

II-130 - SISTEMA TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO COM APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO E CONTROLE DE ODORES: ESTUDO DE CASO DA ETE BOSQUE DAS PALMEIRAS – SP

Otávio Sperchi Henrique ⁽¹⁾

Mestre em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Atualmente trabalha na Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. SANASA – CAMPINAS SP, como Engenheiro na Operação e Tratamento de Esgotos da ETE Anhumas.

Ana Luiza de Miranda Ferreira Maziviero ⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade São Francisco. Atualmente trabalha na Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. SANASA – CAMPINAS SP, como Engenheira na Operação e Tratamento de Esgotos da ETE Barão Geraldo.

Endereço⁽¹⁾: Estrada Municipal Francisco João Perissinotto s/nº, Bairro Parque Imperador, Campinas – SP, CEP: 13097-101, Brasil. Tel: +55 (19) 33485692 - e - mail: eteanhumas2@sanasa.com.br.

RESUMO

A concepção de tratamento de esgoto sanitário Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio (TS + FAN) é largamente conhecida e utilizada pelos profissionais da área de Saneamento. No entanto, esta concepção apresenta limitações para remoção da matéria orgânica, principalmente em termos de DBO₅ no que tange a padrões mais restritivos de lançamento do efluente tratado no corpo receptor conforme legislação ambiental vigente, e a possibilidade da emanação de gases odorantes constituído principalmente pelo gás sulfídrico oriundos dos filtros anaeróbios. Muitas vezes os profissionais responsáveis pela operação deste tipo de ETE optam por alterar o sistema TS + FAN para uma concepção aeróbia, para se alcançar a eficiência mínima desejada e reduzir as emissões de gases odorantes, o que pode trazer custos elevados de investimento (CAPEX) e operação (OPEX). Neste trabalho é apresentada a utilização do coagulante orgânico Tanino, que foi aplicado na faixa de dosagem de 15 a 232 mg/L (teor ativo) na entrada do Esgoto Bruto da Estação Bosque das Palmeiras com o objetivo de melhorar a eficiência da remoção da matéria orgânica em termos de DBO₅, e assim atingir a eficiência mínima requerida. Também foi aplicado o produto alcalinizante inibidor de gás sulfídrico a base de cálcio, na faixa de dosagem de 29 a 90 mgCa⁺/L, na entrada dos filtros anaeróbios, com o objetivo de elevar o pH do meio líquido para a faixa de 7,5 a 8,5 no filtro anaeróbio e assim manter o sulfeto na forma predominante de HS⁻ dissolvido no líquido, não sendo liberado na forma de gás sulfídrico (H₂S) para atmosfera. No período com a utilização do Tanino foram obtidos bons resultados para a remoção da DBO₅ em termos de eficiência, com média de remoção de 81%, máxima de 89% e mínima de 71%, comparado ao período sem a aplicação do tanino, onde se atingiu média de remoção de 75%, máxima de 87% e mínima de 52%. Com a utilização do Tanino verificou-se aumento da formação de espuma na superfície do líquido nos tanques sépticos com frequências de remoção de 2 a 5 meses e volumes médios retirados por remoção de 32 m³. Em relação ao produto alcalinizante foram obtidos bons resultados. A maior parte dos resultados do pH do efluente dos filtros anaeróbios manteve-se entre 8,0 a 8,5 sem causar queda de eficiência do sistema, e a maioria dos resultados do monitoramento do H₂S na atmosfera durante a aplicação do produto alcalinizante foi de 0 (zero) ppm.

PALAVRAS CHAVES: Tanino, TS-FAN, Produto Alcalinizante.

INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgoto sanitário que apresentam a concepção de Tanque Séptico seguido por Filtro Anaeróbio (TS + FAN) são bem conhecidas pelos profissionais da área de saneamento e recomendadas principalmente para pequenas comunidades, áreas rurais ou ainda para locais isolados do sistema público de esgoto em áreas urbanas.

Estas tecnologias apresentam como vantagens, simplicidade construtiva e operacional e ainda baixa demanda de energia e aparato tecnológico quando comparados a outras concepções e sistemas de tratamento de Esgotos, possuindo critérios bem estabelecidos de projeto e dimensionamento (ABNT NBR 7229/83; 13969/97).

Em contrapartida, devido a este tipo de tratamento ser exclusivamente anaeróbio, muitas vezes não é possível atingir a eficiência mínima requerida na remoção dos poluentes, e ainda apresenta grande potencial de liberação de gases odorantes. Desta forma por exigência legal mais restritiva, onde no Estado de São Paulo é requerida eficiência mínima de remoção da DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 80% ou concentração máxima de DBO₅ de 60 mg/L no efluente tratado para lançamento em rios Classe 4, muitas vezes os responsáveis pela operação da ETE optam por alterar a concepção de tratamento original para uma concepção que utilize na maioria das vezes tecnologia aeróbia, necessitando desta forma de grandes investimentos econômicos em obras, equipamentos e consumo de energia ao longo do tempo. França et al. (2013) apresenta em seu trabalho a modificação de um sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio por um sistema de aeração compartimentada. Por outro lado, Aisse *et al.* (2014) discute em seu trabalho a descentralização do tratamento do esgoto sanitário para pequenas comunidades utilizando sistemas de tanques sépticos seguido de algum tipo de tratamento simplificado, como uma das alternativas para se buscar a universalização do saneamento básico no país.

Sugere-se neste trabalho, a utilização do coagulante orgânico Tanino de natureza biodegradável obtidos do extrato de acácia negra, para proporcionar um tratamento primário avançado ou quimicamente assistido no tanque séptico, aumentando a separação e remoção de gordura e óleos e graxas na espuma, e de sólidos orgânicos no lodo dos tanques sépticos, sem interferir com a digestão anaeróbia do lodo no fundo do tanque, promovendo ainda a remoção da matéria orgânica de forma a se alcançar a eficiência mínima desejada de remoção de DBO₅ e ao mesmo tempo não causar incrementos relevantes na geração de lodo, e assim não necessitar de grandes investimentos em obras e alterações na concepção e do Layout da Estação. Pelegrino (2011) apresenta em sua dissertação o emprego do coagulante a base de Tanino para avaliação na eficiência da remoção da carga orgânica, fósforo, e sólidos em suspensão de sistema de flotação tratando esgoto sanitário pré-tratado em reatores UASB, da ETE Monjolinho da cidade de São Carlos/SP apresentando excelentes resultados. Já Coelho *et al.* (2015) apresentam em seus trabalhos a utilização do tanino como auxiliar de coagulante primário em ETA de filtração direta ascendente e como auxiliar de coagulação em ETA de tratamento convencional.

No que tange ao controle de odores, sugere-se neste trabalho a utilização de um produto químico alcalinizante para aumento e manutenção do pH entre 7,5 e 8,5 no filtro anaeróbio e assim manter o sulfeto na forma predominante de HS⁻ dissolvido no líquido, não sendo liberado na forma de gás sulfídrico (H₂S) para atmosfera (SOUZA 2010) podendo deste modo substituir ou complementar a aspersão do produto neutralizador de odores já utilizado na estação para o controle de odores.

