



EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS IMPLANTADOS NA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO – SC

Elton Peters⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Endereço⁽¹⁾: Est. Geral Bom Retiro Baixo, S/N – Bom Retiro Baixo – São Ludgero – SC – CEP: 88730-000 – Brasil – Tel: +55 (48) 99996-7071 – e-mail: eltonengenheirosc@gmail.com.

RESUMO

O Brasil acumula enorme passivo ambiental na coleta e tratamento de efluentes domésticos, especialmente no que diz respeito às áreas rurais. O presente trabalho objetiva avaliar a eficiência dos sistemas individuais de tratamento de esgotos domésticos implantados na área rural do município de São Ludgero – SC, através da realização de análises laboratoriais, sendo as amostragens realizadas entre os meses de julho e agosto de 2017, em 05 sistemas distribuídos pelo município. As análises foram efetuadas *in loco* e no laboratório do SAMAE do município, sendo os resultados organizados em tabelas e gráficos. Observou-se que o sistema obteve redução média de 78% da DQO, 90% da DBO⁵, 99% para coliformes totais, 86% para coliformes termotolerantes e 93% para os sólidos sedimentáveis. A etapa final de tratamento ocorre no círculo de bananeiras, que fica responsável pela remoção total dos poluentes e nutrientes ainda presentes no efluente. Entretanto, algumas propriedades estudadas não possuíam este círculo e os beneficiários desconheciam o funcionamento do sistema e suas responsabilidades com a manutenção e limpeza do mesmo, demonstrando a necessidade de um acompanhamento e treinamento contínuo junto a estes. De modo geral, o sistema obteve boa eficiência, sendo este um projeto modelo e pioneiro que deve ser incentivado e disseminado por todo o Brasil.

Palavras-chave: Tratamento de esgoto. Esgoto doméstico. Sistemas individuais. Saneamento rural.



INTRODUÇÃO

O Brasil acumula enorme passivo sanitário, e ao se tratar das áreas rurais e as especificidades desses territórios, que requerem abordagem própria e distinta da convencionalmente adotada nas áreas urbanas, tanto na dimensão tecnológica, quanto na gestão e relação com as comunidades, existem ainda, pouquíssimos avanços e estudos na área (BRASIL, 2013b). A coleta de esgoto nas áreas rurais através da tradicional rede coletora, é praticamente inviável às prestadoras desse serviço. Por este motivo, seria necessário o investimento em sistemas individuais de tratamento de esgoto por parte do próprio morador, que na maioria das vezes não possui condições de despende deste custo, não possui conhecimento e/ou não dá a real importância necessária para o assunto, onde o destino dado ao efluente acaba contaminando o solo e os recursos hídricos.

Tendo em vista esta significativa deficiência, este trabalho vai de encontro ao estudo das novas técnicas desenvolvidas na área do esgotamento sanitário rural, abordando sobre o projeto pioneiro, “São Ludgero 100% Esgoto Sanitário Tratado”, urbano e rural que, entre outras coisas, consiste em um sistema reatores e filtro biológicos seguidos de círculo de bananeiras, uma tecnologia individual de tratamento de efluentes domésticos que foi implantado nas zonas rurais do município de São Ludgero – SC.

Neste sentido, busca-se aferir qual está sendo a eficiência do sistema de tratamento de efluentes, composto de reatores anaeróbicos seguido de filtro e círculo de bananeiras, visto que até então, não haviam análises que comprovassem sua eficiência. Espera-se que o resultado das análises seja, inclusive, superior ao sistema de tratamento individual tradicional, composto apenas por fossa e sumidouro.

Objetiva-se, portanto, verificar a eficiência através dos objetivos específicos, que consistem em descrever o funcionamento do sistema, realizar análises laboratoriais por meio da coleta de amostras do efluente, considerando-se os parâmetros globais de tratamento de esgoto, comparar os resultados, suas diferenças/variações, no pré e pós tratamento para então avaliar a eficiência resultante do sistema de tratamento de efluentes.

Mesmo que a questão da coleta e tratamento de esgotos urbanos no Brasil se encontre muito defasada e precária, o saneamento nas áreas rurais começa a despertar e dar seus primeiros passos. O surgimento de projetos semelhantes a este devem receber incentivos e apoio de toda a população e lideranças, para que saiam do papel e se tornem realidade. Portanto, é de suma importância avaliar a eficiência desta nova tecnologia, demonstrando os pontos fortes e fracos e os ajustes necessários, desde o projeto até a implantação do mesmo, aumentando o *know-how* de uma área que ainda carece de estudos e pesquisas, visto que existem poucas informações sobre projetos semelhantes. Além disso, em caso positivo, isto é, comprovar a funcionalidade e eficiência deste sistema, tornará possível que esta seja propagado e disseminado a outros



municípios que também buscam qualidade e sanidade ambiental aliado ao baixo custo de implantação.

PROJETO “SÃO LUDGERO, 100% ESGOTO SANITÁRIO TRATADO”

Em termos de tratamento de esgoto, o município de São Ludgero já ocupa lugar de destaque nacional, onde, segundo o SNIS (BRASIL, 2016), possui mais de 98% de tratamento do esgoto doméstico urbano, percentual este que já deve ser superior, devido aos esforços e empenho do município em alcançar 100% de tratamento de efluentes domésticos.

