (2014).

Esgoto

Componente do saneamento a ser abordado nesta pesquisa, o esgoto é conceituado por Aisse (2000) como todo e qualquer líquido que seja produto do uso humano, ou seja, é um efluente residuário, que pode ser subdividido em:

a) esgoto doméstico: decorrente da utilização da água em edificações residenciais e comerciais, resultante de processos de higiene e necessidades fisiológicas do homem;

b) esgoto industrial: proveniente, unicamente, de atividades das indústrias;

c) esgoto pluvial: composto pelas águas das chuvas e lavagem das ruas;

d) esgoto sanitário: junção de todos os demais esgotos ou outra denominação para esgoto doméstico.

O esgoto possui características que variam tanto quantitativamente quanto qualitativamente, em virtude das diversas maneiras de utilização da água, variando, inclusive, com o clima, a situação socioeconômica e os hábitos da população (VON SPERLING, 1996).

As características qualitativas, de acordo com Lange (2009), Leme (2008), Nuvolari (2011) e Von Sperling (1996), encontram-se divididas em parâmetros físicos (como teor de sólidos, temperatura, odor, cor e turbidez), químicos (matéria orgânica e inorgânica, expressa pela Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e pH) e biológicos (composto por microrganismos patogênicos, geralmente representados pelos coliformes fecais ou termotolerantes). Estas características determinarão a qualidade do efluente, seu potencial de poluição e o nível de tratamento necessário (FUNASA, 2015).

O esgoto, quando lançado em sua forma bruta no meio ambiente, de acordo com Von Sperling (1996), causa impactos, dentre os quais o principal é a poluição do ambiente, caracterizada pela introdução de substâncias ou formas de energia que alterem a natural qualidade do ambiente e modifiquem suas possibilidades de uso.

Desta forma, dispor o esgoto bruto no ambiente é uma maneira de contaminar altamente o mesmo, haja vista que seus componentes exercem interferências sob o solo e a água. Dentre ambos, destaca-se a contaminação da água, uma vez que é item de fundamental importância para a vida no planeta e, portanto, é imprescindível que se execute o controle da poluição ocasionada pelos esgotos (NUVOLARI, 2011).

Com o embasamento nos aspectos negativos causados pela inexistência de tratamento dos esgotos, Leme (2008) sugere que a sociedade repense o modo como enxerga este pilar do saneamento. É de suma importância que haja a consciência de que o tratamento dos resíduos líquidos humanos é fundamental para manter o equilíbrio ecológico da vida, suprimindo as atuais necessidades do homem e provocando os menores prejuízos possíveis para as gerações futuras.

Relaciona-se também, diretamente com a viabilidade da implantação dos demais serviços de saneamento, pois não convém investir valores exorbitantes em tratamento da água para o abastecimento público quando o curso hídrico é poluído com esgotos. Engloba-se, de acordo com La Rovère et. al. (2002, p. 04), a “água de qualidade para consumo humano e proteção ambiental para facilitar e/ou permitir o seu uso”, definindo, portanto, que há um ciclo do mesmo produto e justificando a implantação dos serviços de saneamento bem como a necessidade de excelência na gestão dos sistemas de tratamento e na qualidade do efluente destes.

Sistemas de tratamento de esgotos

O tratamento de esgotos é um conjunto de obras e instalações que coletam, afastam, condicionam e dispõem adequadamente os resíduos provenientes do uso da água pelo ser humano (FUNASA, 2015).

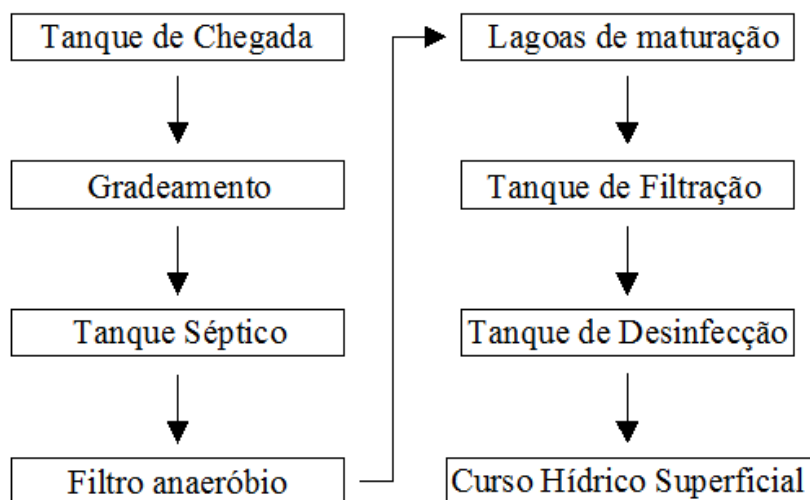
Assim sendo, de acordo com Carvalho & Oliveira (2010), os sistemas de tratamento de esgotos podem ser classificados como individuais e públicos. Nos sistemas públicos, há ainda a subclassificação de sistema separador absoluto e sistema misto ou combinado. No primeiro, o esgoto pluvial e esgoto sanitário são isolados, enquanto o segundo conglomera ambos.

