



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB

WEBERTON DANTAS DE SOUSA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA INVESTIGAÇÃO DE FILTROS
ANAERÓBIOS ATRAVÉS DA PROPOSTA DO PROFESSOR CYNAMON**

Pombal-PB

2017

WEBERTON DANTAS DE SOUSA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA INVESTIGAÇÃO DE FILTROS
ANAERÓBIOS ATRAVÉS DA PROPOSTA DO PROFESSOR CYNAMON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. ANDRÉA MARIA B. M. DE OLIVEIRA

Pombal-PB

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S725t Sousa, Weberton Dantas de.
Tratamento de efluentes: uma investigação de filtros anaeróbios através da proposta do professor Cynamon / Weberton Dantas de Sousa. – Pombal, 2017.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.
"Orientação: Profa. Dra. Andréa Maria B. M. de Oliveira".
Referências.

1. Tratamento de Esgotos. 2. Tratamento de Efluentes. 3. Filtros Anaeróbios. 4. Cynamon (Filtros Anaeróbios). I. Oliveira, Andréa Maria B. M. de. II. Título.

CDU 628.32 (043)

WEBERTON DANTAS DE SOUSA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA INVESTIGAÇÃO DE FILTROS
ANAERÓBIOS ATRAVÉS DA PROPOSTA DO PROFESSOR CYNAMON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a ANDRÉA MARIA B. M. DE OLIVEIRA

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira
(Orientador – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Prof^a Msc. Maria de Sousa Leite Filha
(Examinador Interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Msc. Sanduel Oliveira de Andrade
(Examinador Interno – conforme Resolução 01/2012)

*Dedico este trabalho a minha família e
amigos, incentivadores nos momentos
difíceis desta caminhada.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador do universo, pela saúde e disposição que me permitiram chegar a este momento de grande felicidade.

Aos meus pais, Inalda e Cícero, que me deram forças e todo apoio necessário durante esta caminhada para não desistir de buscar meus sonhos. E aos meus irmãos Tamires e Jordon.

A minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira pela dedicação, pelo aprendizado e por acreditar no meu potencial

A Instituição UFCG/CCTA e todo seu corpo docente que foram corresponsáveis pelo crescimento intelectual.

Ao Laboratório de Análises de Água – LAAG na pessoa do técnico Luiz Fernando de Oliveira Coelho pela enorme contribuição neste trabalho, pelo incentivo e confiança.

Aos meus amigos, que mesmo em distância, se fizeram presentes para tornarem os dias de luta mais fáceis, em especial a Uigno Jefsson pelos cinco anos de vivência.

Aos amigos e companheiros que fiz durante esta trajetória. Sérvio Túlio pelos anos de vivência, Yaroslávia Paiva pela ajuda na realização deste trabalho e pelas conversas que tornaram as inúmeras horas de análises mais leves e Papilon e Yasmin por me acolherem tão bem em seu apartamento fazendo com que eu me sentisse em casa.

E por fim a toda turma de Engenharia Ambiental de 2012.1, em especial Mikaele, José Lucas, Ana Paula, Andreza, Tatiane, Maria Tatiane, Ulisses, Laura, Laissa, Cinthia, João Marcos que foram a minha família em Pombal.

SOUSA, Weberton Dantas de. **Tratamento de efluentes: uma investigação de filtros anaeróbios através da proposta do professor Cynamon**. 2017. 42 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

RESUMO

É essencial em uma sociedade cada vez mais preocupada com as questões ambientais o uso de técnicas e procedimentos que venham a tratar o efluente gerado em suas atividades de modo a garantir a qualidade ambiental. Utilizar meios eficientes e sustentáveis é necessário para atender as características do meio e o atendimento a maior parte da população que carecem de sistemas de tratamento de esgotos. Nessa perspectiva, os filtros anaeróbios se apresentam como uma das alternativas na solução destes problemas, uma vez que vários estudos demonstram sua eficiência e o baixo custo de sua construção e manutenção. Uma variação na utilização deste filtro foi proposta por Cynamon em 1986, com uma série de três filtros em fluxos ascendente, descendente e ascendente, respectivamente. Este trabalho teve por objetivo testar filtros anaeróbios Cynamon para tratamento de efluentes oriundos de atividades domésticas. O esgoto bruto foi tratado em dois sistemas de filtros Cynamon adaptados, um com fluxos ascendentes e outro com fluxos descendentes. O efluente bruto e tratado foram submetidos a testes de pH, cor, turbidez, temperatura, DQO e coliformes totais e termotolerantes. Foi possível observar que o sistema de filtros em escala piloto funcionaram e poderão ser usados posteriormente em outras análises do NUSEA e que os filtros ascendentes obtiveram melhores resultados quanto aos parâmetros observados se comparados ao sistema descendente.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Filtros anaeróbios. Cynamon.