Assim, serão apresentados neste trabalho, dois testes que foram realizados na ETE Bosque das Palmeiras de concepção TS + FAN operada pela Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA) em Campinas/SP, onde foi utilizado o coagulante orgânico tanino dosado no Esgoto Bruto no período de agosto de 2014 até os dias atuais, com o objetivo de melhorar a eficiência na remoção dos poluentes, principalmente da DBO e assim atingir a eficiência mínima requerida. Como também, o produto alcalinizante inibidor de gás sulfídrico a base de cálcio, que será mencionado neste trabalho como produto alcalinizante, dosado na entrada dos filtros anaeróbios no período de 03 de outubro de 2016 a 14 de novembro de 2016, com o objetivo de elevar o pH no meio líquido e desta forma reduzir a emanação do gás sulfídrico proveniente do metabolismo das bactérias anaeróbias presentes nos filtros.

OBJETIVOS

Verificar a eficiência da aplicação do coagulante orgânico Tanino no Esgoto Bruto da ETE Bosque das Palmeiras para a remoção da matéria orgânica presente no esgoto sanitário expresso na forma de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Turbidez e Sólidos Sedimentáveis (SSed), comparando com os resultados anteriores à aplicação do Tanino.

Avaliar a eficiência da aplicação do produto alcalinizante, no afluente do filtro anaeróbio no que tange a redução de odores, provenientes do processo de tratamento anaeróbio, comparando com os resultados sem a aplicação do produto.

Expor os resultados do monitoramento das características do lodo em termos da concentração de Sólidos Totais no tanque séptico e filtro anaeróbio durante a aplicação do tanino de forma a acompanhar possíveis incrementos no volume de lodo produzido devido à introdução do Tanino.

Apontar as quantidades em termo de volume (m^3) de espuma removida nos tanques sépticos e do lodo removido nos tanques sépticos e filtros anaeróbios, durante a utilização do Tanino e do Produto Alcalinizante.

Apresentar o consumo mensal bem como os custos operacionais com a aplicação do Tanino e do produto alcalinizante.

METODOLOGIA UTILIZADA

A ETE Bosque das Palmeiras foi projetada e construída para atender a uma população de 3.300 habitantes, com vazão média de 6,37 L/s, vazão máxima horária de 11,0 L/s, DBO média afluente à ETE de 300 mg/L e Carga de DBO afluente à ETE de 165 kg/dia. A ETE Bosque das Palmeiras possui as seguintes unidades operacionais:

Tratamento Preliminar: Um gradeamento grosseiro, duas caixas de areia, uma calha Parshall;

Tanque Séptico: Três unidades em paralelo, retangulares de duas câmaras em série cada. A primeira câmara é um decanto-digestor que remove a maior parte dos sólidos sedimentáveis e flutuantes, e armazena o lodo digerido. A segunda câmara complementa a remoção de sólidos suspensos. As unidades são totalmente enterradas com duas entradas e duas saídas DN 150 mm, 13 tubos guia DN 150 mm para remoção do lodo, e 18 tampas de inspeção (0,80 x 0,80m) em fibra de vidro. Cada tanque apresenta as seguintes dimensões:

• Largura útil	4,50 m
• Comprimento útil da 1ª câmara	9,00 m
• Comprimento útil da 2ª câmara	4,50 m
• Comprimento útil total	13,50 m
• Profundidade do vão livre	1,40 m
• Profundidade útil	2,80 m
• Profundidade interna total	4,20 m
• Volume útil	170,10 m^3

O dimensionamento dos tanques sépticos foi realizado conforme NBR 7229 (1993) de acordo com os critérios a seguir:

$$V = 1000 + N (CT + KLf);$$

V = volume útil (L) do tanque séptico;

N = número de contribuintes = 3.247 hab.;

C = contribuição diária de esgoto = 160 L/hab.dia;

T = tempo de detenção hidráulica = 12 h = 0,5 dia, para contribuição diária acima de 9.000 L/dia e temperatura média do mês mais frio entre 15 e 25°C;

K = taxa de acumulação total de lodo digerido = 65 dias, para intervalo entre limpezas de 1 ano, e faixa de variação de temperatura ambiente no mês mais frio entre 10 e 20°C); e,

Lf = contribuição diária de lodo fresco = 1,0 L/hab.dia.

Filtro Biológico Anaeróbio de Leito Fixo e Fluxo Ascendente: Três unidades em paralelo totalmente enterradas, apresentando cada um: i) leito de 0,60 m de brita nº 4; ii) uma laje perfurada e um fundo falso com 0,60 m de profundidade, iii) 42 tubos DN 75 mm para alimentação até o fundo falso, 10 tubos DN 100 mm perfurados para coleta do efluente tratado, 42 tubos guia DN 150 mm para remoção do lodo, e 8 tampas de inspeção (1,20 x 1,20m) em fibra de vidro. O filtro anaeróbio é um reator híbrido que associa as vantagens do filtro anaeróbio convencional com leito de britas para polimento do efluente, com as vantagens da acumulação

e contato do esgoto com lodo granular no fundo falso como se fosse um RAFA (UASB). Cada filtro apresenta as seguintes dimensões:

- Largura útil 11,10 m
- Comprimento útil 11,10 m
- Profundidade do vão livre 0,60 m
- Profundidade útil do leito filtrante 0,60 m
- Profundidade útil do fundo falso 0,60 m
- Profundidade útil total 1,20 m
- Profundidade interna total 1,80 m
- Volume útil 147,85 m³

O dimensionamento dos filtros anaeróbios foi realizado conforme NBR 13969 (1997) de acordo com os critérios a seguir:

$V_u = 1,6 \text{ NCT}$;

V_u = volume útil (L) do leito filtrante, incluindo o fundo falso;

N = número de contribuintes = 3.247 hab.;

C = contribuição diária de esgoto = 160 L/hab.dia; e,

T = tempo de detenção hidráulica = 12 h = 0,5 dia, para contribuição diária acima de 9.000 L/dia e temperatura média do mês mais frio entre 15 e 25°C.

Estação Elevatória de Efluente Tratado: Uma unidade totalmente enterrada e coberta, com laje de concreto e tampas de inspeção em fibra de vidro.

Na figura 1 é apresentado o fluxograma da ETE Bosque das Palmeiras enquanto que na figura 2 uma foto com a vista geral da Estação e nas figuras 3 e 4 detalhes dos tanques sépticos e filtros anaeróbios, respectivamente.

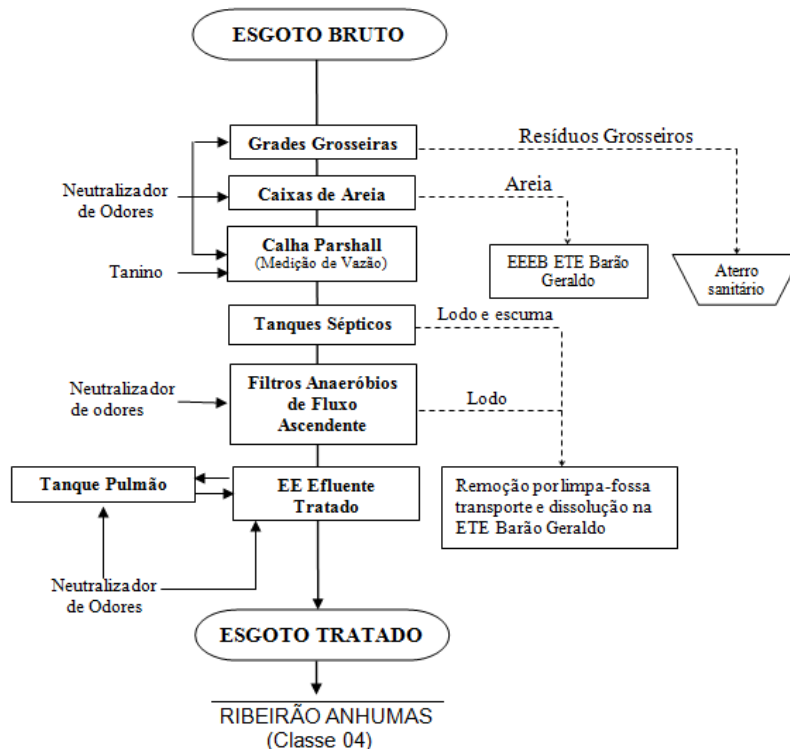


Figura 1. Fluxograma de processo da ETE Bosque das Palmeiras.