Ademais, os sistemas de tratamento podem ser classificados conforme o grau de eficiência de remoção de poluentes, sendo considerados os níveis de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Em concordância com Lange (2009), observa-se que em cada nível acontecem operações distintas com propósitos singulares para o tratamento do efluente, gradativamente purificando-o.

Igualmente, o tratamento de esgotos pode ser categorizado quanto à natureza dos processos que nele ocorrem, que são definidos a partir do conhecimento dos elementos componentes do esgoto. Assim, são classificados em processos físicos, químicos e biológicos, sendo que este último subdivide-se em processos anaeróbios, que não necessitam de ar para a ação dos microrganismos, e aeróbios, que necessitam de ar para tal (LA ROVÈRE et. al., 2002).

Sistemas de esgotamento sanitário em estudo

O sistema de esgotamento sanitário (SES) em estudo localiza-se no bairro Morada Feliz, no município de Itapiranga – SC. O mesmo engloba as etapas de coleta, transporte e tratamento do esgoto gerado pelo referido bairro. Na etapa de tratamento está implantada a ETE, a qual dispõe tanto de processos de tratamento nos níveis preliminar, primário, secundário e terciário quanto de processos físicos, químicos e biológicos (LANGE, 2008). As unidades de tratamento que compõem a ETE, bem como o fluxo do esgoto durante o tratamento, são representadas na figura 01.

Figura 01 - Fluxograma do esgoto na ETE do bairro Morada Feliz

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Impactos do tratamento de esgotos

Congruente a Lins (2010), ainda que o tratamento de dejetos humanos vise mitigar possíveis riscos e danos, o mesmo também oferece condições que necessitam de atenção para não prejudicar o ambiente e aqueles que nele estão inseridos.

Brito (2007) relaciona os principais impactos ambientais negativos decorrentes das ETEs como resultados do descaso dos gestores das unidades no descarte de seus resíduos, no não atendimento à legislação pertinente e na ausência de interesse em prover melhorias que busquem a sustentabilidade, como a reutilização do efluente tratado. Em contrapartida, os impactos positivos dizem respeito ao próprio objetivo da ETE, qual seja, a proteção ao meio ambiente.

No rol dos impactos negativos, de acordo com Funasa (2015), pode ser considerada a poluição do solo, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do ar. Em vista disso, é indispensável que se proceda a gestão ambiental do sistema de tratamento escolhido, pois não é o bastante que o esgoto passe por tratamento: é preciso que este seja efetivo, impondo qualidade ao seu efluente. Esta gestão ambiental pode, igualmente, ir além da obediência à legislação e tornar-se fator estratégico, em razão de possibilitar a redução de custos e o melhoramento da qualidade ambiental, seja por refrear ou dizimar os impactos, ou por abster a ocorrência dos mesmos (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

De grande importância é, desta forma, ponderar acerca de aspectos técnicos, econômicos e sociais que englobem a implantação e o funcionamento de uma ETE. Além disso, La Rovere et. al. (2002), define que principal produto da mesma será o efluente tratado, tendo como subprodutos o lodo e o biogás. Concordantes a tal, Imhoff & Imhoff (2000) destacam, a partir de então, a necessidade de otimização da gestão da ETE para que exista o correto manejo de seus produtos, bem como a abertura de possibilidades de disposição ou de destinação dos mesmos, auxiliando na transformação do paradigma da ETE de simples tratadora de esgotos para potencial produtora de insumos para outras atividades.