A idealização do projeto São Ludgero 100% esgoto sanitário tratado, surgiu como complementação a um trabalho já anteriormente desenvolvido no município, onde, a partir do ano de 2002, através do projeto Microbacias 2, desenvolvido no estado e coordenado pela Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). Seus objetivos eram, entre outros, focalizar três dimensões do desenvolvimento rural sustentável: a dimensão social, econômica e ambiental (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2015).

No município de São Ludgero, a priorização dos trabalhos do Microbacias 2, respeitando os critérios do projeto, se deu especialmente em função das nascentes que abastecem o perímetro urbano, e do número de jovens nas comunidades rurais. Na época, já haviam sido instalados aproximadamente 150 kits do sistema de tratamento de esgoto individual, o mesmo utilizado para o atual projeto de 100% esgoto tratado (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2015).

De acordo com a Prefeitura Municipal de São Ludgero (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2015), o projeto São Ludgero 100% esgoto sanitário tratado foi lançado oficialmente no dia 2 de junho de 2015 em uma cerimônia no Auditório do SAMAE do município com data de conclusão prevista para o final do ano de 2016. Possui o ambicioso objetivo de oportunizar o tratamento do esgoto doméstico para todas as famílias dos perímetros urbano e rural, tornando-se o primeiro município do Brasil a atingir 100% esgoto sanitário tratado.

Foi desenvolvido pela Administração Municipal em parceria com o SAMAE e a Epagri, e para área urbana, necessitou da liberação para construção de rede de esgotos em loteamentos clandestinos ou irregulares e uma revisão completa nas residências e estabelecimentos que já possuem ligação de esgoto (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2016). Em paralelo a este trabalho, nas propriedades rurais, foram instalados gratuitamente kits do sistema individual, desenvolvido exclusivamente para a realidade do município, onde as famílias, em contrapartida, devem assumir compromisso de realizar uma limpeza a cada três anos.

A conclusão do projeto, efetivou-se em 22 de março de 2018, no Dia Mundial da Água, em cerimônia realizada com a presença de diversas autoridades. Estima-se que mais de 600

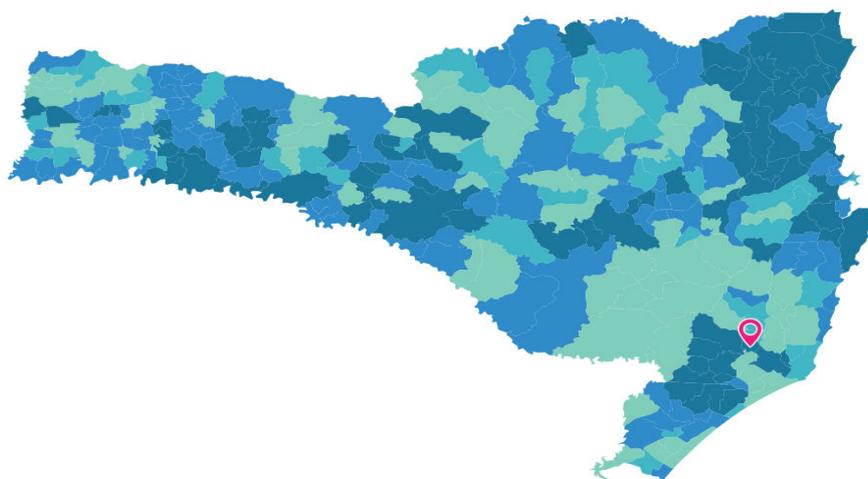


unidades tenham sido instaladas através do projeto São Ludgero 100% Esgoto Tratado, que está na reta final para a sua conclusão (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na área rural do município de São Ludgero, localizado na região sul do estado de Santa Catarina, estando a uma latitude 28º19'33" Sul, uma longitude 49º10'37" Oeste e, a uma altitude de 50 metros, representado pela Figura 1. O município, fundado em 12 de junho de 1962, possui uma área de 107 km² e, em 2010, uma população total de 10.993 habitantes, sendo 9.863 residentes na área urbana (89,73%) e 1.130 residentes na área rural (10,27%), contando com 3.023 e 334 domicílios permanentes nas áreas urbanas e rurais, respectivamente. Já para 2017, a estimativa para a população de São Ludgero em é de 12.934 habitantes, mas sem dados sobre a distribuição destes (IBGE, 2010).

Figura 1 – Localização de São Ludgero – SC



Fonte: IBGE (2010).

As amostragens do esgoto foram realizadas conforme as recomendações das NBR 9897/1987 (ABNT, 1987) e NBR 9898/1987 (ABNT, 1987), entre os meses de julho e agosto de 2017. Foram coletadas amostras em 5 sistemas individuais de tratamento de esgoto doméstico, implantados em diferentes áreas do município de São Ludgero e, conforme orientado pela Funasa (BRASIL, 2006), com no mínimo 3 meses de funcionamento. Os métodos utilizados estão todos de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2012).