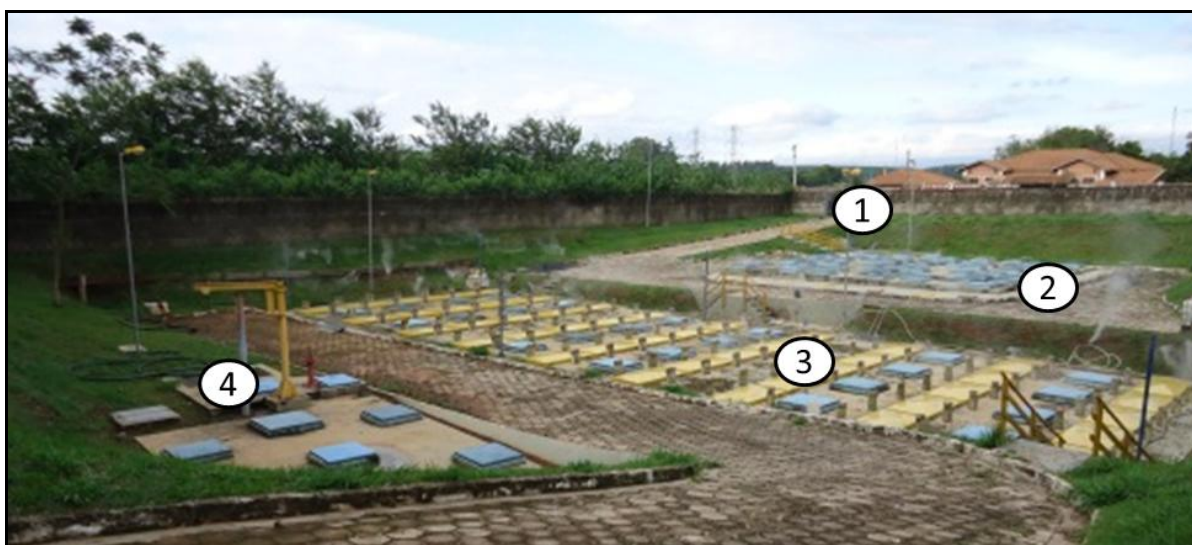


Figura 2. Vista Geral da ETE Bosque das Palmeiras: 1) Entrada Esgoto Bruto, Gradeamento Grosso, Caixa de Areia e Calha Parshall; 2) Tanques Sépticos; 3) Filtros Anaeróbios e 4) Estação Elevatória de Efluente Tratado e Tanque Pulmão.

Desde 2014 até abril de 2017 foram registrados os seguintes valores de vazão do esgoto bruto apresentados na tabela 1. No ano de 2017 verificou-se ainda, uma DBO média afluente à ETE de 541 mg/L e Carga Orgânica em termos de DBO afluente à ETE de 173 kg/dia.

Tabela 1. Vazão do esgoto bruto, valores mínimo, médio e máximo.

Vazão (L/s)	2014	2015	2016	2017
Mínimo	1,7	0,6	1,7	1,4
Médio	2,8	2,9	3,6	3,7
Máximo	8,0	8,4	8,4	9,4



Figura 3. Tanques Sépticos



Figura 4. Filtros Anaeróbios e Estação Elevatória de Efluente Tratado.

Tanino: O produto químico Tanino é um coagulante orgânico líquido, biodegradável, catiônico, com viscosidade máxima de 50 cPs e pH a 1% m/V em 25°C de 1,3 a 2,3. Apresenta ainda, densidade de 1,1 a 1,2 g/cm³ e teor de ativos de 23 a 27% da solução comercial. Em agosto de 2014, foi instalada uma bomba dosadora peristáltica modelo SK ON – 715/4 313 D com vazão constante para aplicação do produto imediatamente a montante da Calha Parshall do Esgoto Bruto. A dosagem indicada pelo fornecedor do produto foi de 45 mg/L do teor ativo (25%) ou 181 mg/l do produto comercial, onde foi calculada a vazão de saída da bomba conforme equação 01 de acordo com a vazão média da ETE.

$$Q \text{ (L/h)} = \frac{\text{Qete (L/s)} \times D \text{ (mg/L)} \times 0,36}{C \text{ (\%)} \times d \text{ (kg/L)}} \quad \text{equação (1)}$$

O monitoramento para verificação da eficiência do Tanino foi realizado através do seguinte plano de monitoramento:

- ✓ coletas instantâneas semanais do esgoto bruto e efluente tratado realizadas em torno das 14:00 hrs para determinação de pH; turbidez (T); SSed e temperatura (t);
- ✓ coletas instantâneas mensais do lodo de fundo do tanque séptico e filtro anaeróbio n° 2 realizadas com auxílio de coletor linear para determinação de ST, SF e SV;
- ✓ coletas compostas mensais no período de setembro de 2012 a abril de 2017 de alíquotas de 350 mL no esgoto bruto e efluente tratado, nos horários 07:30, 09:30, 14:00, 16:30; 20:30 para determinação do pH, DBO; DQO; SST; e SSed;
- ✓ coletas compostas semanais nos meses de outubro e novembro de 2016 de alíquotas de 350 mL no esgoto bruto e efluente tratado, nos horários 07:30, 09:30, 14:00, 16:30; 20:30 para determinação do pH, DBO; DQO; SST; SSed e Sulfeto (instantânea); e,
- ✓ Monitoramento a partir de junho de 2015 das frequências e quantidades de espuma removidas por meio de caminhão esgota fossa nos tanques sépticos e do lodo removido nos tanques sépticos e filtros anaeróbios.

Para o levantamento dos custos, foram registradas as quantidades de tanino utilizadas ao longo dos meses, calculando-se em seguida o custo mensal através do custo unitário do produto.

Produto alcalinizante: é uma suspensão aquosa constituída principalmente por hidróxidos de cálcio a 30% correspondente a uma concentração de 15,14% de teor de cálcio (Ca⁺) e densidade mínima de 1,2 g/mL. Comparativamente ao hidróxido de sódio (NaOH), apresenta como vantagens, capacidade de manter o pH do

meio líquido mais estável, possui menor risco operacional quando manipulado e não é controlado pela polícia federal.