No tangente ao efluente tratado, este vem sendo disposto, de acordo com o grau de tratamento atingido, na rede coletora de drenagem pluvial, em um corpo hídrico superficial ou no solo. Fato é, pois, que o lançamento em corpos d'água demonstra-se a prática mais usual nas ETEs, podendo contribuir para a poluição deste recurso tanto quanto o despejo de esgoto bruto nele, pois mesmo após seu tratamento o efluente líquido não atinge a mesma qualidade que a água. No entanto, o funcionamento eficiente da ETE, atendendo a determinados parâmetros, pode possibilitar a destinação do efluente, permitindo novas funções e utilizações do mesmo (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Dentre as citadas novas funções, uma solução vantajosa na luta contra a escassez da água no planeta é o reuso do efluente líquido tratado. Esta utilização oferece benefícios econômicos, ambientais e sociais, sendo considerada, inclusive, indispensável em situações de escassez extrema, já que oferece auxílio na proteção aos corpos d'água, na conservação do solo e aumenta a oferta de recurso hídrico natural para outras finalidades, pois, assim, a qualidade deste é mais facilmente preservada (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

A reutilização do efluente tratado pode ser classificada, em consonância a La Rovere et. al. (2002), em potável indireta ou não potável. A utilização potável indireta ocorre por meio do lançamento em corpos hídricos ou recarga de aquíferos subterrâneos, enquanto que a não potável se dá no emprego agrícola, urbano e industrial. A primeira, no entanto, ainda possui capacidade de poluição dos recursos hídricos, conforme anteriormente citado.

Carvalho & Oliveira (2010) exemplificam as atividades relacionadas ao reuso não potável da seguinte forma:

- a) Agrícola: irrigação direta de plantações ou indireta (via solo), de acordo com os padrões de potabilidade aplicáveis a cada tipo de produto;
- b) Urbano: irrigação, descargas sanitárias, combate a incêndios e lavagem de pisos e carros; e
- c) Industrial: lavagem de peças e pisos, em caldeiras e torres de resfriamento, etc.

Florencio, Bastos & Aisse (2006) apontam, ainda, a necessidade de compreensão dos riscos associados à reutilização do efluente líquido. Do ponto de vista sanitário, devem ser considerados os riscos à saúde, uma vez que o efluente ainda pode possuir, em sua composição, organismos patogênicos e agentes químicos.

Apesar de poder servir amplamente a diversos usos, o reuso das águas residuárias ainda encontra obstáculos, uma vez que a legislação existente é insuficiente e, combinada à ausência de normas técnicas brasileiras específicas, dificulta a implantação do reemprego. Existem hoje, no Brasil, apenas a NBR 13.969/1997 e a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 54, de 28 de fevereiro de 2005, que efetivamente regulamentam a atividade, porém sem indicar valores de parâmetros a serem respeitados para tal (CHEIS, 2013).

Destarte, com considerável produção agrícola, onde grande parte de sua água potável é empregada, o Brasil necessita aprofundar os estudos e incentivar a reutilização do efluente líquido tratado no setor, tendo em vista que, desta forma, obtém-se maior disponibilidade de água potável para necessidades humanas de primeira instância (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Neste sentido, Nuvolari (2011) apresenta dados interessantes: no Brasil, são demandados, em média, 1087,63 m³/s de água para irrigação. Em Santa Catarina, os números revelam a utilização de 32,70 m³/s para o mesmo fim, reafirmando a necessidade de implantação de sistemas que reutilizem águas residuárias. No entanto, para o mesmo autor, não se pode permitir que as limitações encontradas quanto à legislação ou às técnicas de uso impeçam o reuso agrícola do efluente tratado, pois é

possível encontrar soluções adequadas que unam o útil ao agradável: proteção do meio ambiente e reutilização de um dos produtos gerados no tratamento de esgotos.

Por estar inserida em um loteamento situado na zona rural do município de Itapiranga – SC, a ETE em estudo possui certa facilidade para a reutilização rural de seu efluente tratado, pois ao seu entorno compreendem-se terras de lavoura, onde o mesmo poderia ser utilizado na irrigação de culturas.

Parâmetros de qualidade do efluente líquido tratado

Haja vista que o processo de tratamento de esgoto sanitário objetiva estabilizar o efluente e permitir seu lançamento para a natureza, é de suma importância atentar aos parâmetros de qualidade mínima para o efluente, prescritos em normas pertinentes. Do mesmo modo, faz-se necessário consultar a bibliografia existente para embasar uma eventual reutilização deste efluente produzido na ETE.

Para analisar a eficácia do tratamento da ETE, é possível utilizar o parâmetro estipulado pelo memorial descritivo da mesma, qual seja, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). O projeto da ETE estipula uma remoção final de DBO de 92,71%, tomando por base a DBO de entrada de 300 mg/L e projetando a DBO de saída em 21,87 mg/L (ITAPIRANGA, 2010).

Ainda quanto à eficácia de tratamento, a resolução CONAMA nº 430/2011 estabelece o mínimo de 60% de remoção de DBO, enquanto que a Lei 14.675/2009 do Estado de Santa Catarina, assim como o Decreto 14.250/1981 do mesmo Estado, indicam o mínimo de 80% de remoção de DBO.

