

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS TANQUE SÉPTICO-FILTRO
ANAERÓBIO COM DIFERENTES TIPOS DE MEIO SUPORTE

Renata Oliveira de Ávila

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. José Paulo Soares de Azevedo, Ph.D.

Prof. Eduardo Pacheco Jordão, Dr.

Prof. Isaac Volschan Júnior, D.Sc.

Prof.^a Márcia Walquíria de Carvalho Dezotti, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO DE 2005

ÁVILA, RENATA OLIVEIRA DE

Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte [Rio de Janeiro] 2005

XIV, 166 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2005)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Tratamento de Esgoto 2. Tratamento Anaeróbio 3. Sistema Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio 4. Meios Suporte

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais pelo carinho, apoio e compreensão não somente durante o curso de mestrado, mas em todos os momentos importantes de minha vida.

Ao meu amado Conrado, pelo valioso apoio neste trabalho, e pelo companheirismo demonstrado em todos estes anos.

À Promon Engenharia pelo incentivo e horas cedidas para o cumprimento dos créditos e elaboração da dissertação de Mestrado.

Ao querido professor Eduardo Pacheco Jordão, de quem tive a honra de ser aluna na graduação, no mestrado e por fim, orientada neste gratificante trabalho.

Ao professor Isaac Volschan Júnior pela paciência, disponibilidade e colaboração para o sucesso do CETE.

Aos amigos Paulo César, Marcelo e Lauro pela disponibilidade e dedicação que demonstraram na árdua tarefa semanal de coleta das análises.

Às amigas que fiz durante os encontros semanais no CETE, desde 2003, trocando informações e revezando nas tarefas: Ana Silvia, Betina, Iene, Olívia e Patrícia.

Ao professor José Paulo Soares de Azevedo pela prontidão, boa vontade e por ter se mostrado tão compreensivo nos momentos difíceis em que o procurei.

A Raul e Franklin do LHC pela gentileza e prontidão no atendimento às minhas solicitações.

A todos do DRHIMA pela simpatia e atenção que recebi.

A Cristina, Darlize e Cláudia do LEMA pela realização das análises das amostras das unidades estudadas neste trabalho e pela organização dos dados, que estavam sempre à minha disposição.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc)

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA TANQUE SÉPTICO-FILTRO ANAERÓBIO COM DIFERENTES MEIOS SUPORTES

Renata Oliveira de Ávila,

Fevereiro/2005

Orientadores: Eduardo Pacheco Jordão
José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

A tecnologia de reatores anaeróbios para o tratamento de esgoto sanitário vem sendo extensivamente desenvolvida no país nos últimos trinta anos. Apresentando diversas vantagens, como baixos custos de construção e operação, e baixa produção de lodo, os reatores anaeróbios demonstram ser alternativa bastante atrativa para a mitigação dos problemas de saneamento básico urbano e, principalmente, das áreas rurais. Este trabalho apresenta os resultados da associação de dois reatores anaeróbios: o tanque séptico, também conhecido como fossa séptica, e o filtro anaeróbio de fluxo ascendente. A pesquisa consiste no monitoramento durante seis meses de três sistemas com diferentes tipos de meio suporte para o filtro anaeróbio: anéis de plástico, cubos de espuma e brita n.º4. Com o objetivo de avaliar o comportamento e comparar o desempenho dos sistemas, foram realizadas, no esgoto afluente e nos efluentes tratados, análises físico-químicas dos parâmetros de eficiência conhecidos. Os resultados dos três sistemas foram muito bons e não diferiram entre si. Foram obtidas eficiências da ordem de 69%, 73% e 68% na remoção de DQO, 68%, 67% e 62% na remoção de DBO, e 90%, 93% e 90% na remoção de SST nos filtros de anéis de plástico, brita n.º. 4 e cubos de espuma respectivamente. Pode-se concluir que o desempenho dos sistemas foi semelhante, demonstrando a viabilidade técnica do meio suporte formado pelos cubos de espuma, ainda pouco experimentado.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Sciences (M.Sc)

PERFORMANCE VALUATION OF THE SEPTIC TANK-ANAEROBIC
TRICKLING FILTER SYSTEM WITH DIFFERENT TYPES OF FILTER MEDIA

Renata Oliveira de Ávila

February/2005

Advisors: Eduardo Pacheco Jordão
José Paulo Soares de Azevedo

Department: Civil Engineering

Lately, the technology of anaerobic reactors for domestic wastewater treatment has been extensively developed in Brazil. Presenting several advantages such as low construction and operating costs, and low sludge production, the anaerobic reactors are an attractive alternative to minimize problematic lack of basic sanitation in urban areas, primarily rural areas. This research presents the results of the association of two anaerobic reactors: septic tank and up flow anaerobic trickling filter. It consists of monitoring, for six months, three systems with different types of trickling filter media: plastic random media, foam cubes and rock stones. With the main objective of evaluating the behavior and comparing the performance of the systems, wastewater and treated effluent have been analyzed for the measurement of known efficiency parameters. The results of the three systems were very good and they were not very different from each other. The research obtained the following results for the plastic random media, rock stones and foam cubes, respectively: 69%, 73% e 68% of removal rates of COD, 68%, 67% e 62% of removal rates of BOD, and 90%, 93% e 90% of removal rates of TSS. It is appropriate to conclude that the performance of the systems was similar, indicating the technical feasibility of foam cubes as a new filter media.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	18
2.1 ESGOTO SANITÁRIO.....	20
2.2 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO.....	24
2.3 REATORES ANAERÓBIOS.....	25
2.4 TANQUE SÉPTICO	27
2.4.1 CONCEITO.....	27
2.4.2 HISTÓRICO.....	27
2.4.3 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA.....	28
2.4.4 DIMENSIONAMENTO.....	33
2.4.5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS.....	36
2.5 FILTRO ANAERÓBIO.....	39
2.5.1 CONCEITO E HISTÓRIA.....	39
2.5.2 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA.....	40
2.5.3 MEIO SUPORTE	45
2.5.4 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS.....	49
3. MATERIAIS E MÉTODOS ANALÍTICOS.....	53
3.1 CENTRO EXPERIMENTAL	53
3.2 TRATAMENTO PRELIMINAR.....	55
3.3 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE AO CETE POLI/UFRJ	56
3.4 CONSTITUIÇÃO DO ESGOTO BRUTO AFLUENTE ÀS UNIDADES EXPERIMENTAIS	57
3.5 CONJUNTO TANQUE SÉPTICO E FILTRO ANAERÓBIO	59

3.5.1	CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO E MEDIÇÃO DE VAZÕES.....	60
3.5.2	TANQUES SÉPTICOS E FILTROS ANAERÓBIOS.....	62
3.6	PARÂMETROS DO PROCESSO	71
3.7	FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS.....	73
3.7.1	AMOSTRAGEM.....	74
3.4.2	ANÁLISES.....	75
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1	RESULTADOS DO ESGOTO AFLUENTE AO CETE	83
4.2	RESULTADOS DOS TANQUES SÉPTICOS.....	84
4.3	RESULTADOS DOS SISTEMAS TANQUE SÉPTICO-FILTROS ANAERÓBIOS	100
5.	CONCLUSÕES.....	129
6.	RECOMENDAÇÕES.....	133
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Composição do Esgoto. Adaptado de MARA (1976).....	20
Figura 2.2 – Composição dos Sólidos no Esgoto, JORDÃO E PESSÔA (1995)	21
Figura 2.3 - Corte esquemático de um tanque séptico retangular de câmara única	29
Figura 2.4 – Detalhes e dimensões de um tanque séptico de câmara única	36
Figura 2.5 - Corte esquemático de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.....	42
Figura 3.1 - Placa do CETE Poli/UFRJ	53
Figura 3.2 - Vista geral do CETE Poli/UFRJ.....	53
Figura 3.3 - Arranjo físico do CETE.....	55
Figura 3.4 - Entrada do esgoto bruto e grade de barras.....	56
Figura 3.5 - Tanque de armazenamento do lodo.....	58
Figura 3.6 - Vista geral das instalações para a adição de lodo.....	58
Figura 3.7 - Tanque de equalização.....	58.
Figura 3.8 - Vista do Tanque de equalização e da estação elevatória.....	58
Figura 3.9 – Fluxograma esquemático do CETE com o caminhamento do esgoto até o conjunto da pesquisa.....	60
Figura 3.10 – Fotografia da caixa de distribuição.....	61
Figura 3.11 – Desenho esquemático da caixa de distribuição.....	61
Figura 3.12 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio - Planta.....	63
Figura 3.13– Vertedores dos conjuntos 1 e 2.....	64
Figura 3.14 – Doze pontos de coleta dos filtros anaeróbios.....	65
Figura 3.15 – Detalhe da tubulação dos filtros.....	66
Figura 3.16 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 1 - Corte.....	67

Figura 3.17 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 2 - Corte.....	68
Figura 3.18 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 3 - Corte.....	69
Figura 3.19 – Cronograma de coleta e análise laboratorial dos conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio (2004) – parte 1.....	76
Figura 3.20 – Cronograma de coleta e análise laboratorial dos conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio (2004) – parte 2.....	76
Figura 3.21 – Cronograma de coleta e análise laboratorial dos conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio (2004) – parte 3.....	76
Figura 3.22 – Ensaio de “Cone Imhoff”	77
Figura 4.1 – Localização da visita onde é feita a coleta do efluente do tanque séptico .	85
Figura 4.2 - Primeira coleta, sem descarte (à esquerda); Efluente após descarte dos sólidos retidos na tubulação (à direita)	86
Figura 5.1 – Vista do filtro de cubos de espuma	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação da força do esgoto em termos de DBO e DQO (MARA, 1976).....	23
Tabela 2.2 – Contribuição diária de esgoto (C) e do lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante (ABNT – NBR 7229/93).....	34
Tabela 2.3 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil (ABNT – NBR 7229/93).....	35
Tabela 2.4 – Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária (ABNT – NBR 7229/93).....	35
Tabela 2.5 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio (ABNT – NBR 7229/93).....	35
Tabela 2.6 - Características dos filtros anaeróbios de diferentes sentidos de fluxo.....	43
Tabela 2.7 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo e prédio e de ocupantes (ABNT – NBR 7229/93).....	48
Tabela 2.8 – Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias) (ABNT – NBR 7229/93).....	49
Tabela 3.1 - Composição físico-química (mg/ℓ) do esgoto afluyente ao CETE/UFRJ.....	57
Tabela 3.2 - Composição físico-química do esgoto bruto afluyente à unidade experimental de pesquisa.....	59
Tabela 3.3 – Características dos meios suportes.....	70
Tabela 3.4 – Dados dos conjuntos Tanque Séptico de Filtro Anaeróbio	72
Tabela 3.5 - Comparativo de custos entre os meios suportes.....	73

Tabela 4.1 – Resultados consolidados do CETE entre os meses de junho e dezembro para os parâmetros DQO, DBO, SST e SSF	83
Tabela 4.2 – Resultados consolidados do CETE entre os meses de junho e dezembro de 2004 para os parâmetros SSV, pH, Turbidez, Cor e Temperatura	83
Tabela 4.3 – Resultado das análises do lodo inoculador	84
Tabela 4.4 – Concentrações e eficiências na remoção de DQO dos tanques sépticos....	86
Tabela 4.5 – Concentrações e eficiências na remoção de DBO dos tanques sépticos....	89
Tabela 4.6 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Totais dos tanques sépticos.....	90
Tabela 4.7 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Fixos dos tanques sépticos.....	92
Tabela 4.8 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Voláteis dos tanques sépticos.....	95
Tabela 4.9 – Volumes de Sólidos Sedimentáveis nos efluentes dos tanques sépticos...97	
Tabela 4.10 – Volumes de Sólidos Sedimentáveis nos efluentes dos tanques sépticos.98	
Tabela 4.11 – Médias de concentração e eficiência na remoção de DQO	101
Tabela 4.12 – Médias das concentrações de DQO e eficiências das diferentes alturas dos filtros.....	102
Tabela 4.13 - Médias de concentração e eficiência na remoção de DBO.....	106
Tabela 4.14 – Médias das concentrações de DBO e eficiências das diferentes alturas dos filtros.....	106
Tabela 4.15 - Médias das concentrações de SST, SSF e SSV e eficiências obtidas nas saídas dos filtros.....	108
Tabela 4.16 – Médias das concentrações de SST e eficiências das diferentes alturas dos filtros.....	109

Tabela 4.17 – Médias das concentrações de SSF e eficiências das diferentes alturas dos filtros.....	110
Tabela 4.18 – Médias das concentrações de SSV e eficiências das diferentes alturas dos filtros.....	111
Tabela 4.19 - Médias dos parâmetros cor, turbidez e pH dos efluentes dos filtros na saída.....	119
Tabela 4.20 - Resultados do filtro 1 (anéis de plástico) – diferentes alturas.....	119
Tabela 4.21 - Resultados do filtro 2 (brita 4) – diferentes alturas.....	120
Tabela 4.22 - Resultados do filtro 3 (cubos de espuma) – diferentes alturas.....	120
Tabela 4.23 – Padrão de Lançamento de efluentes para todas as classes de corpos d’água da resolução CONAMA n.º 20.....	123
Tabela 4.24 – Eficiência de remoção mínima ou concentração máxima de matéria orgânica exigida no estado do Rio de Janeiro.....	123
Tabela 4.25 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 1.....	125
Tabela 4.26 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 2.....	126
Tabela 4.27 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 3.....	127
Tabela 4.28 – Resumo dos resultados de cor, turbidez e pH dos três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio.....	128

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
CEF	Caixa Econômica Federal
CEPT	<i>Chemical Enhanced Primary Treatment</i> (Tratamento Primário Quimicamente Assistido)
CETE	Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Poli/UFRJ
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da UFRJ
CTSFA	Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD em inglês)
DBO _{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio padrão de 5 dias a 20°C
DQO	Demanda Química de Oxigênio (COD em inglês)
DRHIMA	Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Poli/UFRJ
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FAU	<i>Formazin Attenuation Units</i>
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do estado do Rio de Janeiro
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos (do Ministério de Ciência e Tecnologia)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEMA	Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente
LHC	Laboratório de Hidráulica Computacional da Área de Recursos Hídricos da COPPE
pH	Potencial Hidrogeniônico
Poli/UFRJ	Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PtCo	unidade de cor “Platina-Cobalto”
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais (TSS em inglês)

SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos vinte anos, é evidente a crescente conscientização sobre a importância do saneamento básico para a saúde da população. Ainda assim, com base nas informações disponíveis, pode-se estimar seguramente que os esgotos de apenas 30% da população brasileira urbana, ou menos, passam por estações de tratamento (SNIS, 2002). Os baixos níveis de atendimento à população brasileira com serviços de saneamento básico, sobretudo coleta e tratamento de esgotos sanitários, se devem principalmente a problemas de ordem política e econômica, pois não há empecilho tecnológico. Esse quadro permite prever que soluções individuais para o destino de esgotos serão ainda amplamente adotadas.

Sempre houve a opção preferencial de atuação nos grandes centros urbanos com tecnologia geralmente importada. Há que se perceber a necessidade da aplicação de tecnologia adequada à realidade do Brasil, e que possibilite o enfrentamento da questão, atendendo a situações presentes tanto em grandes cidades como em pequenos assentamentos humanos.

A adoção de soluções funcionalmente simples e, por conseguinte, com alta relação benefício/custo pode revelar-se vantajosa. Diante das condições ambientais, culturais, e econômicas do Brasil, soluções funcionalmente simples são as que utilizam os processos menos mecanizados e reatores mais fáceis de serem construídos e operados.

A solução individual para destino de esgoto sanitário (ou tratamento localizado de esgoto) apresentada neste trabalho é o sistema composto por tanque séptico e filtro anaeróbio. Este sistema é largamente utilizado em meios rurais e em comunidades de pequeno porte.

O tanque séptico foi a primeira unidade idealizada para tratamento de esgotos e até hoje é a mais extensivamente empregada, numericamente, em todos os países. Isso se deve principalmente à simplicidade e aos baixos custos de construção e operação. É a solução individualizada de tratamento de esgotos, utilizada por comunidades que geram pequenas vazões e empregada em áreas desprovidas de sistema público de esgoto sanitário.

Os filtros biológicos, especificamente os filtros anaeróbios, têm sido utilizados no Brasil desde 1970, e se tornaram mais populares a partir de 1982 quando a ABNT, através da NBR 7229/82, incorporou diretrizes básicas para projeto e construção de filtros anaeróbios, incentivando o seu uso como unidades de pós-tratamento dos efluentes de tanques sépticos. São tanques contendo leito de pedras ou outro material inerte capaz de dar suporte ao biofilme formado pelos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente no esgoto.

A associação desses dois tipos de reatores anaeróbios para tratamento de esgotos vem sendo bastante estudada no país. Entre os estudos realizados, destacam-se as pesquisas financiadas pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, apoiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e a CEF (Caixa Econômica Federal). No âmbito deste programa, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, vem sendo estudado um sistema constituído de um decanto-digestor de duas câmaras em série com um pequeno filtro de pedras de fluxo ascendente, acoplado à segunda câmara em comunicação direta, e seguido de filtros anaeróbios de fluxo descendente afogado. Em escala piloto, o sistema obteve remoções da ordem de 80% da DQO total e 90% dos sólidos suspensos.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o desempenho de três sistemas simplificados de tratamento de esgotos, compostos por tanque séptico e filtro anaeróbio,

este com diferentes tipos de meio suporte. Esta pesquisa, realizada no Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Escola Politécnica da UFRJ, o CETE Poli/UFRJ, consistiu no monitoramento das unidades durante um período de seis meses, através da realização de análises físico-químicas do esgoto afluyente ao CETE Poli/UFRJ e dos efluentes tratados. Serão analisados os principais parâmetros de eficiência conhecidos das unidades em questão: DBO, DQO, SS, sólidos sedimentáveis, cor, turbidez, e pH.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Verificação da eficiência dos filtros utilizando meio suporte de plástico;
- Verificação da eficiência dos filtros utilizando meio suporte de espuma;
- Verificação da eficiência dos filtros utilizando meio brita nº 4;
- Comparação do comportamento e da eficiência dos filtros de brita, plástico e espuma;
- Avaliação do comportamento e eficiência dos tanques sépticos.
- Verificação da eficiência dos filtros com saída de efluente em variadas alturas (0,69m, 1,12m, 1,68m e 2,09m de altura);
- Comparar as dimensões dos tanques e filtros com o que é preconizado pela norma da ABNT vigente;
- Analisar a relação custo/benefício dos três tipos de meio suporte pesquisados;
- Verificar se os efluentes tratados atendem às exigências das legislações federal e estadual do Rio de Janeiro para lançamento em corpos receptores;
- Avaliar resultados e compará-los aos obtidos nas experiências brasileiras mais recentes (realizadas nos últimos 20 anos).

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Desde a Antiguidade, o Homem tem buscado fixar-se próximo às regiões do globo com disponibilidade das fontes de energia necessárias à sua subsistência: luz solar, ar, água e alimento. Devido à abundância das duas primeiras no planeta, pode-se afirmar que a água tem sido o fator primordial na fixação do Homem e formação de novas comunidades (JORDÃO e PESSÔA, 1995).

Segundo VON SPERLING (1996), a água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos, esta porcentagem sobe a 98%. Os $1,36 \times 10^{18} \text{m}^3$ de água disponíveis no planeta distribuem-se da seguinte forma:

- Água do mar: 97%
- Geleiras: 2,2%
- Água doce: 0,8%, dos quais 3% são de água superficial e 97% são de água subterrânea.

Por comodismo, o Homem tem demonstrado não se preocupar com a real necessidade de condicionar os resíduos refugados pelo organismo e pela própria comunidade. Lança-os em rios e córregos com o objetivo de serem transportados para longe e que as águas realizem a autodepuração. Entretanto, com o aumento da população, e, conseqüentemente o aumento do volume de carga orgânica lançado nos corpos d'água, estes tornaram-se incapazes de se autodepurarem. Esse comportamento tem causado a contaminação das águas pelos resíduos humanos, tornando inevitável o consumo dessas importantes fontes de energia cada vez mais impuras e inadequadas à vida.

O agravamento das condições de poluição, somado ao instinto de auto-conservação, levou as comunidades a estabelecerem sistemas de defesa (JORDÃO E PESSÔA, 1995):

- Sistemas de abastecimento de água;
- Sistemas de esgotos sanitários;
- Sistemas de limpeza urbana.

Os sistemas de esgotos sanitários consistem na coleta, transporte, tratamento e disposição dos despejos em grande parte domésticos e, em pequena parte, industriais.

A coleta e o transporte desses despejos são feitos através de canalizações que recebem as contribuições das redes (cidades, indústrias, etc.) e que as encaminham para o tratamento e disposição.

Os esgotos coletados são encaminhados para as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Essas estações são responsáveis pela remoção dos poluentes da água, de forma a adequar o lançamento ao corpo receptor a um padrão de qualidade vigente.

Nas ETE os esgotos são tratados em vários níveis, através de diversas operações e processos.

Os processos de tratamento de esgotos sanitários podem ser classificados como naturais e artificiais. Naturais são aqueles que se utilizam das forças da natureza (insolação, aeração, movimentos, diluição, dispersão, sedimentação, decaimento bacteriano, etc.) Artificiais são aqueles que empregam energia elétrica e mecânica, procurando repetir processos semelhantes àqueles realizados pela natureza através de seus mecanismos de autodepuração.

Após o tratamento, o efluente é lançado ao corpo receptor que pode ser um rio ou um oceano, infiltrado no solo e etc., dependendo de seu uso e das condições em que se encontra.

2.1 ESGOTO SANITÁRIO

Esgoto sanitário é a água residuária de uma comunidade. Pode ser puramente doméstico ou conter algum despejo industrial ou de agricultura, uma parcela de águas de infiltração e uma de águas pluviais. O tipicamente doméstico compõe-se basicamente de resíduos gerados pelo Homem (fezes e urina), papel, restos de comida, sabão e águas de lavagem.

O esgoto fresco é cinza, turvo e com pouco, mas desagradável odor. Contém muitos sólidos flutuantes: grandes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papéis, grãos, etc.) e microscópicos (coloidal). Em climas quentes, o esgoto perde rapidamente o oxigênio dissolvido, tornando-se séptico. Este tem um odor mais forte, devido à presença de gás sulfídrico.

Em climas quentes, somente 0,1% do esgoto é constituído de sólidos. O restante (99,9%) é composto de água (ver Figura 2.1).

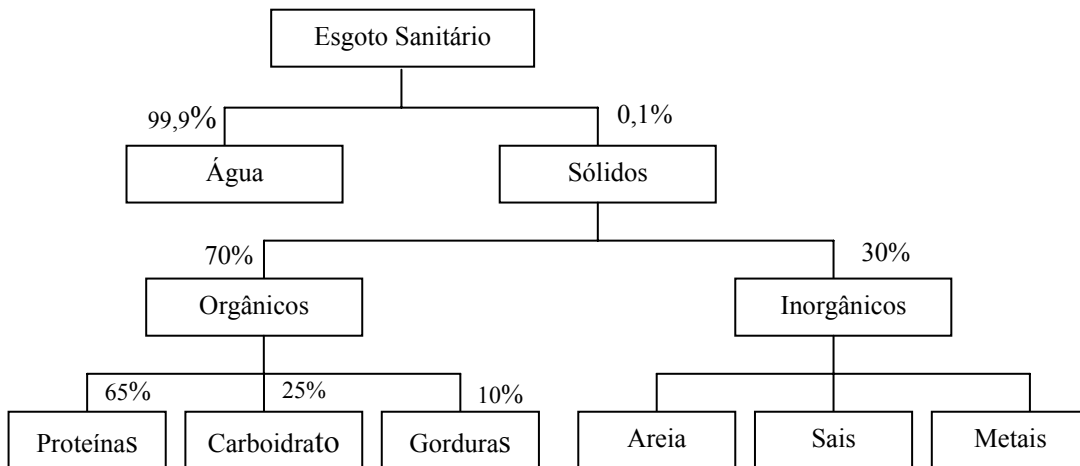


Figura 2.1 – Composição do Esgoto. Adaptado de MARA (1976)

Apesar de representar apenas 0,1% do esgoto, o teor de matéria sólida é a mais importante característica física para o dimensionamento e controle de operações de unidades de tratamento.

Os sólidos presentes nos esgotos têm a seguinte composição:

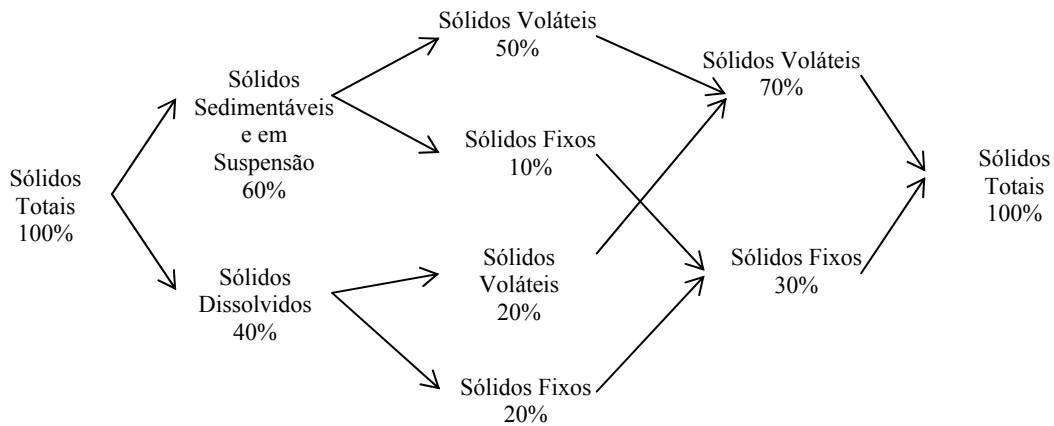


Figura 2.2 – Composição dos Sólidos no Esgoto, JORDÃO E PESSÔA (1995)

Os sólidos totais no esgoto podem ser definidos como a matéria sólida que permanece como resíduo após a evaporação a 103°C. Quando este resíduo é calcinado a 550°C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza: sólidos voláteis e sólidos fixos respectivamente. Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica, enquanto os sólidos fixos representam a matéria inorgânica.

A fração orgânica dos sólidos é composta de proteínas, carboidratos e gorduras. Esses componentes, particularmente os dois primeiros, servem como excelente alimento para as bactérias. Esses organismos microscópicos, de voraz apetite por comida, são largamente explorados nos tratamentos biológicos dos esgotos.

A forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto é através da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Esta padronização mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após um dado tempo (padronizado em 5

dias) e a uma temperatura padrão (20°C). É, portanto, uma medida indireta do grau de poluição de uma água residuária, ou da eficiência do tratamento aplicado a esta.

Outra forma de medir a quantidade de matéria orgânica é através da DQO (Demanda Química de Oxigênio). Este ensaio laboratorial determina a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica presente numa amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida. A DQO engloba todos os tipos de demandas de oxigênio, incluindo a DBO. Além disso, permite respostas em apenas duas horas, tempo muito menor que a DBO.

Segundo MARA (1976), o quociente entre DBO e DQO para esgoto doméstico é de aproximadamente 0,5. A literatura brasileira baseada nas várias pesquisas realizadas nos últimos anos tem confirmado este quociente, com uma variação entre 0,4 e 0,5. Essa relação é importante devido ao custo e longo período para a realização da análise de DBO. Segundo SILVA e MENDONÇA (2002), o custo de uma análise de DBO é cerca de 4,5 vezes o custo da análise de DQO, e o tempo necessário para a obtenção do resultado é de 5 dias.

Outros parâmetros importantes na caracterização do esgoto são a cor, turbidez, pH e temperatura. A investigação da presença de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, também se torna importante para o controle do processo de eutrofização, quando necessário.

A cor é formada pelos sólidos dissolvidos no esgoto. Tem origem na decomposição de matéria orgânica, ou na presença de ferro e manganês. Segundo VON SPERLING (1996a), não representa grande risco à saúde, mas é esteticamente desagradável. Deve-se atentar para a diferença entre cor verdadeira e cor aparente. Nesta, inclui-se uma parcela devido à turbidez. Quando é removida, obtém-se a cor verdadeira.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água. Constitui-se de sólidos em suspensão com origem em partículas de rocha, argila, silte e microrganismos. Também é esteticamente desagradável, mas pode representar risco à saúde devido à possibilidade de abrigo a microrganismos patogênicos nos sólidos suspensos.

O pH, potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Pode variar de 0 a 14 e não tem unidade. O levantamento desse parâmetro é importante para o controle dos processos de tratamento de esgoto. Valores de pH afastados da neutralidade (pH=7) podem afetar o crescimento de microrganismos. Segundo FORESTI (1998), o pH ótimo para a digestão anaeróbia é de 6,8 a 7,5, mas o processo ainda continua bem sucedido num limite de 6,0 a 8,0.

A temperatura é importante, pois quando elevada aumenta as taxas das reações bioquímicas, diminui a solubilidade dos gases e aumenta a taxa de transferência de gases, podendo causar odores desagradáveis.

Os esgotos sanitários também podem ser classificados em relação concentração de matéria orgânica, medida através de DBO e DQO. Sob este ponto de vista, o esgoto classifica-se de acordo com a Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Classificação da concentração do esgoto em termos de DBO e DQO (MARA, 1976)

Classificação da concentração	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)
Fraco	< 200	<400
Médio	350	700
Forte	500	1000
Muito Forte	>750	>1500

2.2 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Dependendo da carga orgânica lançada, os esgotos provocam a degradação do ambiente (solo, água e ar). Em alguns casos, o meio demonstra ter condições de receber e decompor os contaminantes até alcançar um nível que não cause problemas ou alterações acentuadas que prejudiquem o ecossistema local e circunvizinho. Esse fato demonstra que a natureza tem condições de promover o “tratamento” dos esgotos, desde que não ocorra sobrecarga e que haja boas condições ambientais que permitam a evolução, reprodução e crescimento de organismos que decompõem a matéria orgânica.

Tratar esgotos é efetivamente aplicar energia para separar e reduzir em águas servidas (esgotos sanitários) as concentrações de materiais e substâncias que a elas foram adicionados por seus usos.

Um sistema de tratamento dos esgotos é usualmente classificado através dos níveis preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e, conseqüentemente, parte da matéria orgânica. O tratamento secundário visa à remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes. Já o tratamento terciário objetiva a remoção de nutrientes e poluentes específicos, como compostos não biodegradáveis ou tóxicos.

No Brasil, são empregadas várias técnicas de tratamento de esgotos, desde sofisticados sistemas até processos simples. Entre as tecnologias de baixo custo e pequenas vazões desenvolvidas nos últimos vinte anos, destacam-se: reatores anaeróbios de fluxo ascendente por meio de lodo, tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios e formas de disposição controlada no solo.

2.3 REATORES ANAERÓBIOS

Os reatores biológicos anaeróbios são unidades de tratamento de esgoto responsáveis basicamente pela remoção da matéria orgânica particulada ou dissolvida, em ambientes sem a presença de oxigênio livre. A digestão anaeróbia que ocorre nesses reatores é um processo biológico, no qual diferentes tipos de microorganismos promovem a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em moléculas mais simples como metano e gás carbônico.

Segundo CHERNICHARO et al. (2001), as grandes vantagens dos processos anaeróbios são:

- a) baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios;
- b) baixo consumo de energia – custos operacionais baixos;
- c) baixa demanda de área;
- d) baixos custos de implantação;
- e) produção de metano, um gás combustível com alto teor calorífico;
- f) possibilidade de preservação da biomassa sem alimentação do reator, por vários meses;
- g) baixo consumo de nutrientes.

Os reatores anaeróbios mais utilizados no país são: lagoas anaeróbias, tanques sépticos ou decanto-digestores, filtros anaeróbios, reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB), e reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidificado (CAMPOS et al., 1999).

Os reatores biológicos são as principais unidades de uma ETE, embora isoladamente não atendam à totalidade dos requisitos para a remoção de todos os constituintes dos esgotos. Por isso, muitas vezes são necessárias combinações de

reatores biológicos com diferentes configurações para atender aos requisitos de qualidade do efluente.

O exemplo clássico de combinação de reatores anaeróbios é o sistema formado pelo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, muito utilizado na prática no país. O tanque séptico tem por finalidade principal reter os sólidos inorgânicos e orgânicos por sedimentação. Estes últimos constituem parte da DBO total, a fração mais particulada, que com o tempo será digerida anaerobiamente no fundo do tanque. A fração mais solúvel da DBO total será posteriormente tratada no filtro anaeróbio, que pela sua configuração é mais adequado para o tratamento de esgoto com prévia remoção de sólidos suspensos. A excessiva quantidade destes constituintes provocaria em curto tempo a colmatação do leito, o que poderia causar um mau desempenho e até o seu colapso.

2.4 TANQUE SÉPTICO

2.4.1 CONCEITO

Também conhecido como decanto-digestor ou fossa séptica, o tanque séptico é um dispositivo de tratamento localizado de esgotos, utilizado por comunidades que geram vazões relativamente pequenas e empregado em áreas urbanas desprovidas de rede coletora pública de esgoto sanitário. Essa solução tem capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com sua simplicidade e custo.

De acordo com JORDÃO e PESSÔA (1995) os Tanques Sépticos são sistemas para tratamento de nível primário. São compartimentos hermeticamente fechados onde os esgotos são retidos por um período previamente determinado.

2.4.2 HISTÓRICO

Segundo ANDRADE NETO (1997), o tanque séptico ou decanto-digestor foi inventado em 1872, na França, por Jean Louis Mouras. Este idealizou um tanque para reter a matéria sólida dos esgotos da cozinha de sua residência, antes de lançá-lo ao sumidouro. Após doze anos de funcionamento, Mouras percebeu que o volume de sólidos acumulados era muito menor do que ele havia imaginado.

Baseado nas então recentes descobertas de Pasteur, Mouras acreditava com razão, que a redução observada no volume da matéria sedimentável do esgoto fosse devida à atividade bacteriana que produzia a liquefação e gaseificação dos sólidos orgânicos, em ambiente anaeróbio, através do processo denominado fermentação. Daí a denominação séptico que adotaram para o tanque. Essa palavra deriva de *sepsis*, que significa decomposição, putrefação, fenômeno em que intervém a atividade microbiológica. (BATALHA, 1992, citando prof. Samuel M. Branco)

De acordo com AZEVEDO NETTO (1985), Mouras patenteou seu invento em 1881, com o nome de “Eliminador Automático de Excrementos“. Foi denominado

“Tanque Séptico” quando patenteado em 1896 pelo Engenheiro Donald Cameron, na Grã Bretanha.

Ainda segundo o autor, no Brasil, a primeira aplicação foi um grande tanque construído em Campinas, SP, 1892, para tratamento de esgotos urbanos. No entanto, só a partir da década de 30 do século XX, o tanque séptico foi amplamente difundido. Em 1963, a ABNT publicou a NB-41/63 orientando sua utilização.

Atualmente, o projeto e construção dos tanques sépticos são normatizados pela ABNT através da NBR-7229 – “Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos”, criada em 1982 e revisada em 1993. Em setembro de 1997, a ABNT publicou sua complementação, a NBR-13969, com o título “Tanques Sépticos – Unidade de Tratamento Complementar e Disposição Final de Efluentes Líquidos – Projeto e Construção”.

2.4.3 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

2.4.3.1 FUNCIONAMENTO

Os tanques sépticos são reatores biológicos anaeróbios, onde há reações químicas com a interferência de microorganismos, os quais participam ativamente no decréscimo da matéria orgânica. Nesses tanques, o esgoto é tratado na ausência de oxigênio livre (ambiente anaeróbio), ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e formação do biogás, que é composto principalmente de metano e gás carbônico.

Suas principais funções são: reter os despejos domésticos e/ou industriais por um período determinado, permitir a sedimentação dos sólidos, decomposição da parte orgânica e retenção do material graxo.

Podem ser construídos em câmaras simples ou divididas em compartimentos verticais ou horizontais. Podem ter forma retangular ou cilíndrica, e são dotados de aberturas para entrada do esgoto e saída do efluente tratado. Na Figura 2.3 é mostrado um tanque séptico retangular de câmara única.

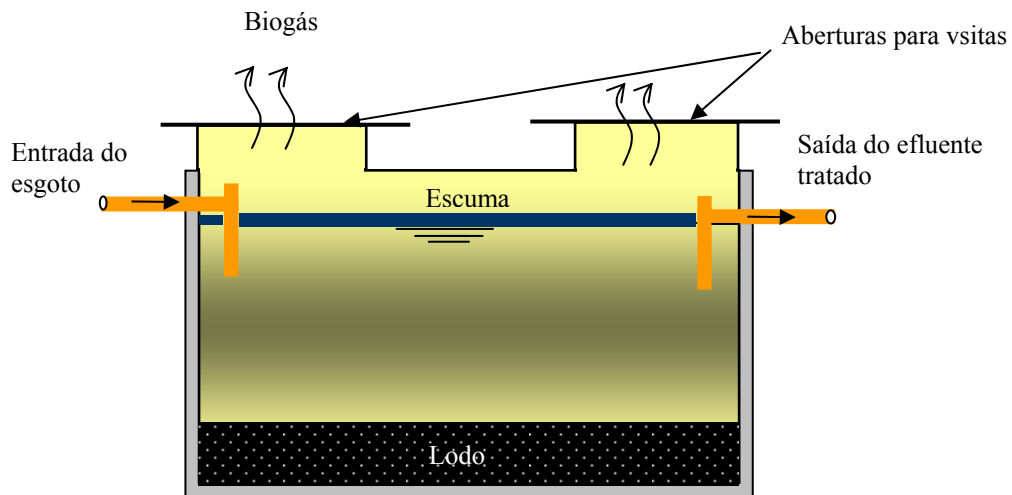


Figura 2.3 - Corte esquemático de um tanque séptico retangular de câmara única

Segundo ANDRADE NETO et al. (1999a), os tanques de câmaras divididas em compartimentos horizontais constituem um único tanque coberto, dividido por uma parede interna vazada, formando duas câmaras em série. A primeira deve ser maior que a segunda, pois é onde há o acúmulo de maior quantidade de lodo ativo, e por isso, onde ocorre significativa remoção da matéria orgânica dissolvida. A segunda câmara permite uma melhor sedimentação, menos turbulenta, facilitando a remoção de sólidos suspensos com maior eficiência devido à menor interferência de bolhas de gases.