Para a aplicação e teste do produto foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: 1 (um) tanque de 5 m³ com sistema de agitação mecânica de 3 CV com funcionamento de 5 min a cada 6 horas; 1 (uma) Bomba dosadora do tipo helicoidal de 0,75 CV e Q_{max} de 50 L/h; 1 (uma) bomba de recirculação para manter a solução em movimentação na linha de sucção evitando entupimentos com funcionamento de 5 min a cada 6 horas; 1 (um) Agitador mecânico de 2,0 CV com funcionamento de 24 horas por dia para promover a agitação do ponto de aplicação; e, painel elétrico com inversores de frequência e timer. Na figura 5 é apresentada uma foto contemplando todo o sistema, na figura 6 é apresentada a bomba dosadora e a bomba de recirculação do produto e na figura 7 o ponto de dosagem do produto com o agitador mecânico instalado.



Figura 5. Sistema de aplicação do produto



Figura 6. Bomba dosadora e bomba recirculação



Figura 7. Ponto de dosagem e agitador mecânico

O teste iniciou-se no dia 03/10/2016 com a dosagem do produto na caixa de distribuição do esgoto para os filtros anaeróbios. Escolheu-se este ponto, pois na saída dos filtros é o local com maior desprendimento de H₂S, desta forma o produto manteria o pH dos filtros entre 7,5 e 8,5 e assim 70 a 95 % do sulfeto seria mantido na forma de HS⁻ dissolvido no líquido e não liberável para a atmosfera. Na figura 8 são apresentadas as curvas de solubilidade das espécies de Sulfeto de acordo com o pH do meio líquido.

A aspersão na atmosfera do produto neutralizador de odores em pontos de liberação de gases odorantes foi interrompida. Após ajustes na aplicação do produto alcalinizante foram estabelecidos dois períodos de dosagens diferentes sendo, das 06:00 hrs às 20:00 hrs 5,4 L/h e das 20:00 hrs às 06:00 hrs 2,5 L/h. Considerando-se as vazões mínima, média e máxima do ano de 2017 de 1,4 L/s, 3,7 L/s e 9,4 L/s têm-se, respectivamente, as seguintes dosagens do produto comercial e do teor de Ca⁺, para cada faixa de vazão do esgoto bruto e de acordo com período de dosagem: 595 mg/L (90 mgCa⁺/L); 486 (74 mgCa⁺/L); e, 191 mg/L (29 mgCa⁺/L).

O monitoramento sistemático dos parâmetros físico-químicos para verificação da eficiência do produto foi realizado em três pontos do sistema, no esgoto bruto, no efluente da caixa distribuidora dos filtros anaeróbios e no efluente tratado. Foram realizadas coletas instantâneas diárias por volta das 14:00 hrs para análise de pH no efluente da caixa distribuidora dos filtros anaeróbios e efluente tratado para averiguação da manutenção do pH na faixa entre 7,5 e 8,5 e coletas compostas semanais, com alíquotas de 350 mL coletadas nos seguintes

horários: 07:30, 09:30, 14:00, 16:30, 20:30 para análises de DBO, DQO, pH, SST e Sulfeto nos 3 pontos de monitoramento para verificação da aplicabilidade/efeito do produto.

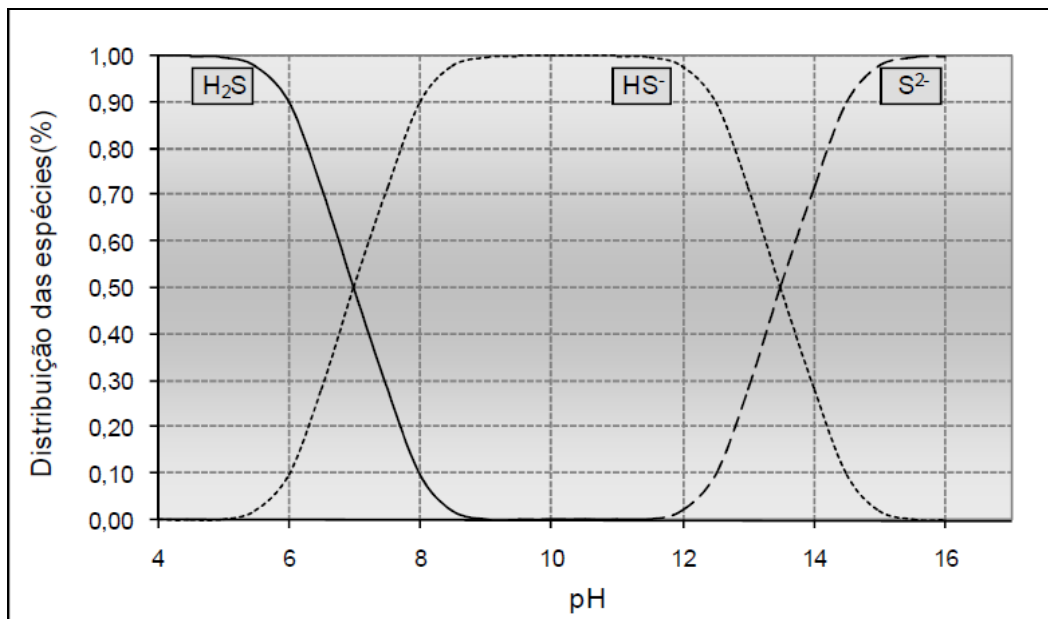


Figura 8. Curva de Solubilidade do H₂S

Fonte: Chernicharo, 2007.

Além das análises dos parâmetros físico-químicos no meio líquido, foram realizadas medições de H₂S na atmosfera, por meio de um detector de gases para H₂S modelo PGM-1860 ToxiRAE Pro do fabricante *Rae Systems*, com range de detecção de 0 a 1000 ppm de H₂S, devidamente calibrado. As medições foram realizadas abrindo-se a tampa do poço de sucção do efluente tratado a uma distância de aproximadamente 1,7 m da entrada do poço, local onde se evidencia grande turbulência e agitação do líquido. Foram realizadas medições antes e após a aplicação do produto para verificação da eficiência.

Para coleta das amostras e determinações dos parâmetros físico-químicos foram realizados procedimentos e instruções analíticas conforme APHA, AWW e WEF (2012).

RESULTADOS OBTIDOS

- **Tanino**

Na Tabela 2 são apresentados as médias e desvio padrão dos resultados sem e com a aplicação do Tanino, para os parâmetros DBO, DQO, SST, pH, Turbidez e SSed no Esgoto Bruto e no Efluente tratado no período de estudo, excluindo-se o período de julho de 2015 a junho de 2016, pois foram percebidas grandes oscilações na eficiência de remoção da DBO e DQO.

Tabela 2. Resultados médios no Esgoto Bruto e Efluente Tratado.

	Esgoto Bruto					
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Ssed. (mL/L)
Sem Tanino	490 ±180	850 ±237	342 ±202	7,1 ±0,2	313 ±108	2,9 ±2,0
Com Tanino (09/14 a 06/15;07/16 a 04/17)	580 ±139	983 ±229	511 ±294	7,2 ±0,2	384 ±168	5,1 ±5,1
	Efluente Tratado					
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Ssed. (mL/L)
Sem Tanino	114,7 ±31,1	246 ±48	61 ±21	7,0 ±0,1	97 ±27	0,2 ±0,3
Com Tanino (09/14 a 06/15;07/16 a 04/17)	97 ±20	245 ±43	82 ±33	7,2 ±0,4	108 ±40	0,7 ±0,7

Na figura 9, observa-se o comportamento dos resultados da eficiência da DBO e DQO ao longo do tempo, enquanto que na figura 10 a distribuição da eficiência de remoção da DBO para os períodos sem a aplicação e com a aplicação do tanino.