Igualmente, com a pretensão de avaliar a conformidade da qualidade do efluente que é lançado no corpo hídrico superficial, a nível nacional deve-se atentar à Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que complementou e alterou a Resolução nº 357/2005, enquanto que a nível estadual (Santa Catarina) a regulamentação é realizada pelo Decreto nº 14.250/1981 e pela Lei nº 14.675/2009.

Ainda, a NBR 13.969 (1997) estabelece parâmetros para o lançamento de efluentes provenientes de sistemas completos de tratamento de esgotos onde uma das unidades é o tanque séptico. Como a ETE do bairro Morada Feliz encaixa-se nesta qualificação, deve atender, também, à referida norma. A tabela 02 demonstra os

principais parâmetros de verificação da qualidade do efluente para lançamento em cursos hídricos que são abordados nesta pesquisa, de acordo com as supracitadas normativas.

Tabela 02 – Parâmetros adotados para lançamento do efluente em curso hídrico

Parâmetros	Legislações			
	CONAMA 430/2011	NBR 13.969/1997	Lei 14.675/2009 SC	Decreto 14.250/1981 SC
pH	05 a 09	06 a 09	06 a 09	06 a 09
Temperatura	< 40°C	< 40°C	-	< 40°C
Óleos e graxas	< 100 mg/L	< 50 mg/L	< 30 mg/L	-
Sólidos sedimentáveis	< 01 mL/L	< 01mL/L	-	< 01 mL/L
DBO	< 120 mg/L	< 60 mg/L	< 60 mg/L	< 60 mg/L
DQO	-	< 150 mg/L	-	-
Nitrogênio total	-	-	-	< 10 mg/L
Fósforo total	-	-	-	< 01 mg/L
Coliformes fecais	-	< 1000 un./100 mL	-	-

Fonte: Adaptado de ABNT (1997); CONAMA (2011); Santa Catarina (1981); Santa Catarina (2009).

Quanto à reutilização do efluente tratado, dando enfoque ao reuso agrícola, não há, a nível nacional ou estadual, norma ou legislação que regulamente a atividade, apesar de esta prática estar em plena expansão no Brasil. Desta forma, Florencio, Bastos & Aisse (2006), integrantes do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), buscaram estruturar uma publicação elucidando parâmetros que pudessem ser utilizados no Brasil por meio de experimentação e análise dos mesmos. Igualmente, em seu trabalho demonstram os parâmetros estipulados para tal fim pela USEPA nos Estados Unidos da América e pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Os parâmetros elencados na citada pesquisa, que igualmente serão utilizados para o presente trabalho, são encontrados na tabela 03.

Tabela 03 – Parâmetros para reuso do efluente em irrigação agrícola

Parâmetros	Valores indicados na publicação do PROSAB	
	Irrigação restrita	Irrigação irrestrita
pH	6,5 a 09	6,5 a 09
Sódio	30 a 40 mg/L	30 a 40 mg/L
Potássio	10 a 30 mg/L	10 a 30 mg/L
Cálcio	05 a 100 mg/L	05 a 100 mg/L
Magnésio	01 a 45 mg/L	01 a 45 mg/L
Condutividade elétrica	200 a 1000 μ S/cm	200 a 1000 μ S/cm
Ovos de helmintos	< 01 un./L	< 01 un./L
DBO	< 10 mg/L	< 30 mg/L
Sólidos suspensos totais	-	< 30 mg/L
Coliformes fecais	1000 un./100 mL	10000 un./100 mL

Fonte: Adaptado de Florencio, Bastos & Aisse (2006); USEPA, 2004 (*apud* FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Cabe ressaltar, a partir da tabela exposta, que se entende por irrigação irrestrita aquela cuja aplicação não possui restrições técnicas e nem de tipo de cultura a ser irrigado, inclusive culturas consumidas cruas e de hidropônicas. Atende, portanto, padrões de qualidade com maior exigência do que a irrigação restrita, onde a exposição humana aos nutrientes do efluente tratado é mais controlada. Nesta, se enquadram culturas alimentícias não consumidas cruas e também forrageiras, pastagens, árvores e hidropônicas (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Metodologia

Conforme exposto no prelúdio desta pesquisa, objetiva-se averiguar o desempenho ou eficácia de tratamento da ETE em estudo, assim como a qualidade do efluente líquido tratado gerado nesta, seja para o lançamento em curso hídrico ou para o reuso agrícola.

Desta forma, primeiramente buscou-se demonstrar a viabilidade da pesquisa, principalmente para a reutilização agrícola do efluente, realizando levantamento de possíveis áreas irrigáveis no entorno da ETE, em raios de 01 km, 02 km e 03 km, com auxílio de softwares.