Os de câmaras divididas em compartimentos verticais são tanques com câmaras sobrepostas que permitem a separação mais eficaz das fases. Os modelos mais comuns são os tanques Imhoff.

Em suas várias configurações, os tanques sépticos realizam múltiplas funções:

- Decantação - separação de fases (sólida, líquida e gasosa). Segundo ANDRADE NETO et al. (1999a), a decantação é tanto maior quanto maior o tempo de detenção médio dos esgotos no reator e menor a turbulência;
- Sedimentação – deposição de sólidos de densidade maior que a água pela ação da gravidade;
- Flotação dos sólidos - pequenas bolhas de gases, produzidas na digestão anaeróbia, aceleram a ascensão de partículas menos densas, formando a espuma. Segundo ANDRADE NETO et al. (1999a), a camada de espuma formada pode ter espessura de 20 a 25cm, e é constituída por gorduras e produtos orgânicos biodegradáveis, preponderantemente;
- Desagregação e digestão do material sedimentado (lodo) e do material flutuante (espuma) – a maior atividade biológica ocorre no lodo sedimentado;
- Tratamento anaeróbio da fase líquida em escoamento, devido à mistura natural do lodo com os esgotos e ao tempo de detenção hidráulica maior que nos decantadores usuais. A ação biológica na fase líquida pode ser significativa, principalmente em climas quentes.

Para ANDRADE NETO et al. (1999a), devido às várias fases da digestão anaeróbia, às correntes de convecção térmica e aos gases ascendentes, o lodo sedimentado e a espuma mudam de densidade. Este fato, associado à turbulência de fluxo, fazem com que parte dos sólidos sedimentados e do lodo ativo misturem-se com a fase líquida, aumentando a eficiência do reator na remoção de matéria orgânica dissolvida.

2.4.3.2 EFICIÊNCIA

Ainda segundo o autor, os tanques sépticos têm eficiência situada entre 40% e 70% na remoção de DQO ou DBO, e 50% a 80% na remoção de SST.

Essa eficiência depende de vários fatores:

- carga orgânica volumétrica;
- carga hidráulica;
- geometria;
- arranjo das câmaras;
- temperatura e
- condições de operação.

Segundo JORDÃO e PESSÔA (1995), as fossas sépticas de câmara única ou de câmaras sobrepostas têm eficiência na remoção de $DBO_{5,20}$ na faixa de 30 a 50%. Já as de câmaras em série têm eficiência na faixa de 35 a 65%. A eficiência na remoção de sólidos suspensos fica em torno de 60%.

O tratamento do esgoto pelo tanque séptico não apresenta alta eficiência, mas produz efluente de qualidade razoável, que pode ser encaminhado a um pós-tratamento complementar, de preferência aquele que remove matéria orgânica dissolvida. No Brasil, o reator mais usado no pós-tratamento de tanque séptico é o filtro anaeróbio.

2.4.3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Os tanques sépticos possuem várias vantagens:

- Construção e operação muito simples e de baixo custo: não requer a presença do operador;
- Resiste às variações do afluente;
- Adequado para o tratamento de esgoto fresco;

- Não necessita de lodo inoculador;
- Absorve choques tóxicos e de sobrecarga com rápida recuperação;
- Não perde eficiência em longo prazo com o envelhecimento do lodo.

No entanto, apresenta baixa eficiência na remoção de DBO e SST, efluente escuro e com odor característico causado pela presença de gás sulfídrico. Bactérias estão presentes em grandes quantidades – não há condições favoráveis à remoção total de organismos patogênicos.

2.4.3.4 DESTIO FINAL

De acordo com JORDÃO e PESSÔA (1995), os processos mais eficientes e econômicos de disposição do efluente líquido das fossas são: lançamento em corpo d'água receptor, sumidouro, vala de infiltração, vala de filtração ou até mesmo filtro de areia. A escolha do processo depende de vários fatores: padrão de lançamento de efluentes segundo a resolução CONAMA 20 de 18/06/1986, legislação ambiental estadual, natureza, utilização e grau de permeabilidade do solo, profundidade do lençol freático, utilização e localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano, volume e taxa de renovação das águas de superfície.

O lodo depositado no fundo do tanque deve ser periodicamente removido para que não haja perda de eficiência. Esse período é estipulado pelo projetista quando do dimensionamento da unidade. Geralmente é de um a dois anos, podendo chegar a três. A disposição do lodo deve ser feita em centrais de tratamento de lodo, estações de tratamento de esgotos, ou até mesmo no solo, se a quantidade de lodo retirado for suficientemente pequena (de tanques sépticos de residências, por exemplo).

2.4.4 DIMENSIONAMENTO

Pela norma NBR-7229/93, o volume total de um tanque séptico pode ser calculado da seguinte forma:

$$V = V_D + V_L \quad (2.1)$$

Sendo V_D igual ao volume destinado à decantação em litros e V_L igual ao volume total de lodo em litros.

$$V_D = C \times N \times T \quad (2.2)$$

Sendo C igual à contribuição de esgoto em litros por pessoa por dia, N o número de contribuintes e T o tempo de detenção na zona de decantação em dias.

$$V_L = N \times L_f \times K \quad (2.3)$$

Sendo L_f igual à contribuição de lodo fresco em litros por pessoa por dia, e K variando em função do intervalo entre remoções de lodo do tanque séptico e da temperatura.

O volume total de lodo V_L é composto por duas parcelas distintas: o volume de digestão (V_{DIG}) e o volume de armazenamento do lodo digerido (V_{ARM}).

O volume V_{DIG} pode ser obtido a partir da expressão:

$$V_{DIG} = N \times L_f \times R_{DIG} \times T_{DIG} \quad (2.4)$$

Sendo R_{DIG} o coeficiente de redução do volume de lodo por adensamento e destruição de sólidos na zona de digestão, e T_{DIG} o tempo de digestão dos lodos.

Segundo ANDRADE NETO et al. (1999a), o valor de R_{DIG} recomendado é de 0,5. Já o T_{DIG} depende da temperatura, variando de 60 dias para 15°C a 25 dias para 30°C. Em regiões de clima quente, com médias de 25°C, pode-se utilizar $T_{DIG} = 40$ dias com segurança.

O volume V_{ARM} pode ser obtido a partir da expressão:

$$V_{ARM} = N \times L_f \times R_{ARM} \times T_{ARM} \quad (2.5)$$

O valor de R_{ARM} recomendado é de 0,15 para climas quentes (OLIVEIRA, 1983). Já o T_{ARM} depende do tempo previsto para a remoção periódica do lodo.

A versão revisada da norma NBR-7229 não mais apresenta a composição do volume do lodo. A fórmula apresentada pela norma para o dimensionamento do tanque séptico acrescenta 1000 l ao volume calculado pelas equações 2.1 a 2.3:

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times L_f) \quad (2.6)$$

As variáveis C, T, K e L_f podem ser obtidas a partir das tabelas 2.2 a 2.4 apresentadas a seguir.

Tabela 2.2 – Contribuição diária de esgoto (C) e do lodo fresco (L_f) por tipo de prédio e de ocupante (ABNT – NBR 7229/93)

Prédio	Unidade	Unid.: L	
		Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (L_f)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Tabela 2.3 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil (ABNT – NBR 7229/93)

Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Tabela 2.4 – Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária (ABNT – NBR 7229/93)

Contribuição diária (L)	Período de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Tabela 2.5 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio (ABNT – NBR 7229/93)

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

A norma também faz algumas exigências no que diz respeito às dimensões dos tanques (ver Figura 2.4).

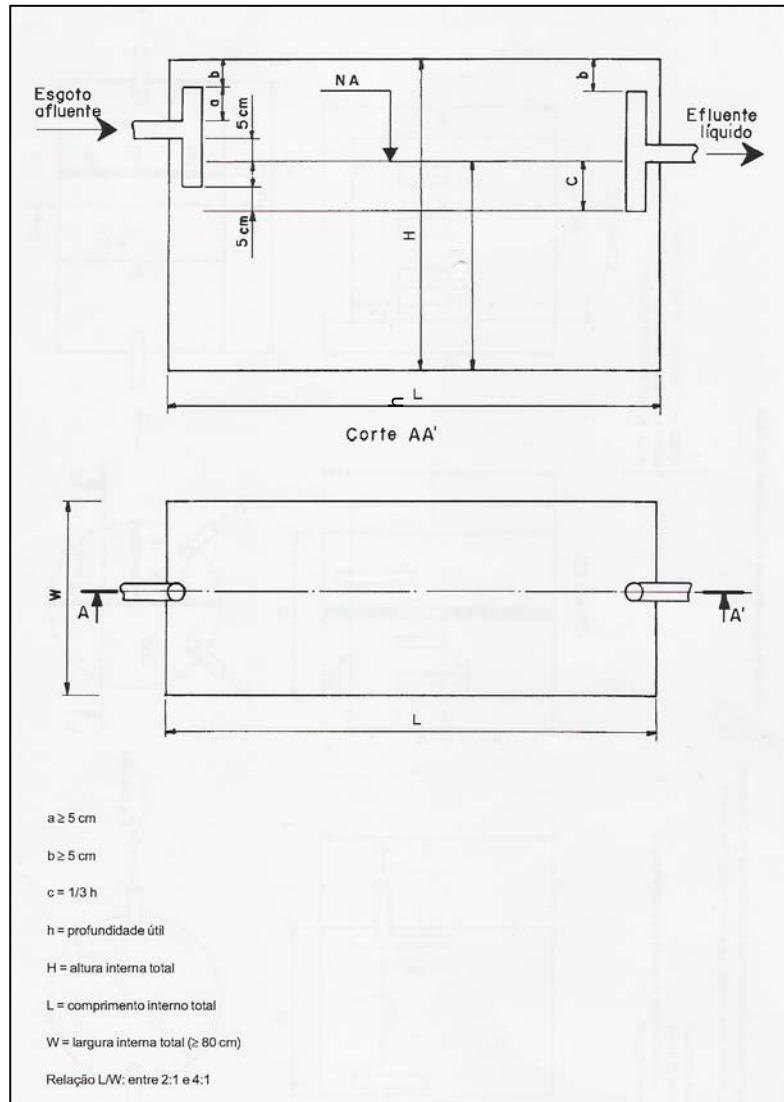


Figura 2.4 – Detalhes e dimensões de um tanque séptico de câmara única (ABNT – NBR 7229/93)

2.4.5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

Existem numerosos tanques sépticos funcionando em todas as regiões do país. É a principal unidade de tratamento adotada para residências populares, rurais, ou localizadas em áreas desprovidas de sistema de esgoto sanitário. No entanto, o registro de informações e dados sobre projeto, execução e operação dessas unidades é bastante escasso.

De acordo com ANDRADE NETO (1997), desde a década de 60, a tecnologia dos tanques sépticos tem sido fortemente incentivada pela ABNT. Algumas pesquisas experimentais têm sido implementadas no intuito de aperfeiçoar processos, adquirir dados, inovar e até mesmo extrapolar conscientemente as recomendações das normas.

Experiências recentes têm sido realizadas utilizando-se tanques sépticos, principalmente os de câmaras em série, visando à obtenção de maiores eficiências.

Dentre as pesquisas com TS de câmara única, pode-se destacar a de BRITO e GONÇALVES, 1984, que compara o desempenho de sete fossas, quatro convencionais e três inovadoras (com modificações hidráulicas). Todos os tanques foram alimentados por esgoto sanitário, gradeado e bombeado, e recebiam a mesma vazão correspondente ao produzido por cinco pessoas. Segundo o pesquisador, as eficiências obtidas nos modelos inovadores variam entre 72% e 93% na redução da DBO, e 90% a 98% na remoção de sólidos suspensos. Os autores denominam os tanques sépticos que atingiram essas eficiências como “fossas sépticas de elevada redução de DBO”.

Outro exemplo é o estudo do professor Cynamon, (CYNAMON,1986) sobre um sistema de esgotos não convencional, a custo reduzido, utilizando tanques sépticos domiciliares com leito de secagem acoplado. Esse sistema foi adotado em Brotas no Ceará, projetado para atender a 6.000 habitantes. O tratamento final é feito com três filtros anaeróbios e infiltração no areião. Após dois anos de funcionamento, os resultados estão são bons.

Durante vinte anos (1964 a 1984) foram realizadas várias experiências com uso de bacteriófagos para a descontaminação (remoção de organismos patogênicos) dos efluentes de tanques sépticos. A idéia surgiu em 1964 no “IX Congresso Internacional de Engenharia Sanitária” em Bogotá, Colômbia. Segundo ANDRADE NETO (1997), as publicações ocorreram em 1969 por Lobato e Brito, em 1974 por Brito e em 1984 por

E. R. de Brito e F. C. Alves (“Descontaminação de fossas sépticas por bacteriófagos”). Os resultados foram excelentes, tendo-se obtido eficiência de 100%.

Atualmente, destacam-se as pesquisas no âmbito do PROSAB, realizadas na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Um modelo de câmaras em série que inclui um pequeno filtro com leito de pedras na saída da segunda câmara vem sendo desenvolvido com bons resultados. A eficiência média na remoção de DQO tem sido da ordem de 60% a 70%. Já a eficiência na remoção de sólidos suspensos tem sido em torno de 55% a 80% (CAMPOS et al., 1999).

2.5 FILTRO ANAERÓBIO

2.5.1 CONCEITO E HISTÓRIA

Os filtros anaeróbios consistem basicamente em tanques contendo leito de pedras ou outro material inerte que serve de suporte para aderência e desenvolvimento de microrganismos. Podem ser utilizados como a principal unidade de tratamento, mas são mais adequados para pós-tratamento. São mais utilizados como “polimento” de efluentes de reatores anaeróbios que removem sólidos suspensos. Estes, em grandes quantidades, podem obstruir os interstícios do meio suporte nos filtros.

A aplicação da tecnologia teve divulgação com as experiências realizadas na década de 60 pelos americanos Young e McCarty, (CAMPOS, 2000). No Brasil, foram realizadas experiências na década em 1977, em unidades piloto na Universidade de São Paulo. Na época, foram comprovados os resultados apresentados por Young e McCarty.

A norma da ABNT NB-41, “Norma para Construção e Instalação de Fossas Sépticas” de 1963, recomendava a utilização de sistemas de valas de filtração para “polimento” de tanques sépticos. Esses sistemas são bastante eficientes, mas são relativamente caras, pois constituem-se de canalizações de esgotos sobrepostas, com a camada entre as mesmas ocupada com areia (JORDÃO E PESSÔA, 1995). Em 1982, a NB-41 foi revisada e renomeada como NBR-7229/82. Nesta oportunidade, foi proposta uma alternativa em casos de inviabilidade de infiltração do efluente do reator no terreno, e em casos de lançamento em corpos d’água cujos padrões de qualidade exigidos são altos. Essa alternativa era a utilização de filtros biológicos anaeróbios de fluxo ascendente como pós-tratamento de tanques sépticos.

Apesar de ter difundido a tecnologia do filtro anaeróbio, a NBR 7229/82 apresentava deficiências construtivas, de projeto e de operação, principalmente no que

se refere à remoção do lodo acumulado na câmara inferior de entrada. Em 1997, a ABNT publicou a NBR 13969 com o título “Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e Operação”, apresentando modelos de filtros anaeróbios de fluxo ascendente mais detalhados e com cuidado nos aspectos operacionais.

2.5.2 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

2.5.2.1 FUNCIONAMENTO

Os filtros anaeróbios são reatores biológicos preenchidos com material inerte com elevado grau de vazios, que permanece estacionário, e onde se forma um leito de lodo biológico fixo. O material de enchimento serve como suporte para os microrganismos, que formam películas ou um biofilme na sua superfície, propiciando alta retenção de biomassa no reator.

Segundo VON SPERLING (1996b), a imobilização dos microrganismos é decorrente da aderência a um suporte sólido ou suspenso, com a vantagem de que uma elevada concentração de biomassa pode ser retida por longos períodos. Essa aderência é influenciada por interações célula-célula, pela presença de moléculas de polímeros na superfície e pela composição do meio. Apesar de praticamente todos os microrganismos terem o potencial de se aderirem a um suporte, apenas recentemente os processos de sorção celular têm sido aplicados em vários processos biotecnológicos e no tratamento de esgotos.

O esgoto é depurado ao percolar por entre os interstícios do meio suporte, estando em contato com o lodo ativo retido. Este é responsável pela conversão dos

compostos orgânicos solúveis em produtos intermediários e finais, especificamente metano e gás carbônico.

Os principais fenômenos que ocorrem no filtro são:

- Retenção de sólidos de pequenas dimensões até partículas muito finas e coloidais, por contato com o material suporte recoberto de biofilme e por sedimentação forçada;
- Ação metabólica dos microrganismos do biofilme do lodo retido nos interstícios sobre a matéria dissolvida.

De acordo com ANDRADE NETO et al. (1999b) o principal objetivo dos reatores anaeróbios com fluxo através do lodo ativo é propiciar maior tempo de retenção celular, para obter contato longo entre biomassa ativa e o esgoto a ser tratado. Eles exploram a imobilização das bactérias, na forma de biofilme, flocos ou grânulos, em maior tempo e concentração possíveis.

Podem ser aplicados para tratamento de esgotos concentrados ou diluídos. São mais indicados para esgotos com contaminantes predominantemente solúveis, pois quanto maior a quantidade de contaminantes particulados (sólidos suspensos) maior a possibilidade de entupimento.

Os filtros anaeróbios podem ter várias formas, configurações e dimensões, desde que se obtenha fluxo bem distribuído pelo meio percolador e bom desempenho funcional. Podem ter fluxo ascendente, descendente ou horizontal. Na Figura 2.5 é mostrado um filtro anaeróbio retangular de fluxo ascendente.

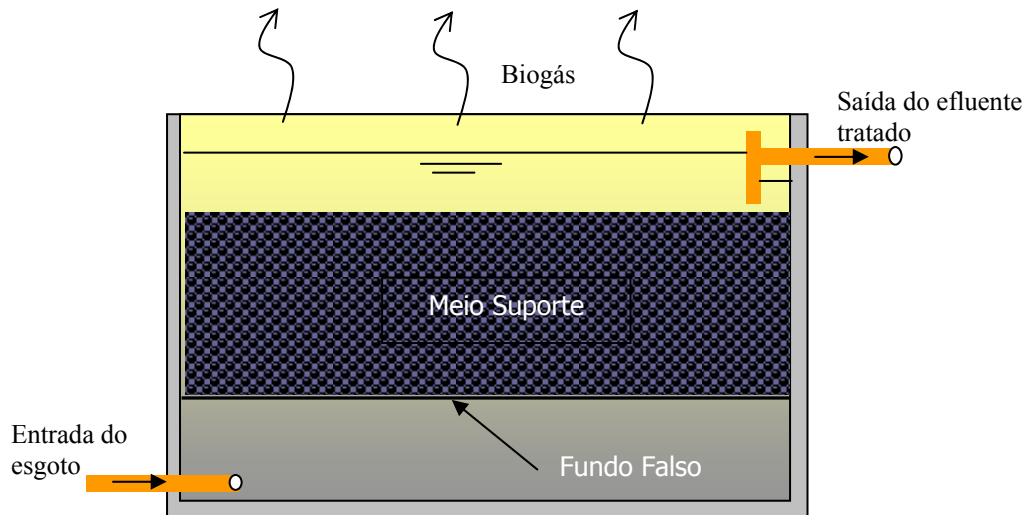


Figura 2.5 - Corte esquemático de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente

Nos filtros de fluxo ascendente ou horizontal, o leito é necessariamente submerso (afogado). Os de fluxo descendente podem trabalhar afogados ou não.

O sentido do fluxo através do leito acarreta grandes diferenças funcionais para as várias configurações de filtro anaeróbio, como pode ser observado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Características dos filtros anaeróbios de diferentes sentidos de fluxo

Características Gerais		
Fluxo Ascendente	Fluxo Descendente	Fluxo Horizontal
<ul style="list-style-type: none"> • Maior retenção de lodo em excesso; • Bom tempo de contato entre o esgoto e o biofilme devido aos lodos em sustentação hidráulica; • Propiciam alta eficiência e baixa perda dos sólidos que são arrastados no efluente; 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentam facilidade para remoção de lodo em excesso; • Menor risco de entupimento no leito; • Podem receber esgotos com maior concentração de sólidos; • Indicado para altas e baixas cargas orgânicas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Funciona com características intermediárias entre o fluxo ascendente e descendente.
<ul style="list-style-type: none"> • São mais indicados para esgotos com baixa concentração; • Maiores riscos de entupimento dos interstícios 	<ul style="list-style-type: none"> • Os filtros com fluxo não afogado apresentam baixa eficiência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior dificuldade na distribuição do fluxo; • Desempenho diferenciado ao longo do leito; • Concentração de lodo em excesso mal distribuída; • Remoção do lodo difícil; • Deve ser usado com baixas taxas de carga orgânica.

2.5.2.2 EFICIÊNCIA

A eficiência do filtro anaeróbio depende do meio suporte e de alguns fatores relacionados à atividade biológica, como temperatura, e a duas variáveis de projeto: tempo de retenção celular e tempo de detenção hidráulica. O primeiro é o tempo de retenção do biofilme ou sólidos biológicos no interior do filtro, depende do meio

filtrante e é de difícil obtenção. O segundo pode ser obtido dividindo-se o volume do reator pela vazão.

A norma NBR-13969/97 apresenta a faixa de eficiência obtida pelos filtros anaeróbios em conjunto com o tanque séptico em função da temperatura. Para a $DBO_{5,20}$, a eficiência pode variar de 40 a 75%, para DQO, de 40 a 70%, para sólidos suspensos, de 60 a 90% e para sólidos sedimentáveis, 70% ou mais. Os limites inferiores correspondem às temperaturas abaixo de 15°C e os limites superiores correspondem às temperaturas acima de 25°C.

2.5.2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Os filtros anaeróbios apresentam grandes vantagens relacionadas a seguir:

- Efluente clarificado;
- Efluente com baixa concentração de matéria orgânica;
- Não necessita de consumo de energia;
- Remoção significativa da matéria orgânica dissolvida;
- Baixa produção de lodo;
- Presta-se para disposição no solo;
- Resiste bem às variações de vazão afluyente;
- Não exigem grandes alturas ou escavações profundas;
- Construção e operação simples;
- Não necessita de lodo inoculador;
- Não necessita de recirculação de lodo.
- Liberdade de projeto em termos de configurações e dimensões.

As desvantagens dos filtros anaeróbios são o efluente rico em sais minerais, com grande quantidade de microorganismos patogênicos, há risco de obstrução dos interstícios (entupimento ou colmatação do leito) e volume grande devido ao espaço ocupado pelo meio suporte.

2.5.3 MEIO SUPORTE

Um dos aspectos que merecem maior atenção nos projetos e construção de filtros anaeróbios é a busca de alternativas para o material do meio suporte. As finalidades do meio suporte são (CHERNICHARO et al., 2001):

- Permitir o acúmulo de grande quantidade de biomassa, com conseqüente aumento do tempo de retenção celular;
- Melhorar o contato entre os constituintes do despejo afluente e os sólidos biológicos contidos no reator;
- Atuar como uma barreira física, evitando que os sólidos sejam carreados para fora do sistema de tratamento;
- Ajudar a promover a uniformização do escoamento no reator.

O material de enchimento do filtro pode ser de vários tipos. O mais usual é a brita n.º 4. Podem ser utilizados outros materiais como anéis de plástico, bambu, escória de alto forno, etc. Para fazer a seleção do meio suporte, deve-se levar em consideração a disponibilidade local de material adequado, seus custos de transporte e montagem e as propriedades físicas do material, listadas a seguir:

- Peso unitário – devem ser leves e estruturalmente resistentes;
- Superfície específica alta;
- Elevado índice de vazios;

- Não devem apresentar formato achatado ou que propicie encaixe ou superposição.

Algumas pesquisas citadas por ANDRADE NETO (1997), indicam que a área específica do meio suporte tem pequena influência sobre o desempenho do filtro. Aumentando-se a área específica, não haveria correspondente aumento de desempenho. O que realmente exerce influencia no desempenho deste é a forma do meio suporte.

Além das propriedades físicas citadas, o material deve ser quimicamente inerte para que não haja reação com o esgoto.

Quando se usa material sintético para a fixação de matéria orgânica os resultados são positivos em termos de purificação, mas esbarram no problema dos altos custos. Por este motivo, o uso de material sintético pode tornar-se mais difícil em países em desenvolvimento, pois além do custo de aquisição, necessita-se de transporte.

De acordo CAMPOS et al. (1999), a altura da camada de meio filtrante tem pouca influência sobre a eficiência do filtro. Entretanto, operacionalmente, a relação entre altura e área horizontal do filtro pode ser importante. Quanto maior a altura haverá maior dificuldade na remoção do lodo em excesso quando da limpeza do filtro.

A norma da ABNT NBR13969 limita a altura do filtro anaeróbio em 1,20m, contando com o fundo falso. De acordo com CHERNICHARO et al. (2001), com base na experiência brasileira, vários autores recomendam a altura do meio suporte compreendida entre 0,8 e 3,0m. O limite superior da altura do meio suporte é mais adequado para reatores com menor risco de obstrução do leito. Um valor mais usual deve situar-se em torno de 1,5m.

DALTRO FILHO e POVINELLI (1989), avaliaram dois filtros anaeróbios piloto, com alturas de 1,86m e 0,67m de brita de 3 a 5 cm, tratando esgoto sanitário durante 68 semanas. Concluiu-se que os filtros apresentaram diferenças de desempenho

insignificantes, demonstrando pouca influência da altura da camada de meio suporte. Neste mesmo estudo, os autores mostraram que é na câmara de entrada do filtro onde ocorre a maior remoção de matéria orgânica e que o material de enchimento do filtro retém boa parte dos sólidos em suspensão.

...os sólidos biológicos gerados, responsáveis pela remoção de carga orgânica estão mais em forma de sólidos em suspensão entre os espaços vazios de material filtrante do que em forma de biofilme sobre as superfícies do meio filtrante e estão concentrados em altura até 60 cm do fundo (KAMIYAMA (1993) citando experiências de Young e McCarty).

2.5.4 DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento do volume dos filtros anaeróbios, a norma NBR 13969/97 apresenta a seguinte fórmula:

$$V_U = 1,6 \times N \times C \times T \quad (2.7)$$

Sendo

V_U – volume útil em litros;

N – número de contribuintes;

C – Contribuição de despejos em litros por dia e

T – tempo de detenção hidráulica em dias.

O valor de C depende do tipo de ocupação (prédio e tipo de ocupante) e o valor de T depende da variação da vazão e da temperatura. Os valores dessas variáveis estão tabelados na norma da seguinte forma (Tabelas 2.7 e 2.8):

Tabela 2.7 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo e prédio e de ocupantes (ABNT – NBR 7229/93)

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto ℓ/d	Contribuição de carga orgânica gDBO _{5,20} /d
1. Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	50
Padrão médio	Pessoa	130	45
Padrão baixo	Pessoa	100	40
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	30
Alojamento provisório	Pessoa	80	30
2. Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	25
Escritório	Pessoa	50	25
Edifício público ou comercial	Pessoa	50	25
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	20
Bares	Pessoa	6	6
Restaurantes e similares	Pessoa	25	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	1
Sanitários públicos ¹⁾	Bacia sanitária	480	120
¹⁾ Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes, locais para eventos, etc.)			

Tabela 2-8 – Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias) (ABNT – NBR 7229/93)

Vazão ℓ/d	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15°C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1500	1,17	1,0	0,92
De 1501 a 3000	1,08	0,92	0,83
De 3001 a 4500	1,00	0,83	0,75
De 4501 a 6000	0,92	0,75	0,67
De 6001 a 7500	0,83	0,67	0,58
De 7501 a 9000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9000	0,75	0,50	0,50

Para ANDRADE NETO et al (1999b), esse critério de obtenção do tempo de detenção hidráulica que considera a influência da temperatura pode ser considerado um avanço, mas os valores são conservadores para modelos de filtros mais arrojados. Os valores calculados variam entre 12 a 24 horas. Alguns estudos indicam que esses valores podem ser reduzidos pela metade.

A perda de carga prevista entre o nível mínimo do tanque séptico e o nível máximo do filtro deve ser de 0,10m, segundo a norma NBR 13969/97. No entanto, pesquisas realizadas indicam que a perda de carga encontrada é da ordem de 30 a 150mm (ANDRADE NETO, 1997).

2.5.4 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

Desde a década de 80, os filtros anaeróbios têm sido bastante pesquisados no Brasil, principalmente quando associado ao tanque séptico, cuja popularidade tem aumentado desde a publicação da norma da ABNT NBR-7229 de 1982. Os estados que

têm maior experiência nesse sistema são Minas Gerais e São Paulo (ANDRADE NETO, 1997).

Para o tratamento de esgotos fortes, como os industriais, foram realizados alguns trabalhos, como o de FIGUEIREDO et al (1990), que propuseram a utilização de filtro anaeróbio para o tratamento de efluente de indústria de tingimento de couros. Foram experimentados dois tipos de meio suporte: brita e anel plástico. A remoção de DQO variou de 65 a 80%. A carga orgânica aplicada variou de 0,65 a 1,96 kg DQO/m³.dia.

Com relação ao tratamento de esgoto doméstico, utilizando filtro anaeróbio como única unidade de tratamento, destacam-se as pesquisas de COUTO e FIGUEIREDO (1992) e de PINTO e CHERNICHARO (1996).

COUTO e FIGUEIREDO (1992) compararam as performances de três tipos de filtro anaeróbio: um com recheio de brita n.º 4, outro com recheio de anéis plásticos e o último com anéis de bambu. As eficiências obtidas foram bastante semelhantes entre si variando de 60 a 80% na remoção de DBO e de DQO, e de sólidos suspensos na faixa de 70 a 80%, com carga orgânica de 1kg DQO/m³.dia e tempo de detenção hidráulica de 8 horas.

PINTO e CHERNICHARO (1996), monitoraram um filtro com 300mm de diâmetro interno, altura total de 1,50m de altura do leito filtrante de 1,0m. As eficiências globais, para tempo de detenção hidráulica entre 6 e 24 horas, variaram entre 60 e 70% em termos de DBO e DQO, bruta e filtrada. A concentração de sólidos suspensos ficaram sempre abaixo de 60mg/ℓ.

Ente os estudos que utilizaram a associação dos filtros com outros reatores anaeróbios, principalmente o tanque-séptico, destacam-se as experiências de VIEIRA e ALÉM SOBRINHO (1983), e OLIVEIRA (1983).

VIEIRA e ALÉM SOBRINHO (1983), experimentaram um sistema decanto-digestor com tempo de detenção hidráulica de 10 a 11 horas no filtro, obtendo eficiência global da ordem de 85% na remoção de DBO e de 76% na remoção de DQO. Os efluentes finais tiveram concentração de sólidos suspensos na faixa de 45 a 75mg/ℓ, e os sólidos suspensos voláteis na faixa de 20 a 35mg/ℓ.

OLIVEIRA (1983) estudou um sistema de tanque séptico com duas câmaras em série associado a um filtro anaeróbio ascendente, em Campina Grande – PB. O sistema foi alimentado durante 16 meses com esgoto bruto real e chegou às seguintes conclusões: a remoção de DBO e SS na primeira câmara foram de 70 e 77% respectivamente, na segunda câmara resultaram em 75 e 90% e após o filtro, foram obtidos 85 e 92%, respectivamente. Rui de Oliveira recomenda um tempo de detenção hidráulica de no mínimo de 0,4dia.

No âmbito do PROSAB, há projetos de pesquisa em três universidades brasileiras: UNICAMP, UFMG E UFRN. Na UNICAMP, estão sendo pesquisados filtros de fluxo ascendente, alimentados com esgoto real e com enchimento de gomos de bambu. Na UFMG estão sendo usadas escórias de alto forno como meio suporte de filtros anaeróbios para polimento de efluente de UASB. Na UFRN, estão sendo estudados comparativamente filtros anaeróbios de fluxo descendente, afogados e com diferentes meios suportes, alimentados com efluentes de tanques sépticos e de UASB.

Um interessante estudo foi apresentado no 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental de 2001 em João Pessoa, PB, por Aurélio P. Picanço, sobre avaliação da atividade biológica de biofilmes formados em meios suportes. PICANÇO (2001) desenvolveu um sistema cuja concepção permitia a retirada integral dos biofilmes formados em quatro suportes inertes diferentes: espuma de poliuretano, PVC, tijolo refratário e uma cerâmica porosa. O reator operou durante 149 dias, com

carga orgânica volumétrica média de 1,06kg DQO/m³.dia, e eficiência média na remoção de DQO de 68,3%. “Foi verificada uma sensível diferença na quantidade de biomassa que se aderiu nos diferentes suportes, devido possivelmente às diferentes capacidades de retenção e à porosidade.” (PICANÇO, 2001). Observou-se que os suportes porosos (espuma e cerâmica porosa) retiveram maior quantidade de biomassa que os não porosos (PVC e tijolo refratário).

3. MATERIAIS E MÉTODOS ANALÍTICOS

3.1 CENTRO EXPERIMENTAL

O conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio é uma das diversas unidades experimentais de tratamento de esgotos do Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da UFRJ, o CETE Poli/UFRJ. Localizado na Cidade Universitária - Rio de Janeiro, o CETE Poli /UFRJ consiste em uma central de operações, processos e tecnologias de tratamento de esgotos, e tem como missão atender aos objetivos acadêmicos de ensino e pesquisa dos cursos de graduação e pós-graduação voltados à Engenharia de Recursos Hídricos, Sanitária e Ambiental.



Figura 3.1 - Placa do CETE Poli/UFRJ

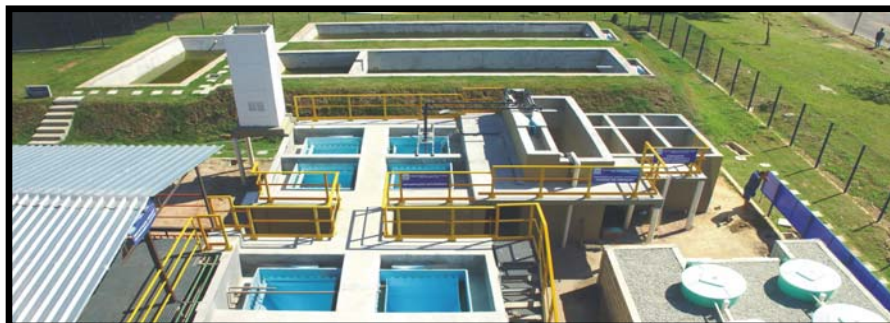


Figura 3.2 - Vista geral do CETE Poli/UFRJ

O CETE Poli/UFRJ tem origem no projeto UFRJ-HIDRO (Convênio FINEP 1801/01), aprovado através do Edital MCT/FINEP/CT-HIDRO n.º1, e que prevê dentre outros subprojetos, a implantação de um centro experimental de tratamento de esgotos no Campus da Cidade Universitária da UFRJ – Ilha do Fundão. O projeto do CETE é uma iniciativa da Escola Politécnica da UFRJ (Poli/UFRJ), através do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DRHIMA – Poli/UFRJ). A área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil da COPPE participa do desenvolvimento das atividades no CETE Poli/UFRJ.

O esgoto utilizado para a operação das unidades de tratamento do CETE é parte dos despejos provenientes da Ilha do Fundão, através de uma elevatória de esgoto bruto da CEDAE, localizada ao lado do CETE. Esta elevatória é responsável pela recepção dos esgotos coletados em todo campus da UFRJ e pelo recalque destes para a ETE Penha, unidade de tratamento do sistema de esgotamento sanitário da Penha. São derivados cerca de cinco litros por segundo de esgoto para serem tratados pelo CETE. O efluente tratado e o lodo gerado retornam ao sistema público de esgotamento sanitário.

O CETE Poli/UFRJ foi inaugurado em 22 de junho de 2004. A partir de julho do mesmo ano, várias pesquisas em nível de mestrado e doutorado foram iniciadas.

As unidades que operaram em 2004, inseridas em projetos de pesquisas foram:

- Unidade de Decantação Primária Quimicamente Assistida (CEPT);
- Filtro Biológico Aeróbio;
- Lagoa Aerada e Lagoa de Sedimentação;
- Lagoa de Estabilização Facultativa;
- Lagoa de Maturação;
- Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio (CTSFA);
- UASB.

A concepção do CETE Poli/UFRJ e o arranjo proposto para as suas unidades (ver Figura 3.2) prevêm uma ampla flexibilidade para a combinação dos diversos processos de tratamento.

Enquanto todas as unidades podem ser operadas e avaliadas individualmente, o Reator UASB pode ser avaliado em série, interligado a qualquer um dos processos secundários de tratamento.