SOUSA, Weberton Dantas de. **Wastewater treatment: an investigation of anaerobic filters through the proposal of professor Cynamon.** 2017. 42 p. Course Completion Work (Undergraduate in Environmental Engineering) – Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2017.

ABSTRACT

It is essential in a society increasingly concerned with environmental issues using techniques and procedures that will treat the effluent generated in their activities to ensure environmental quality. Use efficient and sustainable means is needed to meet the characteristics of the environment and the service most of the population lacking sewage treatment systems. In this perspective, anaerobic filters present themselves as one of the alternatives in the solution of these problems, since several studies show your efficiency and the low cost of your construction and maintenance. A variation in the use of this filter was proposed by Cynamon in 1986, with a series of three filters in ascending, descending and ascending streams, respectively. This study aimed to test Cynamon anaerobic filters for treatment of effluents from domestic activities. The raw sewage was treated in two of Cynamon filters adapted systems, with rising flows and another with streams. The raw and treated sewage were tested for pH, color, turbidity, temperature, cod and total coliforms and termotolerantes. It was possible to observe that the filter system on a pilot scale work and can be used later in other reviews of filters and NUSEA ancestors obtained best results about the parameters observed compared to the system.

Keywords: Effluent treatment. Anaerobic filters. Cynamon.

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Filtro de brita	26
Foto 2 – Filtros de areia, cascalho e brita.....	26
Foto 3 – Malhas distribuidoras de efluente.....	27
Foto 4 – Caixa de armazenamento de afluente e garrafas coletoras.....	27
Foto 5 – Frascos coletores plásticos.....	29
Foto 6 – Frascos coletores vidro	29
Foto 7 – Medidores de pH, cor, turbidez e temperatura	30
Foto 8 – Amostras em CVBB2% e E.C.	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Representação esquemática dos sistemas de filtros CYNAMON..... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes	23
Tabela 2 – Resultados das análises de pH, cor aparente e turbidez nos pontos de coletas dos sistemas	24
Tabela 3 – Resultados das análises de pH, cor aparente e turbidez nos pontos de coletas dos sistemas	33
Tabela 4 – Temperaturas (°C) nos filtros anaeróbios descendentes e ascendentes	35
Tabela 5 – DQO observada nos filtros CYNAMON ascendentes e descendentes	36
Tabela 6 – Resultados das análises microbiológicas nas etapas de tratamento	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Redução percentual do parâmetro cor	34
Gráfico 2 – Redução da turbidez em percentual.	35
Gráfico 3 – Percentual de redução de DQO	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NUSEA	Núcleo de Saneamento e Economia Ambiental
NBR	Norma Brasileira de Referência
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública
pH	Potencial Hidrogeniônico
OD	Oxigênio Dissolvido
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Vu	Volume útil em litros
N	Número de contribuintes
C	Contribuição de despejo em litros/d
T	Tempo de detenção hidráulica em dias
CCTA	Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
L/d	Litros por dia
PVC	Policloroeteno
L	Litros
S1F	Sistema de filtração descendente
S2F	Sistema de filtração ascendente
S1P	Sistema de polimento descendente
S2P	Sistema de polimento ascendente
EB	Esgoto bruto
S1F3	Filtro três do sistema descendente
S2 F3	Filtro três do sistema ascendente
<i>E. coli</i>	Escherichia Coli
$K_2Cr_2O_7$	Dicromato de Potássio
Ag_2SO_4	Sulfato de Prata
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
VPB	Volume gasto de solução ferrosa na prova branca
VPA	Volume gasto de solução ferrosa na amostra
VP	Volume de solução ferrosa gasta na prova padrão
NMP	Número mais provável