A pesquisa é de caráter descritivo e exploratório e o método de pesquisa é quali-quantitativo. Já a técnica de amostragem, foi realizada utilizando-se o método de amostragem não probabilístico, sendo os locais de coleta escolhidos levando em consideração apenas a distribuição espacial



dentro do município de São Ludgero, a facilidade de acesso, a permissão dos proprietários e com no mínimo 3 meses de funcionamento. A pesquisa foi feita em 5 sistemas individuais, sendo coletadas amostras do efluente bruto (entrada do primeiro reator biológico), do segundo reator e da saída do filtro biológico.

Estes 5 locais de coleta, aqui chamados de pontos, foram identificados como P1, P2, P3, P4 e P5, sendo que o ponto P1 possui aproximadamente 10 anos de funcionamento e os demais, entre 8 meses e 2 anos. Com a realização destas 3 amostras em cada sistema, foi possível identificar a eficiência do sistema, em suas diferentes etapas, comparando o resultado das análises nos *inputs* com os *outputs*.

Segundo a NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) reatores anaeróbicos consistem em uma câmara totalmente fechada que concentra micro-organismos responsáveis pelos processos de reações bioquímicas e degradação biológica, que removem os componentes poluentes do esgoto. Ainda, de acordo com a mesma norma, o filtro biológico (biofiltro) consiste em um reator biológico composto de um fundo falso e uma câmara superior preenchida com meio filtrante onde o esgoto passa em fluxo ascendente e os micro-organismos facultativos e anaeróbios operam.

Foram analisados os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD) e Sólidos Sedimentáveis (SS), que segundo Mackenzie (2010), estão entre os principais parâmetros para análise de esgoto, sendo alguns destes para a avaliação do perfeito funcionamento do sistema e outros para a quantificação da eficiência. Para tal, o apoio do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de São Ludgero - SAMAE/SL, foi fundamental para que este estudo fosse possível, disponibilizando seus materiais, vidrarias, equipamentos, laboratório e acompanhamento técnico. A Tabela 1, abaixo, demonstra os métodos utilizados, alguns dados de preservação e condições de amostragem desta pesquisa.

Tabela 1 – Parâmetros e condições de amostragem

Parâmetro	Tipo de Frasco	Volume Mínimo	Preservação	Prazo p/ análise	Método (APHA et. Al., 2012)
pH	P*, V*	200 mL	Refrigerar a 4°C	6h	Sonda portátil
OD	V	300 mL	2 mL sol. sulfato manganoso e 2 mL sol. álcali iodeto-azida	8h	Sonda portátil
Temperatura	P, V	-	Análise Imediata	-	Sonda portátil
DQO	P, V	100 mL	H2 SO4 conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	7 dias	5220 D
DBO	P, V	2000 mL	Refrigerar a 4°C	7 dias	5210 B
S. Sed.	P, V	1000 mL	-	-	2540 F

*P - frasco de polietileno

*V - frasco de vidro borossilicato

Fonte: Adaptado da NBR 9898/1987 (ABNT, 1987).



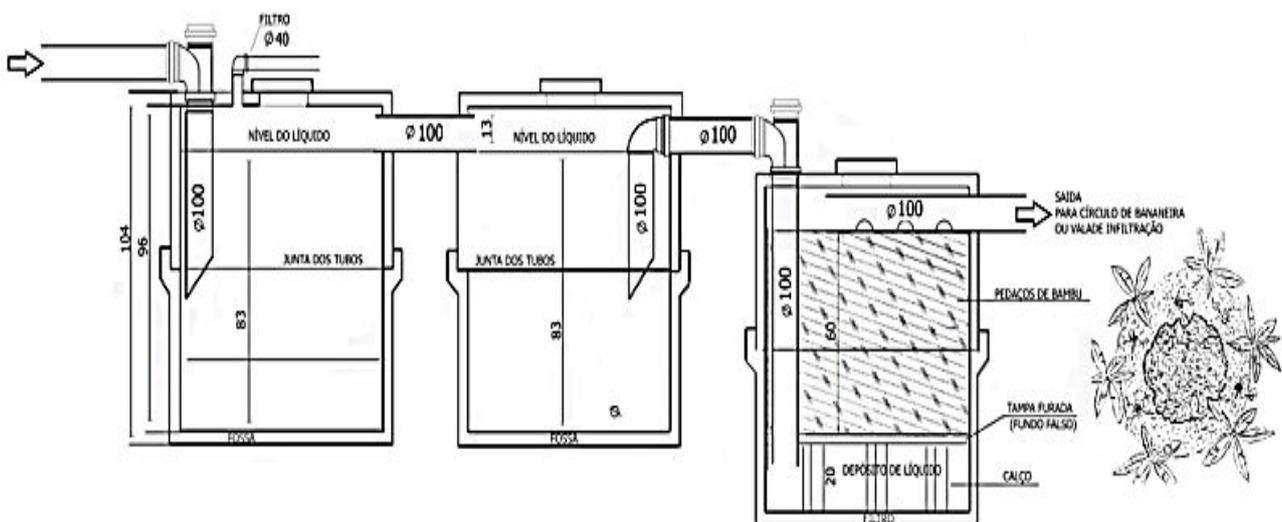
Além dos parâmetros supracitados, também analisou-se a presença e quantificação dos coliformes totais e termotolerantes, através da técnica dos tubos múltiplos, fundamentada nas atividades enzimáticas específicas dos coliformes *E. coli* (β glucuronidase), que provocam uma mudança de cor no meio, devido a nutrientes indicadores presentes nos meios de cultura. Se após o período de incubação for verificada a cor azul-esverdeada, coliformes totais estão presentes e quando este meio for submetido à luz ultravioleta (UV) 365 nm, for observada a fluorescência azul, a *E. coli* está presente (BRASIL, 2013a), conforme retratado na Figura 5.b).