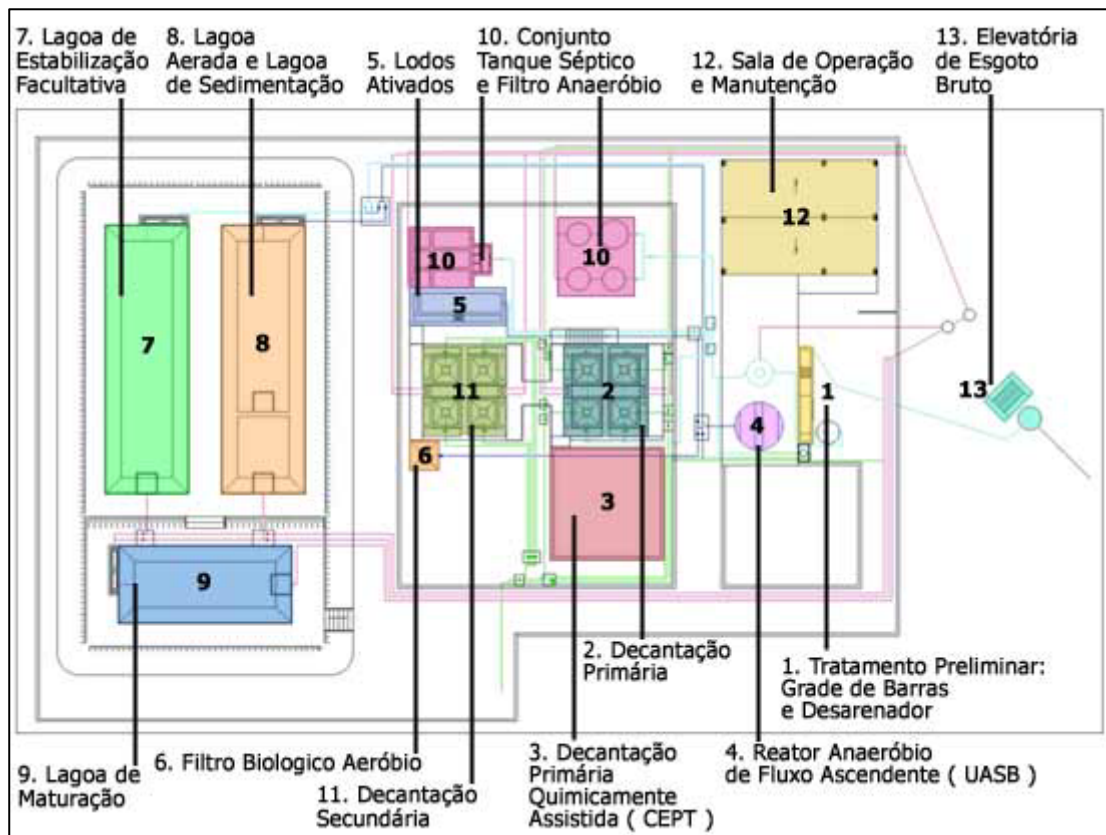


Figura 3.3 - Arranjo físico do CETE

3.2 TRATAMENTO PRELIMINAR

O esgoto inicialmente passa por um tratamento preliminar comum a todas as unidades: grade de barras para impedir a entrada de materiais grosseiros, e desarenador para a deposição de sólidos minerais (ver Figura 3.4).

A grade de barras do CETE Poli/UFRJ é do tipo fina e de limpeza manual. As barras em fibra de vidro, apresentam espessura de 6,3mm, largura de 50mm e

espaçamento de 25mm. Encontra-se instalada em canal de 0,40m de largura, localizado a jusante da elevatória de esgoto bruto e a montante da caixa de carga piezométrica (castelo). O desarenador tem extensão de 2,5m, também é de limpeza manual e encontra-se instalado no mesmo canal, a jusante da grade de barras.



Figura 3.4 - Entrada do esgoto bruto e grade de barras

A distribuição de vazões pelas unidades do centro é feita a partir de uma elevatória de esgoto. Essa elevatória, instalada junto ao tratamento preliminar, recalca o esgoto gradeado e desarenado para a caixa de carga piezométrica (desnível geométrico de 8,0 m em relação ao canal de grades), elemento responsável por prover a carga hidráulica necessária ao escoamento gravitário do esgoto para todas as unidades do CETE Poli/UFRJ, minimizando assim a utilização de bombas.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE AO CETE POLI/UFRJ

O esgoto afluente ao CETE/UFRJ é típico de campus universitário, apresentando composição físico-química diferenciada da composição usual dos esgotos sanitários, podendo ser classificando como um “esgoto fraco”.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as estatísticas descritivas relativas à composição físico-química do esgoto afluente ao CETE/UFRJ.

Tabela 3.1: Composição físico-química (mg/ℓ) do esgoto afluyente ao CETE/UFRJ

Estatística	DQO	DBO	SST	SSF	SSV
Quantidade de Dados	100	58	72	70	70
Média	186	112	63	13	49
Mínimo	39	29	18	0	12
Máximo	457	198	111	31	95
Coefficiente de Variância	0,32	0,35	0,27	0,49	0,29
Mediana	184	118	63	13	49
Desvio padrão	60	40	17	7	14
Percentil 10%	116	58	43	6	36
Percentil 25%	152	83	52	8	40
Percentil 50%	184	118	63	13	49
Percentil 75%	215	140	73	17	58
Percentil 90%	260	157	83	23	69

3.4 CONSTITUIÇÃO DO ESGOTO BRUTO AFLUENTE ÀS UNIDADES EXPERIMENTAIS

Considerando a composição físico-química do esgoto afluyente ao CETE/UFRJ e visando adequá-la às características usuais dos esgotos sanitários, promove-se imediatamente após o tratamento preliminar, a adição de lodo estabilizado anaerobicamente e desidratado mecanicamente (30% de teor de sólidos) ao esgoto bruto afluyente.

O lodo adicionado é proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos da Ilha do Governador (ETIG). Mensalmente, um caminhão-basculante dispõe 7,0 m³ de lodo nas instalações do CETE/UFRJ. Diariamente, às 07:00, 11:00 e 15:00 horas são adicionados 54 litros de lodo ao esgoto afluyente, totalizado a adição diária de 162 litros.

Previamente à adição, o lodo é solubilizado em um tanque de equalização, e para tanto adiciona-se esgoto já em circulação nas instalações do CETE/UFRJ. A vazão de lodo solubilizado é adicionada diariamente, das 08:00 às 17:00 horas, segundo vazão da ordem de x l/s, equivalente a 10% da vazão de esgoto afluente ao CETE Poli/UFRJ. A adição é fisicamente realizada no poço da estação elevatória de esgoto bruto. As fotografias da Figuras 3.5 a 3.8 ilustram procedimentos e instalações para a adição de lodo.



Figura 3.5 - Tanque de armazenamento do lodo



Figura 3.6 - Vista geral das instalações para a adição de lodo



Figura 3.7 - Tanque de equalização



Figura 3.8 - Vista do Tanque de equalização e da estação elevatória

A adição de lodo solubilizado ao esgoto afluente ao CETE/UFRJ permite a elevação das concentrações dos diferentes parâmetros físico-químicos para patamares similares aos encontrados nos esgotos sanitários, e assim, a constituição do esgoto bruto afluente às unidades experimentais de pesquisa do CETE/UFRJ. Na Tabela 3.2 são

indicados os resultados alcançados. Para efeito do presente trabalho, denomina-se como esgoto bruto afluyente, a água resultante da mistura entre o esgoto afluyente ao CETE/UFRJ e o lodo solubilizado.

Tabela 3.2: Composição físico-química do esgoto bruto afluyente à unidade experimental de pesquisa.

Estadística	DQO	DBO	SST	SSF	SSV
Quantidade de Dados	103	49	79	79	79
Média	446	177	295	110	182
Mínimo	86	63	84	11	9
Máximo	1111	601	1073	457	617
Coefficiente de Variância	0,40	0,51	0,52	0,68	0,51
Mediana	414	152	247	82	156
Desvio padrão	179	89	152	75	93
Percentil 10%	269	92	160	43	94
Percentil 25%	327	129	206	65	129
Percentil 50%	414	152	247	82	156
Percentil 75%	517	213	352	133	219
Percentil 90%	695	262	489	223	308

3.5 CONJUNTO TANQUE SÉPTICO E FILTRO ANAERÓBIO

Na Figura 3.9 é mostrado o fluxograma esquemático do CETE com o caminhamento do esgoto até a unidade de pesquisa conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio

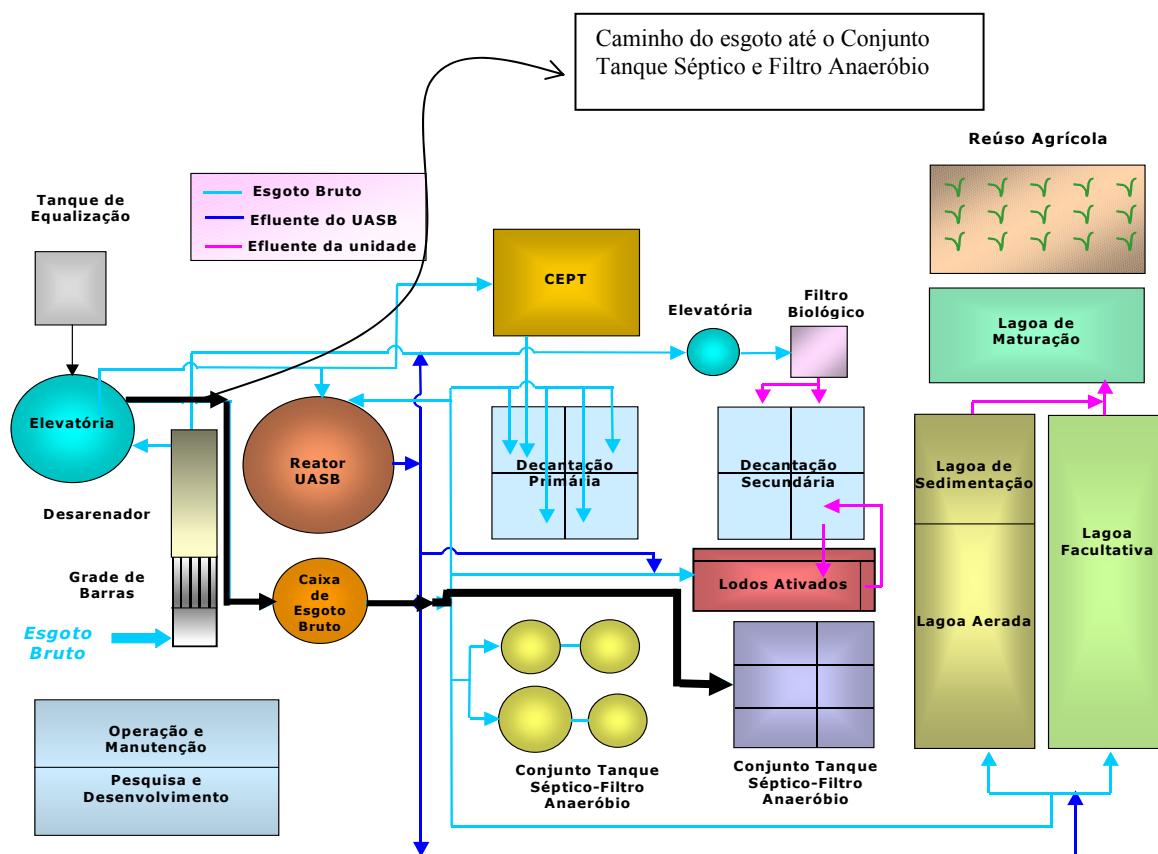


Figura 3.9 – Fluxograma esquemático do CETE com o caminhamento do esgoto até o conjunto da pesquisa

3.5.1 CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO E MEDIÇÃO DE VAZÕES

O esgoto proveniente do castelo é distribuído igualmente pelas três unidades do conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio, através de uma caixa de distribuição, como mostra a Figura 3.10. Esta caixa consiste em um cilindro dotado de três vertedores Thompson, possibilitando a medição de vazão que segue para cada unidade. Cada conjunto opera com vazão de $0,027 \text{ l/s}$. Todas as tubulações montadas a partir da caixa de distribuição tem diâmetro nominal de 50mm.



Figura 3.10 – Fotografia da caixa de distribuição

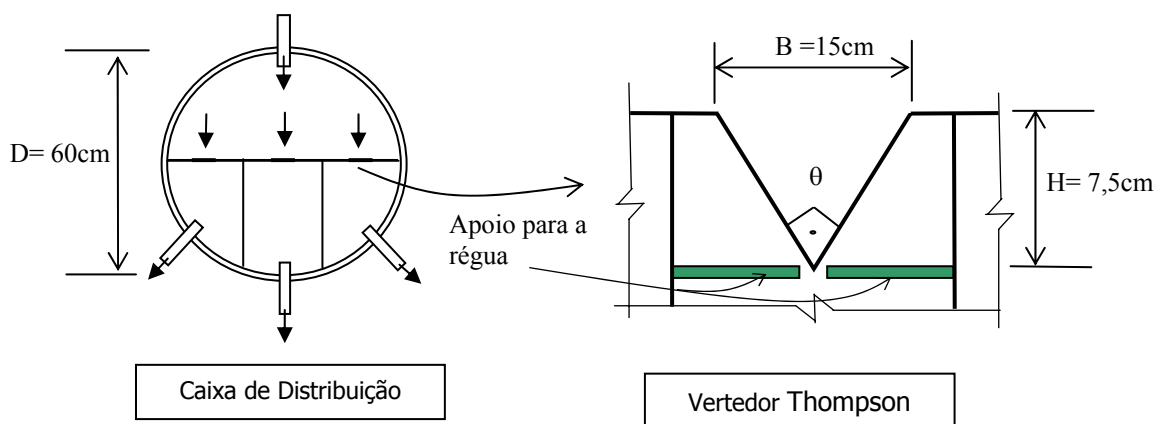


Figura 3.11 – Desenho esquemático da caixa de distribuição

As expressões para o cálculo da vazão do vertedor em função da altura H são apresentadas a seguir:

$$Q = 1,4 \times H^{\frac{5}{2}} \quad (3.1)$$

$$B = 2H \times TG \frac{\theta}{2} \quad (3.2)$$

$$\text{Para } \theta = 90^\circ - B = 2H \quad (3.3)$$

Unidades:

Q – vazão em litros por segundo;

H - metro;

B – metros;

θ – radianos.

Os vertedores Thompson da caixa de distribuição foram construídos com as dimensões apresentadas na Figura 3.11.

A medição de vazão no vertedor é feita com o auxílio de uma régua disposta sobre um apoio localizado no nível do vértice inferior do triângulo. Para cada nível marcado na régua, há uma vazão correspondente, calculada através da equação 3.1.

3.5.2 TANQUES SÉPTICOS E FILTROS ANAERÓBIOS

Os tanques sépticos foram construídos em concreto armado e medem 2,0m de comprimento, 0,90m de largura e 2,33 de altura. Os filtros também são de concreto e medem 1,0m de comprimento, 0,90m de largura e 2,33m de altura (ver Figura 3.12).

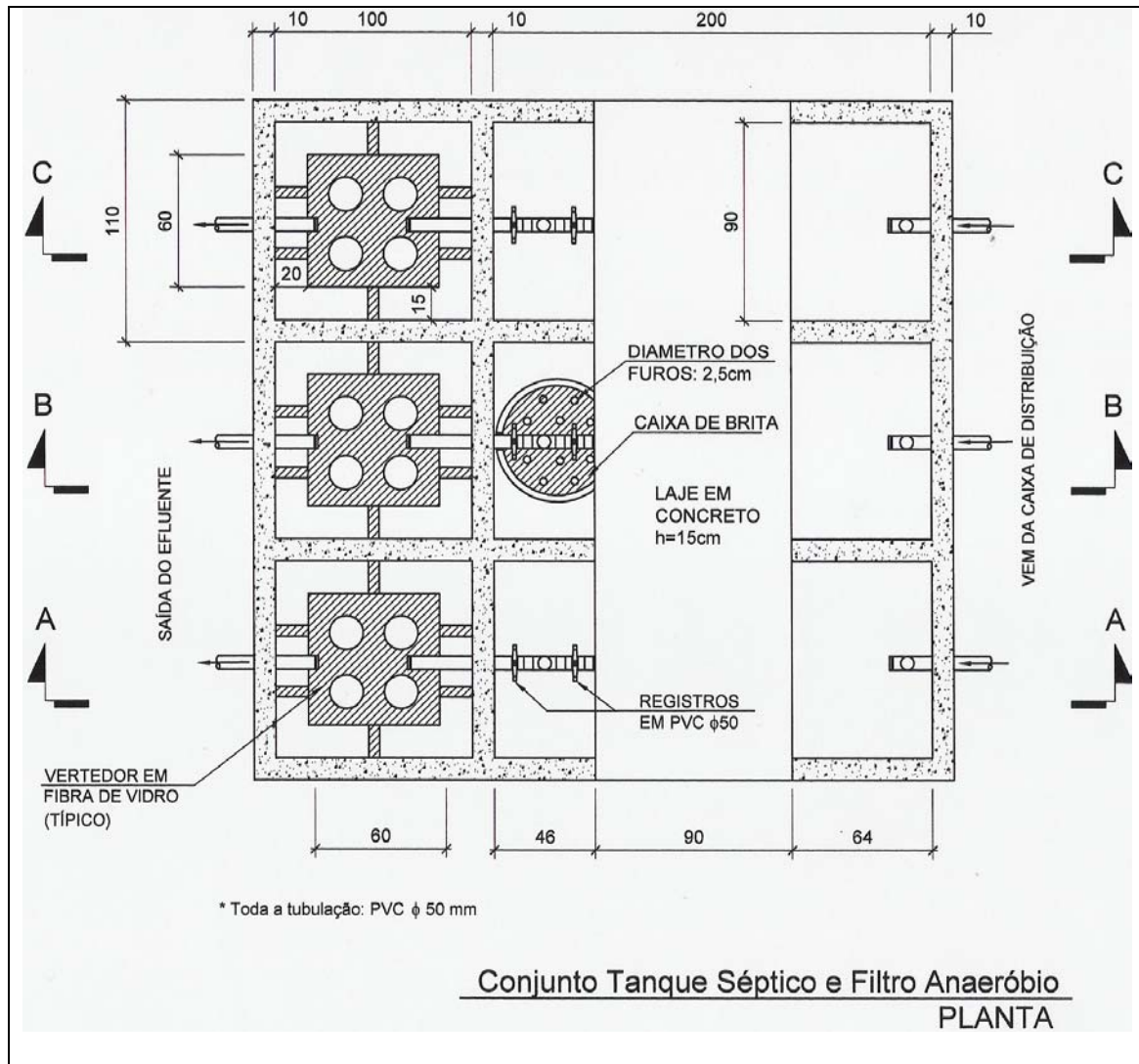


Figura 3.12 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio - Planta

Os três filtros foram projetados com um fundo falso, a 0,38 m da laje de fundo do filtro, para funcionar de suporte ao material de enchimento, além de permitir a flexibilidade para limpeza e sentido de fluxo. Cada fundo falso foi construído em fibra de vidro, medindo $0,87 \times 0,97 \text{ m}^2$ e com 36 furos de 25mm igualmente espaçados

Sob os fundos falsos foram montadas as tubulações de entrada do efluente das fossas e saída do efluente tratado para fluxos ascendente e descendente respectivamente. Também foram montadas tubulações de ar comprimido no fundo dos filtros, possibilitando a operação de biofiltros aerados submersos.

Para receber e encaminhar o efluente tratado dos filtros à tubulação de saída, foram projetados vertedores para serem montados na parte superior dos três filtros. Esses vertedores, em caso de fluxo descendente, proporcionam a distribuição uniforme dos efluentes dos tanques sépticos sobre os meios suportes.

Os vertedores foram concebidos com as seguintes dimensões: largura de 0,60m, comprimento de 0,60m e altura de 0,03m. Possuem quatro aberturas circulares de 0,155m de diâmetro. Infelizmente, o CETE só disponibilizava de uma unidade do vertedor projetado. Esta unidade foi construída em fibra de vidro nas dimensões projetadas (ver Figura 3.12).

Para os outros filtros, foram montadas canaletas em forma de cruz encaminhando o efluente tratado à tubulação de saída (ver Figura 3.13). Estas canaletas são tubulações em PVC de diâmetro de 50mm cortadas ao meio.



Figura 3.13– Vertedores dos conjuntos 1 e 2

Cada filtro anaeróbio possui dois dispositivos de entrada e cinco de saída. Um dos dispositivos de entrada localiza-se na parte superior do filtro, permitindo o fluxo descendente, e o outro no fundo do filtro, abaixo do fundo falso, possibilitando o fluxo ascendente, conforme operou nos últimos seis meses de 2004. Já os dispositivos de saída estão distribuídos na face externa da parede do filtro da seguinte forma:

- Uma saída do fundo do filtro caracterizando a saída do efluente tratado do filtro descendente. Nesta pesquisa, seu registro ficou fechado;
- “Altura 1” – saída intermediária do efluente localizada a 69cm do fundo do filtro;
- “Altura 2” – saída intermediária do efluente localizada a 112cm do fundo do filtro;
- “Altura 3” – saída intermediária do efluente localizada a 168cm do fundo do filtro;
- Saída do filtro de fluxo ascendente, localizada a 19cm do topo do filtro. Nesta pesquisa, seu registro ficou aberto.

As coletas foram realizadas em quatro saídas de cada filtro, como mostra a figura 3.14.



Figura 3.14 – Doze pontos de coleta dos filtros anaeróbios

As saídas intermediárias são tubos perfurados que se estendem ao longo do comprimento do filtro. Os furos foram feitos na parte de cima dos tubos, com diâmetros de 1cm e distantes 5cm entre si (ver Figura 3.15).



Figura 3.15 – Detalhe da tubulação dos filtros

Nas Figuras 3.16 a 3.18 são apresentados planta e cortes dos três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio.

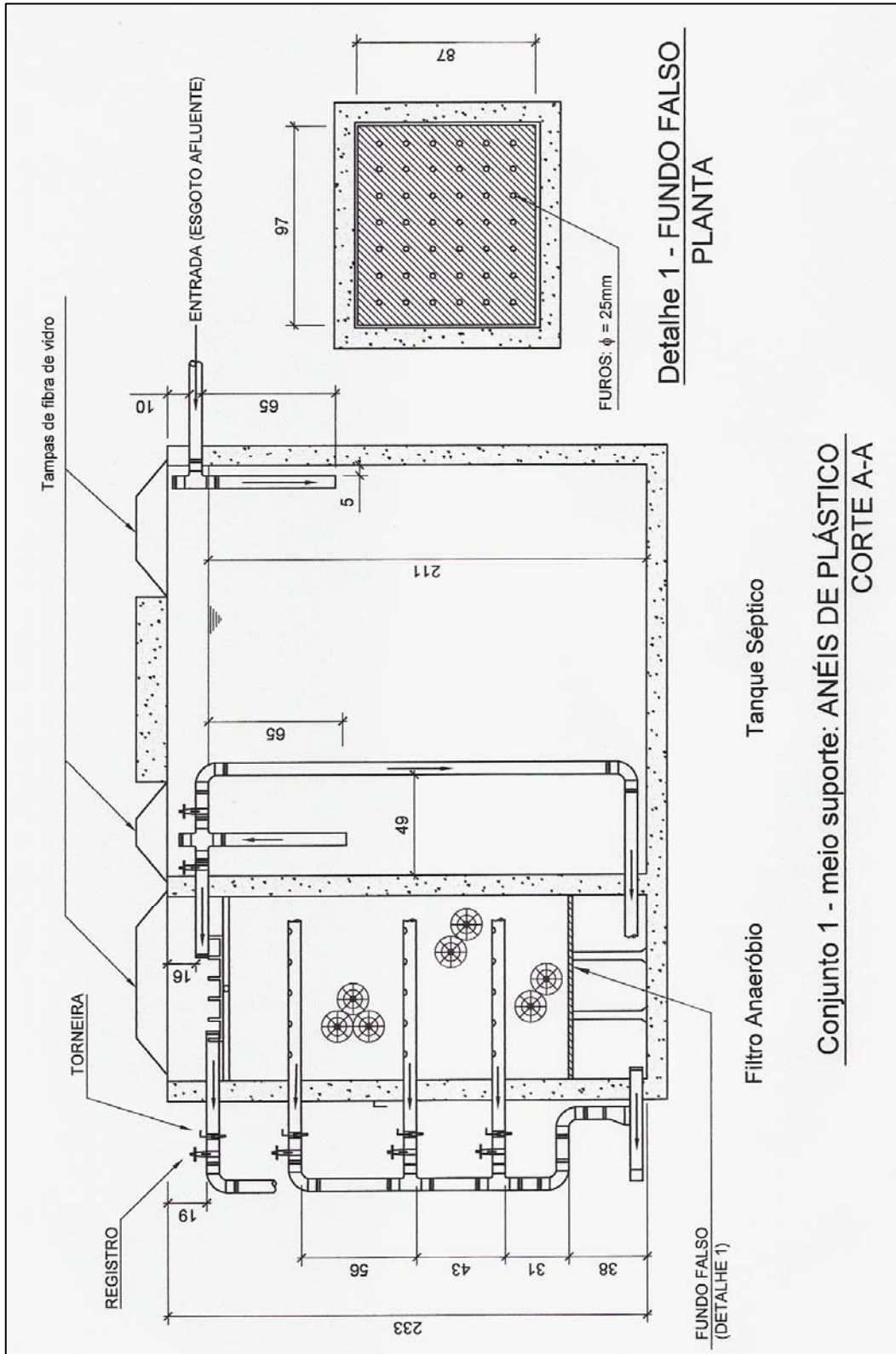


Figura 3.16 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 1 - Corte

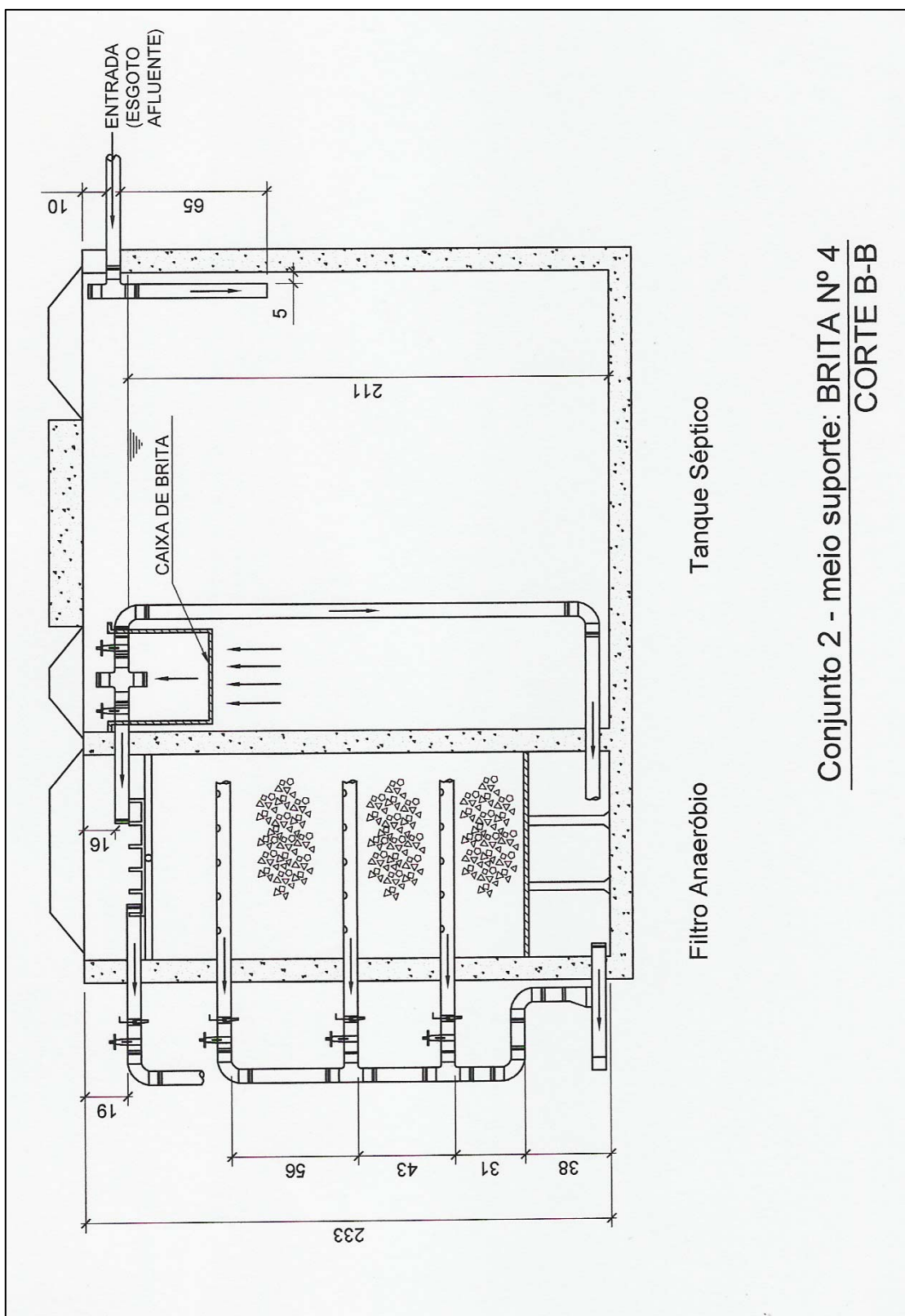


Figura 3.17 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 2 - Corte

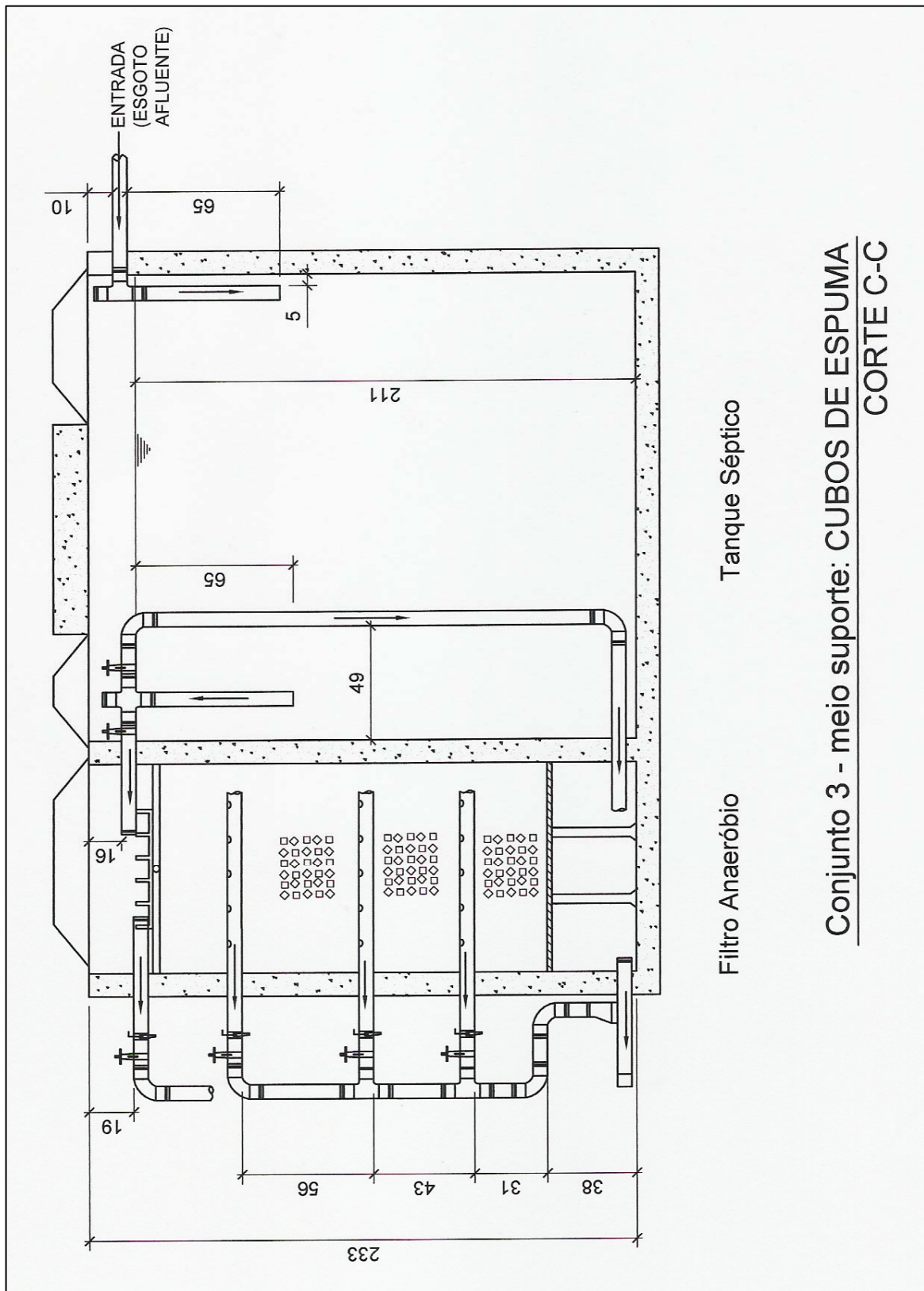

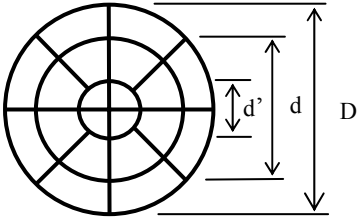




Figura 3.18 – Conjunto Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio 3 - Corte

Os meios suportes utilizados nos filtros são: anéis de plástico para o filtro 1, brita n.º 4 para o filtro 2 e cubos de espuma de poliuretano, para o filtro 3. Na Tabela 3.3 são apresentadas as características de cada meio suporte utilizado na pesquisa.

Tabela 3.3 – Características dos meios suportes

Meio Suporte		Características Físicas
Anéis Plásticos (meio randômico)		 <ul style="list-style-type: none"> • D= 17cm; • d= 12cm; • d'= 5,5cm; • Altura= 4,8cm; • Material: Polipropileno; • Área superficial específica: $\sim 98\text{m}^2/\text{m}^3$; • Índice de vazios: 95%
Brita n.º4		<ul style="list-style-type: none"> • A brita 4 é o agregado graúdo retido na peneira de 38 – 64mm de abertura; • Índice de vazios: 50% aproximadamente; • Dimensão máxima: 152mm.
Cubos de espuma		<ul style="list-style-type: none"> • Cubos de espuma 100% poliuretano de 3cm de lado; • Peso saturado é aproximadamente 24 vezes o peso seco (alto poder de absorção).

O CETE contou com o apoio de várias empresas para sua implantação. A empresa AMBIO Engenharia forneceu os anéis de plástico (meio randômico) para as unidades CTSFA e Filtro Biológico Aeróbio.

Os cubos de espuma foram obtidos a partir de colchões alveolados comercializados em lojas de colchões. Esses colchões foram cortados, lançados no filtro 3 e confinados por uma rede plástica.

O custo do meio suporte randômico depende da área específica do anel. Existem vários modelos e tamanhos, e, conseqüentemente, grande variedade de área específica. O custo do metro cúbico pode variar de R\$350 a 1.000,00, dependendo da superfície específica.

3.6 PARÂMETROS DO PROCESSO

A vazão calculada de 0,027ℓ/s para cada tanque séptico está em concordância com a norma NBR-7229/93. Entretanto, esta vazão está além da que é preconizada pela norma NBR-13969/97 para o filtro anaeróbio. Isso se deve às dimensões segundo a qual foram construídos. Cada filtro deveria receber uma vazão de no máximo 0,013ℓ/s. Nesta pesquisa, no que se referem aos filtros anaeróbios, as recomendações da ABNT foram extrapoladas.

A tabela 3.4 mostra os valores adotados para o projeto dos três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio.

Tabela 3.4 – Dados dos conjuntos Tanque Séptico de Filtro Anaeróbio

	Tanques Sépticos 1, 2 e 3	Filtros Anaeróbios 1, 2 e 3
Vazão	0,027ℓ/s	0,027ℓ/s
Vazão diária	2.333 ℓ/d	2.333 ℓ/d
N.ºde contribuintes	46	46
Taxa de aplicação superficial	-	2,59m ³ /m ² .d
Carga Orgânica Volumétrica	-	0,13kg DBO/m ³ .dia
Tempo de detenção hidráulica	0,92 dia	0,81 dia
Altura Útil	2,11m	2,08m
Volume Útil	3,80m ³	1,88m ³
Volume de Decantação	3,17 m ³	-
Volume de Acumulação do Lodo	0,63 m ³	-
Volume de Digestão do Lodo	0,18 m ³	-
Volume de Armazenamento do Lodo digerido	0,45 m ³	-
Volume do meio suporte	-	1,28m ³
Altura do meio suporte	-	1,42m
Contribuição de esgoto (C)	50 l/pessoa.dia	50 l/pessoa.dia
Perda de carga entre o filtro e o tanque	3cm	

Comparando-se os custos dos meios suportes, percebe-se que a brita é o material menos custoso, seguido da espuma e depois do plástico (ver Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Comparativo de custos entre os meios suportes

Comparativo de custos	Anéis de Plástico	Brita 4	Cubos de espuma
Volume (m ³)	1,28	1,28	1,28
Custo (R\$)	400,00 a 1300,00	100,00 a 130,00	360,00

3.7 FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS

A proposta inicial da pesquisa experimental consistia na operação dos três sistemas durante seis meses, sendo os três primeiros com os filtros operando com fluxo ascendente e os seguintes com o fluxo descendente. Após os primeiros meses, constatou-se que os resultados obtidos não foram satisfatórios qualitativa e quantitativamente, como pode ser visto no capítulo 4 (Resultados e Discussão). Havia poucos resultados analíticos confiáveis e decidiu-se assim prosseguir com a pesquisa operando os três conjuntos com fluxo ascendente apenas.

Os tanques sépticos tinham as mesmas características construtivas e operaram com a mesma vazão, não havendo diferença entre eles. Desta forma, os resultados esperados deveriam ser semelhantes. Já os filtros, apesar de possuírem as mesmas dimensões, possuíam diferentes materiais de enchimento.

Com a previsão de poucos meses de operação, foi decidido aplicar um lodo inoculador aos tanques sépticos. Foi adquirido lodo para duas unidades de tratamento de esgotos do CETE: UASB e CTSFA.

O lodo era proveniente de um sistema de tratamento de esgotos de condomínio residencial de casas em Jacarepaguá, com capacidade para atender a 500 habitantes. O sistema era composto de um reator UASB seguido de filtro biológico percolador. O

lodo foi retirado do reator UASB no dia 18/06/2004. O lançamento nas unidades do CETE ocorreu no mesmo dia.