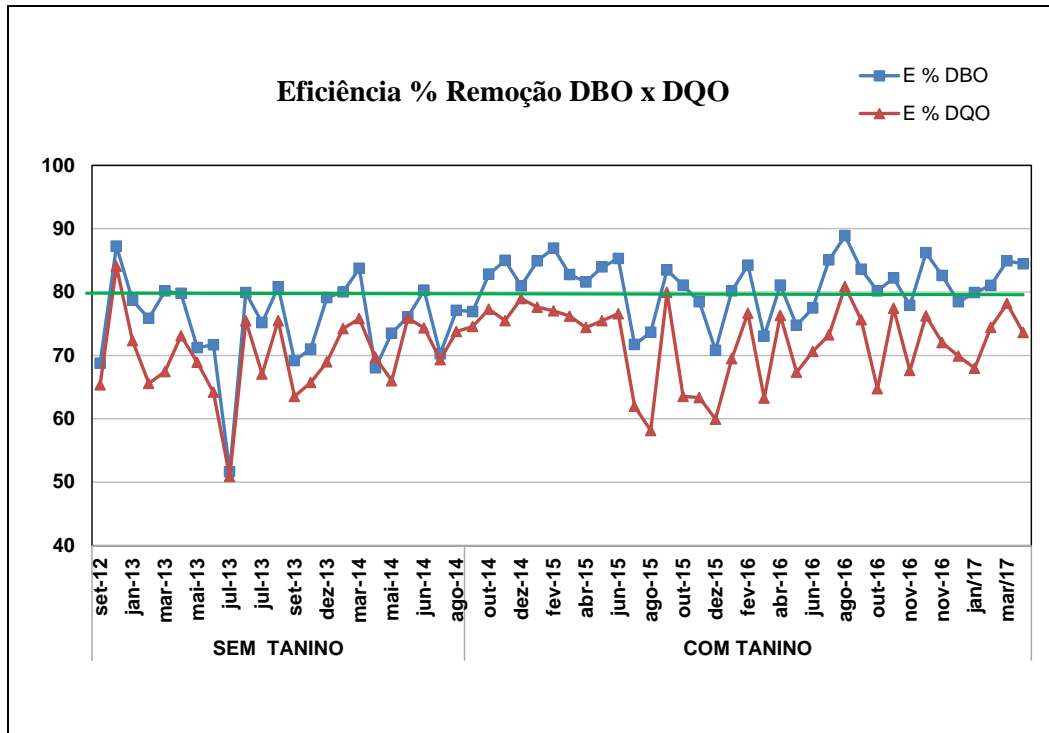


Figura 9. Comportamento da eficiência de remoção DBO x DQO

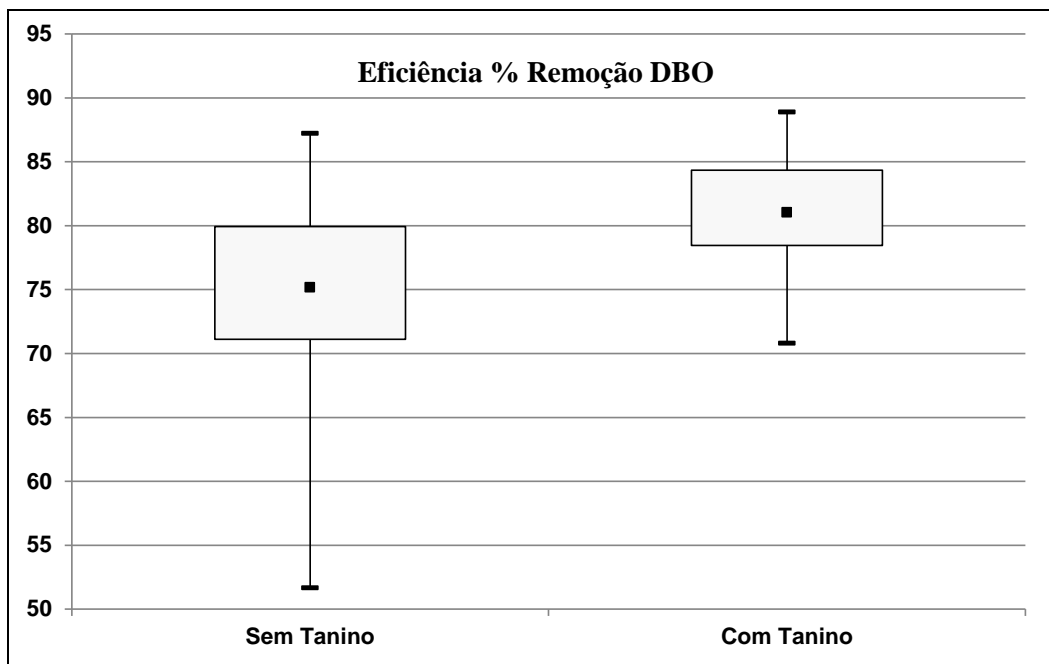


Figura 10. Eficiência remoção % DBO com e sem Tanino

Os resultados das concentrações da DBO no Esgoto Bruto e Efluente Tratado sem e com a aplicação do Tanino estão apresentados na figura 11 e na figura 12 têm-se a concentração de Sólidos Totais na zona de fundo do tanque séptico e filtro anaeróbio.