Então, procedeu-se a coleta de amostras de esgoto bruto e de efluente líquido tratado da ETE, demonstrado na figura 02, as quais foram encaminhadas ao laboratório

responsável, vencedor de licitação realizada pela Prefeitura Municipal de Itapiranga para efetuar as análises necessárias.

Figura 02 - Coleta de efluente tratado na ETE Morada Feliz



Fonte: Autores (2016).

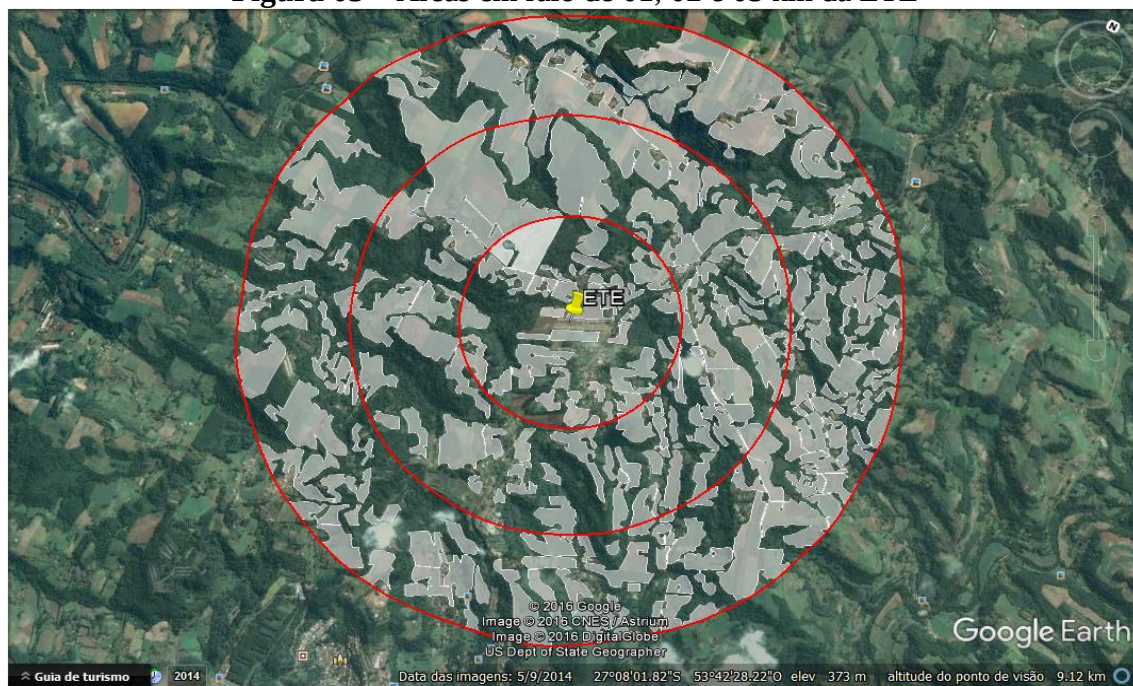
De acordo com o relatório enviado pelo laboratório, os métodos utilizados nos ensaios de análise dos líquidos estão de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW), com o Guideline for Environmental Surveillance of Poliovirus Circulation, da World Health Organization (WHO), com o Sewage and Industrial Wastes, da Water Environment Federation (WEF) e com publicações da Environmental Protection Agency (EPA). Apesar de serem embasados em métodos divulgados, cabe ressaltar que o laboratório assume que adaptou os ensaios para sua realidade, sendo que estas adaptações não foram divulgadas pelo respectivo laboratório por ordem de norma interna.

Resultados

O primeiro resultado obtido, que demonstra a viabilidade do estudo de reutilização do efluente líquido tratado na irrigação agrícola, foi a quantia de áreas irrigáveis no entorno da ETE em estudo. Para tanto, utilizando-se do software Google Earth Pro, foram analisadas as áreas no entorno da ETE e consideradas áreas propícias à agricultura e, conseqüentemente, à irrigação com efluente tratado, todas aquelas onde

não se visualizou existência de edificações (quando havia, as mesmas foram circundadas), movimentações de terra, recursos hídricos superficiais, pavimentação e vegetação saliente (árvores), que é possível de se visualizar na figura 03.

Figura 03 – Áreas em raio de 01, 02 e 03 km da ETE



Fonte: Adaptado de Google (2016).