CVBB2% Calvo verde Bili Brilhante 2%
Vd Vazão diária
CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	15
<i>1.1.1 Geral.....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2 Específicos.....</i>	<i>15</i>
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Esgoto sanitário	16
2.2 Tratamento dos esgotos sanitários	17
2.3 Processo anaeróbio	18
2.4 Filtros anaeróbios	19
<i>2.4.1 Filtros Cynamon.....</i>	<i>20</i>
2.5 Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.....	21
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Dimensionamento dos filtros anaeróbios.....	23
3.2 Construção do filtro CYNAMON em escala piloto	25
3.3 Coleta de Amostras.....	28
3.4 Análises físicas, químicas e microbiológicas	29
<i>3.4.1 pH, Cor aparente, turbidez e temperatura</i>	<i>29</i>
<i>3.4.2 DQO</i>	<i>30</i>
<i>3.4.3 Coliformes totais e termotolerantes</i>	<i>31</i>
4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	32
5 CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O alarmante déficit na área de tratamento de esgotos, já observado há décadas, é resultado de uma política inadequada de investimentos em saúde e saneamento. A falta de seriedade e abandono do setor leva a perda de condições de funcionamento das poucas estações existentes, pelo sucateamento, bem como a implantação de novas estações de tratamento ficam a cargo da boa vontade das autoridades governamentais locais e muitas vezes quando implantadas têm sido superadas pelo próprio crescimento vegetativo da população, aliado a tendência à urbanização (VON SPERLING & CHERNICHARO, 1996). Essa observação de Von Sperling e Chernicharo apesar de distar 20 anos parece ser recente, mesmo levando em conta os avanços no setor nos últimos 10 anos.

Esta conjuntura agrava os problemas de saúde pública e ambiental e sua melhoria depende, em grande parte, do desenvolvimento e da implantação de sistemas de tratamento simples, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais das cidades. Entende-se por sistemas simples aqueles que empregam métodos naturais, que são pouco mecanizados, têm baixo custo de construção e operação, além de serem viáveis e sustentáveis. O campo do saneamento, especialmente o tratamento de efluentes no Brasil e mesmo no mundo, considerando o conceito de pegada ambiental carece de tecnologia eficiente, de baixo custo de instalação e manutenção. Nesse sentido o uso de filtros anaeróbios, com fluxo ascendente ou descendente, propulsionados pela gravidade gozam de bom aceite.

Ávila (2005) relata que:

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.

Conforme Costa (2008 apud NETO et al., 2000) “os filtros anaeróbios são reatores de construção e operação simples; geralmente são cobertos, mas podem ser implantados sem cobertura, quando não houver preocupação com maus odores, têm vários formatos, podem operar em dois sentidos de fluxo, ascendente (upflow) e descendente (downflow) ”.

Um exemplo deste tipo de tratamento é o proposto por CYNAMON (1986), onde se propõe uma série de três filtros com fluxos ascendente, descendente e ascendente seguidos por uma fase de polimento com filtro de areia. De acordo com Roque e Mello Júnior (2014), “o processo baseia-se nas mesmas propriedades discutidas em filtros biológicos anaeróbios

comuns. Apresenta a vantagem de praticamente dividir o tratamento em três fases, dando tempo necessário para uma máxima atuação dos microrganismos anaeróbios que assim se utilizam melhor do substrato. O funcionamento é simples, pois os filtros em série possuem o mesmo perfil de construção de filtros comuns, sendo, portanto, de fácil operação e manutenção”.

Nesta etapa de tratamento de águas residuárias procura-se repetir, em ambiente restrito e em curto espaço de tempo, os mesmos processos que se verificam ao longo da correnteza de um rio, ou na área de um lago, com respeito à autodepuração. A depuração das águas ricas em matérias orgânicas consiste basicamente na oxidação deste material orgânico até estabilizá-lo, isto é transformá-lo em substâncias de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético (KAWANO, HANDA, 2008).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Produzir filtro anaeróbio tipo CYNAMON para tratamento de efluentes oriundos de atividades domésticas.