Os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos, apresentando algumas considerações acerca da eficiência do mesmo e sugestões de melhorias.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

O sistema para tratamento de efluentes instalado nas residências do interior do município de São Ludgero, consiste em um conjunto formado por dois reatores anaeróbicos que operam em sequência, seguidos de um filtro biológico, também anaeróbico. Conforme o projeto, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de São Ludgero (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2015), após o tratamento do biofiltro o efluente deverá ter sua saída em um círculo de bananeiras (zona de raízes com plantas), sumidouro ou vala de infiltração. A Figura 2, representa a esquemática deste sistema.

Figura 2 – Croqui do sistema para tratamento de efluentes.



Fonte: Prefeitura Municipal de São Ludgero (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2015).

O efluente do primeiro reator, responsável pelo recebimento do esgoto bruto, é altamente concentrado e conseqüentemente irá possuir uma alta taxa de micro-organismos. Os micro-



organismos que se adaptam a esse meio irão digerir e estabilizar uma parte do esgoto. A parte estabilizada deste (lodo), irá sedimentar e se depositar no fundo do reator e os materiais mais leves, sobrenadantes, ficam em suspensão. A cada nova entrada de efluente, um volume igual irá passar para o segundo reator onde o processo é semelhante ao primeiro, mas com uma grande diferença na concentração de matéria orgânica que será consideravelmente menor (EPAGRI, 2016). Como o esgoto já sofreu uma pré-degradação, no segundo reator tende a predominar micro-organismos um pouco diferentes, que irão se adaptar ao esgoto menos concentrado e se alimentar de outros compostos que não foram removidos no processo anterior.

Segundo a Funasa (BRASIL, 2006), o lodo se forma a partir da sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos. Na superfície livre do interior do tanque sépticos, denominada de espuma, ficam retidas parte dos sólidos não decantados, constituídos de óleos, gorduras, graxas e outros materiais misturados com gases.

Após o efluente passar pelos dois reatores, o que resulta é praticamente um líquido livre de sólidos e com cor e turbidez reduzidos, sendo encaminhados na sequência para o biofiltro. A Figura 3 apresenta o sistema dos reatores e filtro biológico logo após a sua instalação em uma residência do município.

Figura 3 – Visualização de reatores e filtro após instalação



Fonte: EPAGRI de São Ludgero (2016).

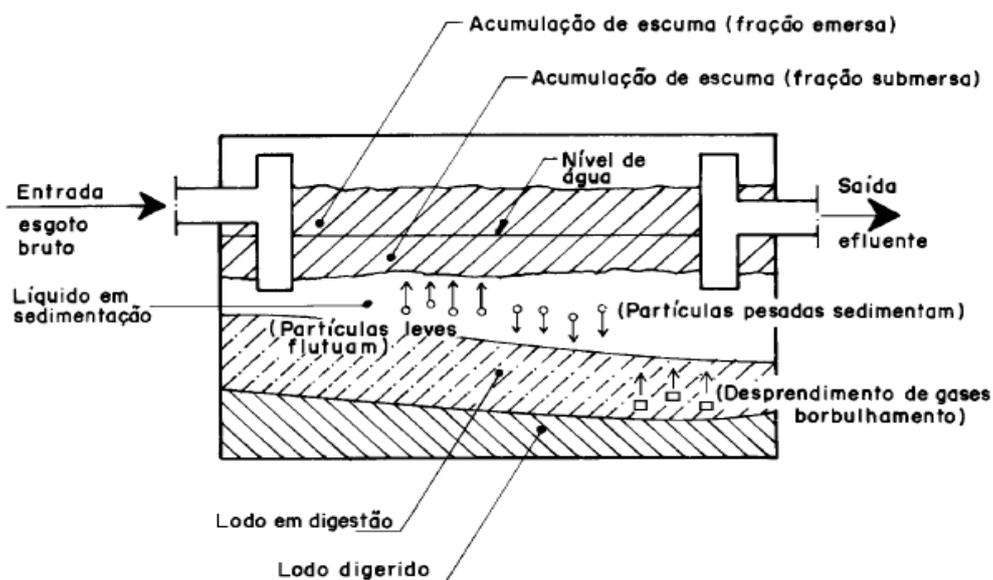
De acordo com a Prefeitura Municipal de São Ludgero (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2005), no sistema que foi implantado, o meio filtrante do biofiltro pode ser preenchido com cascalho, brita nº 2, bambu, ou outros. O efluente que entra na parte inferior do filtro em fluxo ascendente a



medida que sobe irá sofrer degradação dos micro-organismos ali presentes. Se todo o processo teve um bom desempenho (funcionamento), quando o efluente atinge a parte superior do sistema, ele deverá possuir cerca de 90% de redução de toda a sua carga inicial e poderá ser encaminhado para uma zona de raízes para o tratamento final.