Para o CTSFA, foram encomendados 600 litros, 200 para cada tanque. Esse volume corresponde a aproximadamente 30% do volume de lodo do tanque em pleno funcionamento (volume de digestão + volume de armazenamento).

Após a grade, o lodo passa pelo desarenador, caixa de distribuição geral, “castelo” e então CTSFA.

3.7.1 AMOSTRAGEM

De acordo com o Standard Methods for the Examination o Water and Wastewater (APHA et al., 1999), a coleta e análise das amostras requerem alguns cuidados especiais, principalmente se a amostragem contém compostos orgânicos e metais pesados: algumas agências reguladoras exigem que as amostras para análise de DBO, por exemplo, sejam compostas e preservadas a baixas temperaturas (4°C aproximadamente).

As amostras compostas promovem uma maior representatividade na amostragem de matrizes heterogêneas, nas quais a concentração do constituinte de interesse pode variar no tempo e/ou no espaço. As amostras compostas podem ser obtidas coletando-se durante certo período, através de diferentes profundidades ou diferentes pontos de coleta. Nesta pesquisa, as amostras para as análises laboratoriais de DQO, DBO SST, SSV e SSF eram coletadas durante cinco horas, com frequência de uma coleta por hora.

Os três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio operaram durante os meses de julho a dezembro ininterruptamente. Foram realizadas coletas das amostras para análise laboratorial com a frequência de uma vez por semana, no turno da manhã.

O volume de cada coleta era 100ml, perfazendo 500ml no total. Os recipientes eram identificados e datados com etiqueta elaborada no dia, anteriormente à coleta. Após cada coleta, os recipientes eram colocados na geladeira localizada no próprio Centro Experimental, ou em isopor com gelo comum, localizado próximo aos pontos de coleta.

Para as análises de pH, turbidez e cor, as amostras eram simples, coletadas em recipientes menores, também identificados e preservados na geladeira.

Durante os meses de julho a outubro, todas as coletas foram feitas tanque de equalização (esgoto bruto afluente) e nos quinze pontos distribuídos pelas unidades: três nos tanques sépticos e doze nas saídas dos filtros anaeróbios - três intermediárias e uma saída final para cada filtro.

Nos meses de novembro e dezembro, as coletas foram reduzidas para apenas sete pontos: três saídas das fossas, três saídas dos filtros e o do tanque de equalização (esgoto bruto afluente). Apenas uma vez por mês, era feita a coleta nos quinze pontos.

3.4.2 ANÁLISES

As análises laboratoriais consistiram em análises físico-químicas dos principais parâmetros de eficiência de tratamento: DBO, DQO, SS, Sólidos Sedimentáveis, turbidez, cor e pH. Todas as análises, a menos da análise de Sólidos Sedimentáveis, foram realizadas no LEMA – Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente - da Escola Politécnica da UFRJ, e atenderam aos padrões do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 1999). A seguir são apresentados nas Figuras 3.19 a 3.21 os cronogramas para coleta e análise adotados.

As análises de sólidos sedimentáveis foram realizadas no próprio CETE, utilizando-se o Cone de Imhoff (ver Figura 3.22). Inicialmente foram realizados ensaios para os tanques e filtros anaeróbios. No entanto, os ensaios dos efluentes dos filtros resultavam sempre em valores mínimos, menores que a menor graduação do cone Imhoff: 0,1 ml/l. Por isso, foi decidido ensaiar apenas os efluentes dos tanques sépticos e do esgoto bruto afluente. As amostras para o ensaio eram simples, coletadas na hora do ensaio.



Figura 3.22 – Ensaio de “Cone Imhoff”

3.4.2.1 COR

A análise de cor é feita com o auxílio de um espectrofotômetro (DR2010 do HACH). O método de análise é o “APHA Platinum-cobalt Standard Method” cuja unidade é o PtCo. Cada unidade de mgPtCo/l representa 1uH (unidade de Hazen), unidade de cor mais conhecida. A cor verdadeira é obtida realizando-se a filtração antes da leitura. Todas as análises realizadas nesta pesquisa foram feitas para a cor aparente, ou seja, sem remoção da turbidez através da filtração.

As amostras são analisadas no mesmo dia. São feitas três repetições para cada amostra, e, quando obtidos valores diferentes, o que é bastante raro, adota-se a média dos três. Quando o valor de cor obtido atinge o valor limite do aparelho (500 unidades), são feitas diluições (1:5, 1:10, etc.) até que se atinja valor inferior ao limite de 500 PtCo.

3.4.2.2 TURBIDEZ

A turbidez é analisada com o auxílio do mesmo aparelho através do qual é feita a análise de cor. O método é o nephelométrico (Nephelometric Method), cujo princípio é o da comparação entre a intensidade da luz que passa através da amostra e a intensidade da luz que passa através de uma referência (padrão), ambos sob as mesmas condições normais de temperatura e pressão. Esse método é também conhecido como método da Atenuação da Formazina (Attenuated Radiation Method). O resultado é apresentado em Formazin Attenuation Units (FAU), cuja relação com a NTU é: 1FAU = 1NTU. A NTU é a unidade conhecida e apresentada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

3.4.2.3 pH

O pH é obtido com o auxílio de um instrumento digital nomeado “peagâmetro”. Este instrumento compõe-se de um eletrodo para ser introduzido na amostra e fazer a medição. O valor de pH não tem unidade.

A amostra é agitada vigorosamente antes que seja feita a análise. O eletrodo, depois de lavado com água destilada, é introduzido na amostra e em poucos segundos é feita a leitura no visor digital do instrumento. São realizadas três repetições para a confirmação do resultado, adotando-se a média quando os valores forem diferentes.

3.4.2.4 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS

Os ensaios de sólidos suspenso totais, voláteis e fixos são realizados no LEMA – Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente da Poli/UFRJ.

Para a determinação dos sólidos suspensos totais no laboratório, as amostras eram submetidas à secagem na temperatura de 103,5°C.

Aparelhagem utilizada:

- Membrana com porosidade de 0,4µm
- Bomba de vácuo;
- Kitasato de 2000ml;
- Cilindro graduado de 100ml;
- Bastão de vidro;
- Balança analítica;
- Forno mufla de 600°C;
- Estufa 110°C;
- Dessecador;
- Sílica.

3.4.2.5 SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS E VOLÁTEIS

Os sólidos suspensos voláteis são obtidos a partir da calcinação da amostra de sólidos suspensos totais no forno de mufla à temperatura constante de 550°C. Os sólidos remanescentes representam os sólidos suspensos fixos. O peso perdido (evaporado) na calcinação representa a quantidade de sólidos suspensos voláteis presentes na amostra. A aparelhagem utilizada é a mesma utilizada na análise de sólidos suspensos totais.

3.4.2.6 SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS

O método utilizado é o método volumétrico, cuja aparelhagem necessária é um cone Imhoff e um bastão de vidro. O procedimento consiste no preenchimento do cone com amostra simples de volume de um litro e leitura do material sedimentado após uma hora. Restando 15 minutos para a leitura, é feita uma passagem do bastão, em torno da parede interna do Cone, completando a volta de 360°. Esse procedimento é necessário para desprendimento dos sólidos que permanecem retidos na parede do Cone.

3.4.2.7 DBO_{5,20°C}

A análise consiste na incubação da amostra por cinco dias à temperatura constante de 20°C, no escuro. É feita a medição de oxigênio dissolvido antes e depois da incubação. Os resultados obtidos são utilizados no cálculo da DBO.

Aparelhagem:

- Bomba de ar comprimido;
- Buretas automáticas;
- Cilindro graduado de 1000 ml;
- Incubadora de DBO termostaticamente controlada à temperatura de 20°C ± 1°C;
- Vidros especiais para DBO, numerados, com capacidade igual a 300 ml, com rolha esmerilhada.

Reagentes:

- Solução de sulfato de manganês;
- Solução alcalina de iodeto e azida;
- Ácido sulfúrico concentrado;
- Solução de tiosulfato de sódio 0,0125 N;
- Solução indicadora de amido;

- Água destilada de alta qualidade (deionizada);
- Solução tampão de fosfato;
- Solução de sulfato de magnésio;
- Solução de cloreto de cálcio;
- Solução de cloreto férrico;
- Água de diluição.

3.4.2.8 DQO

A Demanda Química de Oxigênio é fundamentada no fato de que os compostos orgânicos, com algumas exceções, são oxidados por oxidantes químicos considerados fortes como o dicromato de potássio em meio ácido. Sua análise consiste na determinação da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração presente numa amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

As amostras de DQO devem ser bastante homogêneas. Para esgotos que contenham muitos sólidos sedimentáveis é necessário misturar bastante a amostra antes de se fazer as medidas do volume para a análise.

Aparelhagem:

- Balão de fundo chato de 500ml de boca esmerilada;
- Cilindro graduado de 50ml;
- Condensador de refluxo de extremidade esmerilada;
- Pipeta volumétrica de 10ml;
- Conjunto de aquecimento;
- Bureta automática.

Reagentes:

- Solução padrão de bicromato de potássio 0,250 N;
- Ácido sulfúrico e sulfato de prata;
- Solução padrão de sulfato ferroso amoniacal;
- Solução de indicador ferroin;
- Sulfato de mercúrio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DO ESGOTO AFLUENTE AO CETE

O esgoto proveniente do campus universitário tem sido analisado desde 2003. A partir do início de 2004, quando se decidiu por misturá-lo a um lodo visando a aumentar sua concentração de DQO, DBO e sólidos em suspensão, foram realizadas análises do esgoto bruto afluente também. Os resultados consolidados até dezembro de 2004 podem ser observados nas tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 – Resultados consolidados do CETE entre os meses de junho e dezembro de 2004 para os parâmetros DQO, DBO, SST e SSF

Consolidação dos Resultados do Esgoto Bruto	DQO (mg/l)	DQO F (mg/l)	DBO (mg/l)	DBO F (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)
desde 1/6/2004 Nº de Amostras	60	16	26	8	44	45
Média	451	164	171	77	240	87
desvio Padrão	160	-	58	-	113	49

Tabela 4.2 – Resultados consolidados do CETE entre os meses de junho e dezembro de 2004 para os parâmetros SSV, pH, Turbidez, Cor e Temperatura

Consolidação dos Resultados do Esgoto Bruto	SSV (mg/l)	Ph	Turb. (FAU)	Cor (PtCO)	Temperatura
desde 1/6/2004 Nº de Amostras	45	25	27	6	26
Média	156	6,9	160	716	26
desvio Padrão	72	0	99	129	3

As amostras do esgoto bruto afluente às unidades eram coletadas na frequência de até três vezes na semana. Devido às poucas alterações nos resultados, as coletas do esgoto fraco foram interrompidas em meados de 2004.

Em média, 65% dos sólidos suspensos totais são voláteis e 35% são fixos.

Considerando as médias obtidas nas análises do esgoto, pode-se chegar às seguintes correlações:

$DBO_{5,20}/DQO$ para esgoto fraco = 0,61

$DBO_{5,20}/DQO$ para esgoto bruto afluente = 0,38

$DBO_{5,20}$ filtrada/ DQO filtrada para esgoto bruto afluente = 0,47

A correlação $DBO_{5,20}/DQO$ encontrada está próxima da divulgada na literatura, cuja variação é da ordem de 0,4 a 0,5.

4.2 RESULTADOS DOS TANQUES SÉPTICOS

Com a previsão de operação de apenas seis meses, decidiu-se aplicar um lodo para inoculação dos tanques sépticos. Os resultados do segundo mês de operação indicam uma eficiência característica de tanque séptico em pleno funcionamento. Os resultados das análises do lodo estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Resultado das análises do lodo inoculador

Resultados	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)
Lodo inoculador	36.000	14.300	9.780	902	8.878

Os sólidos suspensos voláteis presentes na amostra do lodo representam 91% dos sólidos suspensos totais. Essa quantidade de sólidos voláteis, somada às concentrações de DQO e DBO, indicam a presença maciça de matéria orgânica, e

conseqüentemente grande quantidade de microrganismos responsáveis por sua degradação. Os 9% restantes de sólidos fixos indicam a pouca quantidade de sólidos inertes.

No primeiro mês de operação – julho de 2004, as coletas dos efluentes dos tanques sépticos foram mal sucedidas. Isso se deveu à grande quantidade de sólidos retidos na tubulação de saída do tanque.

A coleta era feita introduzindo-se um tubo de ensaio de capacidade 100ml na abertura (visita) da tubulação de saída do tanque séptico.

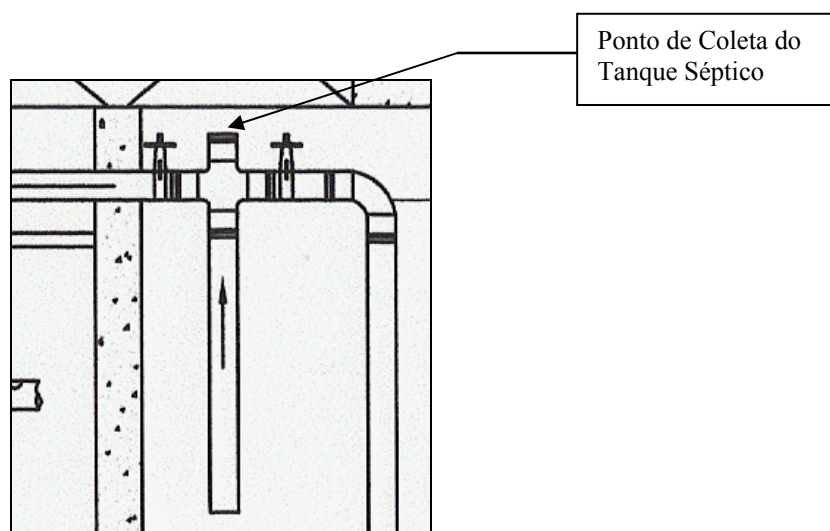


Figura 4.1 – Localização da visita onde é feita a coleta do efluente do tanque séptico

A primeira coleta da semana era caracterizada por um efluente muito escuro, com muitos sólidos em suspensão e sedimentáveis. A última do dia, realizada quatro horas depois, já se apresentava bem mais clarificada e com menos sólidos suspensos. No entanto, como as amostras finais eram compostas de amostras simples de 100ml coletadas de uma em uma hora, as primeiras influenciavam negativamente nos resultados das análises dos efluentes, que foram incompatíveis com os do esgoto afluente.

A partir de agosto, com a mudança do processo de coleta, realizando descartes do efluente com excesso de sólidos suspensos até a obtenção do efluente clarificado, os resultados começaram a melhorar (ver Figura 4.2).



Figura 4.2 - Primeira coleta, sem descarte (à esquerda); Efluente após descarte dos sólidos retidos na tubulação (à direita)

Os valores médios de concentração de DQO dos efluentes dos tanques sépticos e as eficiências obtidas estão apresentados na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Concentrações e eficiências na remoção de DQO dos tanques sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média de Concentração de DQO (mg/ℓ)	323	141	142	162
Desvio Padrão (mg/ℓ)	110	68	53	75
Média das Eficiências (%)	-	55,1	50,2	46,5
Desvio Padrão (%)	-	15,4	14,9	18,7

Os resultados apresentados consistem nas médias de concentração e nas médias de eficiências obtidas. Alguns valores analisados foram desconsiderados por parecerem

incorretos. Esses erros podem ser decorrentes da execução das análises laboratoriais, procedimento de coleta, entupimento dos dispositivos de saída dos filtros, etc. As tabelas com todas as concentrações e eficiências consideradas e desconsideradas encontram-se no Anexo 1.

Os gráficos 4.1 a 4.4 apresentam a evolução na remoção de DQO dos três tanques. Pode-se notar que desde o começo da operação houve elevada diferença entre a concentração do afluente e do. Pode-se observar também a diminuição da concentração de DQO do efluente ao longo do tempo.

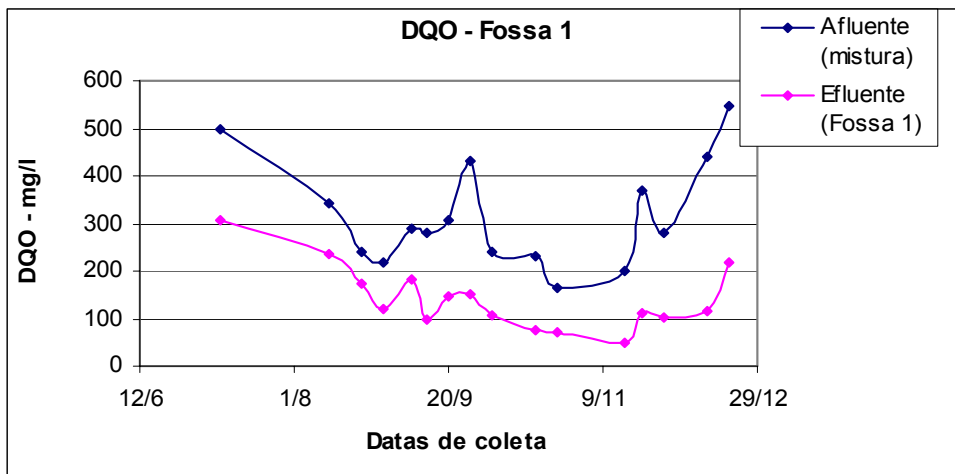


Gráfico 4.1 - Concentrações de DQO dos tanques sépticos

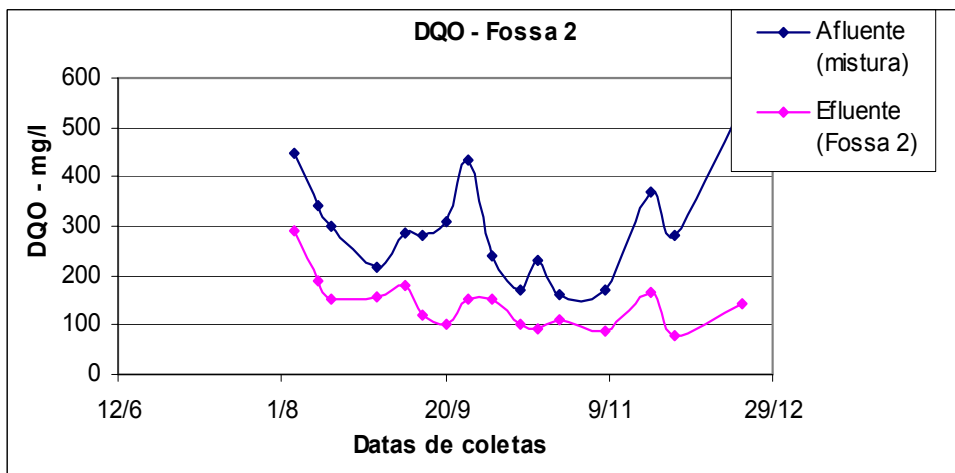


Gráfico 4.2 – Concentrações de DQO dos tanques sépticos

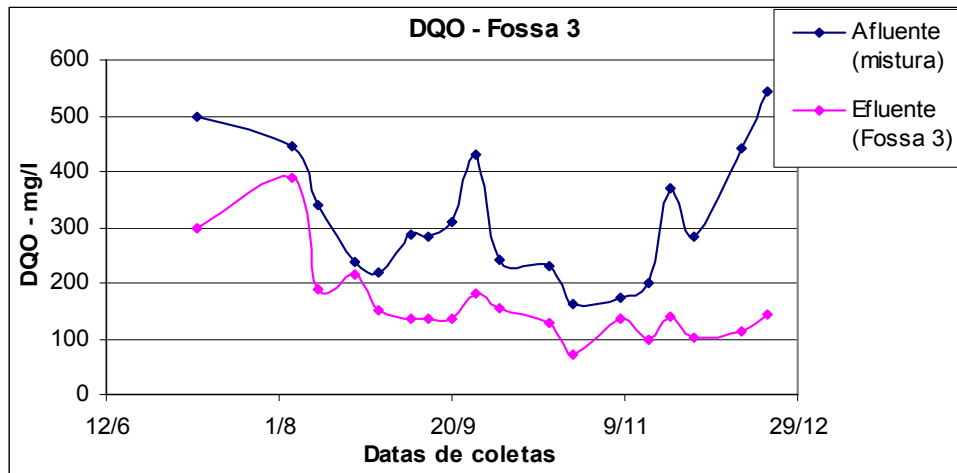


Gráfico 4.3 - Concentrações de DQO dos tanques sépticos

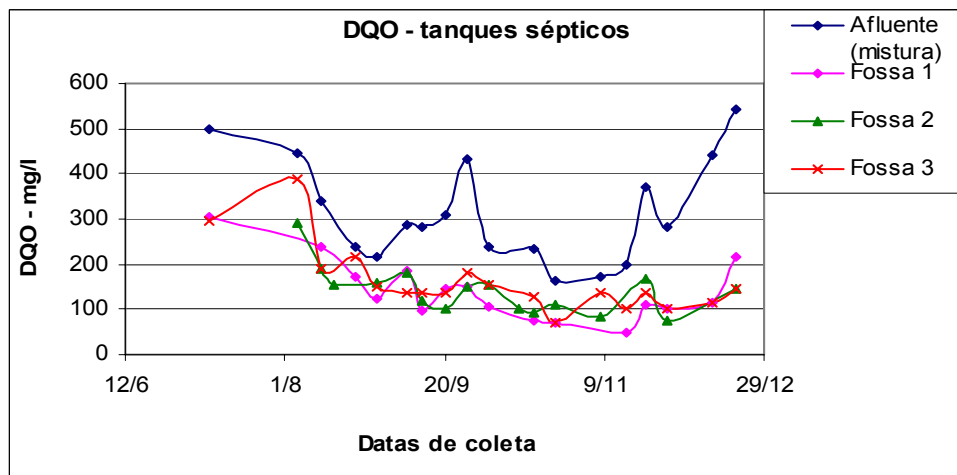


Gráfico 4.4 - Concentrações de DQO dos três tanques sépticos e esgoto bruto afluente

As análises de DBO foram minimizadas devido à complexidade e aos longos períodos de realização. Foi obtido apenas um dado por mês nos meses de agosto a outubro, e dois nos meses de novembro e dezembro. Os resultados das análises de DBO dos tanques estão apresentados na Tabela 4.5.

A correlação $DBO_{5,20}/DQO$ obtida para o esgoto bruto afluente é de 0,33, sendo menor que a divulgada na literatura de 0,4 a 0,5. Para os efluentes dos tanques sépticos, a correlação varia de 0,40 a 0,47. Esses valores podem ser considerados altos. Geralmente são esperados valores abaixo dos obtidos na correlação $DBO_{5,20}/DQO$ para

o esgoto, já que nesse tipo de tratamento, a remoção de DBO é um pouco maior que a de DQO. Contudo, deve-se atentar para o número de amostras analisadas.

Tabela 4.5 – Concentrações e eficiências na remoção de DBO dos tanques sépticos

Resultados de DBO							
Data	Concentração de DBO Esgoto Bruto Afluente	Concentração de DBO Fossa 1	Eficiência %	Concentração de DBO Fossa 2	Eficiência %	Concentração de DBO Fossa 3	Eficiência %
16/8	107	64	40,3%	56	47,7%	76	28,9%
13/9	90	49	45,6%	51	42,7%	39	56,9%
18/10	101	29	70,9%	30	70,8%	37	63,9%
8/11	69	-	-	35	50,1%	50	28,7%
22/11	139	71	48,6%	71	49,0%	65	53,5%
6/12	137	34	75,3%	31	77,8%	23*	83,2%*
13/12	111	51	54,2%	33	69,9%	44	60,6%
Média	108	50	55,8%	44	58,3%	51	48,7%
Desvio Padrão	25	16	14,2%	16	14,0%	16	15,9%

*Valor desconsiderado

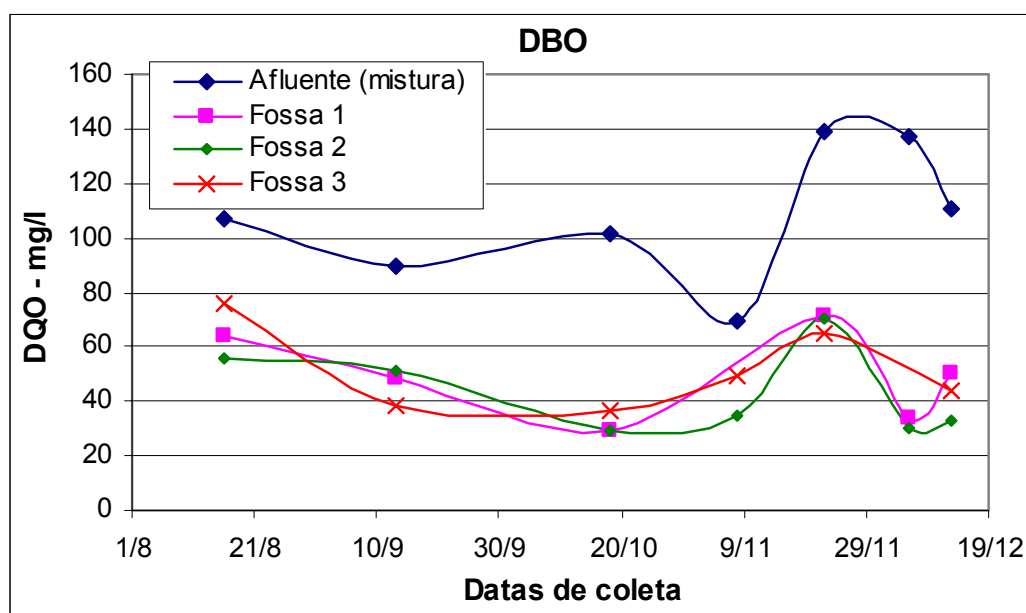


Gráfico 4.5 – Concentrações de DBO dos tanques sépticos

Pelo gráfico 4.5, nota-se que os efluentes dos tanques tem concentrações muito parecidas de DBO, e que acompanham as oscilações das concentrações do esgoto afluente.

Quanto aos Sólidos Suspensos Totais (SST), os resultados foram muito bons. A eficiência de um dos tanques chegou a 75% como pode ser visto na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Totais dos tanques sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média de Concentração de SST (mg/l)	241	66	49	57
Desvio Padrão (mg/l)	115	31	23	24
Média das Eficiências (%)	-	67,3	75,1	71,1
Desvio Padrão (%)	-	20,1	18,3	19,7

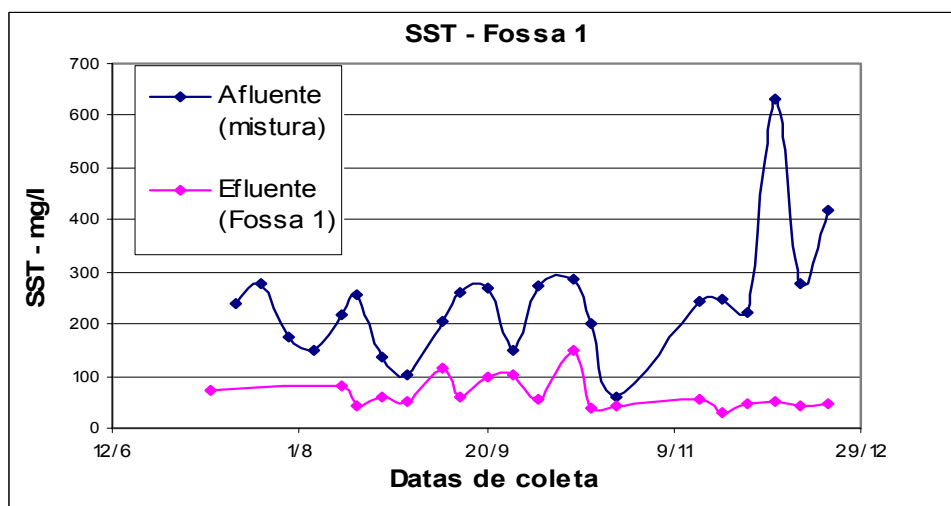


Gráfico 4.6 – Concentrações de SST do tanque séptico 1

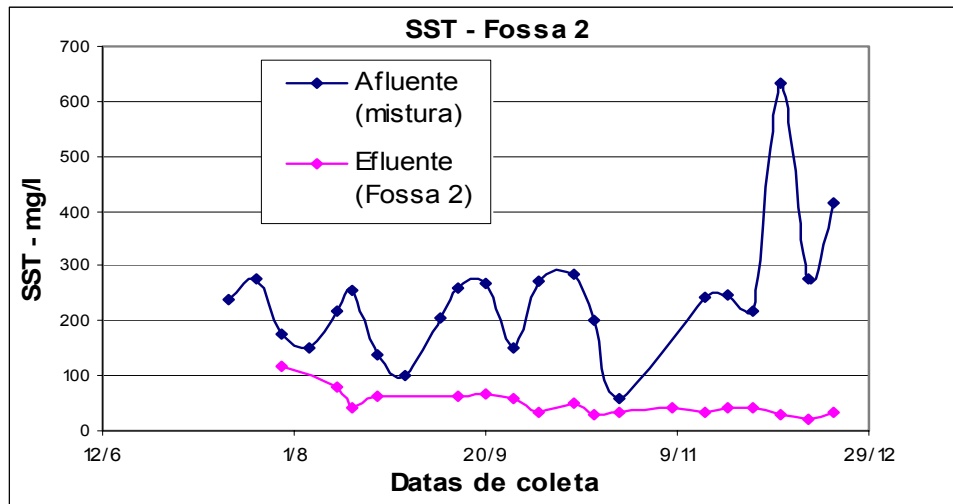


Gráfico 4.7 - Concentrações de SST do tanque séptico 2

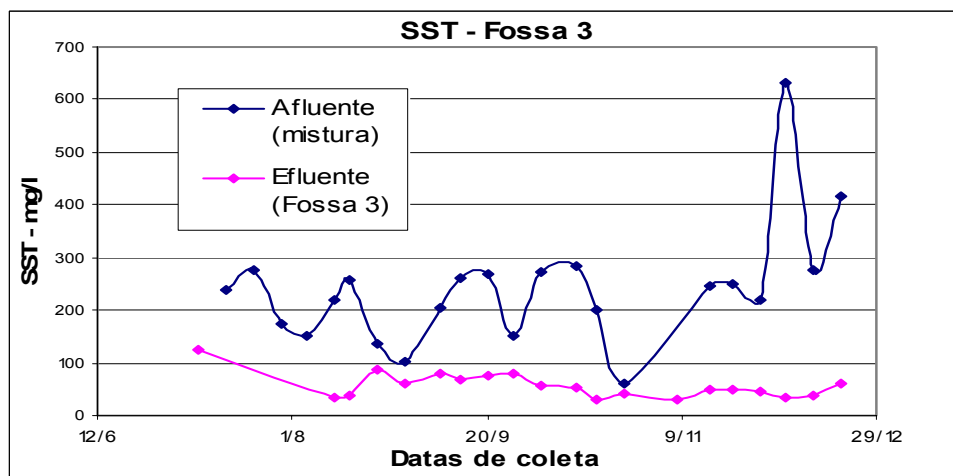


Gráfico 4.8 - Concentrações de SST do tanque séptico 3

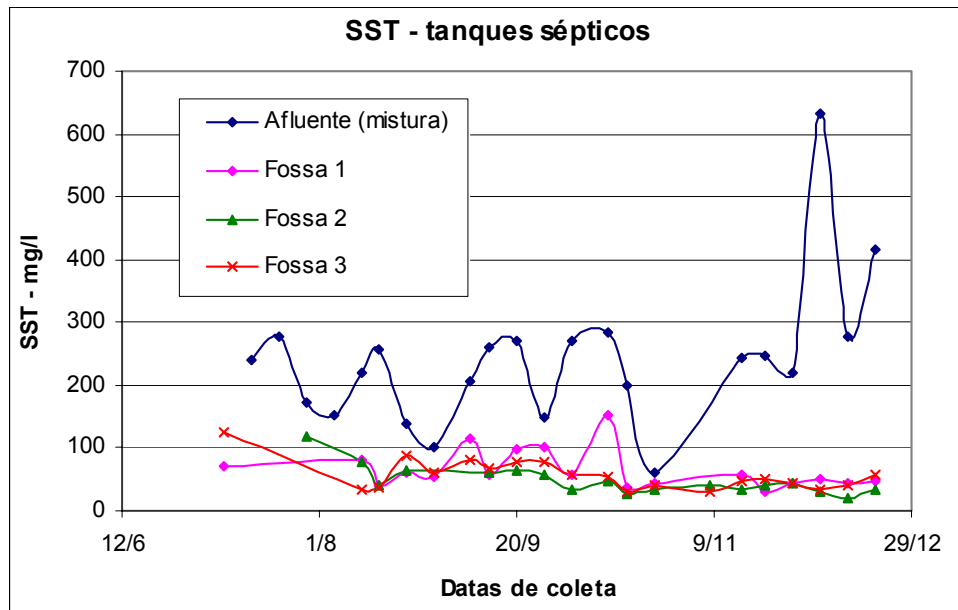


Gráfico 4.9 - Concentrações de SST dos tanques sépticos

Devido a uma de suas principais funções – a sedimentação, o tanque séptico é capaz de remover grande parte dos sólidos suspensos, inclusive os fixos. Estes correspondem à parcela inorgânica, não degradável dos sólidos em suspensão. Nesta pesquisa, a eficiência na remoção deste constituinte foi de até 80% no tanque 2.

Tabela 4.7 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Fixos dos tanques Sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média de Concentração de SSF (mg/l)	91	21	18	17
Desvio Padrão (mg/l)	61	15	15	9
Média das Eficiências (%)	-	71,3	80,9	74,5
Desvio Padrão (%)	-	20,3	15,4	19,7

Os gráficos a seguir mostram a evolução do desempenho dos tanques ao longo do tempo.

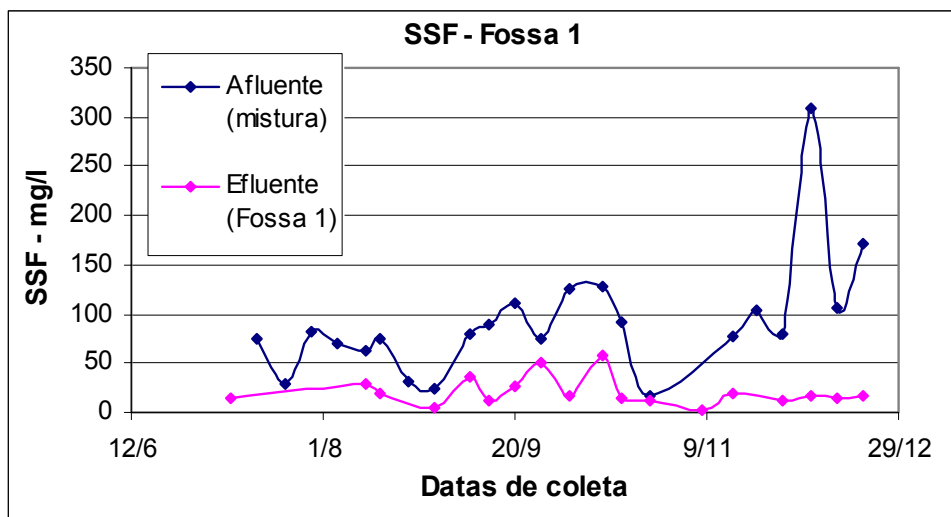


Gráfico 4.10 - Concentrações de SSF do tanque séptico 1

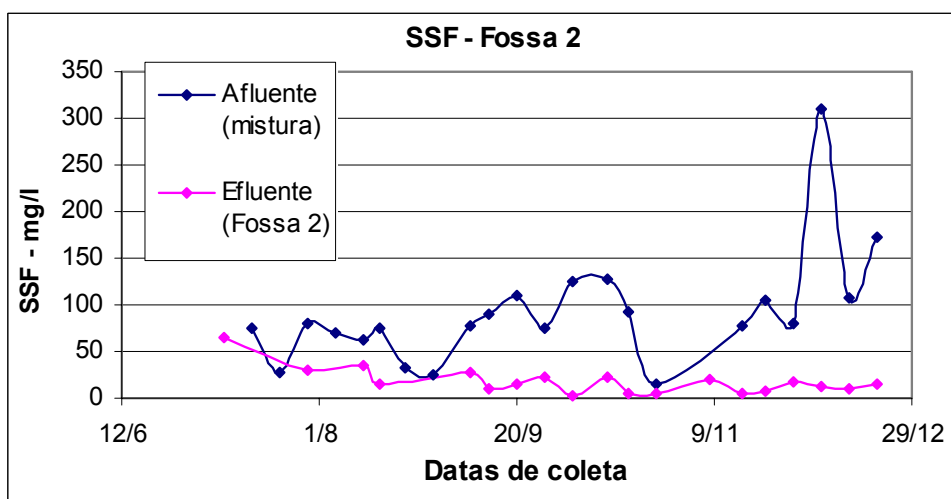


Gráfico 4.11 - Concentrações de SSF do tanque séptico 2

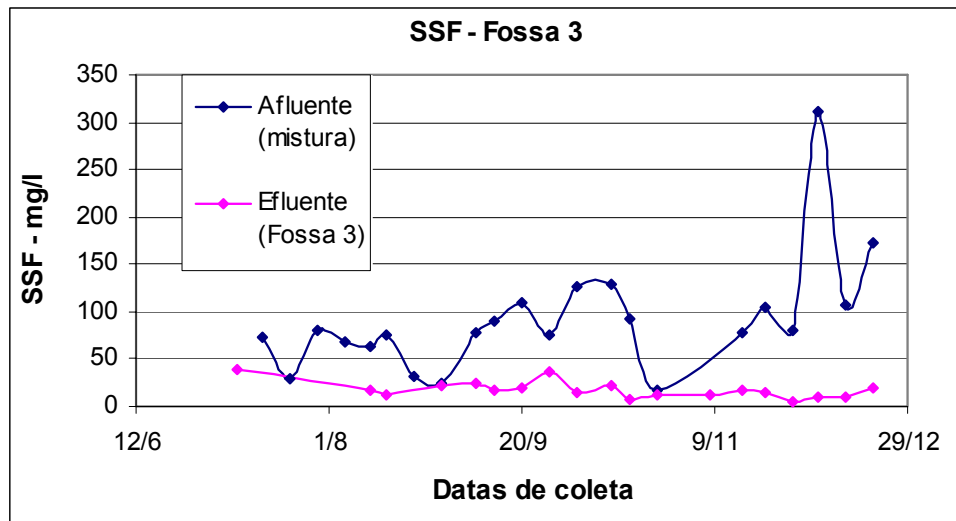


Gráfico 4.12 - Concentrações de SSF do tanque séptico 3

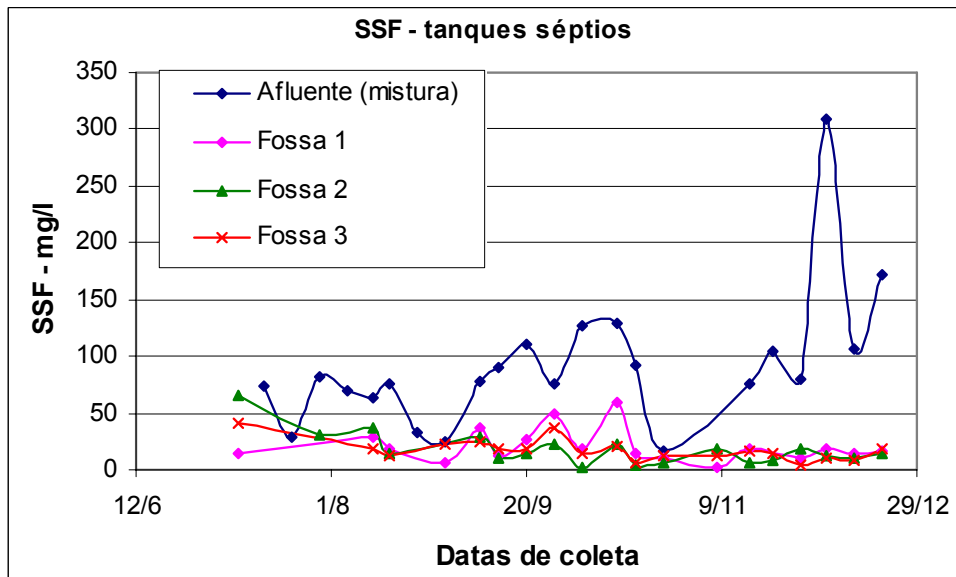


Gráfico 4.13 - Concentrações de SSF dos tanques sépticos

Quanto aos sólidos suspensos voláteis, a remoção foi um pouco menor, mas chegou a 68% no tanque 2 (ver tabela 4.8). Nos Gráficos 4.14 a 4.17 observa-se a pouca variação da concentração de SSV ao longo do tempo.