1.1.2 Específicos

- Montar filtro anaeróbio tipo CYNAMON em escala piloto para servir às pesquisas futuras do NUSEA com efluentes domésticos e agroindustriais;
- Testar adaptações quanto ao fluxo da série de filtros;
- Melhorar as características dos parâmetros cor, turbidez, DQO e coliformes do efluente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Esgoto sanitário

De acordo com a Norma Brasileira de Referência (NBR) 7229 (1992) o esgoto sanitário pode ser definido como a “água residuária composta de esgoto doméstico, despejo industrial admissível a tratamento conjunto com esgoto doméstico e água de infiltração”. Ávilla (2005) define esgoto sanitário como sendo o esgoto puramente doméstico ou contendo parte dos esgotos industriais ou de agricultura, e parcelas de águas de infiltração e pluviais parasitárias. Oliveira (2006) ressalta que “a composição do esgoto sanitário é bastante variável, apresentando maior teor de impurezas durante o dia, ou seja, em horários mais utilizados para banho e trabalhos domésticos, e menor durante a noite”.

A NBR 9648 (1986) define as parcelas do esgoto sanitário da seguinte forma:

Esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
Esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
Água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
Contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

Destas parcelas, os esgotos domésticos e industriais recebem mais atenção. Os esgotos domésticos apresentam 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microrganismos (VON SPERLING, 2005). Tsutiya e Sobrinho (1999) diz que a contribuição do esgoto doméstico depende de fatores como a população da área, a contribuição per capita, o coeficiente de retorno esgoto/água e o coeficiente de variação da vazão. Brasil (2008) expõe que “as características dos esgotos são relacionadas aos usos a qual a água foi submetida. Esses usos e a forma como são exercidos variam com o clima, com a situação social e econômica, com a cultura e com os hábitos da população”.

Quanto ao esgoto industrial Von Sperling (2005) relata que estes apresentam uma ampla variabilidade das suas características qualitativas e é função do tipo e porte da indústria, processo, grau de reciclagem, práticas de conservação da água e existência de pré-tratamento. No que diz respeito ao tratamento, esgotos industriais podem ser recebidos na rede coletora de esgotos domésticos, entretanto, alguns cuidados devem ser tomados no que se refere principalmente a sua qualidade e a sua quantidade. (MONTEIRO JUNIOR, 2011).

2.2 Tratamento dos esgotos sanitários

Brasil (2008) declara que “os dejetos gerados pelas atividades humanas, comerciais e industriais necessitam ser coletados, transportados, tratados e dispostos adequadamente, de forma que não gerem ameaça à saúde e ao meio ambiente”. Ávila (2005) diz que “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”.

Oliveira (2006) descreve que “a melhoria da qualidade dos esgotos ocorre mediante diferentes níveis de tratamento onde cada um é responsável por reduzir a presença de certos componentes. A estratificação das etapas de tratamento dos esgotos pode ser feita através de níveis de tratamento de acordo com o grau de remoção de poluentes que se deseja atingir”.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) (2006) explica as etapas da seguinte forma:

Tratamento Preliminar- remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores.

Tratamento Primário- os esgotos ainda contêm sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente.

Tratamento Secundário- processa, principalmente, a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Tratamento Terciário- remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária.

Na etapa preliminar do tratamento não há remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), ocorrendo principalmente no secundário. De acordo com Pivelli (2014), o tratamento secundário ou biológico dos esgotos é dividido em dois grandes grupos, os aeróbios e anaeróbios. Também podem ser classificados quanto ao tipo de reator em suspensão na massa líquida ou biomassa aderida e ainda em função da retenção ou não da biomassa.

Dentro dessa etapa de tratamento existem várias técnicas que podem ser utilizadas como a de lodos ativados, filtros biológicos, lagoas facultativas e filtros anaeróbios. Von Sperling (1996) cita que os aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Cada sistema deve ser analisado individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica.

Segundo Oliveira (2006) a técnica de lodos ativados exigem elevado grau de mecanização e consomem grande quantidade de energia elétrica. Lins (2010 apud METCALFY E EDDY, 2003) relata que outra desvantagem seria a grande produção de lodo que necessita ser tratado e disposto corretamente. Von Sperling (2005) relata que “o filtro biológico embora apresente um lodo excedente já estabilizado, ou seja, não necessite ir para um biodigestor, necessitam de grandes áreas e tem pouca capacidade de se ajustar as variações do afluente”.