Diferentemente deste projeto, a NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) dispõe que, no caso da utilização de brita para o meio filtrante, esta deve ser nos tamanhos 4 ou 5, com as dimensões mais uniformes possíveis. Também, conforme a NBR 7229/1993 (ABNT, 1993), representada na Figura 4, o reator anaeróbico deve possuir um dispositivo para que a saída do efluente não fique no nível da espuma, do sobrenadante, de modo que a saída contenha a menor quantidade possível de sólidos. Além disso, a NBR prevê a presença de uma calha coletora superficial para a saída do filtro, artefato que inexistente no projeto de São Ludgero, podendo reduzir a potencial eficiência do funcionamento do mesmo.

Figura 4 – Funcionamento geral de um reator anaeróbico



Fonte: NBR 7229/1993 (ABNT, 1993).

Por fim, o efluente resultante da saída do filtro é destinado à última etapa do processo, a zona de raízes. Cabe aqui ressaltar novamente que, conforme instrução da Funasa (BRASIL, 2007), deve-se existir a caixa de gordura para o efluente proveniente das cozinhas. Entretanto, conforme o projeto de São Ludgero, após a saída do efluente da caixa de gordura, este deve ser ligado ou destinado junto à saída do efluente do sistema de tratamento, no círculo de bananeiras (MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO, 2005).

Esta última etapa é uma técnica de permacultura, que conta com plantas para o tratamento de esgoto de forma ecológica. A função da bananeira é fundamental, visto que ela absorve os

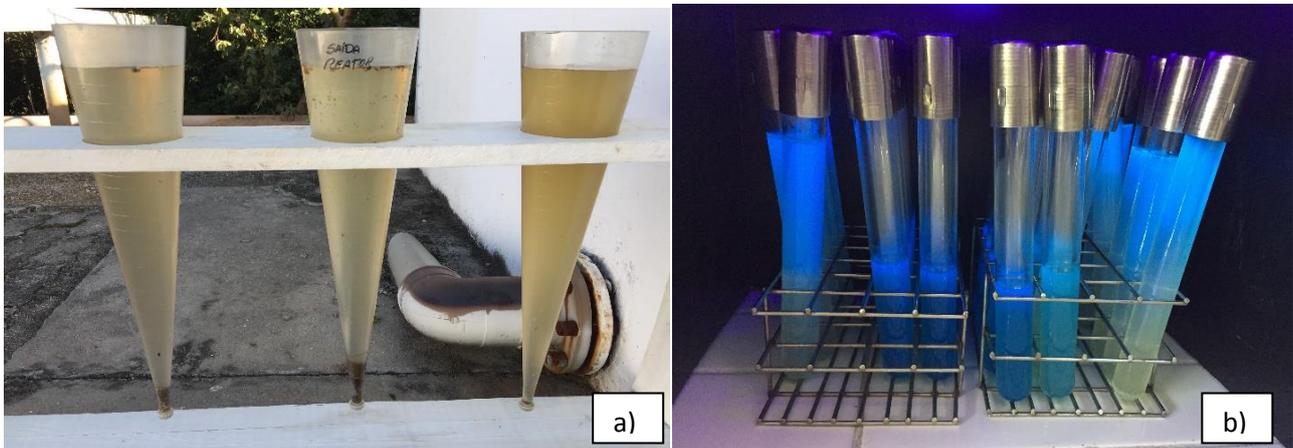


nutrientes despejados pelo efluente e consome grande quantidade de água, lançando-a para a atmosfera sem contaminantes, através da evapotranspiração (PAES, 2014). O sistema ganha o nome de bacia de evapotranspiração e é indicado para tratamento de águas cinzas (sem excretas). No entanto, como no projeto já existe o pré-tratamento com reatores e filtro, espera-se que o círculo de bananeiras seja suficiente para remover pequena quantidade de poluentes que ainda existir na saída do filtro.

Já, no que diz respeito à verificação da eficiência do sistema, esta foi possível através da coleta das amostras e realização das análises, coletando dados para os resultados dos parâmetros alvo, de modo que os objetivos desta pesquisa pudessem ser alcançados. Como o projeto do sistema não previa pontos para coleta de amostra, alguns pontos não puderam ser coletados, devido a impossibilidade de acesso, por estar abaixo de pedras e entulhos e/ou soterrada, justificando a ausência de alguns dados que serão apresentados nas próximas tabelas.

A análise de sólidos sedimentáveis seguiu a metodologia descrita na NBR 10561/1988 (ABNT, 1988), representada pela Figura 5.a), na qual, um litro de cada amostra, já homogêneas, foram colocadas nos cones Imhoff, onde ocorreu a sedimentação das partículas e materiais em suspensão, pela ação da gravidade por período de uma hora, com a amostra em repouso. A Figura 5.b), representa a prática da análise de coliformes, conforme técnica já citada.

Figura 5 – Análises pela técnica de Cone Imhoff (a) e Tubos Múltiplos (b)



Fonte: Autor (2017).