Tabela 4.8 – Concentrações e eficiências na remoção de Sólidos Suspensos Voláteis dos tanques Sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média de Concentração de SSV (mg/l)	145	45	43	36
Desvio Padrão (mg/l)	67	19	18	17
Média das Eficiências (%)	-	63,9	68	67,2
Desvio Padrão (%)	-	21,3	25,1	18,9

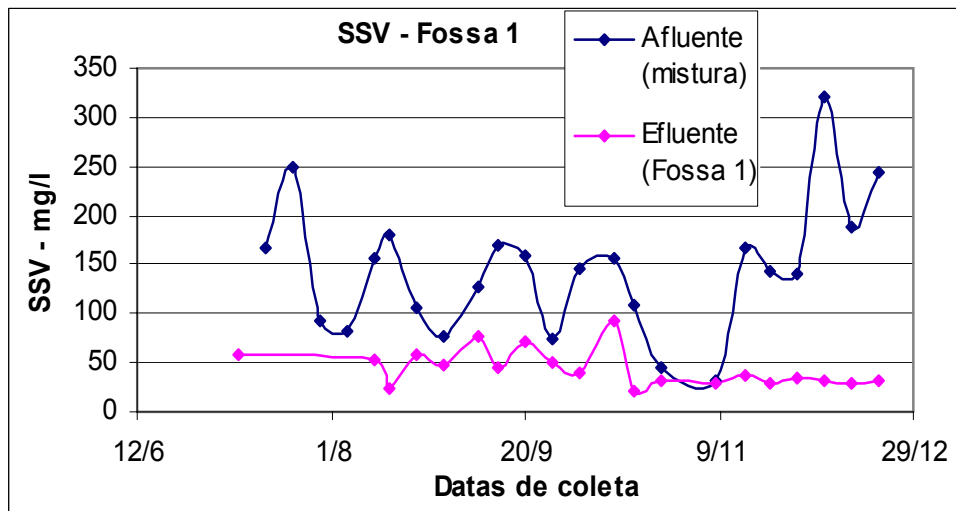


Gráfico 4.14 - Concentrações de SSV do tanque séptico 1

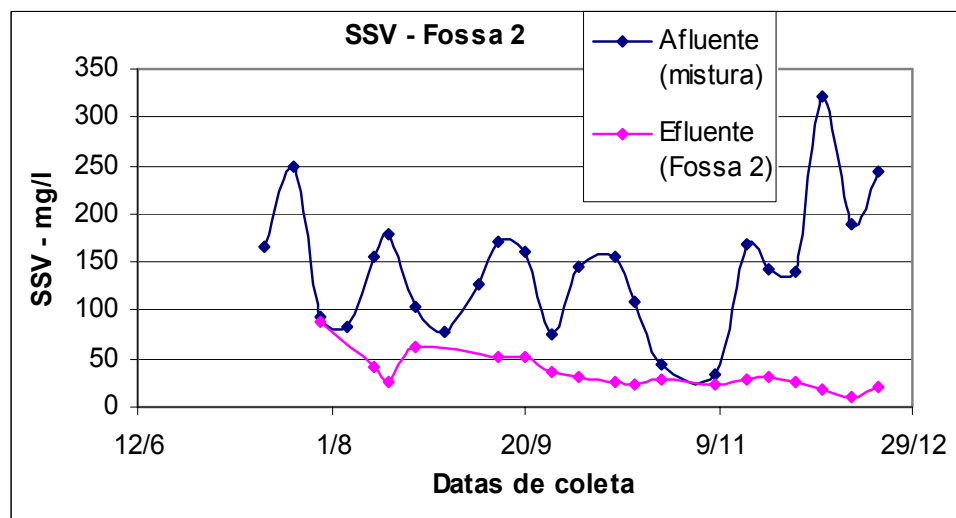


Gráfico 4.15 - Concentrações de SSV do tanque séptico 2

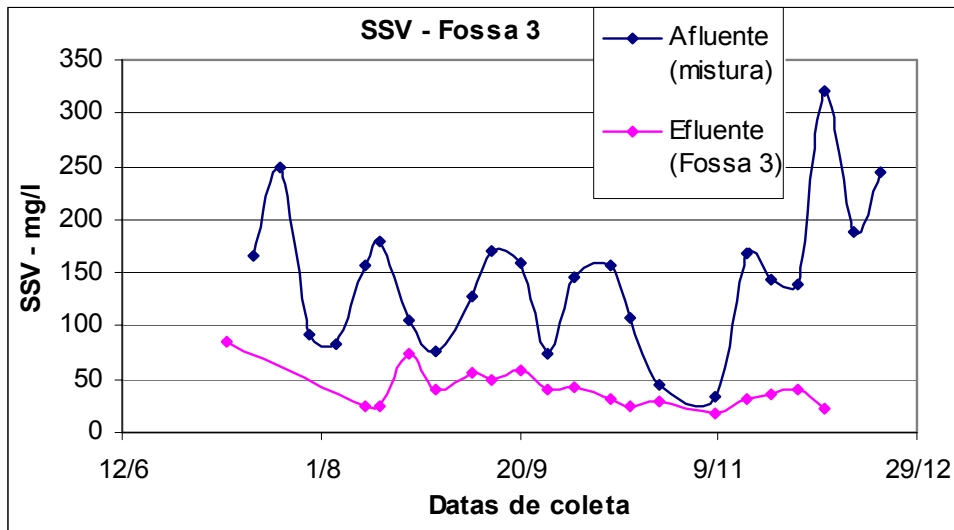


Gráfico 4.16 - Concentrações de SSV do tanque séptico 3

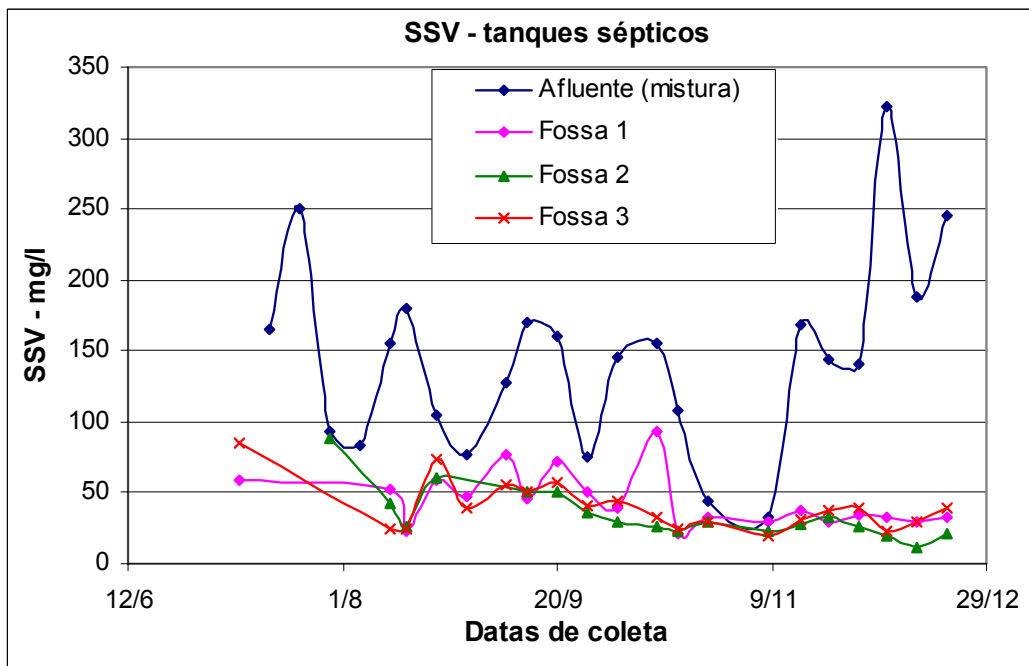


Gráfico 4.17 - Concentrações de SSV dos tanques sépticos

Os resultados dos sólidos sedimentáveis variaram muito, tanto do afluente quanto dos efluentes dos tanques. Mesmo com a grande oscilação dos resultados do afluente, eficiência dos tanques sépticos é significativa. O valor médio de sólidos sedimentáveis chegou a 0,2ml/l.

Tabela 4.9 – Volumes de Sólidos Sedimentáveis nos efluentes dos tanques sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média do volume obtido no método do Cone Imhoff (ml/l)	2,0	0,5	0,2	0,2
Desvio Padrão (ml/l)	1,6	0,5	0,3	0,2

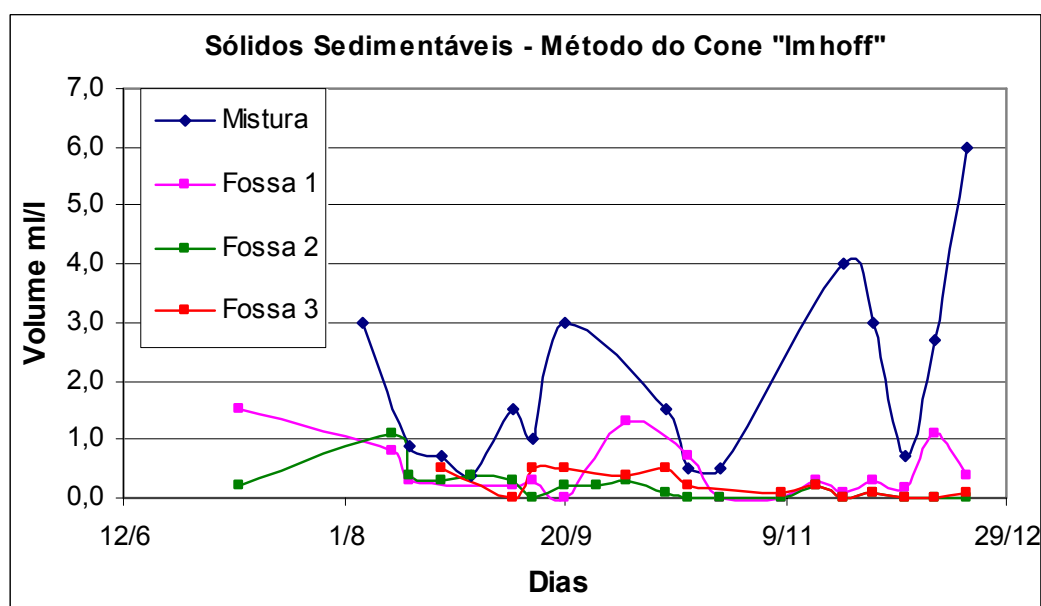


Gráfico 4.18 – Sólidos sedimentáveis dos tanques sépticos

O pH médio das três fossas foi de 7,3 e houve pouquíssima variação. Este resultado está dentro da faixa considerada ótima para a digestão anaeróbica que é de 6,8 a 7,5. O valor encontrado para o pH médio do esgoto bruto afluente foi 7,1.

A cor e a turbidez dos efluentes dos tanques sépticos são caracterizados por valores muito altos, não obstante, há sensível redução destes parâmetros. A clarificação desses efluentes é feita no pós-tratamento. Os resultados estão na tabela a seguir.

Tabela 4.10 – Volumes de Sólidos Sedimentáveis nos efluentes dos tanques sépticos

	Esgoto Afluente	Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3
Média da Turbidez (FAU)	250	144	131	137
Desvio Padrão (FAU)	164	50	41	40
Média da Cor (PtCO)	871	420	500	497
Desvio Padrão (PtCO)	580	194	155	167

Ambos os parâmetros são consequência da presença de sólidos no efluente. A cor verdadeira é consequência da presença de sólidos dissolvidos e, a turbidez, da presença de sólidos suspensos. Desta maneira, é possível correlacionar seus resultados em regressão linear. Os gráficos a seguir mostram essa correlação.

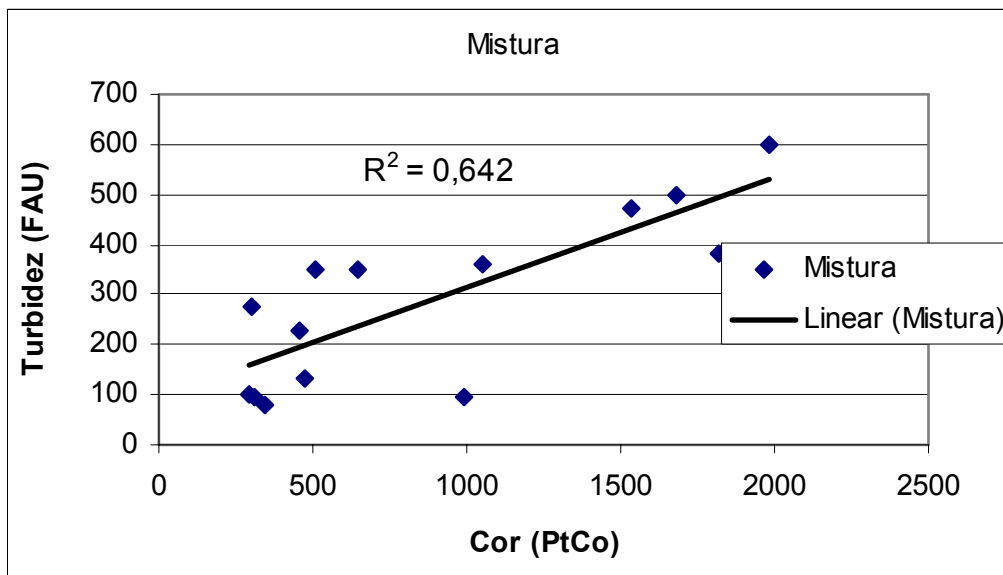


Gráfico 4.19 – Correlação entre turbidez e cor para o esgoto bruto afluente

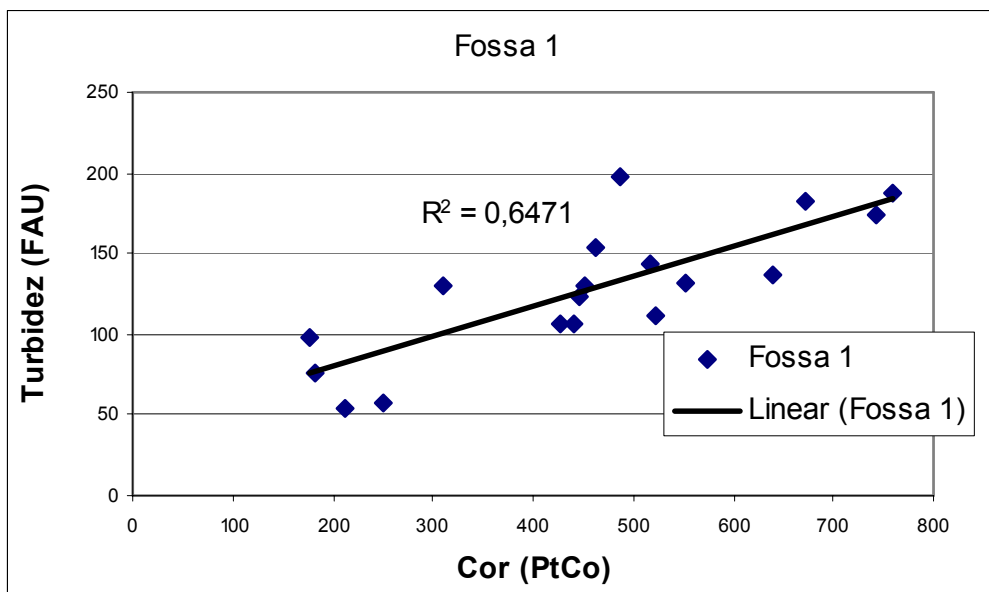


Gráfico 4.20– Correlação entre turbidez e cor para tanque séptico 1

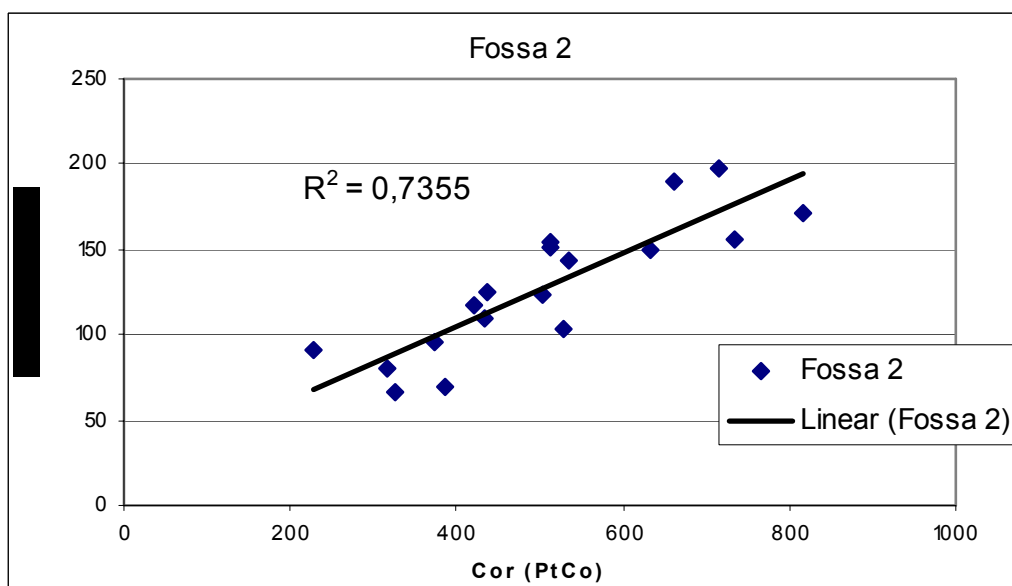


Gráfico 4.21 - Correlação entre turbidez e cor para tanque séptico 2

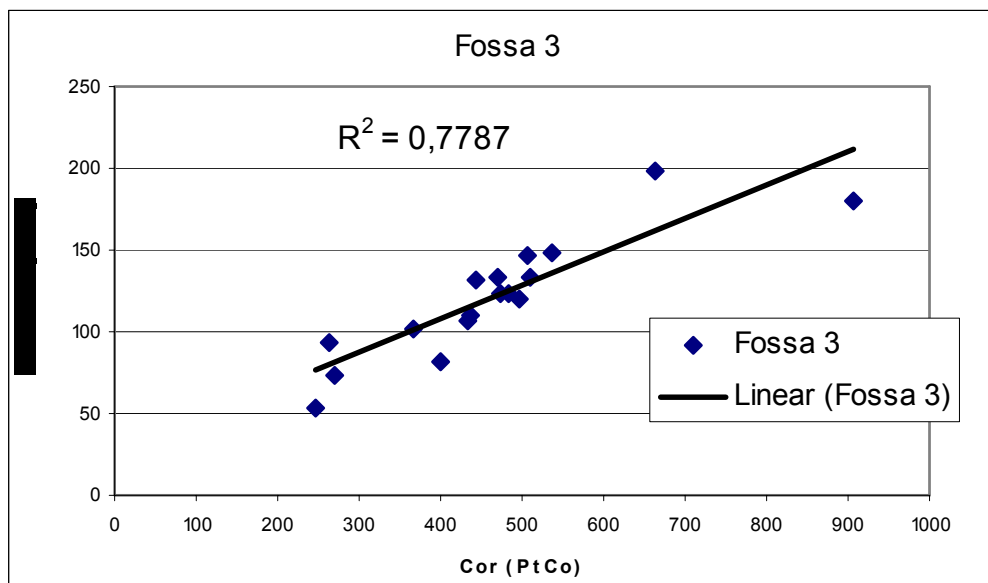


Gráfico 4.22 - Correlação entre turbidez e cor para tanque séptico 3

As análises de cor realizadas foram análises de cor aparente, sem filtração para remoção dos sólidos causadores de turbidez. Como houve boa correlação entre os resultados de cor e turbidez, isso indica que grande parte da cor dos efluentes das fossas é causada pelos sólidos suspensos causadores da turbidez.

4.3 RESULTADOS DOS SISTEMAS TANQUE SÉPTICO-FILTROS

ANAERÓBIOS

Pela tabela 4.11, constata-se que os sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio tiveram desempenhos com relação a remoção de DQO semelhantes.. A variação encontrada na eficiência média dos filtros foi de 68,4% a 72,9% e está dentro da faixa indicada pela norma NBR 13969.

Tabela 4.11 – Médias de concentração e eficiência na remoção de DQO

Resultados da saída dos filtros					
Parâmetros		Esgoto bruto afluente	Filtro 1 Anéis de plástico	Filtro 2 Brita 4	Filtro 3 Cubos de espuma
DQO	Média (mg/ℓ)	323	97	83	96
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	110	35	35	38
	Eficiência (%)	-	68,5	72,9	68,4
	Desvio Padrão (%)	-	9,6	10,6	13,3

A faixa de eficiência na remoção de DQO informada pela norma consiste na variação de desempenho obtido pelo filtro dimensionado de acordo com suas recomendações. No caso dos filtros desta pesquisa, a vazão aplicada é 52% maior que a sugerida pela norma. Isto demonstra que a norma da ABNT em vigência (NBR 13969) é conservadora.

Se considerarmos as eficiências médias obtidas a partir da concentração, os resultados obtêm sutil melhora: 70% para o filtro 1, 74,3% para o filtro 2 e 70,3% para o filtro 3.

Quanto às eficiências relativas às diferentes alturas, os resultados estão apresentados na tabela 4.12 e no gráfico 4.23.

Tabela 4.12 – Médias das concentrações de DQO e eficiências das diferentes alturas dos filtros

Parâmetros		DQO			
		Altura 1 h=0,69m	Altura 2 h=1,12m	Altura 3 h=1,68m	Altura 4 - Saída h=2,09
Filtro 1 Anéis de plástico	Média (mg/ℓ)	107	115	103	97
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	48	48	44	35
	Eficiência (%)	67,3	64,1	66,4	68,5
	Desvio Padrão (%)	11,1	11,6	11,8	9,6
Filtro 2 Brita 4	Média (mg/ℓ)	101	108	107	83
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	39	49	55	39
	Eficiência (%)	66,1	67,7	66,8	72,9
	Desvio Padrão (%)	12,7	10,7	12,5	10,6
Filtro 3 Cubos de espuma	Média (mg/ℓ)	103	98	99	96
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	44	40	38	38
	Eficiência (%)	66,7	68,5	68,3	68,4
	Desvio Padrão (%)	12,5	13,2	9,7	13,3

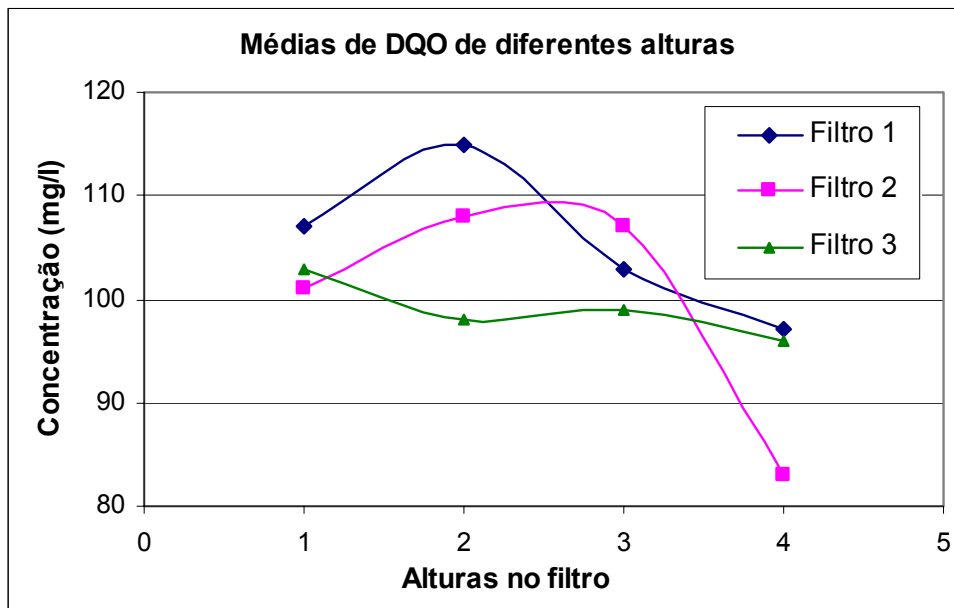


Gráfico 4.23 – Médias de DQO dos filtros nas diferentes alturas

A expectativa com relação às saídas intermediárias era obter eficiências gradualmente melhores e que não diferissem muito entre si nas alturas a partir de 1,20m. Esta é a altura preconizada pela norma NBR 13969 para a saída do filtro. Contudo, as concentrações oscilaram (ver gráfico 4.23), salvo o filtro 3 (cubos de espuma) que apresentou muito pouca oscilação, e teve concentração de DQO na saída semelhante à do filtro 1 (anéis de plástico). O filtro 2 (brita 4) oscilou, teve concentração média de DQO maior na altura 3 do que na altura 1, mas teve o melhor desempenho na saída (remoção de 72,9%).

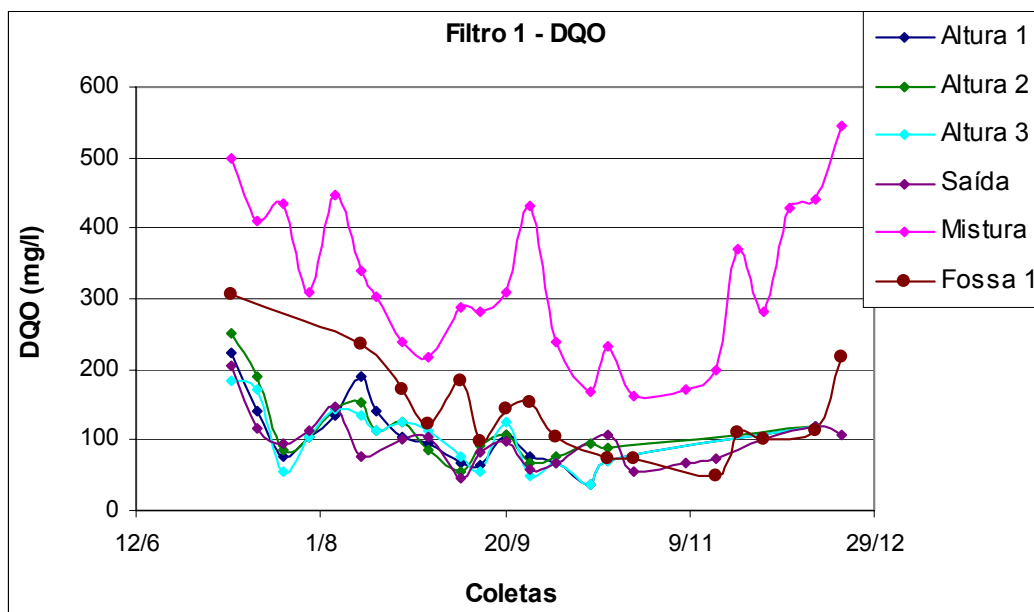


Gráfico 4.24 – Concentrações de DQO das diferentes alturas do filtro 1 no período pesquisado

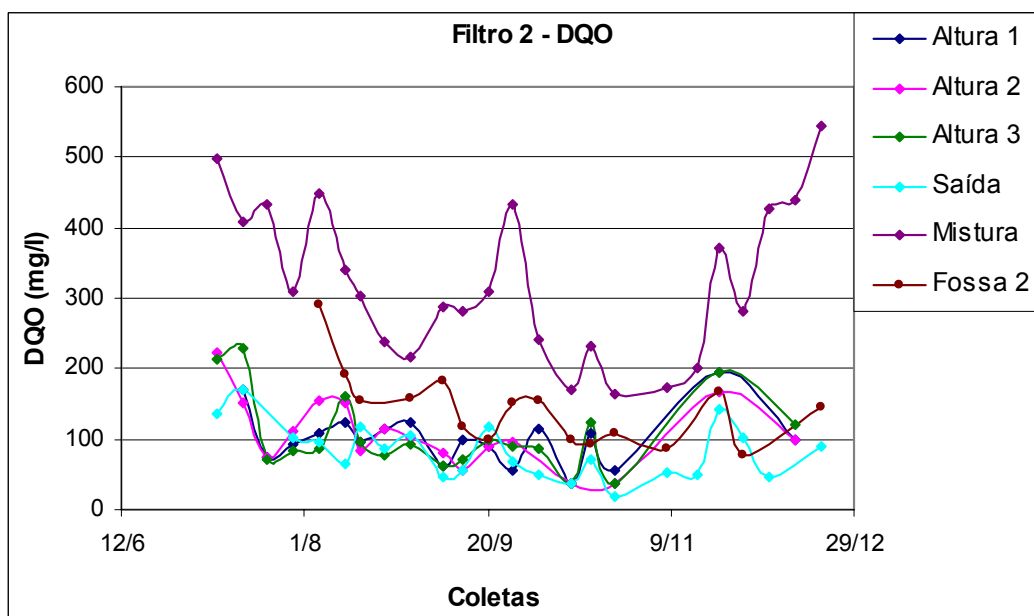


Gráfico 4.25 - Concentrações de DQO das diferentes alturas do filtro 2 no período pesquisado

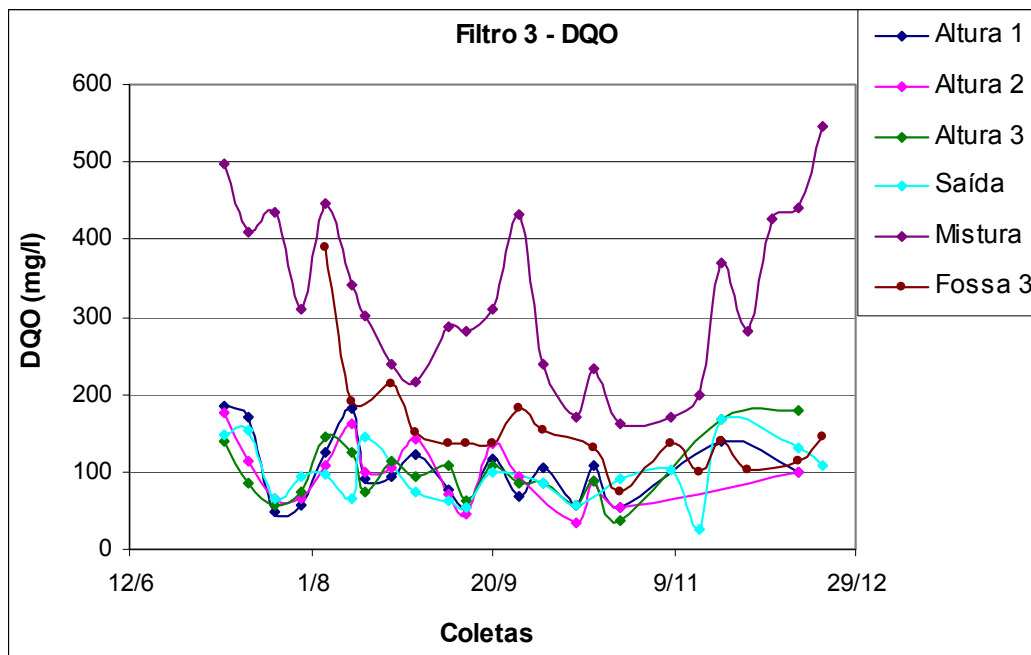


Gráfico 4.26 - Concentrações de DQO das diferentes alturas do filtro 1 no período pesquisado

Pelos gráficos 4.24 a 4.26, constata-se que a performance das diferentes alturas dos filtros é bastante semelhante.

As concentrações médias de DBO encontradas na pesquisa tiveram valores inferiores aos esperados. Encontram-se na faixa de 31 a 39 mg/l, como pode ser visto na tabela 4.13, mostrando resultados compatíveis com as exigências legais da FEEMA em relação à DBO e SST (ver Tabela 4.24).

Tabela 4.13 - Médias de concentração e eficiência na remoção de DBO

Resultados da saída dos filtros					
Parâmetros		Esgoto bruto afluente	Filtro 1 Anéis de plástico	Filtro 2 Brita 4	Filtro 3 Cubos de espuma
DBO	Média (mg/ℓ)	108	31	35	39
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	25	11	20	13
	Eficiência (%)	-	68,2	67,4	62,4
	Desvio Padrão (%)	-	11,6	13,6	13,5

Tabela 4.14 – Médias das concentrações de DBO e eficiências das diferentes alturas dos filtros

Parâmetros		DBO			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Filtro 1 Anéis de plástico	Média (mg/ℓ)	35	39	27	31
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	8	8	7	11
	Eficiência (%)	65,4	61,3	73,7	68,2
	Desvio Padrão (%)	10	9,2	5,5	11,6
Filtro 2 Brita 4	Média (mg/ℓ)	49	39	46	35
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	28	13	26	20
	Eficiência (%)	55,7	63,9	58,3	67,4
	Desvio Padrão (%)	23,1	10,4	18,2	13,6
Filtro 3 Cubos de espuma	Média (mg/ℓ)	40	46	40	39
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	18	29	19	13
	Eficiência (%)	63,8	59,4	64,1	62,4
	Desvio Padrão (%)	12,4	18	13,9	13,5

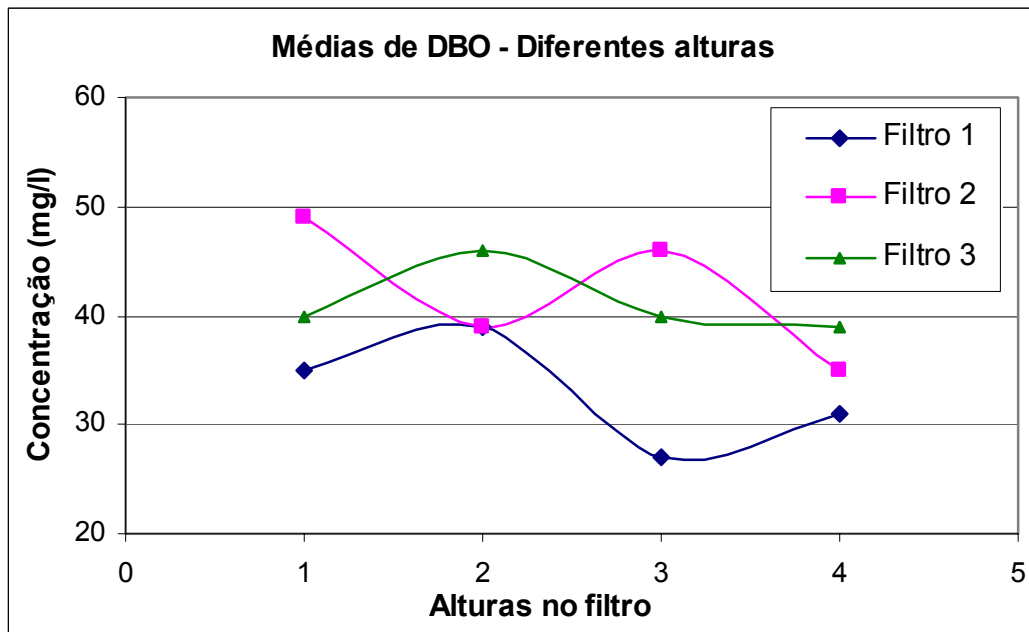


Gráfico 4.27 – Médias de DBO dos filtros nas diferentes alturas

As eficiências obtidas são satisfatórias e encontram-se na faixa indicada pela norma NBR 13969 (ver item 2.5.2.2).

A correlação $DBO_{5,20}/DQO$ encontrada, considerando-se os valores médios obtidos nas saídas dos filtros, varia de 0,32 a 0,42. Esta variação tem valores menores que a variação para o tanque séptico, mas ainda considerados altos. Como já mencionado, geralmente são esperados valores abaixo dos obtidos na correlação $DBO_{5,20}/DQO$ para o esgoto, já que nesse tipo de tratamento, a remoção de DBO é um pouco maior que a de DQO.