As lagoas facultativas embora necessitem apenas do sol e praticamente não requerem intervenção operacional, necessitam de grandes áreas para exposição a fonte luminosa (LINS, 2010). Já os filtros anaeróbios embora corram risco de entupimento dependendo da característica do esgoto bruto e seu efluente apresentar grande presença de microrganismos patogênicos, estes apresentam baixa produção de lodo, não requerem grandes escavações ou alturas, não consome energia e apresenta remoção significativa da matéria orgânica (ÁVILA, 2005).

Por questões ambientais, culturais e econômicas do Brasil, soluções simples e que utilizem menos os processos mecanizados e que sejam mais fáceis de serem construídos e operados despontam entre as outras alternativas, como no caso dos filtros anaeróbios em comparação aos demais tratamentos citados. Brasil (2004) diz que “o filtro anaeróbio representa um sistema de tratamento secundário físico-biológico. É de grande utilidade em projetos que requerem um melhor grau de tratamento que o simples uso de tanque séptico seguido de infiltração no solo”.

2.3 Processo anaeróbio

Por mais de um século o processo anaeróbio vem sendo utilizado no tratamento de efluentes. Neste processo a degradação da matéria orgânica biodegradável ocorre por meio de bactérias anaeróbias, na ausência de oxidante externo, gerando o biogás. A anaerobiose ocorre em inúmeros meios naturais e em espaços controlados como digestores anaeróbios (CHENICHARO, 1997).

De acordo com Fagundes (2010),

No processo anaeróbio procura-se acelerar a digestão, criando condições favoráveis, tais como a manutenção de grande massa de bactérias ativas, intenso contato entre o material orgânico do afluente e a massa bacteriana do sistema, temperatura e pH ótimos, presença de elementos nutrientes e ausência de materiais tóxicos no afluente.

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.

SILVA (2014 apud VAZZOLER, 2014) revela que “a eficiência do processo anaeróbio é função de uma série de interações entre múltiplos grupos de microrganismos, os quais possuem diferentes capacidades de degradação, em que os metabólicos intermediários de um grupo irão servir como substrato para o desenvolvimento de outros”.

2.4 Filtros anaeróbios

De acordo com a NBR 7229 (1993, p. 2), o filtro anaeróbio é uma “unidade destinada ao tratamento de esgoto, mediante afogamento do meio biológico filtrante”. Segundo Ávila (2005), “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”.

Segundo Von Sperling (1996), 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.

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 aflúente 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

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. Uma destas variações foi proposta por CYNAMON (1986), na qual o filtro anaeróbio é usado em série de três filtros (ascendente, descendente, ascendente), e um posterior polimento é feito por um filtro de areia.

2.4.1 Filtros Cynamon

Szachna Eliaz Cynamon foi fundador do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP), considerado um dos dezesseis maiores cientistas da Fiocruz e responsável pela primeira patente tecnológica internacional da referida instituição. Ribeiro (2012) relata que o professor “dedicou sua vida à busca e difusão de conhecimentos e práticas aplicadas ao saneamento, especialmente para pequenas localidades”.

Em 1986, o engenheiro Cynamon sugeriu uma variação na utilização dos filtros anaeróbios, propondo a utilização em série de três filtros com fluxos ascendente, descendente e ascendente, respectivamente, seguida por uma fase de polimento em filtros de areia. Vários pesquisadores têm propostos modificações, principalmente quanto ao fluxo, em relação a ideia original.

Segundo Roque e Mello Júnior (2014), “em Niterói, Município do Estado do Rio de Janeiro, vem sendo aplicada uma variação do filtro do tipo CYNAMON, que é utilizada para o tratamento de efluentes de um entreposto de pesca. A diferença entre este filtro é que neste os três fluxos são ascendentes”. Os mesmos relatam que em Cabo Frio, também no Rio de Janeiro, foram localizados trinta e três filtros de três estágios e que o efluente produzido é geralmente límpido e inodoro.

Por demonstrar ser eficiente e de baixo custo de construção e manutenção o filtro seriado proposto pelo pesquisador pode ser aplicado nas mais diversas localidades do Brasil, especialmente em regiões menos favorecidas financeiramente, característica marcante da maioria de seus projetos.