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises realizadas, segmentadas conforme a etapa do sistema de tratamento. Os campos da tabela representados por um traço, não puderam ser coletados para a realização das análises. Para os coliformes totais e termotolerantes, optou-se pela exibição do número em notação exponencial.



Tabela 2 – Resultados das análises e eficiência (Ef) dos parâmetros

Local		pH			Temperatura (°C)			
Pontos	Bruto	Saída Reator	Saída Filtro	Ef (%)	Bruto	Saída Reator	Saída Filtro	Ef (%)
Ponto 1	7,51	7,09	7,08	NA ¹	19,80	19,40	18,60	NA ¹
Ponto 2	7,44	7,04	-	NA ¹	18,90	20,50	-	NA ¹
Ponto 3	7,81	7,18	7,12	NA ¹	19,20	21,00	20,10	NA ¹
Ponto 4	8,69	7,80	7,74	NA ¹	17,90	18,50	18,80	NA ¹
Ponto 5	7,58	7,12	-	NA ¹	21,60	20,90	-	NA ¹
Média	7,81	7,25	7,31		19,48	20,06	19,17	
Local		OD (mg/L)			SS (mg/L)			
Ponto 1	0,22	0,84	2,03	NA ¹	170,00	16,00	7,50	96
Ponto 2	0,28	0,79	SD ²	NA ¹	70,00	45,00	SD ²	36
Ponto 3	0,47	1,21	1,88	NA ¹	6,00	0,00	0,00	100
Ponto 4	0,82	1,09	1,90	NA ¹	0,10	6,00	3,00	-2900
Ponto 5	0,25	1,29	SD ²	NA ¹	0,10	3,00	SD ²	-2900
Média	0,41	1,04	1,94		49,24	14,00	3,50	93
Local		DQO (mg/L)			DBO ⁵ (mg/L)			
Ponto 1	2654,00	1270,00	620,00	77	1580,00	660,00	180,41	89
Ponto 2	2432,00	810,00	SD ²	67	1450,00	271,13	SD ²	81
Ponto 3	1204,00	100,00	100,00	92	434,33	6,68	2,28	99
Ponto 4	1438,00	1006,00	430,00	70	1437,05	616,41	171,94	88
Ponto 5	1082,00	866,00	SD ²	20	947,30	330,33	SD ²	65
Média	1762,00	810,40	383,33	78	1169,74	376,91	118,21	90
Local		Coliformes Totais (NMPx100/mL)			Colif. Termotolerantes (NMPx100/mL)			
Ponto 1	9,0 x 10 ⁷	1,1 x 10 ⁷	7,0 x 10 ⁵	99	3,0 x 10 ⁶	6,0 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁵	87
Ponto 2	3,5 x 10 ⁷	2,2 x 10 ⁶	SD ²	94	1,6 x 10 ⁶	3,5 x 10 ⁵	SD ²	78
Ponto 3	3,5 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁶	2,2 x 10 ⁵	99	1,6 x 10 ⁶	1,6 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁴	94
Ponto 4	5,0 x 10 ⁷	1,7 x 10 ⁶	2,9 x 10 ⁵	99	9,0 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁵	2,9 x 10 ⁵	68
Ponto 5	5,0 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁷	SD ²	68	2,4 x 10 ⁶	1,7 x 10 ⁵	SD ²	93
Média	5,2 x 10⁷	6,5 x 10⁶	4,04 x 10⁵	99	1,9 x 10⁶	3,36 x 10⁵	2,6 x 10⁵	86

¹NA - Não aplicável à este parâmetro.

²SD - Sem dados, locais em que não foi possível a coleta da amostra. Nesses casos, o cálculo da eficiência toma a saída do reator como base para o cálculo.

Fonte: Autor (2017).

Conforme visualizado na Tabela 2, a média do resultado das análises de pH ficou entre 7 e 8, sendo um pouco mais elevado no efluente bruto, e mais próximo da neutralidade no decorrer do sistema. Segundo Liu e Liptak (1999), a faixa de pH considerada ideal a existência de maior diversidade biológica é entre 6 a 9, sendo de 6,8 a 7,4 a faixa considerada ótima para tratamento anaeróbico.