Todos os filtros foram bastante eficientes na remoção de sólidos suspensos totais. Foram obtidas médias acima de 90%.

A eficiência na remoção de sólidos suspensos voláteis ficou um pouco abaixo da eficiência na remoção de sólidos suspensos fixos, mas também chegou a 90% na saída do filtro 2.

Tabela 4.15 - Médias das concentrações de SST, SSF e SSV e eficiências obtidas nas saídas dos filtros.

Resultados da saída dos filtros					
Parâmetros		Esgoto bruto afluente	Filtro 1 Anéis de plástico	Filtro 2 Brita 4	Filtro 3 Cubos de espuma
SST	Média (mg/ℓ)	209	19	14	19
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	115	5	7	14
	Eficiência (%)	-	90,3	93,3	90,3
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	-	6,1	4,4	7,1
SSF	Média (mg/ℓ)	91	3	4	3
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	61	3	3	3
	Eficiência (%)	-	93,1	94,2	95,6
	Desvio Padrão (%)	-	10	7,6	4,3
SSV	Média (mg/ℓ)	145	15	10	15
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	67	5	7	12
	Eficiência (%)	-	88,0	90,3	88,2
	Desvio Padrão (%)	-	6,5	8,3	7,8

As Tabelas 4.16 a 4.18 mostram os ótimos resultados de SST, SSF e SSV obtidos em todas as alturas dos filtros.

Tabela 4.16 – Médias das concentrações de SST e eficiências das diferentes alturas dos filtros

Parâmetros		SST			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Filtro 1 Anéis de plástico	Média (mg/ℓ)	25	24	21	19
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	12	6	10	5
	Eficiência (%)	87,5	87,1	89,2	90,3
	Desvio Padrão (%)	6,4	5,4	6,1	6,1
Filtro 2 Brita 4	Média (mg/ℓ)	22	19	15	14
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	7	10	8	7
	Eficiência (%)	87,8	90	92	93,3
	Desvio Padrão (%)	7,6	7,4	5,6	4,4
Filtro 3 Cubos de espuma	Média (mg/ℓ)	19	24	26	19
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	9	11	12	14
	Eficiência (%)	89,4	87,7	85,7	90,3
	Desvio Padrão (%)	7,8	6,9	7,9	7,1

Tabela 4.17 – Médias das concentrações de SSF e eficiências das diferentes alturas dos filtros

Parâmetros		SSF			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Filtro 1 Anéis de plástico	Média (mg/ℓ)	6	7	4	3
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	5	4	3	3
	Eficiência (%)	89,1	87,9	92,9	93,1
	Desvio Padrão (%)	9,7	10,7	6,9	10,0
Filtro 2 Brita 4	Média (mg/ℓ)	5	7	4	4
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	4	5	4	3
	Eficiência (%)	92	88,8	89,2	94,2
	Desvio Padrão (%)	7,5	11,5	5	7,6
Filtro 3 Cubos de espuma	Média (mg/ℓ)	6	6	6	3
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	4	5	4	3
	Eficiência (%)	90,8	91,8	88,4	95,6
	Desvio Padrão (%)	7,5	6,4	8,9	4,3

Tabela 4.18 – Médias das concentrações de SSV e eficiências das diferentes alturas dos filtros

Parâmetros		SSV			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Filtro 1 Anéis de plástico	Média (mg/ℓ)	18	17	15	15
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	9	6	6	5
	Eficiência (%)	85,1	85,6	87,5	88
	Desvio Padrão (%)	8,1	6	7,1	6,5
Filtro 2 Brita 4	Média (mg/ℓ)	16	13	13	10
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	6	8	11	7
	Eficiência (%)	85,6	88,5	89,2	90,3
	Desvio Padrão (%)	8,6	8,9	9,6	8,3
Filtro 3 Cubos de espuma	Média (mg/ℓ)	14	18	21	15
	Desvio Padrão (mg/ℓ)	8	8	10	12
	Eficiência (%)	87,5	85,2	83,7	88,2
	Desvio Padrão (%)	9,1	8,7	9	7,8

Nos gráficos 4.28 a 4.30, nota-se que o comportamento dos filtros 1 e 2 é o que se esperava: concentrações médias de SST diminuindo no sentido crescente das alturas. Já o filtro 3 tem comportamento diferente, com pico na altura 3. Isso demonstra a falta de uniformidade do meio suporte, além do indício de colmatação acentuada. A espuma, por tratar-se de material altamente deformável, e pouco resistente, tem vida útil curta, devendo ser substituída no filtro no período de limpeza. Entretanto, por ser muito porosa e conseqüentemente muito absorvente, tem alta capacidade de aderência do biofilme. Esse fato pode ser observado nos ótimos resultados das análises do efluente do filtro que a contém como meio suporte.

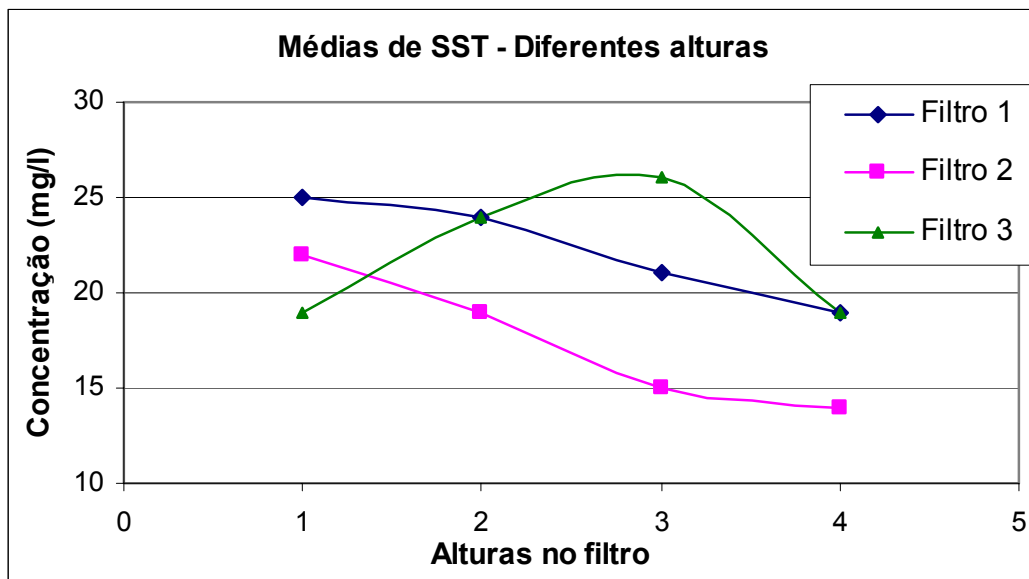


Gráfico 4.28 – Médias de concentrações de SST através das alturas intermediárias e saída

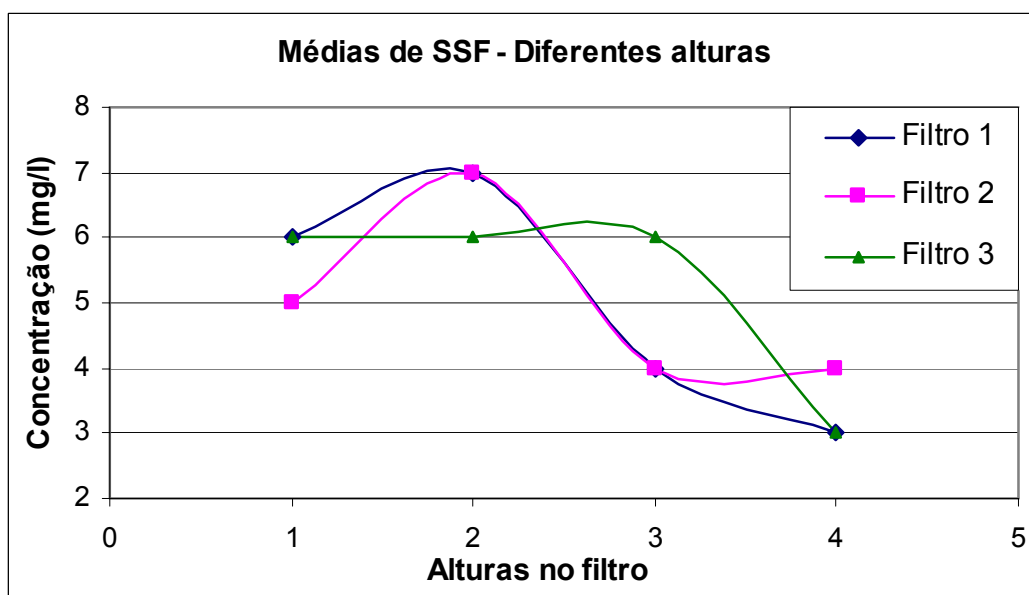


Gráfico 4.29 – Médias de concentrações de SSF através das alturas intermediárias e saída

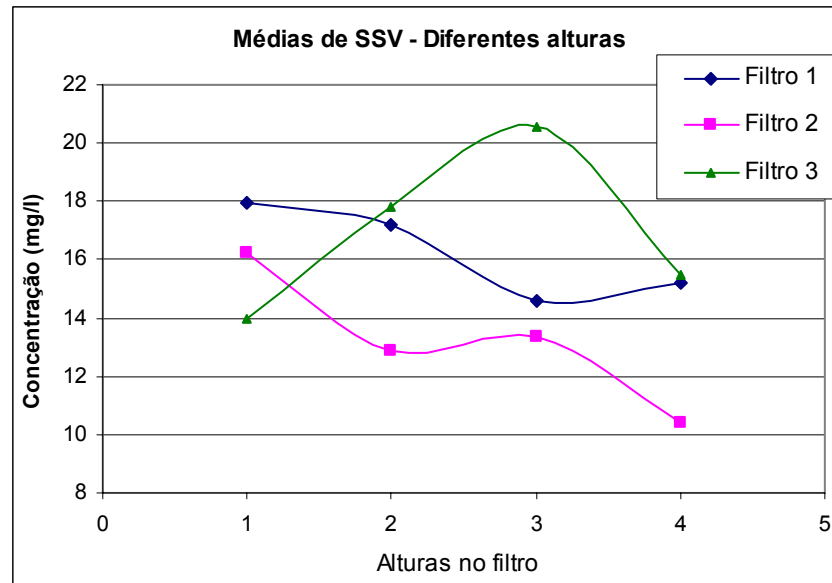


Gráfico 4.30 – Médias de concentrações de SSV através das alturas intermediárias e saída

O comportamento dos três filtros no que se refere à remoção dos sólidos suspensos é muito semelhante. A variação dos sólidos suspensos totais encontra-se na faixa de 0 a 60mg/l, de sólidos suspensos fixos entre 0 e 20 mg/l e de sólidos voláteis entre 0 e 45mg/l.

A degradação da matéria orgânica é caracterizada pela remoção de DBO, DQO e de sólidos voláteis. Dos 70% de sólidos voláteis presentes no esgoto doméstico, 50% estão presentes nos sólidos em suspensão, ou seja, aproximadamente 70% do total de sólidos voláteis. Por isso a análise de sólidos em suspensão é mais importante se comparada à análise de sólidos dissolvidos.

Os filtros anaeróbios são caracterizados por polirem o esgoto, ou seja, removem a parte dissolvida, sendo mais eficiente quando trata esgoto previamente tratado por unidade que remova o excesso de sólidos suspensos. Este fato induz ao entendimento de que um dos parâmetros mais importantes de eficiência é a concentração de sólidos dissolvidos. Porém, várias pesquisas realizadas apontam para uma eficiência maior na

remoção de sólidos suspensos que na remoção de sólidos dissolvidos. Além disso, a matéria orgânica está presente em apenas 30% dos sólidos dissolvidos.

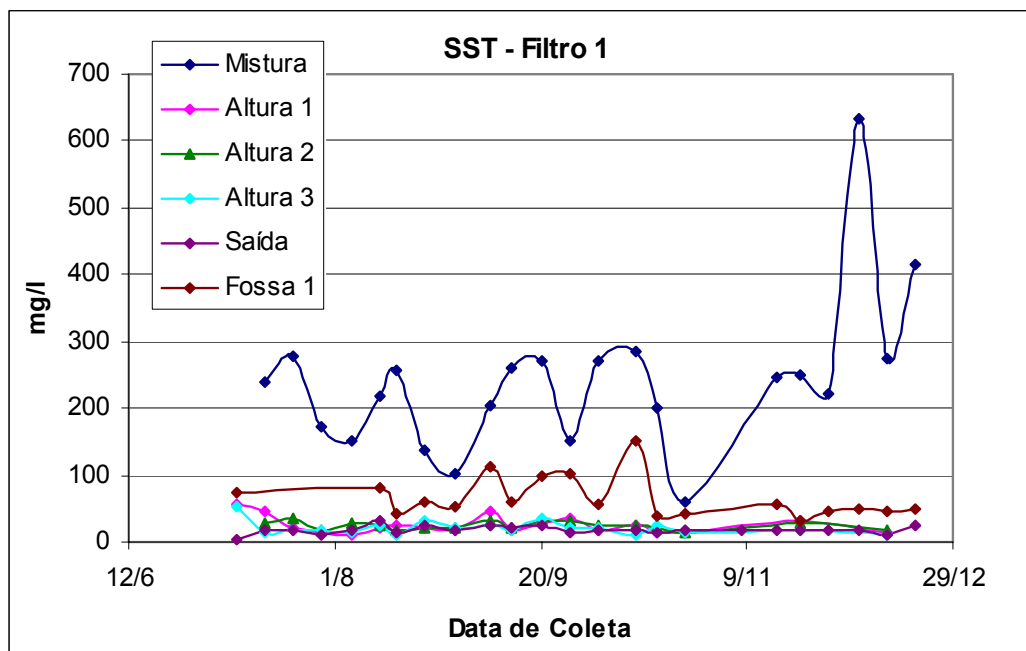


Gráfico 4.31 – Comportamento do filtro 1 na remoção de sólidos suspensos totais

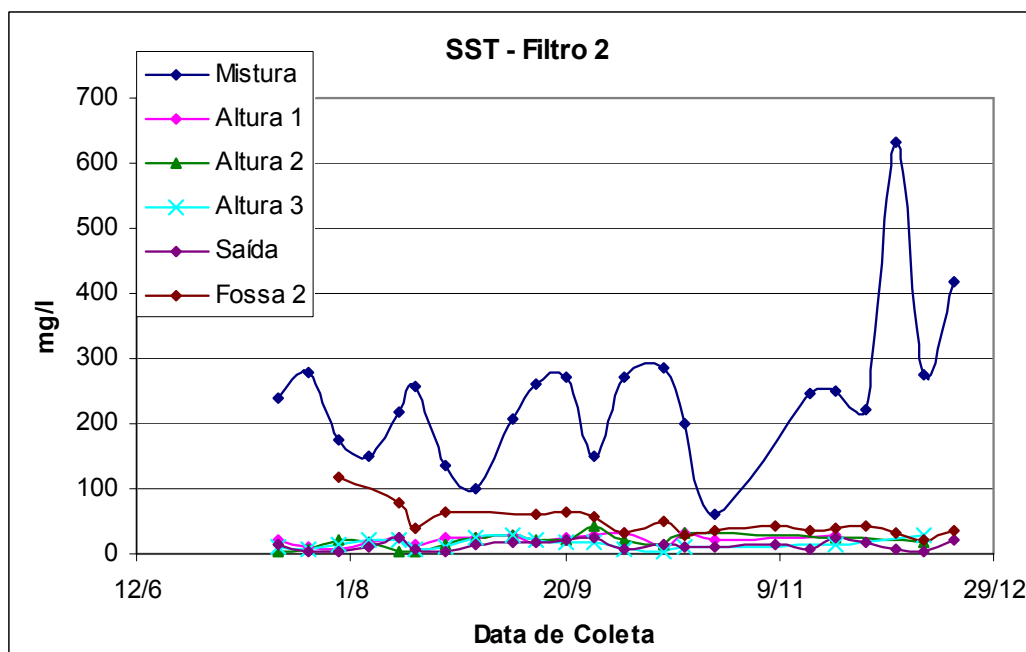


Gráfico 4.32 – Comportamento do filtro 2 na remoção de sólidos suspensos totais

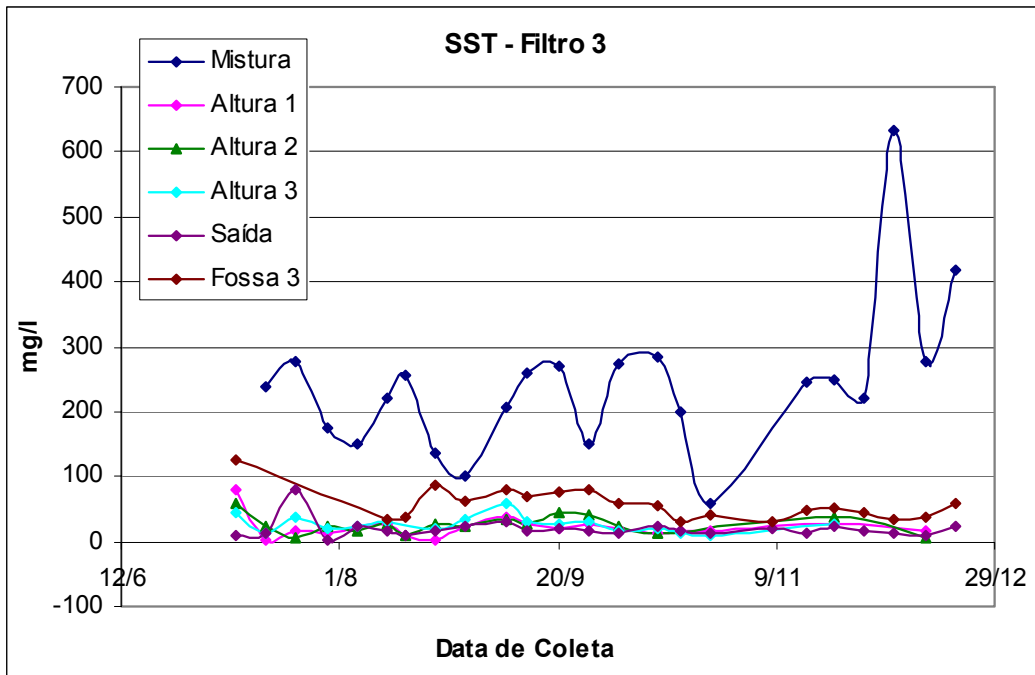


Gráfico 4.33 – Comportamento do filtro 3 na remoção de sólidos suspensos totais

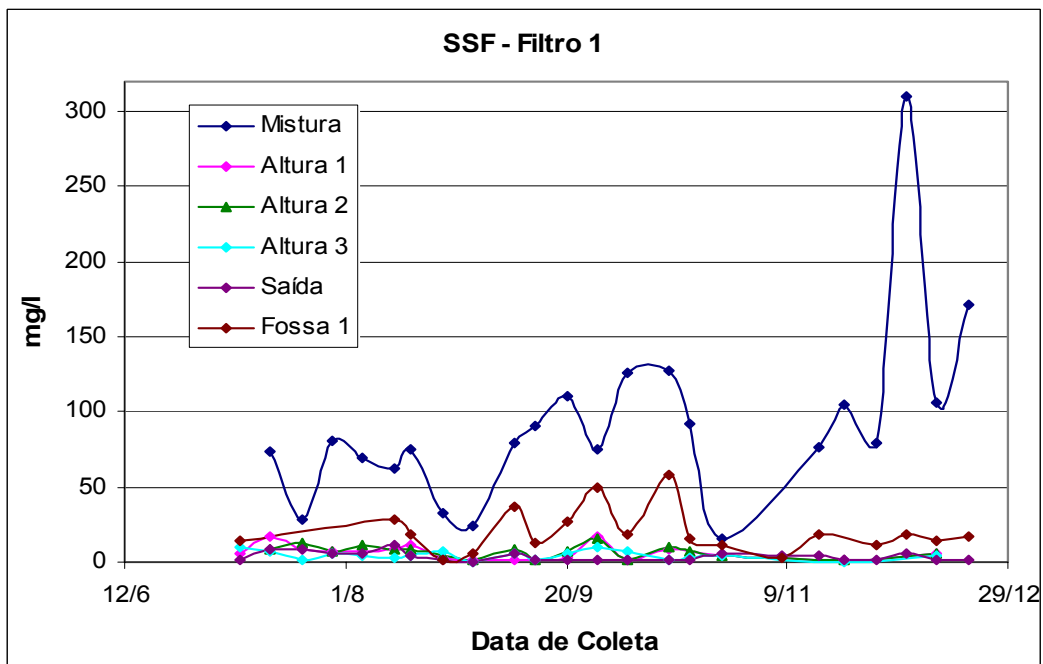


Gráfico 4.34 – Comportamento do filtro 1 na remoção de sólidos suspensos fixos

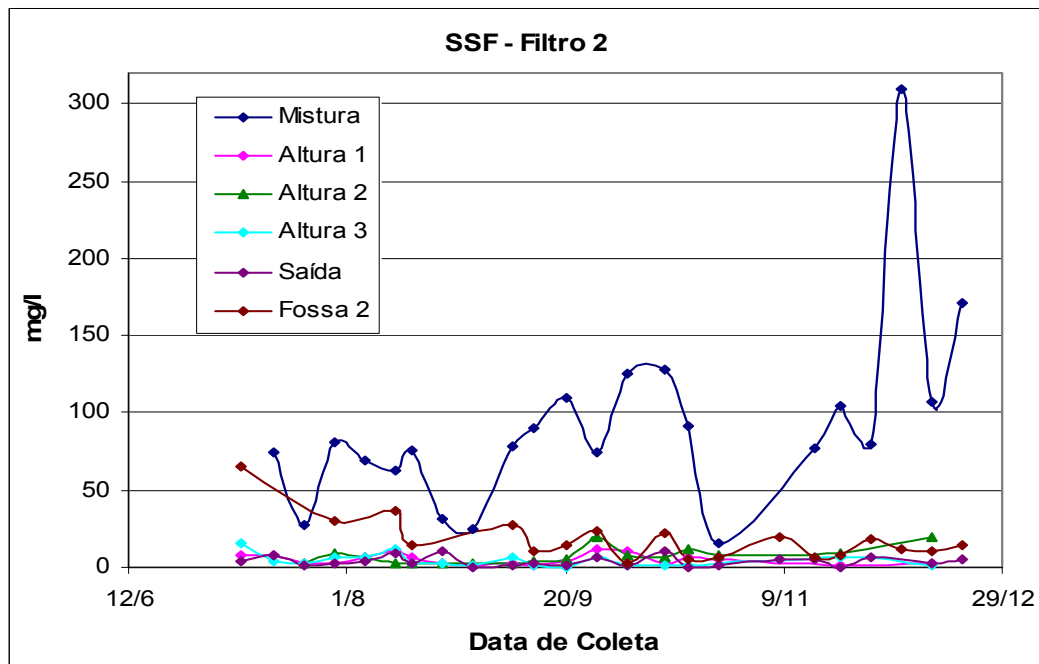


Gráfico 4.35 – Comportamento do filtro 2 na remoção de sólidos suspensos fixos

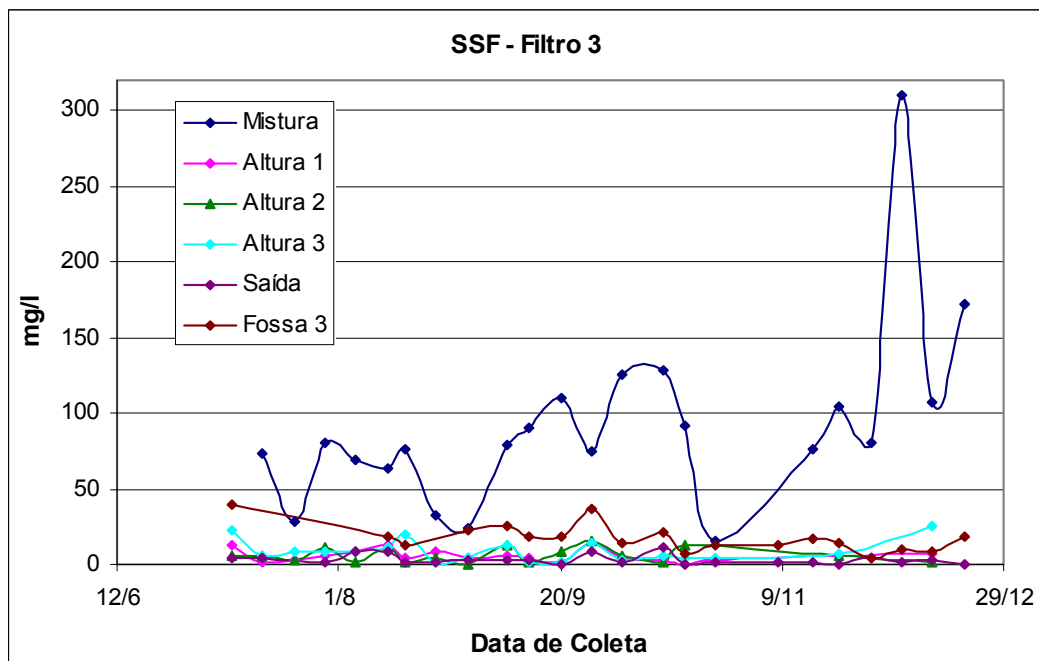


Gráfico 4.36 – Comportamento do filtro 3 na remoção de sólidos suspensos fixos

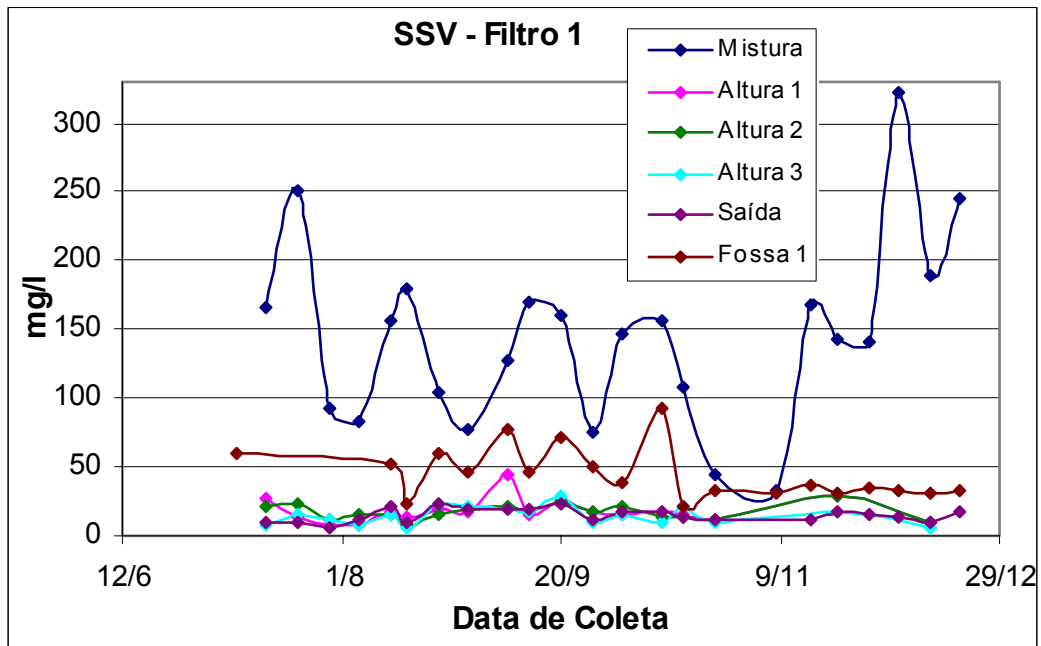


Gráfico 4.37 - Comportamento do filtro 1 na remoção de sólidos suspensos voláteis

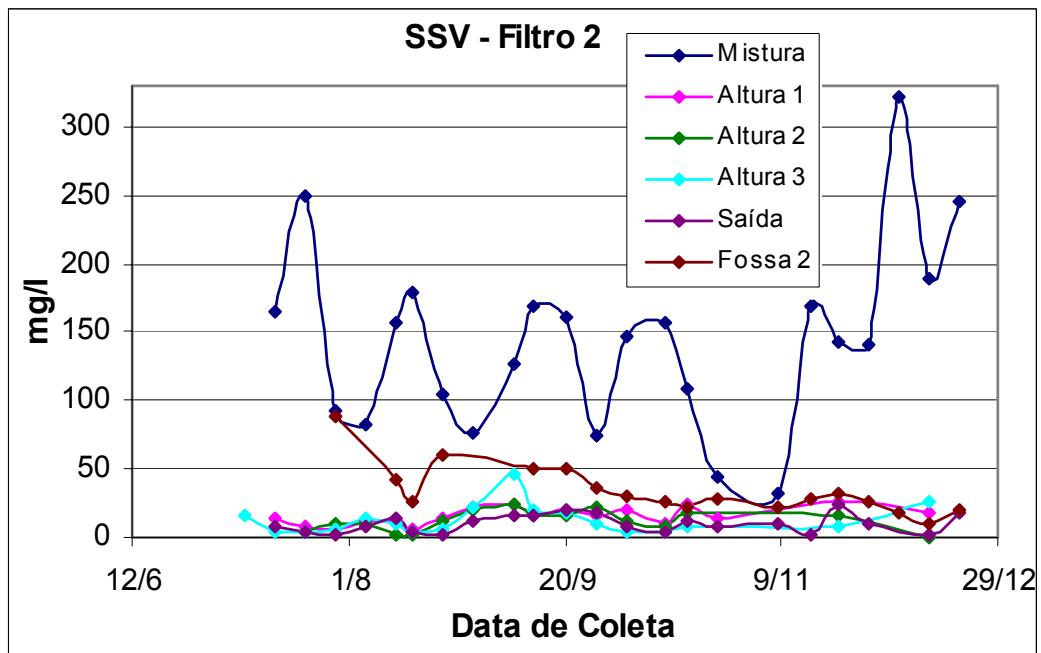


Gráfico 4.38 - Comportamento do filtro 2 na remoção de sólidos suspensos voláteis

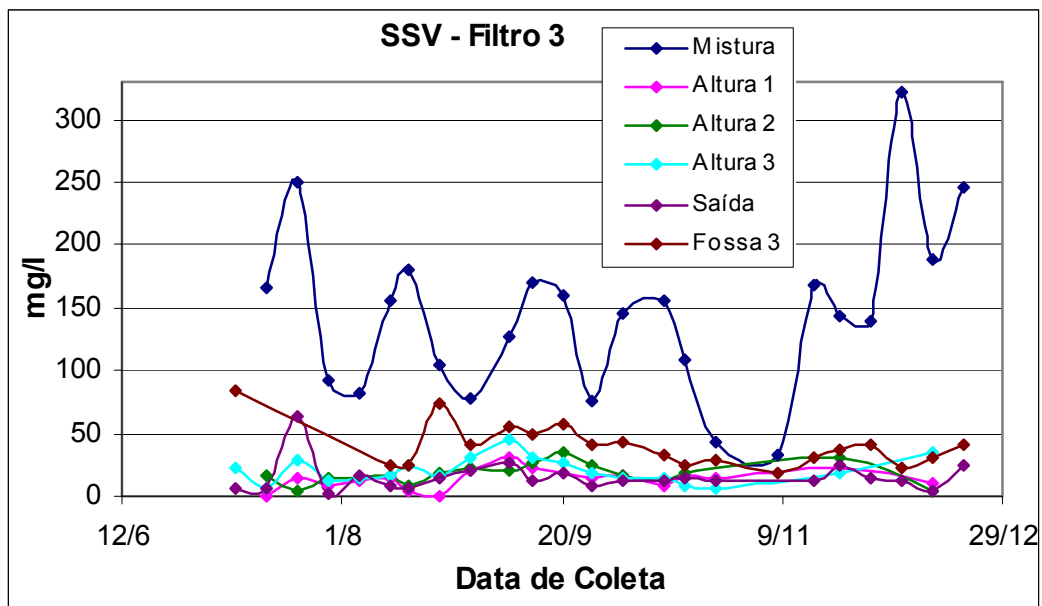


Gráfico 4.39 - Comportamento do filtro 3 na remoção de sólidos suspensos voláteis

A cor e a turbidez dos efluentes dos filtros tiveram valores altos, mas foram bastante reduzidos em relação ao esgoto bruto afluente. Os resultados de pH para todos os filtros variaram entre 7,3 e 7,4, e estão na faixa considerada ótima para a digestão anaeróbia. Os resultados dos três parâmetros estão nas tabelas 4.19 a 4.22.

Tabela 4.19 - Médias dos parâmetros cor, turbidez e pH dos efluentes dos filtros na saída

Resultados da saída dos filtros					
Parâmetros		Esgoto bruto afluente	Filtro 1 Anéis de plástico	Filtro 2 Brita 4	Filtro 3 Cubos de espuma
Cor	Média (PtCo)	871	350	307	344
	Desvio Padrão (PtCo)	580	139	116	103
Turbidez	Média FAU	250	85	71	79
	Desvio Padrão (FAU)	164	38	38	35
pH	pH	7,1	7,4	7,4	7,4
	Desvio Padrão	0,3	0,2	0,2	0,2

Tabela 4.20 - Resultados do filtro 1 (anéis de plástico) – diferentes alturas

Parâmetros		Filtro 1 – anéis de plástico			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Cor	Média (PtCo)	399	472	425	350
	Desvio Padrão (PtCo)	143	205	134	139
Turbidez	Média FAU	108	113	118	85
	Desvio Padrão (FAU)	43	43	36	38
pH	pH	7,3	7,3	7,2	7,4
	Desvio Padrão	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabela 4.21 - Resultados do filtro 2 (brita 4) – diferentes alturas

Parâmetros		Filtro 2 – brita 4			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Cor	Média (PtCo)	396	403	389	307
	Desvio Padrão (PtCo)	115	126	123	116
Turbidez	Média FAU	105	108	94	71
	Desvio Padrão (FAU)	45	39	39	38
pH	pH	7,3	7,3	7,3	7,4
	Desvio Padrão	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabela 4.22 - Resultados do filtro 3 (cubos de espuma) – diferentes alturas

Parâmetros		Filtro 3 – cubos de espuma			
		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
Cor	Média (PtCO)	410	427	390	344
	Desvio Padrão (PtCo)	95	158	98	103
Turbidez	Média FAU	105	106	105	79
	Desvio Padrão (FAU)	39	38	26	35
pH	pH	7,2	7,3	7,2	7,4
	Desvio Padrão	0,2	0,2	0,2	0,2

A correlação entre turbidez e cor para os efluentes dos filtros pode ser observada apenas no filtro 2 (brita n.º 4). Nos outros filtros há muita dispersão entre os pontos, e o valor do coeficiente de correlação R-quadrado é muito baixo. A regressão linear para os três filtros estão nos gráficos 4.40 a 4.42.