2.5 Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos

No que diz respeito aos esgotos, diversos parâmetros são importantes e devem ser analisados para que assim possam ser lançados nos corpos receptores. Temperatura, Cor aparente, Turbidez, potencial hidrogênico (pH), DQO e coliformes são exemplos de parâmetros considerados.

Quanto à temperatura Lins (2010) diz que a mesma “afeta a saturação de oxigênio dissolvido (OD), as taxas de reações biológicas e das reações químicas. Enquanto o O.D. diminui com o aumento da temperatura, a atividade biológica cresce com o seu aumento”.

Ainda de acordo com o autor, são influências da temperatura no tratamento de esgotos:

- Nas operações de natureza biológica;
- A solubilidade do oxigênio é menor nas temperaturas mais elevadas;
- O aumento da temperatura faz diminuir a viscosidade, melhorando as condições de sedimentação.

Em relação à Cor aparente, em geral ela surge a partir da presença de matéria orgânica e/ou inorgânica, mas também por substâncias metálicas como o ferro e o manganês. De acordo com Von Sperling (2005) em esgotos frescos a Cor aparente é ligeiramente cinza e em esgotos sépticos cinza escuro ou preto. Brasil (2014) explica que “ao contrário da Cor aparente que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação e pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido”.

O pH é um parâmetro químico considerado bastante relevante principalmente se tratando de efluentes pois afetam a presença dos microrganismos. Segundo Pessoa e Jordão (2009), o pH do esgoto, em geral, varia entre 6,5 e 7,5. Esgotos velhos ou sépticos têm pH inferior a 6,0.

A matéria orgânica dos esgotos pode ser medida através da Demanda Química de Oxigênio (DQO), Lins (2010) define como sendo “a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo dicromato de potássio”, variando nos esgotos em torno de 200 a 800 mg/L. A relação DQO/DBO ajuda na identificação de provável presença de efluente industrial. Von Sperling (2005) relata que a diferença entre a DBO e DQO está no fato de que na primeira há uma oxidação bioquímica através de microrganismos enquanto na segunda ocorre uma oxidação química através de um oxidante em meio ácido.

Os parâmetros microbiológicos envolvem os microrganismos vivos, cabendo avaliar principalmente os representantes do grupo coliformes (totais e termotolerantes) que são os principais indicadores de contaminação. O grupo dos coliformes totais é um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de água e solos poluídos e não poluídos, bem como em fezes de seres humanos e de outros animais de sangue quente. Por ocorrerem em ambientes não poluídos, este grupo apresenta microrganismos de vida livre, ou seja, não intestinal e por isso não são recomendados como indicadores de contaminação fecal, embora seja um parâmetro bastante analisado, pois indica um possível problema (VON SPERLING, 2005).

Dentro do grupo dos coliformes totais encontram-se os coliformes termotolerantes. Lins (2010) esclarece que “este segundo grupo se diferencia por ser mais tolerante a altas temperaturas, o que indica sua possível origem fecal. Isso porque apesar do teste ser realizado em temperaturas maiores que na identificação de coliformes totais, é possível a presença de bactérias de vida livre mesmo que em menor número”.

3 METODOLOGIA

3.1 Dimensionamento dos filtros anaeróbios

Para esta etapa do trabalho utilizou-se a NBR 13969 (1997), que trata dos tanques sépticos, unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. De acordo com a norma mencionada, o dimensionamento de um filtro anaeróbio se dá através do volume útil do mesmo, que é função do número de contribuintes, da contribuição e do tempo de detenção hidráulica, calculado através da equação 01:

$$V_u = 1,6 \times N \times C \times T \quad (\text{equação 01})$$

Sendo

V_u – Volume útil em litros;

N – Número de contribuintes;

C – Contribuição de despejo em litros/dia (l/d) e

T – Tempo de detenção hidráulica em dias.

Os valores de C e T variam de acordo com a ocupação do prédio e da variação da vazão e temperatura, respectivamente.

O efluente fora obtido do Bloco II de aulas do Centro de Ciências e Tecnologia Ambiental (CCTA) /Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e por essa razão o valor de C levou em consideração a ocupação temporária e o tipo de uso da edificação conforme a Tabela 1.