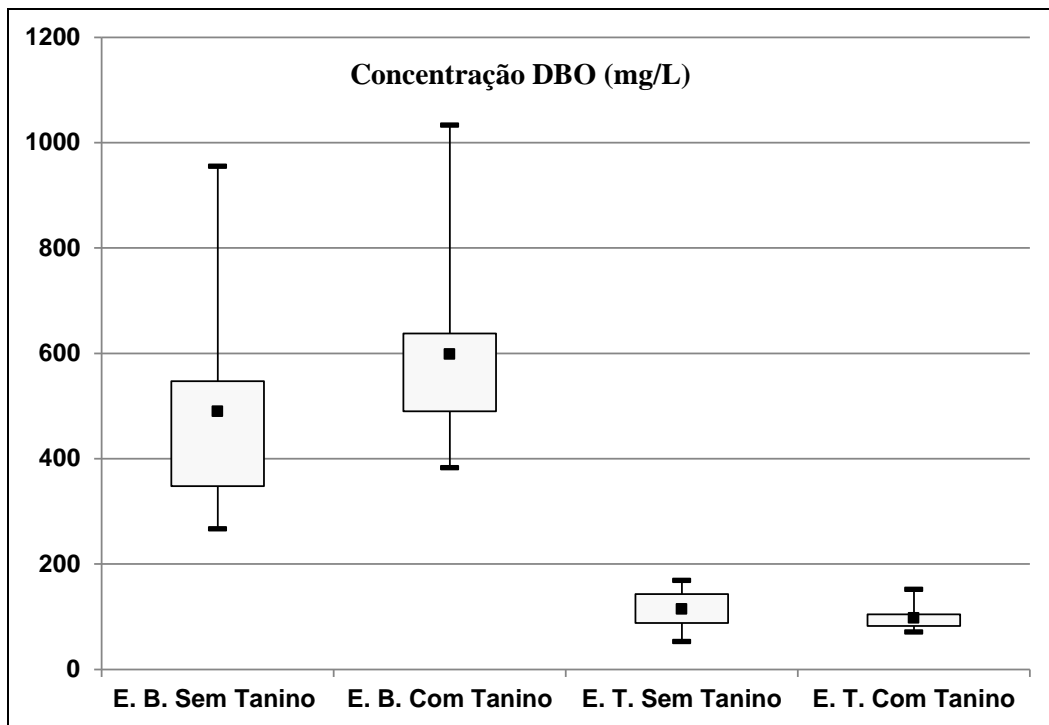


Figura 11. Concentração da DBO x DQO com e sem Tanino

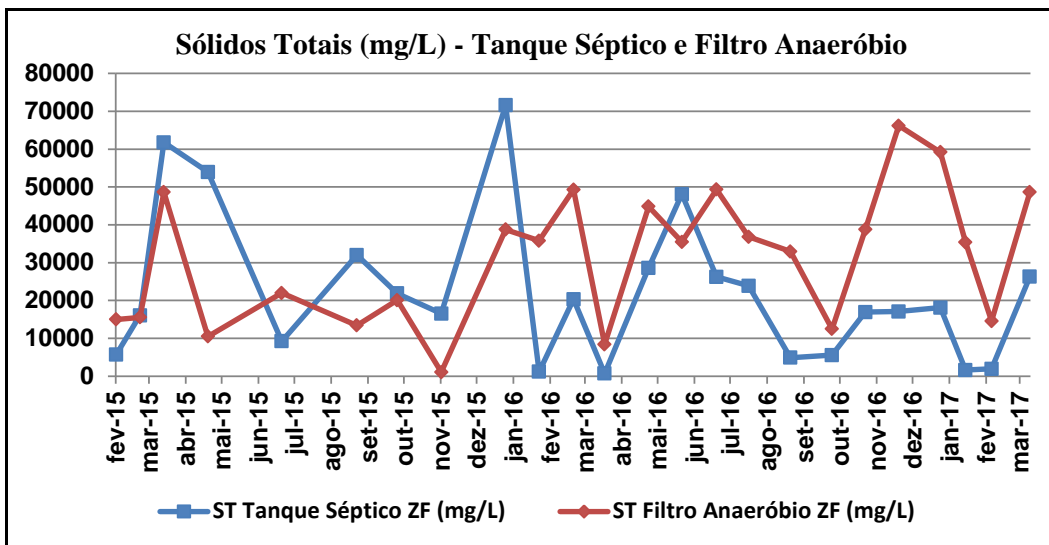


Figura 12. Concentração de Sólidos Totais na zona de fundo (ZF) do tanque séptico e filtro anaeróbio

Na tabela 3 é apresentada a frequência e a quantidade de lodo retirado dos tanques sépticos e filtros anaeróbios e da espuma removida dos tanques sépticos.

Tabela 3. Volume e frequência da remoção de Lodo e Escuma

Volume de Lodo e Escuma Removidos (m ³)									
MÊS	2015			2016			2017		
	LTS	ETS	LF	LTS	ETS	LF	LTS	ETS	LF
JAN				-	12	288	48	36	-
FEV				-	-	60	-	-	36
MAR		-		-	-	-	-	-	288
ABR				36	36	-	-	36	12
MAI				24	-	12			
JUN	-	60	-	-	-	-			
JUL	-	-	-	-	36	-			
AGO	-	-	48	-	24	-			
SET	-	-	48	-	-	12		-	
OUT	6	6	12	-	-	-			
NOV	-	-	36	-	-	-			
DEZ	-	48	24	-	-	-			
TOTAL (tipo/unidade)	6	54	168	60	108	372	48	72	336
TOTAL		228			540			456	

Legenda:

LTS = Lodo do Tanque Séptico

ETS = Escuma do Tanque Séptico

LF = Lodo do Filtro Anaeróbio

O consumo médio de Tanino utilizado no período de setembro de 2014 a abril de 2017 foi de 1440 kg/mês ± 509 a um custo médio de 3426 R\$/mês ± 1211,86. Com dosagens máxima, média e mínima em termos de teor ativo do produto de 232 mg/L, 43 mg/L e 15 mg/L, respectivamente. O custo unitário do produto variou de 2,27 R\$/kg a 3,03 R\$/kg, conforme as vigências dos contratos e dos diferentes fornecedores do Tanino durante o período de aplicação.

- **Produto Alcalinizante**

Na figura 13 observa-se o comportamento do pH imediatamente após a aplicação do produto alcalinizante (pH caixa distribuidora) e após a passagem do efluente pelos filtros anaeróbios (pH efluente tratado). Na figura 14, observam-se as concentrações de H₂S na atmosfera.

Estima-se um consumo médio de produto alcalinizante de 4.200 kg/mês a um custo de 0,89 R\$/kg gerando um custo mensal de 3738 R\$/mês. Comparativamente para o controle de odores e ausência de registro de reclamações, atualmente é consumido de 300 a 700 L/mês de neutralizador de odores ao custo mensal variando na faixa de 3360 a 7840 R\$/mês.