É relevante salientar, ainda, que a imagem obtida pelo satélite do Google Earth Pro consta da data de 05 de setembro de 2014, conforme demonstrado na figura 11. Portanto, há possibilidade de imprecisão do levantamento das áreas, tanto para mais (desmatamento) quanto para menos (novas edificações, movimentações de terra, etc).

Os valores auferidos estão listados na tabela 04, onde os mesmos são demonstrados de acordo com a distância do raio em relação à ETE.

Tabela 04 – Áreas irrigáveis no entorno da ETE

Raio	Área do Raio (m²)	Área Irrigável (m²)	Área Irrigável (%)
01 km	3.140.000	970.128	30,90
02 km	12.560.000	5.611.143	44,67
03 km	28.260.000	13.235.093	46,83

Fonte: Adaptado de Google (2016).

Verificou-se, assim, que aproximadamente a metade das áreas no entorno da ETE estariam aptas a receber o cultivo de lavouras irrigáveis com o efluente líquido tratado. Este resultado endossa a necessidade da busca por maneiras de irrigação além da convencional, seja utilizando tecnologias que não desperdicem água ou reutilizando efluentes sanitários tratados.

Quanto à eficácia do tratamento, por meio do relatório das análises laboratoriais efetuadas por LABB (2016), constatou-se o valor de DBO do efluente líquido tratado (saída da ETE) de 30,40 mg/L. Ao ser relacionado este valor com a DBO de entrada do esgoto bruto (entrada da ETE), que foi de 328,80 mg/L, verificou-se redução da DBO em 90,75%.

Ao analisar a remoção de DBO encontrada, percebe-se que está acima dos 60% previstos na resolução CONAMA nº 430/2011, bem como dos 80% de remoção previstos na Lei 14.675/2009 e no Decreto 14.250/1981, ambos do Estado de Santa Catarina.

Com relação ao projetado no memorial descritivo da ETE, a remoção de DBO averiguada não atingiu a taxa prevista de 92,71% de remoção, bem como a DBO do efluente líquido tratado ficou acima dos almejados 21,87 mg/L. Porém, tanto a taxa de remoção quanto o valor de DBO no efluente final não passaram longe dos valores de projeto. Cabe salientar que, por se tratar de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, a composição do esgoto bruto e, conseqüentemente, a eficácia do tratamento não são uniformes, o que pode justificar a pequena diferença acometida entre os resultados e os valores previstos (VON SPERLING, 1996).

Na averiguação da qualidade do efluente líquido tratado para o lançamento deste em curso hídrico, a partir dos resultados obtidos pelos ensaios laboratoriais é possível

efetuar a confrontação destes com os valores dos parâmetros estipulados pelas normativas, conforme demonstrado pela tabela 05.

Tabela 05 – Parâmetros adotados para lançamento do efluente em curso hídrico

Parâmetros	Legislações				Resultados Ensaio Laboratoriais
	CONAM A 430/2011	NBR 13.969/1997	Lei 14.675/200 9 SC	Decreto 14.250/198 1 SC	
pH	05 a 09	06 a 09	06 a 09	06 a 09	6,93
Temperatura	< 40°C	< 40°C	-	< 40°C	21 °C
Óleos e graxas	< 100 mg/L	< 50 mg/L	< 30 mg/L	-	< 10 mg/L
Sólidos sedimentáveis	< 01 mL/L	< 01mL/L	-	< 01 mL/L	< 0,3 mg/L
DBO	< 120 mg/L	< 60 mg/L	< 60 mg/L	< 60 mg/L	30,40 mg/L
DQO	-	< 150 mg/L	-	-	177 mg/L
Nitrogênio total	-	-	-	< 10 mg/L	30,42 mg/L
Fósforo total	-	-	-	< 01 mg/L	3,32 mg/L
Coliformes fecais	-	< 1000 un./100 mL	-	-	7900 NMP/100mL

Fonte: Adaptado de ABNT (1997); CONAMA (2011); LABB (2016); Santa Catarina (1981); Santa Catarina (2009).

Ao se observar a tabela acima, é possível visualizar que o efluente líquido tratado atende a todos os parâmetros estipulados pelo CONAMA e pela Lei 14.675/2009 do estado de Santa Catarina. Esta interpretação sugere que todos os dispositivos de tratamento da ETE atingem a meta de qualidade do efluente líquido tratado estabelecida pelas referidas normativas e que, para que atenda especificamente estas legislações, não há necessidade de acréscimo quantitativo ou qualitativo no monitoramento e manutenção da ETE.