O valor de T foi determinado conforme a Tabela 2 e considerou a faixa de temperatura indicada pela bibliografia para o município de Pombal (PB) e a vazão de projeto.

O número de contribuintes para a determinação da vazão do efluente foi estipulado em 480 pessoas, a fim de se obter uma planta piloto com dimensões compatíveis com a área de implantação do projeto.

Tabela 1 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes.

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.)

Fonte: Elaborado pelo autor com base na NBR 13969/97

Tabela 2 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias).

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

Fonte: Elaborado pelo autor com base na NBR 13969/97

O projeto foi concebido com duas plantas de tratamento, independentes entre si cada uma com três filtros em série seguidos de uma unidade de polimento. Os dois sistemas foram alimentados com efluente, armazenado em caixa de PVC, ao mesmo tempo através do compartilhamento do ramal de alimentação a fim de possibilitar a comparação direta.

Uma série de filtros foi confeccionada com fluxo ascendente e outra com fluxo descendente, tendo a possibilidade de intercambiar unidades a fim de fazer composições futuras alternando o fluxo.

3.2 Construção do filtro CYNAMON em escala piloto

Para a confecção dos dois sistemas em escala piloto, ascendente e descendente, foram utilizadas seis caixas plásticas retangulares tendo brita como meio filtrante. Estas caixas possuem dimensões, em cm, de 45x30x30. Para a fase de polimento foram utilizadas duas caixas plásticas menores e adicionado, além da brita, o cascalho e areia. A altura do leito filtrante nesta fase não é contemplada na norma utilizada para o dimensionamento dos três filtros anteriores.

A utilização de materiais alternativos às construções de alvenaria permite a redução do custo e maior comodidade, e seu uso é recomendado pela norma que trata dos tanques sépticos, unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, onde pode ser utilizado para a construção de filtros anaeróbios materiais como concreto armado, plástico e vidro de alta resistência. As Fotos 1 e 2 mostram como os filtros ficaram após a colocação do leito filtrante

Foto 1 – Filtro de brita

Fonte: Fotografia do autor

Foto 2 – Filtro de polimento com cascalho, areia e brita

Fonte: Fotografia do autor

Para passagem do efluente construiu-se malhas em tubos de PVC Ø20mm perfurados como ilustrado na Foto 2. As malhas possuem comprimentos de 20 cm nos filtros de brita e 10 cm nos filtros de polimento devido ao seu menor comprimento. O formato dos aspersores e coletores de efluente foi desenvolvido para uma passagem uniforme em todo o filtro. Segundo a norma utilizada para a construção, a colocação deve ser feita horizontalmente e no sentido do maior ângulo.

Os furos feitos na canalização foram igualmente espaçados em 2cm seguindo a regra da NBR 13969 (1997). Foram colocadas duas malhas por caixa, uma na parte superior e outra na parte inferior em ambos os sistemas, sendo uma com função de aspergir e outra de coletar. No sistema ascendente as malhas inferiores aspergiam o efluente enquanto no sistema

descendente coletava-se e transportava-se a água residuária para o próximo filtro da série. Já nas malhas superiores ocorria o inverso, conforme mostra a Foto 3.

Foto 3 – Malhas distribuidoras de efluente



Fonte: Fotografia do autor

O efluente bruto que alimentou o sistema foi coletado no tanque séptico que atende ao Bloco II de aulas do Campus CCTA/Pombal e depositado em caixas de PVC de 100 litros, conforme a Foto 4. Para o transporte deste até o local onde os filtros CYNAMON foram instalados fez-se o uso de garrafas de 20 L.