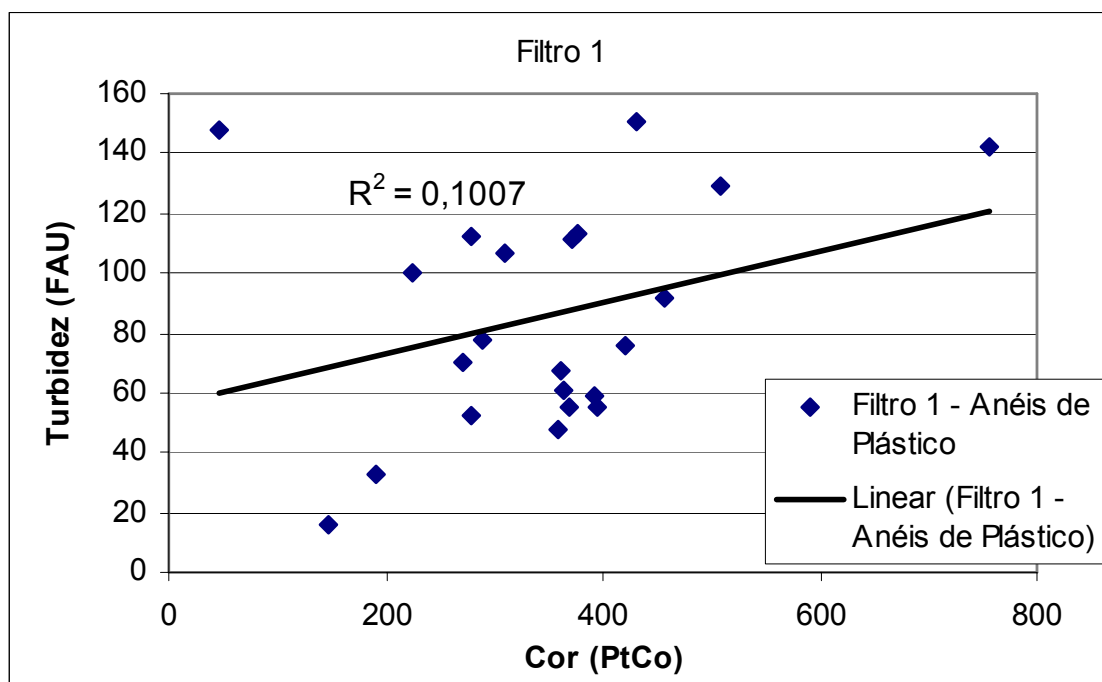


Gráfico 4.40 - Correlação entre turbidez e cor para o filtro 1

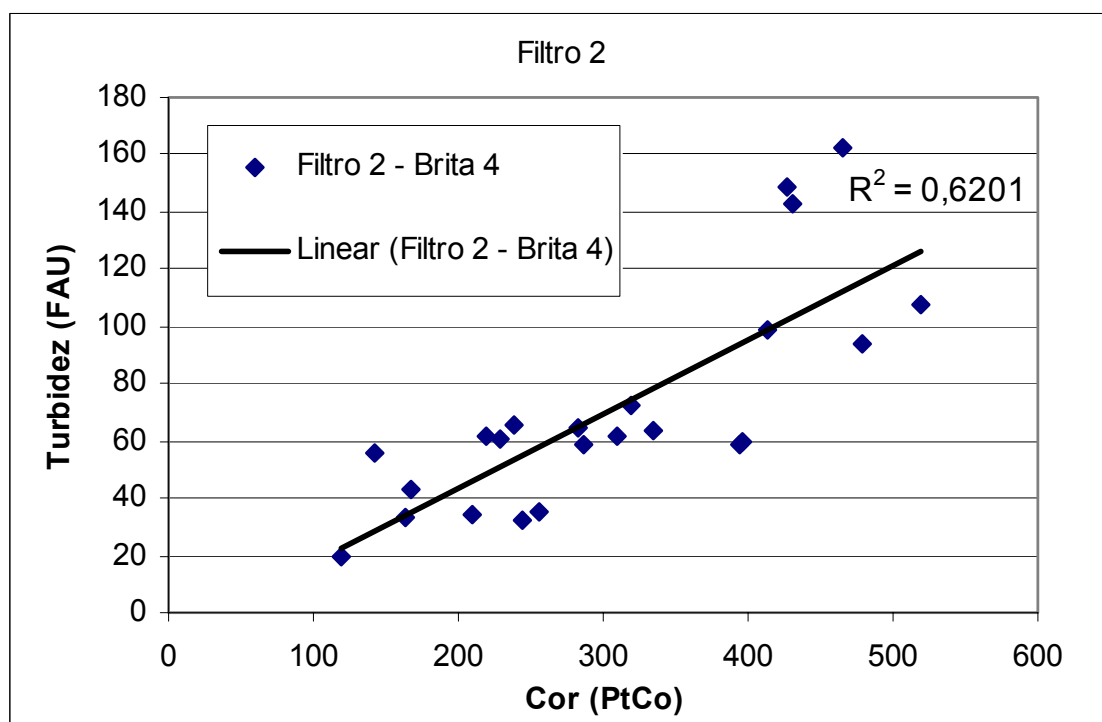


Gráfico 4.41 - Correlação entre turbidez e cor para o filtro 2

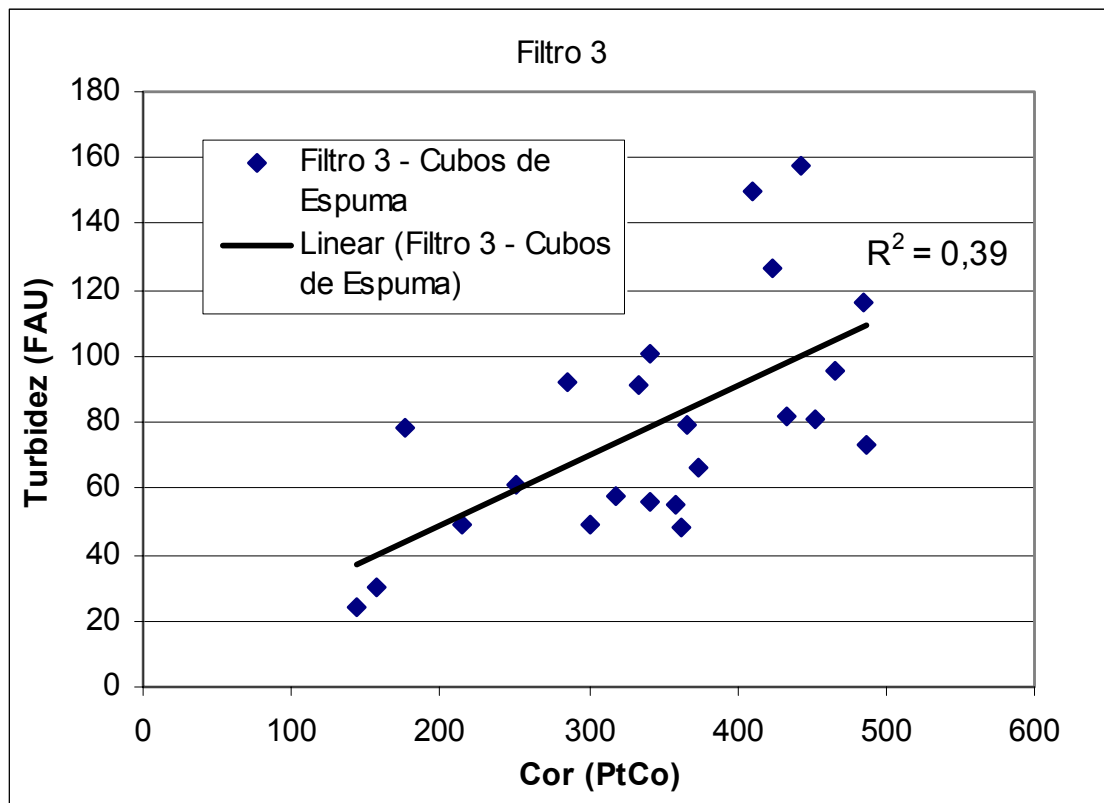


Gráfico 4.42 - Correlação entre turbidez e cor para o filtro 3

Como já mencionado na metodologia, não foram realizados ensaios de sólidos sedimentáveis para os filtros. O efluente dos filtros apresentou volumes de sólidos sedimentáveis menores que 0,1ml/l.

Comparando-se os resultados do efluente do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio com o padrão de lançamento da Resolução CONAMA n.º 20, percebe-se que o sistema atende às exigências da legislação. O padrão de lançamento de efluentes da resolução CONAMA n.º 20 de 18/06/86 para os parâmetros estudados é apresentado na tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Padrão de Lançamento de efluentes para todas as classes de corpos d'água da resolução CONAMA n.º 20

Parâmetro	Padrão de Lançamento
Cor	-
Turbidez	-
pH	5 a 9
DBO5	Consultar a legislação estadual pertinente
DQO	Consultar a legislação estadual pertinente
SST	Consultar a legislação estadual pertinente

Em 2002, foi revista a legislação que dá a diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial no estado do Rio de Janeiro. Esta publicação foi aprovada pela deliberação da Comissão Estadual de Controle Ambiental – CECA, de 21 de novembro de 2002. Na tabela 4.24, é apresentada a eficiência de remoção mínima ou concentração máxima de matéria orgânica exigida.

Tabela 4.24 – Eficiência de remoção mínima ou concentração máxima de matéria orgânica exigida no estado do Rio de Janeiro

Carga Orgânica Bruta (C) (kg DBO/dia)	Eficiência mínima de remoção (%)	Concentrações máximas permitidas (mg/l)	
		DBO	RNFT ¹
$C \leq 5$	30	180	180
$5 < C \leq 25$	60	100	100
$25 < C \leq 80$	80	60	60
$C > 80$	85	40	40

As exigências da Legislação Federal e Estadual só são aplicadas a três parâmetros estudados nesta pesquisa: pH, DBO e SST.

¹ Resíduos não filtráveis totais são sólidos suspensos totais

Com relação ao pH, o efluente do sistema pesquisado atende aos requisitos para o lançamento em corpos d'água de qualquer classe (ver tabela 4.23).

Considerando o valor médio obtido nas análises do esgoto bruto afluente variando entre 108 (CTSFA) e 171 mg/ℓ (CETE), a carga orgânica bruta de cada conjunto pode variar de 0,25 a 0,4 kgDBO/dia. Sendo assim, pela tabela 4.24 a eficiência mínima de remoção deve ser de 30% e as concentrações máximas de DBO e de SST devem ser de 180mg/ℓ. Os efluentes de todos os filtros em todas as alturas a essas exigências.

A seguir são apresentadas as tabelas com o resumo de todos os resultados dos tanques sépticos, filtros anaeróbios e conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio.

Tabela 4.25 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 1

Resumo dos Resultados																
Parâmetros		Esgoto Afluente (mg/ℓ)	Tanque Séptico 1		Filtro 1 – Anéis de Plástico						Eficiência dos Conjuntos					
			mg/ℓ	Eficiência	Resultados dos Filtros Anaeróbios (mg/ℓ)			Eficiência dos Filtros			Eficiência dos Conjuntos					
					Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
DQO	Média	323	141	55,1%	107	115	103	97	35,7%	33,2%	37,9%	41,4%	67,3%	64,1%	66,4%	68,5%
	Desvio Padrão	110	68	15,4%	48	48	44	35	14,1%	18,7%	19,6%	20,1%	11,1%	11,6%	11,8%	9,6%
DBO	Média	108	50	55,8%	35	39	27	31	33,7%	33,3%	40,5%	37,5%	65,4%	61,3%	73,7%	68,2%
	Desvio Padrão	25	16	14,2%	8	8	7	11	17,3%	11,2%	22,1%	12,6%	10,0%	9,2%	5,5%	11,6%
SST	Média	241	66	67,3%	25	24	21	19	61,3%	61,3%	66,2%	66,1%	87,5%	87,1%	89,2%	90,3%
	Desvio Padrão	115	31	20,1%	12	6	10	5	18,8%	17,4%	15,2%	11,3%	6,4%	5,4%	6,1%	6,1%
SSF	Média	91	21	71,3%	7	9	4	3	72,8%	70,3%	81,4%	84,5%	89,1%	87,9%	92,9%	93,1%
	Desvio Padrão	61	15	20,3%	5	8	3	3	17,7%	11,4%	12,2%	14,7%	9,7%	10,7%	6,9%	10,0%
SSV	Média	145	45	63,9%	17	17	15	15	60,2%	63,9%	67,6%	59,9%	85,4%	85,9%	87,5%	88,0%
	Desvio Padrão	67	19	21,3%	9	5	6	5	14,1%	12,4%	12,6%	11,6%	8,3%	6,1%	7,1%	6,5%

Tabela 4.26 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 2

Resumo dos Resultados																			
Parâmetros		Tanque Séptico 2		Resultados dos Filtros Anaeróbios (mg/ℓ)						Filtro 2 – Brita 4									
		Esgoto Afluente (mg/ℓ)	mg/ℓ	Eficiência	Altura 1			Altura 2			Altura 3			Eficiência dos Filtros			Eficiência dos Conjuntos		
					Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3
DQO	Média	323	142	50,2%	101	101	100	79	41,1%	48,0%	49,3%	54,4%	66,1%	67,7%	68,1%	73,6%			
	Desvio Padrão	110	53	14,9%	39	41	48	34	20,8%	14,2%	16,9%	19,5%	12,7%	10,7%	11,6%	10,3%			
DBO	Média	108	44	58,3%	30	38	36	28	43,1%	28,5%	27,5%	27,5%	55,7%	63,9%	58,3%	67,4%			
	Desvio Padrão	25	16	14,0%	10	14	12	9	15,5%	10,7%	24,0%	17,4%	23,1%	10,4%	18,2%	13,6%			
SST	Média	241	49	75,1%	22	19	15	14	56,7%	59,2%	76,3%	69,1%	87,8%	90,0%	92,0%	93,3%			
	Desvio Padrão	115	23	18,3%	7	10	8	7	24,4%	27,3%	9,7%	16,0%	7,6%	7,4%	5,6%	4,4%			
SSF	Média	91	18	80,9%	5	7	4	4	77,6%	78,9%	82,1%	80,2%	92,0%	88,8%	94,4%	94,2%			
	Desvio Padrão	61	15	15,4%	4	5	4	3	17,1%	14,8%	12,0%	14,0%	7,6%	11,5%	5,0%	7,6%			
SSV	Média	145	43	68,0%	16	14	12	10	60,2%	66,8%	74,6%	66,1%	85,6%	87,7%	90,8%	90,3%			
	Desvio Padrão	67	18	25,1%	6	7	7	7	14,5%	18,3%	9,8%	19,4%	8,6%	8,6%	7,3%	8,3%			

Tabela 4.27 – Resumo dos resultados do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio 3

Resumo dos Resultados																
Parâmetros		Esgoto Afluente (mg/l)	Tanques Sépticos		Resultados dos Filtros Anaeróbios (mg/l)						Filtro 3 – Cubos de Espuma					
			mg/l	Eficiência	Resultados dos Filtros Anaeróbios (mg/l)			Eficiência dos Filtros			Eficiência dos Conjuntos					
					Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída		
DQO	Média	323	162	46,5%	103	98	99	94	42,2%	44,9%	45,7%	52,5%	66,7%	68,5%	68,3%	68,4%
	Desvio Padrão	110	75	18,7%	44	40	38	38	23,0%	23,3%	18,1%	19,5%	12,5%	13,2%	9,7%	13,3%
DBO	Média	108	51	48,7%	33	33	39	39	40,4%	36,3%	40,5%	28,8%	63,8%	59,4%	64,1%	62,4%
	Desvio Padrão	25	16	15,9%	9	6	22	13	9,6%	17,3%	25,1%	19,5%	12,4%	18,0%	13,9%	13,5%
SST	Média	241	57	71,1%	19	24	26	17	61,4%	57,0%	54,2%	66,7%	89,4%	87,9%	85,7%	90,3%
	Desvio Padrão	115	24	19,7%	9	11	12	6	18,1%	19,2%	19,1%	10,8%	7,8%	7,1%	7,9%	7,1%
SSF	Média	91	17	78,6%	6	6	6	3	73,5%	70,9%	66,4%	81,5%	90,8%	91,8%	88,4%	95,6%
	Desvio Padrão	61	9	19,7%	4	5	4	3	17,8%	20,1%	19,3%	19,6%	7,5%	6,4%	8,9%	4,3%
SSV	Média	145	36	67,2%	14	18	19	13	60,2%	66,8%	74,6%	66,1%	87,5%	85,2%	84,9%	88,8%
	Desvio Padrão	67	17	18,9%	8	8	9	7	14,5%	18,3%	9,8%	19,4%	9,1%	8,7%	7,7%	7,4%

Tabela 4.28 – Resumo dos resultados de cor, turbidez e pH dos três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio

Resumo dos Resultados																		
Parâmetros	Resultados do Esgoto Afluente			Resultados dos Tanques Sépticos			Resultados dos Filtros Anaeróbios											
				Tanque Séptico 1	Tanque Séptico 2	Tanque Séptico 3	Filtro 1 – Anéis de Plástico			Filtro 2 – Brita 4			Filtro 3 – Cubos de Espuma					
	Média (PtCO)	Desvio Padrão		Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída			
Cor	871		420	500	497	399	472	425	350	396	403	389	307	410	427	390	344	
	580		194	155	167	143	205	134	139	115	126	123	116	95	158	98	103	
Turbidez	250		144	131	137	108	113	118	85	105	108	94	71	105	106	105	79	
	164		50	41	40	43	43	36	38	45	39	39	38	39	38	26	35	
pH	7,1		7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,4	7,3	7,3	7,3	7,4	7,2	7,3	7,2	7,4	
	0,3		0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

5. CONCLUSÕES

As eficiências de remoção de DQO e DBO em torno de $50\% \pm 15\%$, e de SST em torno de $70\% \pm 20\%$, obtidas pelos tanques sépticos demonstram o bom desempenho destas unidades.

A norma NBR-13969/97 é conservadora com relação às dimensões dos filtros anaeróbios. Mesmo com a vazão de $0,027\ell/s$ para cada conjunto, que está além da que é preconizada pela norma para os filtros anaeróbios, o desempenho destas unidades foi muito bom, ficando na faixa indicada pela norma. Cada filtro deveria receber uma vazão de no máximo $0,013\ell/s$, que é metade do que foi aplicado.

O desempenho do filtro de anéis de plástico foi muito bom, apresentando eficiências em torno de $70\% \pm 9\%$ para DQO, $65\% \pm 11\%$ para DBO, $90\% \pm 6\%$ para SST ($93\% \pm 10\%$ para SSF e $88\% \pm 6\%$ para SSV).

Apesar do elevado índice de vazios (aproximadamente 95%), o desempenho do filtro de anéis de plástico não foi melhor que o desempenho do filtro de britas, cujo índice de vazios é aproximadamente 50%.

As eficiências obtidas no conjunto com filtro de cubos de espuma foram de aproximadamente: $68\% \pm 13\%$ na remoção de DQO, $62\% \pm 13\%$ na remoção de DBO, $90\% \pm 7\%$ na remoção de SST, $96\% \pm 4\%$ na remoção de SSF e $88\% \pm 7\%$ na remoção de SSV. Estes resultados demonstram que a utilização de cubos de espuma de poliuretano como meio suporte de filtros anaeróbios é viável e apresenta desempenho semelhante aos anéis de plástico já bastante estudados no Brasil.

A utilização de meios suporte mais resistentes, como a brita e os anéis de plásticos, é mais vantajosa em termos operacionais, se levarmos em conta a limpeza do filtro: é possível realizar a limpeza através da aplicação de jato no sentido contrário do

fluxo de operação do filtro, em período determinado pelo projetista. A limpeza de materiais deformáveis e altamente porosos como a espuma, impede a limpeza citada, devendo o material ser totalmente substituído. Além disso, por ser leve, a espuma requer a utilização de uma rede presa ao filtro impedindo que os cubos flutuem.



Figura 5.1 – Vista do filtro de cubos de espuma

O desempenho do filtro preenchido com brita nº 4 superou as expectativas, com eficiência de aproximadamente $73\% \pm 10\%$ na remoção de DQO, $67\% \pm 13\%$ na remoção de DBO, $93\% \pm 4\%$ na remoção de SST, $94\% \pm 7\%$ na remoção de SSF e $90\% \pm 8\%$ na remoção de SSV. O filtro de brita tradicional apresentou a melhor performance entre os três estudados. Apesar de ter apenas 50% de índice de vazios, principal fator para o bom desempenho do reator, o filtro apresentou comportamento de acordo com o esperado na evolução das alturas de saída do efluente e na correlação entre os parâmetros de turbidez e cor.

Houve redução significativa de cor e turbidez nos três CTSFA, melhorando o aspecto do efluente. Apesar de não haver exigência na legislação federal e estadual do Rio de Janeiro, com relação a esses parâmetros, para o lançamento de efluentes, estes,

quando clarificados e pouco turvos causam menos desconfiança quanto à confiabilidade do tratamento.

Entre o tanque séptico e o filtro houve pequena remoção da cor. O tanque séptico foi responsável pela maior parcela da remoção deste parâmetro, reduzindo de 871 para aproximadamente 470 PtCo. Entre o tanque e o filtro, a cor passa de 470 para aproximadamente 320 PtCo.

Os valores de pH dos efluentes dos tanques e dos filtros não variaram muito, ficando em torno de 7. Este valor se encontra na faixa ideal para a digestão anaeróbia, que é de 6,8 a 7,5 como mencionado no capítulo 2, item 2.1.

Não houve variação significativa entre as performances das possíveis alturas dos filtros para os parâmetros DQO e DBO. Não se pôde concluir que houve evolução de desempenho no sentido crescente das alturas como era esperado.

Os resultados apresentados mostram que, para as alturas 1, 2 e 3 (0,69m, 1,12m e 1,68m respectivamente), as eficiências foram muito semelhantes entre si, para todos os parâmetros estudados. Desta forma, pode-se concluir que a utilização de filtros com altura útil a partir de 0,69m é viável e capaz de apresentar desempenho satisfatório semelhante ao dos filtros com altura de 1,20m (altura recomendada pela norma NBR 13969 da ABNT).

De acordo com o padrão de lançamento de efluentes do estado do Rio de Janeiro, mostrado no capítulo 4, os filtros estudados poderiam operar com qualquer das alturas apresentadas. Os resultados obtidos em todas as alturas dos três filtros atendem plenamente às exigências da legislação.

Comparativamente, a utilização da brita nº 4 como meio suporte é mais vantajosa se analisarmos a relação custo/benefício. A brita tem o menor custo entre os materiais estudados (ver Tabela 3.5), e apresentou os melhores resultados em quase

todos os parâmetros e eficiência estudados. Para se realizar uma análise econômica e determinar o meio suporte mais econômico, seria necessário um estudo levando-se em conta outros fatores como facilidade de aquisição, transporte, etc.

6. RECOMENDAÇÕES

As próximas pesquisas que forem realizadas no CETE poderão beneficiar-se com a experiência obtida nos seis meses deste estudo, principalmente no que diz respeito aos procedimentos adotados, materiais utilizados e resultados obtidos. A partir da abordagem apresentada neste trabalho, surge a possibilidade de uma série de investigações para um melhor entendimento do funcionamento dos tanques sépticos e filtros anaeróbios.

Esta experiência com os três conjuntos tanque séptico e filtro anaeróbio, realizada no mesmo período que as experiências com o UASB, lagoas aerada, de maturação e facultativa, filtro biológico e CEPT, é pioneira no CETE. Este fato permite que sejam feitas as seguintes recomendações:

- Mesmo com a complexidade, alto custo e demora peculiares nas análises de DBO, estas são de extrema importância na avaliação do desempenho das unidades aqui estudadas. Devido à escassez de registros confiáveis para a relação DQO/DBO de efluentes de tratamento anaeróbio, a obtenção da DBO a partir do conhecimento da DQO torna-se assaz difícil. Somente a relação DQO/DBO para esgoto doméstico no país já é bastante conhecida e está consolidada na literatura. Recomenda-se então, a realização freqüente das análises de DBO para os próximos estudos, ou o estudo prévio para a obtenção da relação DBO e DQO para os efluentes dos reatores anaeróbios do CETE.
- Seria interessante a utilização de outros tipos de anéis de plásticos com índice de vazios semelhante ao dos anéis de plástico utilizados nesta pesquisa, porém com

formas e superfícies específicas diferentes. Assim, é possível avaliar a influencia dessas características no desempenho do filtro além de comparar as performances obtidas.

- Quando possível, realizar o monitoramento em períodos mais longos para a obtenção de maior número de resultados, possibilitando uma análise estatística dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos – NBR 7229*, 1993, ABNT.
- ABNT, *Tanques sépticos – Unidades de Tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação – NBR 13969*, 1997, ABNT.
- ANDRADE NETO, C. O. de, 1997, *Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários – Experiências Brasileiras*, Rio de Janeiro, ABES.
- ANDRADE NETO, C. O. de; ALÉM SOBRINHO, P.; CHERNICHARO, C. A. de L; NOUR, E. A., 1999b, “Filtros Anaeróbios”. In: *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*, Programa PROSAB, capítulo 6, Rio de Janeiro, ABES-RJ.
- ANDRADE NETO, C. O. de; ALÉM SOBRINHO, P.; SOUZA MELO, H. N. de; AISSE, M. M., 1999a, “Decanto-Digestores”. In: *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*, Programa PROSAB, capítulo 5, Rio de Janeiro, ABES-RJ.
- ANDRADE NETO, C. O. de; HAANDEL, A van; MELO, H. N. S., 2002, “O uso do filtro anaeróbio para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios no Brasil”, In: *anais do X Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Braga, Portugal, APESB/APRH/ABES, 2002.
- APHA/AWWA/WEF, 1999, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition, Washington, APHA, AWWA, WEF.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de, 1985, “Tanques sépticos: conhecimentos atuais”. In: *Revista Engenharia Sanitária*, v. 24:2, abr. – jun. pp. 222-229.
- BATALHA, B. H. L., 1992, “Fossa Séptica”. In: série *Manuais CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*. ed. 2, 20p.
- BRITO, E. R. de, 1986, “A experiência do uso de bacteriófagos em fossas sépticas”. In: *Revista Engenharia Sanitária*, v. 25:1, jan. – mar., pp50-51.
- BRITO, E. R. de; GONÇALVES, F. B., 1984, “Fossa séptica de Elevada Redução de DBO”. In: *Revista Engenharia Sanitária*, v. 23:4, out. – dez., pp. 414-420.
- CAMARGO, S. A. R. DE, 2001, “Desempenho de um filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários a diferentes tempos de detenção hidráulica”. In: *anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, setembro. CD ROM.

- CAMPOS, J. R. (coordenador), 1999, *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES.
- CAMPOS, J. R. (coordenador), 2000, *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo – coletânea de trabalhos técnicos*, Projeto PROSAB, São Carlos, ABES.
- CECA-RJ, 2002, *DZ-215-R3-Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial*, aprovada pela Deliberação CECA nº. 4.221, de 21 de novembro de 2002, Publicada no DOERJ de 30 de dezembro de 2002.
- CHERNICHARO, C. A. DE LEMOS (coordenador), 2001, *Pós Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*, Projeto PROSAB, Belo Horizonte, FINEP.
- CONAMA, Resolução do CONAMA 20 de 18 de junho de 1986. Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional.
- COUTO, L. C. C.; FIGUEIREDO, R. F., 1992, “Filtro anaeróbio com bambu para o tratamento de esgotos domésticos”. In: *anais do XLVII Congresso AIDIS*, Havana, v. 1, pp. 77-80.
- CYNAMON, S. E., 1986, *Sistema não convencional de esgoto sanitário a custo reduzido, pra pequenas coletividades e áreas periféricas*, ed 2, MS, FIOCRUZ.
- DALTRO FILHO, J.; POVINELLE, J., 1989, “Avaliação do Efeito da Altura da Camada Suporte de Filtros Anaeróbios Piloto, no Tratamento de Esgotos Sanitários”. In: *anais do 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, v. 2, tomo I, setembro, pp. 226-240.
- EEA – EMPRESA DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2004, *Curso de Tratamento de Esgoto*, divulgado no site www.comitepcj.sp.gov.br.
- FEEMA, 1983, *Manual do Meio Ambiente, volume II – Métodos FEEMA*, Rio de Janeiro, Secretaria de Estado de Obras e Meio Ambiente, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente.
- FIGUEIREDO, R. F. et al., 1990, “Tratamento de um efluente industrial pelo processo do filtro anaeróbio”. In: *Revista Bio*, ano II(2), abr. – jun., pp. 63-66.
- FNS – Fundação Nacional de Saúde, 1994, *Manual de Saneamento*, 3 ed., Ministério da Saúde.
- FORESTI, E., 1998 – *Notas da aula de Processos e Operações em Tratamento de Resíduos SHS-705*, Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos.

- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A., 1995, *Tratamento de Esgotos Domésticos*, Rio de Janeiro, ABES.
- KALLBERMATTEN, J. M.; JULIUS, D. S.; GUNNERSON, C. G., 1980a, *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation – A Sanitation Field Manual*, v. II, The World Bank.
- KALLBERMATTEN, J. M.; JULIUS, D. S.; GUNNERSON, C. G., 1980b, *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation – Technical and Economic Options*, v. I, The World Bank.
- KAMIYAMA, H., 1993, “Pós-tratamento do Efluente do Tanque Séptico na Norma Brasileira – as Novas Propostas”. In: *anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, tomo IV, setembro, pp. 705-720.
- MARA, DAVID DUNCAN, 1976, *Sewage treatment in hot climates*, Dundee, Scotland, Wiley-Interscience.
- OLIVEIRA, R. de, 1983, *Contribuição ao Estudo de Tanques Sépticos*, dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- PICANÇO, A. P. et al., 2001, “Avaliação da atividade biológica do biofilme formado em materiais suportes de filtros anaeróbios de fluxo ascendente”. In: *anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, setembro. CD ROM.
- PILLOTO, J. S.; SANTOS, D. C., 2004, “Avaliação matemática de decanto-digestores para tratamento de esgoto doméstico”, In: *anais do XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Natal – RN, março. CD-ROM.
- PINTO, J. D. da S., CHERNICHARO, C. A. de L., 1996, “Escória de Alto-Forno: Uma Nova Alternativa de Meio Suporte para Filtros Anaeróbios”. In: *anais do III Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, junho, tema I-006, 10p.
- SILVA, S. R. DA; MENDONÇA, A. S. F., 2002, “Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória – ES” *engenharia sanitária ambiental*, v. 8, n. 4 (out/dez), pp 213-219.
- SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2002, *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos*, Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, Brasília, SEDU/PR; IPEA.
- VIEIRA, S. M. M.; ALÉM SOBRINHO, P., 1983, “Resultados de Operação e Recomendações para o Projeto de Sistema de Decanto-digestor e Filtro Anaeróbio para o Tratamento de Esgotos Sanitários”. In: *Revista DAE*, n.º 135, dezembro, pp. 51-57.

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

VON SPERLING, M., 1996b, *Princípios básicos do tratamento de esgotos*, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1985, *Simplified Laboratory Procedures for Wastewater Examination*, 3rd edition, Washington, Water Pollution Control Federation.

ANEXO 1 – Tabelas com os resultados de todas as análises realizadas na pesquisa

Resultados de DQO							
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1 (mg/L)	e %	Fossa 2 (mg/L)	e %	Fossa 3 (mg/L)	e %
8/7	498	306	38,65%	549	-4,12%	296	40,50%
15/7	409	4810	-341,99%	600	-46,56%	714	-74,47%
22/7	434	-		585	-34,77%	1238	-185,23%
29/7	310	598	-92,94%	-	-	3084	-894,84%
5/8	447	1456	-225,73%	291	34,90%	388	13,11%
12/8	341	237	30,53%	191	44,13%	191	44,13%
16/8	302	64	78,95%	154	48,89%	282	6,82%
23/8	238	171	27,98%	238	0,00%	214	10,00%
30/8	217	122	43,94%	159	26,72%	150	31,00%
8/9	288	184	36,03%	181	37,07%	137	52,40%
13/9	282	99	64,83%	118	58,08%	136	51,62%
20/9	309	145	52,93%	100	67,61%	136	55,88%
27/9	432	152	64,81%	152	64,81%	181	58,10%
4/10	240	106	56,00%	154	36,00%	154	36,00%
13/10	169	534	-214,01%	100	40,66%	489	-11,64%
18/10	232	74	68,13%	92	60,16%	129	44,20%
25/10	163	73	55,57%	109	33,29%	73	55,57%
8/11	172	-	-	86	50,00%	138	20,00%
16/11	200	50	75,00%	25	87,47%	100	50,00%
22/11	371	111	70,08%	167	55,09%	139	62,59%
29/11	282	102	63,64%	77	72,73%	102	63,64%
6/12	428	48	88,89%	48	88,89%	24	94,44%
13/12	440	114	74,02%	76	82,84%	113	74,25%
20/12	545	218	60,00%	145	73,35%	145	73,35%
Média	323	141	55,1%	142	50,2%	162	46,5%
Desvio Padrão	110	68	15,4%	53	14,9%	75	18,7%

Legenda:

Valores em vermelho: eficiências negativas (Ex.: ~~-34,77%~~).

Valores tachados (riscados): desconsiderados no cálculo das médias e nos gráficos (Ex.: ~~400~~-ou ~~-34,77%~~).

Resultados de DQO									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 1 - Anéis de Plástico							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	498	222	55,38%	250	49,80%	185	62,83%	204	59,10%
15/7	409	141	65,46%	190	53,49%	171	58,13%	115	71,91%
22/7	434	75	82,67%	85	80,51%	56	87,00%	94	78,34%
29/7	310	103	66,81%	103	66,81%	103	66,81%	112	63,77%
5/8	447	136	69,80%	145	67,52%	145	67,52%	146	67,43%
12/8	341	191	44,13%	152	55,31%	133	60,91%	76	77,77%
16/8	302	142	53,13%	113	62,50%	113	62,50%	208	31,25%
23/8	238	106	55,63%	125	47,56%	125	47,56%	100	58,03%
30/8	217	94	56,89%	84	61,22%	112	48,27%	104	52,19%
8/9	288	66	77,03%	57	80,33%	76	73,77%	47	83,60%
13/9	282	64	77,41%	91	67,71%	55	80,64%	82	70,94%
20/9	309	107	65,34%	107	65,34%	125	59,51%	98	68,22%
27/9	432	76	82,41%	67	84,49%	48	88,89%	57	86,81%
4/10	240	67	72,00%	77	68,00%	67	72,00%	67	72,00%
13/10	169	38	77,78%	94	44,44%	38	77,78%	188	-11,11%
18/10	232	71	69,21%	89	61,54%	71	69,21%	107	53,86%
25/10	163	409	33,28%	436	-166,71%	127	22,2%	55	66,65%
8/11	172	-	-	-	-	-	-	69	60,00%
16/11	200	-	-	-	-	-	-	75	62,53%
22/11	371	174	53,80%	174	53,80%	229	38,41%	174	53,80%
29/11	282	-	-	-	-	-	-	102	63,64%
6/12	428	-	-	-	-	-	-	48	88,89%
13/12	440	120	72,73%	120	72,73%	120	72,73%	120	72,73%
20/12	545	-	-	-	-	-	-	109	80,07%
Média	323	107	67,3%	115	64,1%	103	66,4%	97	68,5%
Desvio Padrão	110	48	11,1%	48	11,6%	44	11,8%	35	9,6%

<i>Resultados de DQO</i>									
<i>Data</i>	<i>Esgoto Bruto Afluente</i>	<i>Filtro 2 - Brita 4</i>							
		<i>Altura 1 (mg/L)</i>	<i>e (%)</i>	<i>Altura 2 (mg/L)</i>	<i>e (%)</i>	<i>Altura 3 (mg/L)</i>	<i>e (%)</i>	<i>Saída (mg/L)</i>	<i>e (%)</i>
8/7	498	306	38,7%	222	55,4%	213	57,2%	137	72,6%
15/7	409	171	58,1%	152	62,8%	228	44,2%	174	58,1%
22/7	434	75	82,7%	75	82,7%	72	83,4%	47	89,2%
29/7	310	94	69,8%	112	63,8%	84	72,8%	103	66,8%
5/8	447	107	76,1%	155	65,2%	87	80,4%	97	78,3%
12/8	341	124	63,7%	152	55,3%	162	52,5%	66	80,5%
16/8	302	94	68,8%	85	71,9%	94	68,8%	118	60,9%
23/8	238	115	51,6%	115	51,6%	77	67,7%	86	64,0%
30/8	217	123	43,5%	103	52,6%	94	56,9%	104	52,2%
8/9	288	61	78,7%	80	72,1%	61	78,7%	47	83,6%
13/9	282	100	64,5%	55	80,6%	73	74,2%	55	80,6%
20/9	309	89	71,1%	91	70,6%	100	67,6%	116	62,4%
27/9	432	57	86,8%	95	78,0%	90	79,2%	67	84,5%
4/10	240	115	52,0%	202	46,0%	86	64,0%	48	80,0%
13/10	169	38	77,8%	38	77,8%	38	77,8%	38	77,8%
18/10	232	107	53,9%	164	30,7%	125	46,1%	71	69,2%
25/10	163	55	66,6%	36	77,8%	36	77,8%	18	88,9%
8/11	172	-	-	-	-	-	-	52	70,0%
16/11	200	-	-	-	-	-	-	49	75,4%
22/11	371	194	47,6%	167	55,1%	194	47,6%	143	61,5%
29/11	282	-	-	-	-	-	-	102	63,6%
6/12	428	-	-	-	-	-	-	48	88,9%
13/12	440	100	77,3%	100	77,3%	120	72,7%	160	63,6%
20/12	545	-	-	-	-	-	-	91	83,3%
Média	323	101	66,1%	101	67,7%	100	68,1%	79	73,6%
Desvio Padrão	110	39	12,7%	41	10,7%	48	11,6%	34	10,3%

Resultados de DQO									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 3 - Cubos de Espuma							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	498	185	62,9%	176	64,7%	139	72,2%	148	70,3%
15/7	409	171	58,1%	114	72,1%	86	79,1%	152	62,8%
22/7	434	47	89,1%	66	84,8%	57	87,0%	66	84,8%
29/7	310	56	81,9%	65	78,9%	75	75,9%	94	69,8%
5/8	447	126	71,8%	107	76,1%	146	67,4%	97	78,3%
12/8	341	181	47,0%	162	52,5%	124	63,7%	66	80,5%
16/8	302	91	69,9%	100	66,9%	73	75,7%	145	51,9%
23/8	238	95	60,0%	105	56,0%	114	52,0%	209	42,0%
30/8	217	123	43,5%	142	34,8%	94	56,9%	75	65,5%
8/9	288	76	73,8%	71	75,4%	109	62,3%	61	78,7%
13/9	282	55	80,6%	45	83,9%	64	77,4%	55	80,6%
20/9	309	118	61,8%	136	55,9%	109	64,7%	100	67,6%
27/9	432	67	84,5%	95	78,0%	86	80,1%	67	86,8%
4/10	240	106	56,0%	204	45,0%	86	64,0%	86	64,0%
13/10	169	56	66,7%	35	79,4%	56	66,7%	56	66,7%
18/10	232	107	53,9%	89	61,5%	89	61,5%	125	46,1%
25/10	163	55	66,6%	55	66,6%	36	77,8%	91	44,4%
8/11	172	-	-	-	-	-	-	103	40,0%
16/11	200	-	-	-	-	-	-	25	87,5%
22/11	371	139	62,6%	278	25,2%	167	55,1%	167	55,1%
29/11	282	-	-	-	-	-	-	-	-
6/12	428	-	-	-	-	-	-	24	94,4%
13/12	440	100	77,3%	100	77,3%	180	59,1%	130	70,5%
20/12	545	-	-	-	-	-	-	109	80,1%
Média	323	103	66,7%	98	68,5%	99	68,3%	96	68,4%
Desvio Padrão	110	44	12,5%	40	13,2%	38	9,7%	38	13,3%

Resultados de DBO							
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1 (mg/L)	e %	Fossa 2 (mg/L)	e %	Fossa 3 (mg/L)	e %
16/8	107	64	40,3%	56	47,7%	76	28,9%
13/9	90	49	45,6%	51	42,7%	39	56,9%
18/10	101	29	70,9%	30	70,8%	37	63,9%
8/11	69	-	-	35	50,1%	50	28,7%
22/11	139	71	48,6%	71	49,0%	65	53,5%
6/12	137	34	75,3%	31	77,8%	23	83,2%
13/12	111	51	54,2%	33	69,9%	44	60,6%
Média	108	50	55,8%	44	58,3%	51	48,7%
Desvio Padrão	25	16	14,2%	16	14,0%	16	15,9%