Porém, verifica-se que não são atendidos os parâmetros de DQO e de coliformes fecais para a NBR 13.969/1997. O primeiro, com uma diferença não tão expressiva, pode ser produto da falta de manutenção e limpeza nas unidades de tratamento, que acabam retendo lodo. Neste lodo estão presentes elementos químicos, que são

transmitidos ao líquido e elevam, por consequência, a demanda de oxigênio para digerir-los (VON SPERLING, 1996).

Já para o parâmetro de coliformes fecais haveria de se realizar pesquisa específica que objetive diagnosticar o motivo de valor tão superior ao previsto na normativa, uma vez que é de conhecimento que estes microrganismos são tolerantes a altas temperaturas e que a coleta da amostra foi realizada em um período de clima ainda ameno na região de estudo (NUVOLARI, 2011).

Ainda, evidencia-se que o efluente líquido não atende às concentrações previstas pelo Decreto 14.250/1981 (SC) de nitrogênio total e fósforo total. Estes elementos possuem origem incerta dentro das fases do tratamento de esgotos, podendo ocorrer por falta de limpeza e manutenção, variações climáticas, outros fatores externos e podem, até mesmo, depender da concentração encontrada no esgoto bruto recebido na ETE. No entanto, não compete a este trabalho adentrar em condições tão singulares, sendo necessária, para descobrir tais origens, pesquisa científica mais aprofundada e específica.

Quanto à qualidade do efluente líquido tratado para reuso agrícola, na irrigação, observa-se a tabela 06, que dispõe o comparativo entre os resultados obtidos e os valores indicados pelo PROSAB.

Tabela 06 – Parâmetros para reuso do efluente em irrigação agrícola

Parâmetros	Valores indicados na publicação do PROSAB		Resultados Ensaio Laboratoriais
	Irrigação restrita	Irrigação irrestrita	
pH	6,5 a 09	6,5 a 09	6,93
Sódio	30 a 40 mg/L	30 a 40 mg/L	15,72 mg/L
Potássio	10 a 30 mg/L	10 a 30 mg/L	5,129 mg/L
Cálcio	05 a 100 mg/L	05 a 100 mg/L	12,30 mg/L
Magnésio	01 a 45 mg/L	01 a 45 mg/L	7,50 mg/L
Condutividade elétrica	200 a 1000 µS/cm	200 a 1000 µS/cm	605,6 µS/cm
Ovos de helmintos	< 01 un./L	< 01 un./L	0 un./L
DBO	< 10 mg/L	< 30 mg/L	30,40 mg/L
Sólidos suspensos totais	-	< 30 mg/L	164 mg/L
Coliformes fecais	1000 un./100 mL	10000 un./100 mL	7900 NMP/100 mL

Fonte: Adaptado de Florencio, Bastos & Aisse (2006); LABB (2016); USEPA, 2004 (*apud* FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Examinando a tabela acima, constata-se que há carência de dois nutrientes, sendo eles o potássio e o sódio, com 4,871 mg/L e 14,28 mg/L a menos do que o recomendado, respectivamente; e, ainda que dentro dos limites, as concentrações de cálcio e magnésio encontram-se relativamente baixas. Assim como no caso dos parâmetros para lançamento em curso hídrico, as causas dos citados desajustes podem ser inúmeras e faz-se necessária pesquisa mais específica quanto às unidades de tratamento, o entorno da ETE e os parâmetros referidos para intentar descobrir meios e alternativas que viabilizem o reuso do efluente para irrigação agrícola. Tomando como exemplo de alternativa, os nutrientes que possuem concentração menor do que a mínima desejada, poderiam ser complementados em etapa posterior à ETE, antes de o efluente ser levado para irrigação.

A bibliografia consultada dispõe, ainda, sobre o parâmetro de coliformes fecais. O valor encontrado foi de 7900 NMP (número mais provável) a cada 100 mL, enquanto que o recomendado, para irrigação irrestrita, é de 1000 unidades a cada 100 mL. Portanto, encontra-se fora da indicação para irrigação irrestrita, porém em irrigação restrita (culturas alimentícias que não são consumidas cruas, forrageiras, pastagens e árvores) aconselha-se até 10000 unidades a cada 100 mL. Desta forma, verifica-se que, quanto ao parâmetro de coliformes fecais, o efluente líquido tratado poderia ser utilizado para irrigação restrita (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Em relação às concentrações de DBO e SST, verifica-se que o efluente líquido tratado da ETE não poderia ser utilizado para nenhum tipo de irrigação. Novamente, faz-se necessária investigação aprofundada e específica dos fatores que estão ocasionando a discrepância acima observada em relação aos resultados e os valores indicados pela bibliografia. Quando descobertos os fatores, pode-se tomar atitudes para sanar a situação e validar o reuso do efluente líquido tratado da ETE para irrigação, ao menos, do tipo restrita.