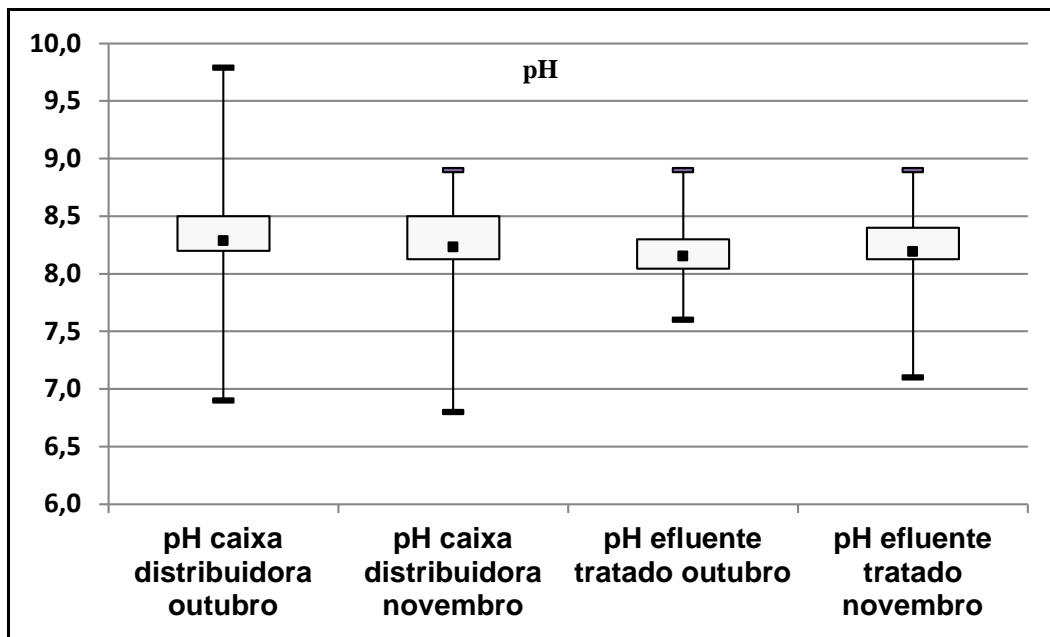


Figura 13. Variação do pH

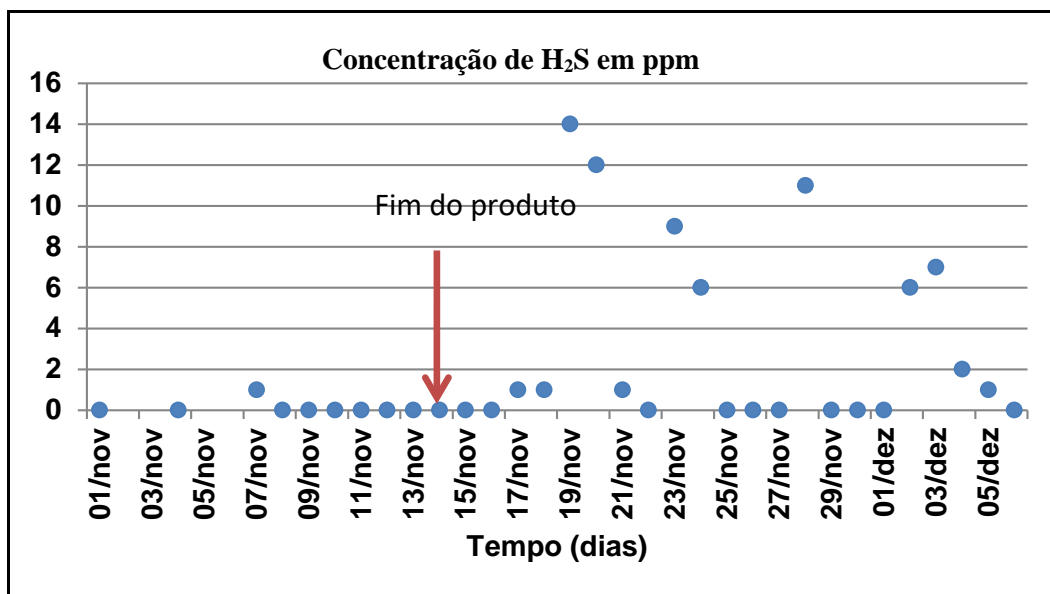


Figura 14. Concentração de H₂S em ppm

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação à tabela 2 foram excluídos desta análise os resultados do período de julho 2015 a junho de 2016, pois foram percebidas grandes oscilações na eficiência de remoção da DBO e DQO que ocorreram provavelmente devido aos seguintes fatores: cargas orgânicas pontuais elevadas no esgoto bruto, alternâncias de fornecedores do produto, sendo três fornecedores diferentes de Tanino ao longo de todo o período de estudo e necessidade de intensificação na remoção de lodo dos tanques sépticos e filtros anaeróbios. Na figura 9, é possível visualizar estas oscilações no comportamento da remoção da DBO e DQO neste período.

Percebe-se ao se analisar a tabela 2 que com a aplicação do Tanino, os resultados das concentrações da DBO no efluente tratado são menores que quando não foi aplicado o produto. É possível notar que mesmo com incrementos na carga orgânica do sistema (períodos de 09/14 a 06/15 e 07/16 a 04/17), foi possível manter as concentrações da DBO ligeiramente menores no efluente tratado, atendendo os limites da legislação federal

(Resolução CONAMA 430/2011) para a DBO de remoção mínima de 60% ou concentração máxima de 120 mg/l no efluente tratado e também atendendo os 80% de eficiência mínima requerida pela legislação Estadual (Decreto 8468/1976). Em relação aos outros parâmetros verificou-se uma ligeira queda na eficiência sem prejuízos ao sistema, com exceção do parâmetro SSed onde foi percebido aumento de sólidos sedimentáveis no efluente tratado após a introdução do Tanino, que pode ter sido causado pelo maior efeito da coagulação e floculação dos sólidos com o Tanino e/ou insuficiência na remoção de lodo no período sem a aplicação do Tanino, que poderá ser contornado com intensificação na frequência de remoção de lodo do sistema TS + FAN.

Analisando-se a figura 9 observa-se que após a aplicação do Tanino ocorre maior frequência de resultados acima de 80% de eficiência de remoção da DBO. Na figura 10 é nítida a melhora na eficiência da remoção da DBO após a aplicação do Tanino, onde se percebe que a média dos resultados com Tanino é de 81% enquanto que no período sem aplicação do Tanino a média ficou em torno de 75%. Analisando-se ainda esta figura, verifica-se que houve também uma melhora dos resultados mínimo e máximo de 52% e 87% sem tanino, respectivamente, para mínimo de 71% a 89% com tanino respectivamente. Percebe-se ainda que boa parte dos dados distribuídos entre o 1º quartil e o 3º quartil estão mais próximos do valor de 85% de eficiência quando aplicado o Tanino frente a 79% de eficiência sem o Tanino relativo ao 3º quartil.

Já na figura 11, nota-se uma sensível melhora em termos de concentração da DBO no efluente tratado, com resultado médio de 97 mg/L com Tanino e sem aplicação do Tanino com média de 115 mg/L. Também é possível observar que a maior parte dos resultados está compreendida entre 83,0 mg/L e 104,0 mg/L enquanto que sem Tanino têm-se 88 mg/l e 143 mg/l respectivamente, lembrando que apesar do aumento na carga orgânica no período com aplicação do Tanino foi possível melhorar os resultados das concentrações da DBO no efluente tratado.

Em relação à figura 12 foi verificada grande oscilação das concentrações dos sólidos em ambas as etapas do tratamento. Na tabela 3 são apresentados os volumes e a frequência de remoção de espuma nos tanques sépticos e lodo nos tanques sépticos e filtros anaeróbios. Antes da aplicação do Tanino, não havia um monitoramento das concentrações de sólidos presentes no lodo de fundo dos tanques sépticos e filtros anaeróbios, também não houve grandes preocupações na remoção sistemática do lodo já que a estação começou a operar em meados de 2012, havendo neste ano e 2013 quantidade de lodo suficiente que não era arrastado para o efluente tratado. No ano de 2014, ainda antes da aplicação do Tanino, foram realizadas remoção de 26 m³ de lodo de fundo dos três filtros anaeróbios e remoção de 13 m³ de espuma dos três tanques sépticos.

Foi observado que durante a utilização do Tanino houve a necessidade de intensificar a remoção das escumas formadas na superfície dos tanques sépticos. Analisando-se o ano de 2015, 2016 e início de 2017 é possível verificar frequências de remoção de espuma de 2 a 5 meses onde foram removidos em média por retirada 38 m³, 22 m³ e 36 m³, respectivamente. Em relação ao lodo, as remoções foram realizadas de forma a se manter a qualidade do efluente tratado em termos de SSed. Durante a aplicação do Tanino constatou-se maior necessidade de remover o lodo dos filtros anaeróbios onde foram removidos em média por retirada: 33 m³ (2015); 93 m³ (2016); e, 112 m³ (2017). No ano de 2015 houve frequências de limpeza por filtro de 2 a 3 meses (no período de junho a dezembro), já nos anos de 2016 e início do ano de 2017 optou-se por efetuar maiores retiradas em um ou dois meses e após efetuar menores remoções nos outros meses. Em relação aos Tanques Sépticos, parte do lodo de fundo foi removida praticamente uma vez ao ano durante a aplicação do tanino, com 6 m³ (2015); 60 m³ (2016) e 48 m³ (2017).