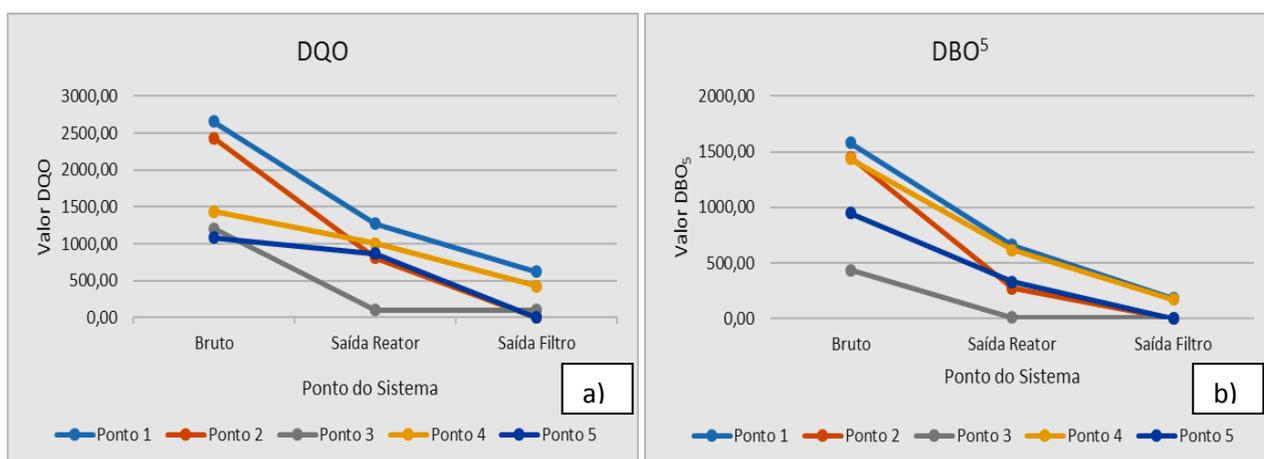
Já a faixa de temperatura considerada ótima para as atividades bacterianas aeróbicas, ocorre entre 25 a 35 °C, sendo que para bactérias anaeróbicas existem duas faixas ótimas de temperatura, uma entre 30 a 35 °C, para bactérias mesofílicas e entre 49 e 57 °C para bactérias termofílicas (LIU e LIPTAK, 1999). Os resultados das análises demonstram que a faixa média de temperatura ficou entre 19 e 20 °C.

Para o parâmetro de oxigênio dissolvido, por se tratar de um sistema anaeróbico, os resultados foram muito próximos de zero e podem ter sido influenciados pelo manuseio na amostragem. Os resultados das análises dos sólidos sedimentáveis também apontam para significativa redução destes. Entretanto, duas análises da saída do reator se distinguem por apresentarem aumento neste número, conforme demonstrado na Tabela 2.

Em relação à DBO⁵ e DQO, os resultados apresentaram-se muito elevados comparando-se aos valores típicos apresentados na literatura. Segundo Mackenzie (2010), os valores tipicamente apresentados para DBO⁵ e DQO de esgotos domésticos varia de 100 a 300 mg/l e de 250 a 1000 mg/l, respectivamente. Isto pode ser explicado pela elevada concentração orgânica encontrada e pela contínua retenção de sólidos nesse ambiente.

Ainda assim, é possível observar uma redução média de 79% para a DQO e de 90% para a DBO⁵. Para melhor visualização destes resultados, nas diferentes etapas do tratamento, estes também são apresentados através dos Gráficos 1.a) e 1.b).

Gráfico 1 – Redução da DQO (a) e DBO⁵ (b), conforme etapa do sistema de tratamento



Fonte: Autor (2017).

Em relação aos coliformes totais e termotolerantes, é possível verificar que, conforme a Tabela 2, a eficiência de remoção foi ainda maior, obtendo 99% e 89% de eficiência de remoção para os coliformes totais e termotolerantes, respectivamente.

Para praticamente todos os parâmetros visualiza-se que o Ponto 1 é o que possui a carga mais elevada. Isso provavelmente se deve ao fato de este ponto ser o único analisado com 10 anos de



funcionamento e que, segundo o proprietário, nunca foi realizada limpeza do sistema para a retirada do lodo acumulado.

É possível observar que o sistema de reatores e filtro não chega a remover 100% dos patógenos e poluentes do esgoto. Ainda assim, como retém a maior parte destes, o círculo de bananeiras pode atuar com eficiência para a remoção desta pequena parcela de poluentes oriundos da saída do filtro.

Entretanto, entre as 5 propriedades que tiveram seus sistemas analisados nesta pesquisa, apenas 2 possuíam o círculo de bananeiras. E o mais preocupante: os outros 3 pontos possuíam a saída do filtro diretamente em um corpo receptor, conforme mostram as Figuras 6.a) e 6.b).

Figura 6 – Saída dos filtros diretamente em corpo receptor.



Fonte: Autor (2017).

Isso demonstra alguma possível falha na execução e/ou acompanhamento do projeto, mas como o objetivo deste trabalho era apenas a descrição, realização de análises e avaliação da eficiência do sistema, fica aberta a oportunidade para o desenvolvimento de trabalhos futuros sobre o projeto São Ludgero 100% esgoto sanitário tratado.

Em conversa com proprietários que receberam o sistema, ficou exposto, também, o desconhecimento do funcionamento do sistema, bem como da contrapartida que deveria ser realizada pelos beneficiários do projeto, feita através da manutenção e limpeza do sistema a cada 3 anos e da necessidade deste círculo de bananeiras para a saída do efluente.

Para efeito de comparação, de acordo com a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011), os valores de pH, temperatura e DBO⁵, para lançamento em corpos de água receptores devem estar entre 6 e 9 para pH, inferior a 40°C para a temperatura e apresentar no mínimo 60% de redução para a DBO⁵, onde este sistema, pelos resultados obtidos, estaria atendendo os padrões. Esta mesma resolução não aborda sobre valores de DQO, OD e coliformes.