Resultados de DBO									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 1 - Anéis de Plástico							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
16/8	106,6	42	60,7%	40	62,4%	36	66,1%	50	53,3%
13/9	89,5	41	54,4%	39	56,9%	21	76,5%	32	64,8%
18/10	101,2	31	69,0%	48	52,4%	27	73,4%	39	61,4%
8/11	69,4	-	-	-	-	-	-	23	66,6%
22/11	138,8	85	39,1%	87	37,4%	93	33,2%	87	37,5%
6/12	137,3	-	-	-	-	-	-	20	85,5%
13/12	110,5	25	77,5%	29	73,6%	24	78,6%	24	77,9%
Média	108	35	65,4%	39	61,3%	27	73,7%	31	68,2%
Desvio Padrão	25	8	10,0%	8	9,2%	7	5,5%	11	11,6%

Resultados de DBO									
Data	Mistura	Filtro 2 - Brita 4							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
16/8	106,6	26	76,0%	32	70,2%	26	75,4%	40	62,7%
13/9	89,5	65	27,8%	41	54,4%	49	45,7%	35	61,2%
18/10	101,2	42	58,9%	44	56,7%	43	57,6%	30	70,8%
8/11	69,4	-	-	-	-	-	-	21	69,5%
22/11	138,8	88	36,4%	56	59,4%	89	35,7%	77	44,5%
6/12	137,3	-	-	-	-	-	-	16	88,7%
13/12	110,5	23	79,5%	23	79,0%	25	77,2%	28	74,7%
Média	108	49	55,7%	39	63,9%	46	58,3%	35	67,4%
Desvio Padrão	25	28	23,1%	13	10,4%	26	18,2%	20	13,6%

Resultados de DBO									
Data	Fossa 3	Filtro 3 - Cubos de Espuma							
		Altura 1 (mg/l)	e (%)	Altura 2 (mg/l)	e (%)	Altura 3 (mg/l)	e (%)	Saída (mg/l)	e (%)
16/8	76	41	46,4%	35	53,8%	25	67,3%	43	43,3%
13/9	39	41	-6,74%	42	-7,51%	45	-17,10%	43	-11,14%
18/10	37	26	29,3%	30	19,2%	23	36,7%	37	-1,92%
8/11	50	-	-	-	-	-	-	37	24,8%
22/11	65	69	-6,97%	97	-49,54%	70	-8,67%	63	2,8%
6/12	23	-	-	-	-	-	-	23	-1,74%
13/12	44	24	45,5%	28	35,9%	36	17,5%	24	44,1%
Média	51	33	40,4%	33	36,3%	39	40,5%	39	28,8%
Desvio Padrão	16	9	9,6%	6	17,3%	22	25,1%	13	19,5%

Resultados de SST							
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1 (mg/l)	e %	Fossa 2 (mg/l)	e %	Fossa 3 (mg/l)	e %
8/7	-	73	-	303	-	125	-
15/7	240	1207	-402,8%	352	-46,7%	580	-141,7%
22/7	278	1680	-504,3%	403	-45,1%	1027	-268,3%
29/7	174	338	-94,3%	118	32,2%	470	-170,1%
5/8	151	1070	-608,6%	387	-156,3%	939	-521,9%
12/8	219	81	63,0%	78	64,4%	33	84,9%
16/8	256	42	83,6%	40	84,4%	37	85,5%
23/8	137	61	55,5%	63	53,8%	88	35,8%
30/8	101	53	47,7%	107	-5,5%	62	38,9%
8/9	206	114	44,4%	222	-7,9%	80	61,1%
13/9	260	59	77,3%	61	76,5%	68	73,8%
20/9	270	98	63,9%	65	75,9%	76	71,7%
27/9	150	101	32,7%	58	61,3%	79	47,3%
4/10	272	57	79,2%	33	87,9%	58	78,8%
13/10	284	151	46,7%	49	82,9%	54	81,1%
18/10	200	37	81,5%	28	86,0%	32	84,0%
25/10	60	43	28,3%	35	41,7%	42	30,0%
8/11	35	33	5,7%	42	-20,0%	31	11,4%
16/11	245	56	77,1%	34	86,1%	48	80,4%
22/11	248	32	87,1%	40	83,9%	51	79,5%
29/11	220	45	79,5%	44	80,0%	44	80,0%
6/12	632	51	91,9%	31	95,1%	33	94,8%
13/12	276	44	84,1%	21	92,4%	39	85,9%
20/12	417	49	88,2%	35	91,6%	59	85,8%
Média	241	66	67,3%	49	75,1%	57	71,1%
Desvio Padrão	115	31	20,1%	23	18,3%	24	19,7%

Resultados de SST									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 1 - Anéis de Plástico							
		Altura 1 (mg/l)	e (%)	Altura 2 (mg/l)	e (%)	Altura 3 (mg/l)	e (%)	Saída (mg/l)	e (%)
8/7	-	57	-	96	-	52	-	3	-
15/7	240	44	81,7%	29	87,9%	15	93,8%	19	92,2%
22/7	278	22	92,1%	36	87,1%	17	93,9%	19	93,2%
29/7	174	15	91,4%	19	89,1%	17	90,2%	10	94,3%
5/8	151	11	92,7%	27	82,1%	15	90,1%	17	88,7%
12/8	219	20	90,9%	24	89,0%	25	88,6%	33	84,9%
16/8	256	26	89,8%	16	93,7%	10	96,1%	14	94,5%
23/8	137	22	83,9%	20	85,4%	31	77,4%	25	81,8%
30/8	101	19	81,3%	21	79,3%	21	79,3%	19	81,3%
8/9	206	46	77,6%	30	85,4%	25	87,8%	25	87,8%
13/9	260	17	93,5%	20	92,3%	19	92,7%	21	91,9%
20/9	270	29	89,3%	33	87,8%	34	87,4%	26	90,4%
27/9	150	35	76,7%	33	78,0%	20	86,7%	14	90,7%
4/10	272	17	93,9%	23	91,4%	22	91,9%	19	93,1%
13/10	284	25	91,2%	23	91,9%	10	96,5%	18	93,7%
18/10	200	15	92,5%	21	89,5%	24	88,0%	15	92,5%
25/10	60	15	75,0%	15	75,0%	14	76,7%	18	70,0%
8/11	35	-	-	-	-	-	-	48	48,6%
16/11	245	-	-	-	-	-	-	16	93,5%
22/11	248	30	87,9%	29	88,3%	17	93,2%	18	92,8%
29/11	220	-	-	-	-	-	-	17	92,3%
6/12	632	-	-	-	-	-	-	19	97,0%
13/12	276	15	94,6%	16	94,2%	10	96,4%	11	96,0%
20/12	417	-	-	-	-	-	-	24	94,2%
Média	209	25	87,5%	24	87,1%	21	89,2%	19	90,3%
Desvio Padrão	115	12	6,4%	6	5,4%	10	6,1%	5	6,1%

Resultados de SST									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 2 - Brita 4							
		Altura 1 (mg/l)	e (%)	Altura 2 (mg/l)	e (%)	Altura 3 (mg/l)	e (%)	Saída (mg/l)	e (%)
8/7	-	64	-	80	-	34	-	34	-
15/7	240	22	90,8%	2	99,2%	9	96,3%	16	93,3%
22/7	278	11	96,0%	7	97,5%	8	97,1%	5	98,2%
29/7	174	8	95,4%	20	88,5%	13	92,5%	4	97,7%
5/8	151	19	87,4%	18	88,1%	21	86,1%	12	92,1%
12/8	219	25	88,6%	5	97,7%	21	90,4%	24	89,0%
16/8	256	14	94,5%	5	98,0%	7	97,3%	7	97,3%
23/8	137	25	81,8%	15	89,1%	10	92,7%	4	97,1%
30/8	101	24	76,3%	24	76,3%	24	76,3%	13	87,2%
8/9	206	27	86,9%	28	86,4%	28	86,4%	18	91,2%
13/9	260	17	93,5%	21	91,9%	21	91,9%	19	92,7%
20/9	270	25	90,7%	22	91,9%	19	93,0%	21	92,2%
27/9	150	28	81,3%	42	72,0%	17	88,7%	25	83,3%
4/10	272	32	88,2%	20	92,6%	5	98,0%	9	96,8%
13/10	284	12	95,8%	16	94,4%	5	98,2%	15	94,7%
18/10	200	31	84,5%	31	84,5%	9	95,5%	12	94,0%
25/10	60	20	66,7%	44	31,7%	33	45,0%	9	85,0%
8/11	35	-	-	-	-	-	-	16	54,3%
16/11	245	-	-	-	-	-	-	7	97,1%
22/11	248	28	88,7%	26	89,5%	15	94,0%	24	90,3%
29/11	220	-	-	-	-	-	-	17	92,3%
6/12	632	-	-	-	-	-	-	7	98,9%
13/12	276	21	92,4%	19	93,1%	27	90,2%	4	98,6%
20/12	417	-	-	-	-	-	-	23	94,5%
Média	209	22	87,8%	19	90,0%	15	92,0%	14	93,3%
Desvio Padrão	115	7	7,6%	10	7,4%	8	5,6%	7	4,4%

Resultados de SST									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 3 - Cubos de Espuma							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	80	-	58,7	-	45,5	-	10	-
15/7	240	2	99,2%	22	90,8%	12	95,0%	12	95,0%
22/7	278	17	93,9%	7	97,5%	37	86,7%	79	71,6%
29/7	174	13	92,5%	25	85,6%	21	87,9%	3	98,3%
5/8	151	22	85,4%	16	89,4%	23	84,8%	24	84,1%
12/8	219	26	88,1%	27	87,7%	29	86,8%	17	92,2%
16/8	256	8	96,9%	10	96,1%	44	82,8%	8	96,9%
23/8	137	2	98,5%	26	81,0%	20	85,4%	18	86,9%
30/8	101	24	76,3%	23	77,3%	34	66,5%	23	77,3%
8/9	206	37	82,0%	33	84,0%	59	71,3%	29	85,9%
13/9	260	27	89,6%	28	89,2%	32	87,7%	16	93,8%
20/9	270	20	92,6%	43	84,1%	28	89,6%	19	93,0%
27/9	150	28	81,3%	40	73,3%	32	78,7%	17	88,7%
4/10	272	20	92,6%	22,2	91,8%	17,8	93,5%	13,3	95,1%
13/10	284	12	95,8%	14	95,1%	20	93,0%	24	91,5%
18/10	200	17	91,5%	32	84,0%	13	93,5%	15	92,5%
25/10	60	18	70,0%	56	6,67%	11	81,7%	13	78,3%
8/11	35	-	-	-	-	-	-	21	40,0%
16/11	245	-	-	-	-	-	-	13	94,7%
22/11	248	28	88,7%	36	85,5%	26	89,5%	25	89,9%
29/11	220	-	-	-	-	-	-	18	91,8%
6/12	632	-	-	-	-	-	-	13	97,9%
13/12	276	17	93,8%	6	97,8%	60	78,3%	8	97,1%
20/12	417	-	-	-	-	-	-	24	94,2%
Média	209	19	89,4%	24	87,7%	26	85,7%	19	90,3%
Desvio Padrão	115	9	7,8%	11	6,9%	12	7,9%	14	7,1%

Resultados de SSF							
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1 (mg/L)	e %	Fossa 2 (mg/L)	e %	Fossa 3 (mg/L)	e %
8/7	-	14	-	65	-	40	-
15/7	74	580	-683,8%	172	-132,4%	210	-183,8%
22/7	28	720	-2471,4%	123	-340,4%	480	-1650,0%
29/7	81	162	-100,0%	30	63,0%	84	-16,0%
5/8	69	305	-342,0%	113	-63,8%	163	-136,7%
12/8	63	28	55,6%	36	42,9%	18	71,4%
16/8	76	19	74,9%	14	81,5%	12	84,1%
23/8	32	2	93,8%	2	93,1%	2	95,3%
30/8	24	6	75,3%	31	-27,6%	22	9,5%
8/9	79	37	52,5%	28	64,4%	25	68,2%
13/9	90	13	85,6%	10	88,9%	18	80,0%
20/9	110	26	76,1%	14	87,5%	19	82,9%
27/9	75	50	33,3%	23	69,3%	37	50,7%
4/10	126	18	86,0%	3	97,6%	14	88,6%
13/10	128	59	54,2%	23	82,2%	21	83,3%
18/10	92	15	83,6%	5	94,5%	7	92,4%
25/10	16	11	31,3%	6	62,5%	13	18,8%
8/11	2	3	-50,0%	19	-850,0%	12	-500,0%
16/11	77	19	75,2%	6	92,2%	17	77,8%
22/11	105	2	98,1%	8	92,4%	14	86,7%
29/11	80	11	86,3%	18	77,5%	4	95,0%
6/12	310	18	94,2%	12	96,1%	10	96,8%
13/12	107	14	86,9%	10	90,6%	9	91,6%
20/12	172	17	90,1%	14	91,8%	19	88,9%
Média	91	21	71,3%	18	80,9%	17	78,6%
Desvio Padrão	61	15	20,3%	15	15,4%	9	19,7%

Resultados de SSF									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 1 - Anéis de Plástico							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	5	-	36	-	10	-	1	-
15/7	74	17	77,0%	8	89,2%	7	90,5%	9	88,2%
22/7	28	9	67,9%	13	53,6%	2	92,9%	9	67,9%
29/7	81	7	91,4%	7	91,4%	6	92,6%	5	93,8%
5/8	69	7	89,9%	12	82,6%	4	94,2%	5	92,8%
12/8	63	9	85,7%	8	87,3%	3	95,2%	11	82,5%
16/8	76	12	84,1%	8	89,4%	4	94,7%	4	94,7%
23/8	32	3	90,6%	4	87,5%	7	78,1%	2	93,8%
30/8	24	1	95,9%	2	91,8%	0	100,0%	0	100,0%
8/9	79	4	98,7%	9	88,5%	6	92,4%	5	93,6%
13/9	90	2	97,8%	2	97,8%	1	98,9%	1	98,9%
20/9	110	3	97,3%	7	93,6%	6	94,5%	2	98,2%
27/9	75	17	77,3%	16	78,7%	10	86,7%	2	97,3%
4/10	126	1	99,1%	2	98,4%	7	94,7%	1	99,2%
13/10	128	8	93,8%	10	92,2%	1	99,2%	1	99,2%
18/10	92	0	100%	7	92,4%	3	96,7%	1	98,9%
25/10	16	4	75,0%	4	75,0%	4	75,0%	6	62,5%
8/11	2	-	-	-	-	-	-	4	-100,0%
16/11	77	-	-	-	-	-	-	4	94,8%
22/11	105	2	98,1%	1	99,0%	0	100,0%	1	99,0%
29/11	80	-	-	-	-	-	-	2	97,5%
6/12	310	-	-	-	-	-	-	5	98,4%
13/12	107	6	94,4%	6	94,4%	4	96,3%	1	99,1%
20/12	172	-	-	-	-	-	-	2	98,8%
Média	91	6	89,1%	7	87,9%	4	92,9%	3	93,1%
Desvio Padrão	61	5	9,7%	4	10,7%	3	6,9%	3	10,0%

Resultados de SSF									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 2 - Brita 4							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	8	-	23	-	16	-	4	-
15/7	74	8	89,2%	-	-	4	94,6%	8	89,2%
22/7	28	3	89,3%	2	92,9%	3	89,3%	1	96,4%
29/7	81	2	97,5%	9	88,9%	6	92,6%	2	97,5%
5/8	69	6	91,3%	7	89,9%	6	91,3%	4	94,2%
12/8	63	10	84,1%	2	96,8%	12	81,0%	9	85,7%
16/8	76	7	90,8%	2	97,4%	2	97,4%	3	96,0%
23/8	32	2	93,8%	3	90,6%	3	90,6%	11	65,6%
30/8	24	1	95,9%	2	91,8%	1	95,9%	0	100,0%
8/9	79	2	97,5%	3	96,2%	6	92,4%	1	98,7%
13/9	90	1	98,9%	4	95,6%	1	98,9%	2	97,8%
20/9	110	4	96,4%	5	95,5%	0	100,0%	1	99,1%
27/9	75	12	84,0%	19	74,7%	7	90,7%	7	90,7%
4/10	126	11	91,3%	8	93,8%	1	99,2%	1	99,2%
13/10	128	2	98,4%	7	94,5%	1	99,2%	10	92,2%
18/10	92	7	92,4%	12	86,9%	1	98,9%	0	100,0%
25/10	16	5	68,8%	8	50,0%	11	31,3%	1	93,8%
8/11	2	-	-	-	-	-	-	5	-150,0%
16/11	77	-	-	-	-	-	-	5	93,5%
22/11	105	1	99,0%	9	91,4%	6	94,3%	0	100,0%
29/11	80	-	-	-	-	-	-	6	92,5%
6/12	310	-	-	-	-	-	-	-	-
13/12	107	2	98,1%	19	82,2%	1	99,1%	2	98,1%
20/12	172	-	-	-	-	-	-	5	97,1%
Média	81	5	92,0%	7	88,8%	4	94,4%	4	94,2%
Desvio Padrão	37	4	7,6%	5	11,5%	4	5,0%	3	7,6%

Resultados de SSF									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 3 - Cubos de Espuma							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	13	-	6	-	22	-	4	-
15/7	74	1	98,6%	6	91,9%	6	91,9%	4	94,6%
22/7	28	3	89,3%	3	89,3%	9	67,9%	45	46,4%
29/7	81	5	93,8%	11	86,4%	9	88,9%	1	98,8%
5/8	69	9	87,0%	2	97,1%	9	87,0%	8	88,4%
12/8	63	12	81,0%	11	82,5%	11	82,5%	8	87,3%
16/8	76	4	94,7%	2	97,4%	20	73,6%	2	97,4%
23/8	32	8	75,0%	4	87,5%	2	93,8%	1	96,9%
30/8	24	4	83,5%	0	100,0%	4	83,5%	3	87,7%
8/9	79	6	92,4%	12	84,7%	13	83,5%	3	96,2%
13/9	90	4	95,6%	2	97,8%	1	98,9%	3	96,7%
20/9	110	1	99,1%	9	91,8%	2	98,2%	0	100,0%
27/9	75	14	81,3%	15	80,0%	14	81,3%	8	89,3%
4/10	126	4	96,5%	6	95,6%	3	97,4%	2	98,4%
13/10	128	3	97,7%	2	98,4%	5	96,1%	11	91,4%
18/10	92	0	100,0%	13	85,8%	4	95,6%	0	100,0%
25/10	16	3	81,3%	48	-12,5%	4	75,0%	1	93,8%
8/11	2	-	-	-	-	-	-	2	0,0%
16/11	77	-	-	-	-	-	-	1	98,7%
22/11	105	6	94,3%	5	95,2%	7	93,3%	0	100,0%
29/11	80	-	-	-	-	-	-	4	95,0%
6/12	310	-	-	-	-	-	-	1	99,7%
13/12	107	7	93,4%	1	99,1%	25	76,6%	3	97,2%
20/12	172	-	-	-	-	-	-	0	100,0%
Média	91	6	90,8%	6	91,8%	6	88,4%	3	95,6%
Desvio Padrão	61	4	7,5%	5	6,4%	4	8,9%	3	4,3%

Resultados de SSV							
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1 (mg/L)	e %	Fossa 2 (mg/L)	e %	Fossa 3 (mg/L)	e %
8/7	-	59	-	238	-	85	-
15/7	166	626,7	-277,5%	180	-8,4%	370	-122,9%
22/7	250	960	-284,0%	280	-12,0%	537	-114,7%
29/7	93	176	-89,2%	88	5,4%	376	-304,3%
5/8	83	765	-821,7%	273	-229,3%	230	-177,1%
12/8	156	53	66,0%	42	73,1%	25	84,0%
16/8	180	23	87,2%	26	85,6%	25	86,1%
23/8	105	59	43,8%	61	41,8%	73	30,5%
30/8	77	47	39,0%	76	1,4%	40	48,1%
8/9	127	77	39,4%	194	-52,6%	55	56,7%
13/9	170	46	72,9%	51	70,0%	50	70,6%
20/9	160	71,3	55,4%	51	67,9%	58	64,1%
27/9	75	51	32,0%	36	52,0%	41	45,3%
4/10	146	38,9	73,4%	30	79,5%	43	70,3%
13/10	156	92,8	40,5%	26	83,5%	32	79,4%
18/10	108	22	79,7%	23	78,8%	25	76,9%
25/10	44	32	27,3%	29	34,1%	29	34,1%
8/11	33	30	9,1%	23	30,3%	19	42,4%
16/11	168	37	78,0%	28	83,4%	31	81,6%
22/11	143	30	79,1%	32	77,7%	37	74,2%
29/11	140	34	75,7%	26	81,4%	40	71,4%
6/12	322	33	89,7%	19	94,1%	23	92,9%
13/12	188	30	84,1%	11	94,2%	30	84,1%
20/12	245	32	86,9%	21	91,4%	40	83,7%
Média	145	45	63,9%	43	68,0%	36	67,2%
Desvio Padrão	67	19	21,3%	18	25,1%	17	18,9%

Resultados de SSV									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 1 - Anéis de Plástico							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	52	-	60	-	42	-	2	-
15/7	166	27	83,7%	21	87,3%	8	95,2%	10	94,0%
22/7	250	13	94,8%	23	90,8%	15	94,0%	10	96,0%
29/7	93	8	91,4%	12	87,1%	11	88,2%	5	94,6%
5/8	83	7	91,6%	15	81,9%	8	90,4%	12	85,5%
12/8	156	17	89,1%	16	89,7%	16	89,7%	22	85,9%
16/8	180	14	92,2%	8	95,6%	6	96,7%	10	94,4%
23/8	105	19	81,9%	16	84,8%	24	77,1%	23	78,1%
30/8	77	18	76,7%	19	75,4%	21	72,8%	19	75,4%
8/9	127	45	64,6%	21	83,5%	19	85,1%	20	84,3%
13/9	170	15	91,2%	18	89,4%	18	89,4%	20	88,2%
20/9	160	26	83,8%	26	83,8%	28	82,5%	24	85,0%
27/9	75	18	76,0%	17	77,3%	10	86,7%	12	84,0%
4/10	146	16	89,3%	21	85,4%	16	89,4%	17,8	87,8%
13/10	156	17	89,1%	13	91,7%	9	94,2%	17	89,1%
18/10	108	15	86,1%	14	87,1%	21	80,6%	14	87,1%
25/10	44	11	75,0%	11	75,0%	10	77,3%	12	72,7%
8/11	33	-	-	-	-	-	-	44	57,6%
16/11	168	-	-	-	-	-	-	12	92,9%
22/11	143	28	80,5%	28	80,5%	17	88,1%	17	88,1%
29/11	140	-	-	-	-	-	-	15	89,3%
6/12	322	-	-	-	-	-	-	14	95,6%
13/12	188	9	95,2%	10	94,7%	6	96,8%	10	94,7%
20/12	245	-	-	-	-	-	-	18	92,7%
Média	145	18	85,1%	17	85,6%	15	87,5%	15	88,0%
Desvio Padrão	67	9	8,1%	6	6,0%	6	7,1%	5	6,5%

Resultados de SSV									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 2 - Brita 4							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	54	-	58	-	15,4	-	30	-
15/7	166	14	91,6%	-	-	5	97,0%	8	95,2%
22/7	250	8	96,8%	5	98,0%	5	98,0%	4	98,4%
29/7	93	6	93,5%	11	88,2%	7	92,5%	2	97,8%
5/8	83	13	84,3%	11	86,7%	15	81,9%	8	90,4%
12/8	156	13	91,7%	3	98,1%	11	92,9%	15	90,4%
16/8	180	7	96,1%	3	98,3%	5	97,2%	4	97,8%
23/8	105	14	86,7%	13	87,6%	7	93,3%	2	98,1%
30/8	77	23	70,2%	21	72,8%	23	70,2%	13	83,1%
8/9	127	25	80,3%	25	80,3%	46	63,8%	17	86,6%
13/9	170	16	90,6%	17	90,0%	20	88,2%	17	90,0%
20/9	160	21	86,9%	17	89,4%	19	88,1%	20	87,5%
27/9	75	16	78,7%	23	69,3%	10	86,7%	18	76,0%
4/10	146	21	85,6%	12,2	91,6%	4,4	97,0%	7,8	94,7%
13/10	156	10	93,6%	9	94,2%	4	97,4%	5	96,8%
18/10	108	24	77,8%	19	82,5%	8	92,6%	12	88,9%
25/10	44	15	65,9%	33	25,0%	22	50,0%	8	81,8%
8/11	33	-	-	-	-	-	-	11	66,7%
16/11	168	-	-	-	-	-	-	2	98,8%
22/11	143	27	81,2%	17	88,1%	9	93,7%	24	83,3%
29/11	140	-	-	-	-	-	-	11	92,1%
6/12	322	-	-	-	-	-	-	-	-
13/12	188	19	89,9%	0	100,0%	26	86,2%	2	98,9%
20/12	245	-	-	-	-	-	-	18	92,7%
Média	145	16	85,6%	13	88,5%	13	89,2%	10	90,3%
Desvio Padrão	67	6	8,6%	8	8,9%	11	9,6%	7	8,3%

Resultados de SSV									
Data	Esgoto Bruto Afluente	Filtro 3 - Cubos de Espuma							
		Altura 1 (mg/L)	e (%)	Altura 2 (mg/L)	e (%)	Altura 3 (mg/L)	e (%)	Saída (mg/L)	e (%)
8/7	-	87,2	-	53	-	23,3	-	6,3	-
15/7	166	1	99,4%	16	90,4%	6	96,4%	7	95,8%
22/7	250	14	94,4%	4	98,4%	28	88,8%	64	74,4%
29/7	93	8	91,4%	14	84,9%	12	87,1%	2	97,8%
5/8	83	13	84,3%	14	83,1%	14	83,1%	16	80,7%
12/8	156	15	90,4%	16	89,7%	17	89,1%	9	94,2%
16/8	180	4	97,8%	8	95,6%	24	86,7%	6	96,7%
23/8	105	1	99,0%	18	82,9%	16	84,8%	15	85,7%
30/8	77	20	74,1%	23	70,2%	30	61,1%	20	74,1%
8/9	127	31	75,6%	21	83,5%	46	63,8%	26	79,5%
13/9	170	23	86,5%	26	84,7%	31	81,8%	13	92,4%
20/9	160	19	88,1%	34	78,8%	26	83,8%	19	88,1%
27/9	75	14	81,3%	25	66,7%	18	76,0%	9	88,0%
4/10	146	15,6	89,3%	16,7	88,6%	14,5	90,1%	11,3	92,3%
13/10	156	9	94,2%	12	92,3%	15	90,4%	13	91,7%
18/10	108	17	84,3%	19	82,5%	9	91,7%	15	86,1%
25/10	44	15	65,9%	38	13,6%	7	84,1%	12	72,7%
8/11	33	-	-	-	-	-	-	19	42,4%
16/11	168	-	-	-	-	-	-	12	92,9%
22/11	143	22	84,6%	31	78,4%	19	86,7%	25	82,6%
29/11	140	-	-	-	-	-	-	14	90,0%
6/12	322	-	-	-	-	-	-	12	96,3%
13/12	188	10	94,7%	5	97,3%	35	81,4%	5	97,3%
20/12	245	-	-	-	-	-	-	24	90,2%
Média	145	14	87,5%	18	85,2%	21	83,7%	15	88,2%
Desvio Padrão	67	8	9,1%	8	8,7%	10	9,0%	12	7,8%

Resultados de Cor (PtCo)				
<i>Data</i>	<i>Esgoto Bruto Afluente</i>	<i>Fossa 1</i>	<i>Fossa 2</i>	<i>Fossa 3</i>
8/7	-	540	427,0	540
15/7	-	12750	4300	4100
22/7	830	11280	3800	10060
29/7	722	-	-	-
5/8	-	870	2740	954
12/8	-	517	512	473
16/8	-	426	504	368
23/8	-	250	660	482
30/8	-	486	714	664
8/9	-	1022	930	752
13/9	989	742	818	535
20/9	291	672	514	507
27/9	1680	462	373	469
4/10	458	310	227	262
13/10	1053	760	535	495
18/10	646	440	734	906
25/10	312	211	326	248
8/11	472	523	632	510
16/11	511	183	316	269
22/11	1815	552	432	432
29/11	305	445	420	438
6/12	342	452	438	442
13/12	1535	178	387	399
20/12	1980	640	528	742
Média	871	420	500	497
Desvio Padrão	580	194	155	167

Resultados de Cor (PtCo)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1	Filtro 1 - Anéis de Plástico			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	540	686	361	478	457
15/7	-	42750	374	366	364	360
22/7	830	44280	356	415	436	365
29/7	722	-	-	-	-	-
5/8	-	870	496	503	708	47
12/8	-	517	468	480	487	455
16/8	-	426	385	868	442	372
23/8	-	250	236	328	373	278
30/8	-	486	640	648	541	508
8/9	-	4022	776	896	646	756
13/9	989	742	463	426	470	432
20/9	291	672	433	441	401	359
27/9	1680	462	327	319	328	378
4/10	458	310	238	272	254	224
13/10	1053	760	319	279	271	278
18/10	646	440	354	498	391	395
25/10	312	211	215	186	180	148
8/11	472	523	-	-	-	391
16/11	511	183	-	-	-	192
22/11	1815	552	381	746	335	309
29/11	305	445	-	-	-	289
6/12	342	452	-	-	-	272
13/12	1535	178	321	734	546	370
20/12	1980	640	-	-	-	420
Média	871	420	399	472	425	350
Desvio Padrão	580	194	143	205	134	139

Resultados de Cor (PtCo)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 2	Filtro 2 - Brita 4			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	427,0	440	487	468	479
15/7	-	4300	344	347	328	334
22/7	830	3800	315	345	356	244
29/7	722	-	-	-	-	-
5/8	-	2710	488	491	391	466
12/8	-	512	483	475	481	431
16/8	-	504	288	333	428	229
23/8	-	660	279	169	222	120
30/8	-	714	528	486	448	413
8/9	-	930	832	508	614	519
13/9	989	818	440	468	432	427
20/9	291	514	383	395	350	256
27/9	1680	373	345	413	330	219
4/10	458	227	258	209	206	143
13/10	1053	535	392	281	306	167
18/10	646	734	584	652	580	395
25/10	312	326	155	271	145	283
8/11	472	632	-	-	-	319
16/11	511	316	-	-	-	164
22/11	1815	432	482	764	435	397
29/11	305	420	-	-	-	310
6/12	342	438	-	-	-	287
13/12	1535	387	520	513	487	210
20/12	1980	528	-	-	-	238
Média	871	500	396	403	389	307
Desvio Padrão	580	155	115	126	123	116

Resultados de Cor (PtCo)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 3	Filtro 3 - Cubos de Espuma			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	540	424	230	424	433
15/7	-	4100	334	396	332	318
22/7	830	40060	389	366	440	301
29/7	722	-	-	-	-	-
5/8	-	954	492	423	4945	442
12/8	-	473	481	534	572	423
16/8	-	368	428	724	397	333
23/8	-	482	231	282	191	215
30/8	-	664	542	846	521	466
8/9	-	752	490	640	492	485
13/9	989	535	459	486	419	410
20/9	291	507	407	398	418	341
27/9	1680	469	353	334	333	285
4/10	458	262	310	327	237	177
13/10	1053	495	285	285	351	251
18/10	646	906	549	710	321	452
25/10	312	248	262	225	367	143
8/11	472	510	-	-	-	367
16/11	511	269	-	-	-	157
22/11	1815	432	458	748	418	374
29/11	305	438	-	-	-	362
6/12	342	442	-	-	-	358
13/12	1535	399	482	477	726	341
20/12	1980	742	-	-	-	486
Média	871	497	410	427	390	344
Desvio Padrão	580	167	95	158	98	103

Resultados de Turbidez (FAU)				
<i>Data</i>	<i>Esgoto Bruto Afluente</i>	<i>Fossa 1</i>	<i>Fossa 2</i>	<i>Fossa 3</i>
8/7	-	131	115,0	151
15/7	-	8125	1640	2190
22/7	119	7520	1710	4032
29/7	133	-	-	-
5/8	54,5	318	4030	376
12/8	170	144	152	124
16/8	-	107	124	101
23/8	-	58	190	123
30/8	-	198	198	198
8/9	-	265	205	206
13/9	98	174	172	149
20/9	101	183	155	146
27/9	500	153	95	133
4/10	226	130	91	93
13/10	359	188	144	120
18/10	352	107	156	180
25/10	94	54	67	53
8/11	131	111	150	133
16/11	349	76	80	73
22/11	383	131	110	107
29/11	278	124	117	110
6/12	82	130	125	131
13/12	473	98	69	82
20/12	599	136	103	78
Média	250	144	131	137
Desvio Padrão	164	50	41	40

Resultados de Turbidez (FAU)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1	Filtro 1 - Anéis de Plástico			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	131	93	92	92	92
15/7	-	8125	73	70	70	67
22/7	119	7520	68	75	54	61
29/7	133	-	-	-	-	-
5/8	55	318	180	183	394	148
12/8	170	144	468	480	487	455
16/8	-	107	111	178	107	111
23/8	-	58	49	86	92	52
30/8	-	198	154	129	125	129
8/9	-	265	183	157	163	142
13/9	98	174	161	134	158	151
20/9	101	183	67	82	64	48
27/9	500	153	98	100	89	113
4/10	226	130	108	119	129	100
13/10	359	188	131	95	97	112
18/10	352	107	130	176	139	55
25/10	94	54	45	33	35	16
8/11	131	111	-	-	-	59
16/11	349	76	-	-	-	33
22/11	383	131	100	4434	110	107
29/11	278	124	-	-	-	78
6/12	82	130	-	-	-	70
13/12	473	98	91	106	86	55
20/12	599	136	-	-	-	76
Média	250	144	108	113	118	85
Desvio Padrão	164	63	43	43	36	38

Resultados de Turbidez (FAU)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 2	Filtro 2 - Brita 4			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	115,0	86	88	88	94
15/7	-	1640	72	65	66	64
22/7	119	1710	50	55	60	32
29/7	133	-	-	-	-	-
5/8	55	1030	156	150	137	162
12/8	170	152	162	113	158	143
16/8	-	124	79	91	90	61
23/8	-	190	76	33	41	20
30/8	-	198	124	116	118	99
8/9	-	205	185	173	160	108
13/9	98	172	155	137	133	149
20/9	101	155	49	126	77	35
27/9	500	95	121	153	116	62
4/10	226	91	106	109	104	56
13/10	359	144	129	83	70	43
18/10	352	156	204	113	182	59
25/10	94	67	26	84	23	65
8/11	131	150	-	-	-	72
16/11	349	80	-	-	-	33
22/11	383	110	135	172	70	60
29/11	278	117	-	-	-	62
6/12	82	125	-	-	-	59
13/12	473	69	80	86	86	34
20/12	599	103	-	-	-	66
Média	250	131	105	108	94	71
Desvio Padrão	164	41	45	39	39	38

Resultados de Turbidez (FAU)						
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 3	Filtro 3 - Cubos de Espuma			
			Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída
8/7	-	151	78	51	75	82
15/7	-	2190	69	93	88	58
22/7	119	4032	63	63	96	49
29/7	133	-	-	-	-	-
5/8	55	376	166	127	675	158
12/8	170	124	129	115	143	127
16/8	-	101	101	150	103	91
23/8	-	123	41	72	47	49
30/8	-	198	126	168	114	96
8/9	-	206	163	161	130	116
13/9	98	149	163	164	147	150
20/9	101	146	156	112	95	101
27/9	500	133	96	89	126	92
4/10	226	93	128	127	117	78
13/10	359	120	98	83	77	61
18/10	352	180	95	110	89	81
25/10	94	53	58	47	118	24
8/11	131	133	-	-	-	79
16/11	349	73	-	-	-	30
22/11	383	107	88	136	107	66
29/11	278	110	-	-	-	48
6/12	82	131	-	-	-	55
13/12	473	82	70	84	167	56
20/12	599	78	-	-	-	73
Média	250	137	105	106	105	79
Desvio Padrão	164	40	39	38	26	35

Resultados de pH															
Data	Esgoto Bruto Afluente	Fossa 1	Fossa 2	Fossa 3	Filtro 1			Filtro 2			Filtro 3				
					Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Saída	
8/7	-	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,2	7,2	7,1	7,0	7,0	7,2
15/7	-	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,4	7,6	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5
22/7	6,9	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,6	7,5	7,5	7,5	7,6	7,4	7,5
29/7	6,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/8	7,5	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,2	7,2	7,0	7,1	7,1	7,1
12/8	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2
16/8	-	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2
23/8	-	7,0	7,0	6,9	7,1	7,1	7,1	7,2	7,0	7,0	7,1	6,9	7,0	7,0	7,1
30/8	-	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
8/9	-	7,3	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,5	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4	7,5	7,4
13/9	-	8,2	8,2	8,2	7,2	7,2	7,2	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
20/9	-	7,2	7,3	7,1	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,4	7,3	7,2	7,3
27/9	7,5	7,3	7,3	7,3	7,3	7,5	7,3	7,4	7,3	7,4	7,6	7,4	7,3	7,3	7,4
4/10	6,9	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,2	7,4	7,2	7,2	7,3
13/10	6,8	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,2	7,0
18/10	7,0	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,1	7,4	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2	7,2
25/10	7,1	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,3	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2	7,2	7,3
8/11	7,4	7,6	7,6	7,6	-	-	-	7,7	-	-	-	-	-	-	7,8
16/11	6,7	7,0	7,1	7,0	-	-	-	7,1	-	-	-	-	-	-	7,1
22/11	7,1	7,4	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3	7,4	7,3	7,3	7,3	7,5
29/11	7,4	7,3	7,4	7,6	-	-	-	7,4	-	-	-	-	-	-	7,5
6/12	7,5	7,7	7,8	7,7	-	-	-	7,8	-	-	-	-	-	-	7,8
13/12	7,3	7,6	7,6	7,6	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,7
20/12	7,2	7,6	7,7	7,7	-	-	-	7,8	-	-	-	-	-	-	7,7
Média	7,1	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,4	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,2	7,4
Desvio Padrão	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2