Em relação ao produto alcalinizante, analisando-se a figura 13 é perceptível o efeito do produto no pH. Mesmo com um tempo de detenção hidráulica de 36 horas nos filtros anaeróbios, o pH se manteve estável até a chegada na elevatória. Analisando a figura 14, nota-se a diminuição das concentrações de H₂S liberadas para a atmosfera com a aplicação do produto alcalinizante. Não houve registro de reclamações de maus odores e a condição operacional e de manutenção dos equipamentos ficou em maior segurança para os trabalhadores. Durante a aplicação do produto não foram detectadas alterações e/ou inibição do processo de tratamento do esgoto pelos filtros anaeróbios.

A menor liberação do gás sulfídrico para a atmosfera além de reduzir as reclamações de maus odores por parte da população circunvizinha, garante ainda como benefícios, a preservação das estruturas de concreto e equipamentos da estação elevatória de efluente tratado contra os efeitos da corrosão, e a segurança ocupacional dos operadores e trabalhadores dos setores de manutenção envolvidos e expostos à concentração limite de 8mg/L de H₂S para 8 horas de exposição, já que sem a aplicação do produto alcalinizante faz-se necessária a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), como por exemplo, respiradores faciais e filtro para gases tóxicos, detectores portáteis de gases, entre outros.

A aplicação do produto alcalinizante produz melhores resultados que o neutralizador de odores para o caso em estudo, e apresenta custos operacionais dentro da faixa já utilizada na ETE com os neutralizadores de odores para eliminar o incômodo na vizinhança. O produto alcalinizante poderia ser aplicado no esgoto bruto, desde que não cause interferência com a coagulação/floculação do tanino, e desse modo, as vantagens seriam maiores, com potencialidade para substituição total ao produto neutralizador de odores.

O custo de investimento em materiais e equipamentos (CAPEX) pode ser diminuído e otimizado, caso a aplicação se realizar na calha Parshall na chegada do esgoto bruto na ETE, e se neste caso ocorrer um gradiente de mistura rápida adequado, o misturador de 2 CV no ponto de aplicação poderá ser dispensado. Igualmente, as instalações para estocagem do produto podem ser mais simples que as utilizadas nesse estudo, utilizando-se IBCs de 1.000 litros com agitador de 0,5 CV em vez de tanque de 5.000 litros com agitador de 3 CV, desde que o fornecedor possua logística e facilidades para entregas parceladas em maior frequência ao longo do mês.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Foi percebida melhora na remoção da matéria orgânica principalmente em termos da DBO, ocasionando maiores frequências de valores de eficiência superior a 80% com a aplicação do Tanino. A média dos resultados de eficiência de remoção da DBO com a utilização do Tanino foi de 81 % enquanto sem a utilização do Tanino a média ficou em 75%. Para otimizar a aplicação do produto, sugere-se a utilização de uma bomba com inversor de frequência ou outro dispositivo que module a dosagem conforme a vazão e carga orgânica de entrada da ETE, para melhor controle das dosagens aplicadas e para atender as oscilações da vazão que ocorre durante o dia e durante a sazonalidade no decorrer do ano.

Não foi diagnosticada produção excessiva de lodo causado pela aplicação do Tanino, contudo foi necessário remover quantidades de lodo, principalmente dos filtros anaeróbios para evitar arraste e/ou diminuir arraste de sólidos no efluente tratado. Constatou-se, no entanto maior geração de espuma superficial nos tanques sépticos elevando a frequência de retirada para intervalos de 2 a 5 meses entre limpezas por meio de caminhão esgota fossa. Durante a utilização do produto houve um consumo médio de Tanino de 1440 kg/mês a um custo de R\$/mês 3426, com dosagens máxima, média e mínima em termos de teor ativo do produto de 232 mg/L, 43 mg/L e 15 mg/L respectivamente.

Por meio da aplicação do produto alcalinizante foi possível elevar o pH do meio líquido do filtro anaeróbio para faixa operacional próxima de 8,0, o que proporcionou menor desprendimento de gás sulfídrico (H₂S) para a atmosfera. Com isso esperam-se os seguintes benefícios com aplicação do produto: i) diminuição das reclamações de odores por parte da população circunvizinha a Estação; ii) maior preservação das estruturas de concreto e equipamentos da estação elevatória de efluente tratado contra os efeitos da corrosão; e, iii) maior segurança ocupacional dos operadores e trabalhadores dos setores de manutenção envolvidos e expostos à concentração limite de 8mg/L de H₂S para 8 horas de exposição.

O custo de investimento em materiais e equipamentos (CAPEX) para a aplicação do produto alcalinizante pode ser diminuído e otimizado, através da escolha de pontos adequados para aplicação do produto em locais de boa mistura com o esgoto e logística apropriada de entrega e armazenamento do produto.

Recomenda-se uma dosagem por um período maior, a partir do esgoto bruto, a fim de verificar o custo/benefício do produto alcalinizante para sua utilização na ETE em substituição total ao produto neutralizador de odores e possíveis interferências em longo prazo com a produção de lodo e atividade metabólica da biomassa nos filtros anaeróbios. A faixa de dosagem obtida no teste foi de 191 mg/L do produto

comercial e 29 mg/L em termos de teor de Ca, até 595 mg/L do produto comercial e 90 mg/L em termos de teor Ca.

Recomenda-se ainda, testes com produtos biotecnológicos para degradação da espuma/gordura nos tanques sépticos bem como outros produtos coagulantes orgânicos com função similar ao Tanino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT: NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. Setembro de 1993.
2. ABNT: NBR 13969. Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto construção e operação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. Setembro de 1997.
3. AISSE, M.M., TRAFCA, A.C., MOLL, A.C.B. MISTURIN, M. LUCCA, V.P. Análise da economicidade do emprego de tanques sépticos como solução para a gestão dos esgotos sanitários de pequenas comunidades. Artigo Técnico n° 199, Revista DAE, Maio-Agosto de 2015.
4. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG. 2007.
5. FRANÇA, J.T.L., STEFANUTI, R., FILHO, B.C, MARINHO, L.E., RODRIGUES, G.T. Avaliação da modificação de um sistema composto por tanque séptico e filtro anaeróbio por um modelo de aeração compartimentada. Artigo Técnico n° 197, Revista DAE, Setembro-Dezembro de 2014.
6. PELEGRINO, E.C.F. Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB por flotação. Dissertação. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos/SP. 2011.
7. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 st Ed. Washington, DC, 2012.
8. COELHO, A.F.; da SILVA, S.A. Tanino Catiônico como Coagulante Primário em ETA de Filtração Direta Ascendente. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 4 a 8 de outubro de 2015. Rio de Janeiro/RJ.
9. COELHO, A.F.; MOZINE, G.M.; de AQUINO, N.D. Utilização do Tanino Catiônico como Auxiliar de Coagulação em ETA de Tratamento Convencional. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 4 a 8 de outubro de 2015. Rio de Janeiro/RJ.
10. SOUZA, L.C. Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB. 147p. Tese Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte MG, 2010.