Já para os SS, a resolução estabelece até 1 mL/L, onde, devido a variação nos resultados apresentados pelas análises, seriam necessários mais estudos. Entretanto, uma possível causa dos resultados elevados, pode ser apontada como o fluxo não contínuo de entrada de esgoto e a ausência do Joelho entre os reatores, o mesmo que existe entre o segundo reator e o filtro. Ou seja, como o objetivo do Joelho é evitar que os sólidos e materiais suspensos passem para a próxima etapa, a ausência deste pode estar permitindo que parte da espuma e dos sólidos não fiquem retidos no primeiro reator, e prossigam às demais etapas do sistema. Isto pode ser observado através da Figura 4, que exhibe a construção do reator conforme a NBR 7229/1993 (ABNT, 1993), a qual possui o artifício em questão.

CONCLUSÃO

Os resultados analisados comprovam que o sistema individual de tratamento de efluentes está tendo elevada eficiência na redução e remoção da carga que recebe, chegando a 100% de eficiência com a correta construção do projeto, fato que, no município de São Ludgero, pode ser corrigido através do desenvolvimento de um trabalho da administração municipal em conjunto com demais entidades do município, para a capacitação de pessoas que possam fazer um breve treinamento aos beneficiários, bem como o acompanhamento contínuo do sistema.

Também, deve-se levar em consideração as dificuldades e possibilidades de melhorias encontradas com a execução desta pesquisa, avaliando a necessidade de algumas adaptações ao sistema, que permitam a coleta de amostras para pesquisas futuras e acompanhamento com maior facilidade, bem como outros pequenos artifícios que possibilitarão um melhor funcionamento do sistema, bem como a adequação do projeto às normas da ABNT.

De um modo geral, cabe ressaltar a importância deste projeto, e a necessidade cada vez maior de proporcionar tratamento aos efluentes, reduzindo os impactos negativos ao meio ambiente e permitindo a manutenção da qualidade da água. São Ludgero pode se tornar o primeiro município do Brasil a atingir 100% do tratamento de esgoto, vindo a ser modelo ainda maior na questão do saneamento básico e da gestão pública, que deve ser tomado como exemplo por outros municípios que também almejam a sanidade ambiental.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard methods**



for the examination of water and wastewater. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012. Disponível em <https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_4_000-6000.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p. Disponível em: <https://acguasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf>. Acesso em: 09 de maio de 2017.

_____. **NBR 9897:** Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 14 p. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.897-Planejamento-de-amostras.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

_____. **NBR 9898:** Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 22 p. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

_____. **NBR 10561:** Águas - Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) - Método do cone de Imhoff. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 2 p. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/69586390/NBR-10561-1988-Aguas-Determinacao-de-Residuo-Sedimentavel-Solidos-Sedimentaveis-Metodo-d>>. Acesso em: 23 set. 2017.

_____. **NBR 13969:** Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p. Disponível em: <https://acguasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf>. Acesso em: 09 maio 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

_____. Fundação Nacional da Saúde - Funasa. Ministério da Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília: Funasa, 2013a. 150 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

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

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. **Plano nacional de saneamento básico - PLANSAB.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2013. 171 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.



- _____. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI/SC. Secretaria de Estado de Agricultura e da Pesca. **Educação e saneamento ambiental**. São Ludgero: São Ludgero 100% Esgoto Sanitário Tratado, 2016. 22 slides, color.
- IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População censo demográfico 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/sao-ludgero/panorama>>. Acesso em: 18 de out. de 2017.
- LIU, David H.F; LIPTAK, Bela G (Flórida - EUA). CRC Press Llc (Ed.). **Environmental engineer's handbook: Wastewater Treatment**. Boca Raton, Flórida, EUA: CRC Press LLC, 1999. 419 f. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/192016672/Wastewater-Treatment>>. Acesso em: 18 set. 2017.
- MACKENZIE, L. D. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. Ed. McGraw-Hill Companies. 2010. Disponível em: [http://steelteam.com/uploads/Environment/Supply/%3E%3E%20Water%20and%20Wastewater%20Engineering%20by%20Mackenzie%20L.Davis%20%20\(1\).pdf](http://steelteam.com/uploads/Environment/Supply/%3E%3E%20Water%20and%20Wastewater%20Engineering%20by%20Mackenzie%20L.Davis%20%20(1).pdf). Acesso em: 22 de ago. de 2017.
- MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO. **Cartilha de educação ambiental de São Ludgero**. Saneamento Ambiental Rural. 2005.
- _____. **São Ludgero poderá ser o primeiro município do Brasil a atingir 100% do esgoto sanitário tratado**. 2015. Disponível em: <<http://saoludgero.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/16556/codNoticia/301462>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- _____. **São Ludgero trabalha forte para atingir 100% de esgoto sanitário tratado até final de 2016**. 2016. Disponível em: <<http://saoludgero.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/16556/codNoticia/349526>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- _____. **Homenagens marcaram o evento de cumprimento da meta alcançada de 100% Esgoto Sanitário Tratado**. 2018. Disponível em: <<http://www.saoludgero.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/16556/codNoticia/477731>>.
- PAES, Wellington Marchi. **Técnicas de permacultura como tecnologias socioambientais para a melhoria na qualidade de vida em comunidades da paraíba**. 2014. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Prodema, Universidade Federal da Paraíba - Ufp, João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/4576/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.