Conclusão

O presente trabalho teve como principal resultado a confirmação de que o efluente líquido da ETE possui a qualidade para lançamento em cursos hídricos prevista

na Resolução nº 430/2011 do CONAMA e na Lei nº 14.675/2009 do Estado de Santa Catarina. Porém, deixou a desejar quanto à qualidade mencionada na NBR 13.969/1997 e no Decreto nº 14.250/1981 do Estado de Santa Catarina, quanto aos parâmetros de DQO e coliformes para a primeira regulamentação citada e de nitrogênio total e fósforo total para a segunda.

Outrossim, constatou-se que o grau de eficácia do tratamento da ETE em estudo encontra-se de acordo com o previsto na Resolução nº 430/2011 do CONAMA, na Lei nº 14.675/2009 e no Decreto nº 14.250/1981, ambos do Estado de Santa Catarina. No entanto, a eficácia de tratamento não atingiu o valor da taxa de remoção de DBO previsto no memorial descritivo do projeto da ETE, portanto sendo ineficaz em seu tratamento para esta referência consultada.

Quanto ao reuso agrícola, a qualidade do efluente líquido tratado deixa a desejar tanto para a irrigação irrestrita quanto para a irrigação restrita. Seguindo os parâmetros estipulados em publicação do PROSAB, foi possível averiguar que para a irrigação irrestrita o efluente não atende aos parâmetros de concentração de potássio, sódio e coliformes fecais. Já para a irrigação restrita, de acordo com a mesma publicação, não são atendidos apenas as concentrações desejáveis de potássio e sódio, o que pode facilmente ser resolvido pelo aporte de nutrientes no efluente. Averiguando-se, ainda, a qualidade do efluente pelos parâmetros estipulados pela USEPA, não são atendidos os valores de DBO para irrigação irrestrita, e DBO e SST para irrigação restrita.

O reuso agrícola, apesar de ser possível por meio de pequenos ajustes somente para irrigação restrita, ganha relevância para sua concretização, pois foram mensurados, em um raio de 03 km da ETE em estudo, 13.235.093 m² de terra para utilização do efluente líquido tratado em irrigação agrícola, o que representa 46,89% das terras existentes dentro do citado raio.

Referências Bibliográficas

AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.969:** Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: 1997.

BITTENCOURT, Claudia; PAULA, Maria Aparecida Silva de. **Tratamento de água e efluentes:** fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Brasília: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Brasília: Diário Oficial da União, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005.** Brasília: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_a_gua.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016.

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Brasília: 2014.

BRITO, Evandro Rodrigues de. **Auditoria Ambiental e em Saneamento.** Rio de Janeiro: ABES, 2007.

CARVALHO, Anésio Rodrigues de; OLIVEIRA, Mariá Vendramini Castrignano de. **Princípios básicos do saneamento do meio.** 10. ed. São Paulo: Editora Senac, 2010. 400 p.

CHEIS, Daiana. Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país. **Revista TAE.** 03, abril, 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=5798>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

FLORENCIO, Lourdinha; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; AISSE, Miguel Mansur (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: 2015.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Version 7.1.7.2600. 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 05 set. 2016.

IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26 ed. Tradução Engenheiro Max Lothar Hess. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Ministério das Cidades. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: 2010.

ITAPIRANGA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Florianópolis: AMPLA, 2015.

_____. **Sistema de Esgotamento Sanitário** – Loteamento Morada Feliz. Itapiranga: 2010.

LABORATÓRIO BECKHAUSER & BARROS – LABB. **Relatório de Ensaio 4579/2016.0**. Blumenau: 2016.

_____. **Relatório de Ensaio 4576/2016.0**. Blumenau: 2016.

LANGE, Catia Rosana. **Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos**. Indaial: Editora Grupo UNIASSELVI, 2009.

LA ROVERE, Emílio Lèbre et. al. **Manual de auditoria ambiental para estações de tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCAR, 2008.

LINS, Gustavo Aveiro. **Impactos Ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

MOTA, Francisco Suetônio Bastos (Coord.); VON SPERLING, Marcos (Coord.). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

NUVOLARI, Ariovaldo (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981.** Regulamenta dispositivos da Lei nº 7.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. Florianópolis: 1981. Disponível em: <<http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

_____. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Florianópolis: 2009. Disponível em: <agenciaal.alesc.sc.gov.br/images/uploads/fotonoticia/14675_2009_lei.docx>. Acesso em: 08 mai. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS
Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília: 2014.

_____. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília: 2014.

SPERLING, Tiago Lages von. **Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário.** Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.