Foto 4 – Caixa de armazenamento de afluente e garrafas coletoras



Fonte: Fotografia do autor

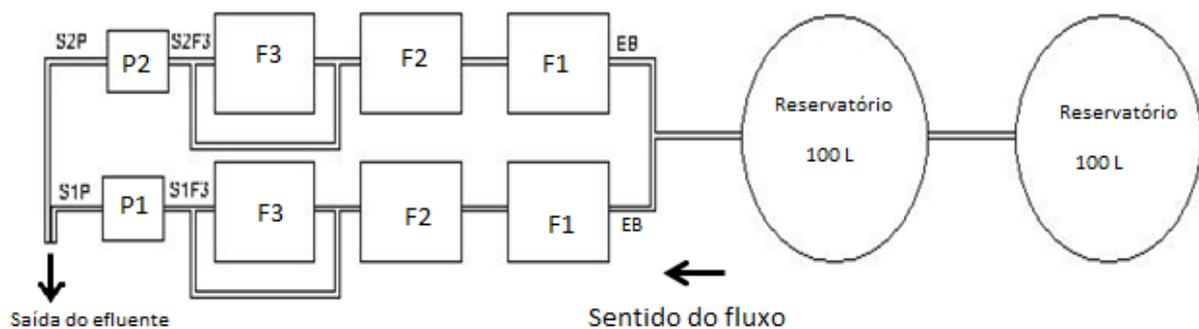
Foram implantados pontos de coleta de amostras destinadas as análises para possibilitar a verificação da eficiência do tratamento.

3.3 Coleta de Amostras

Os sistemas foram simbolicamente denominados de Sistema de Filtração Descendente (S1FX) e de Sistema de Filtração Ascendente (S2FX), sendo o “X” o número do filtro 1,2 ou 3. Ainda se utilizou a sigla para denominar o Esgoto Bruto (EB) e as Caixas de Polimento no sistema descendente e ascendente receberam as siglas S1P e S2P.

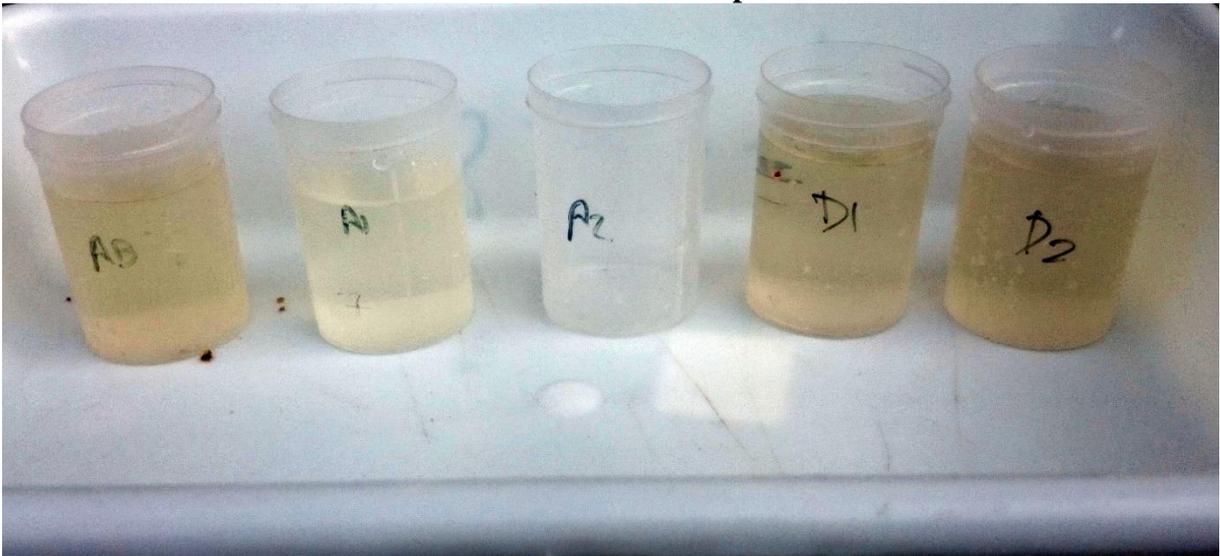
Foram determinados três pontos de coleta para análise. O ponto 1 na entrada de **EB** no sistema de filtros tipo CYNAMON, o ponto 2 na saída dos filtros 3 (S1F3 e S2F3) e o ponto 3 após fase de polimento em S1P e S2P. A brita utilizada nessa fase possui quantidade e granulometria menor do que a utilizada no restante do sistema. O esquema da Figura 1 abaixo retrata estes locais.

Figura 1 – Representação esquemática dos sistemas de filtros CYNAMON



Fonte: Autor

Para analisar o funcionamento e eficiência do sistema realizou-se análises de Temperatura, pH, cor aparente, turbidez e DQO. A verificação de temperatura foi feita in loco. Para os demais parâmetros foram utilizados frascos coletores de plástico, apresentados na Foto 5, e nas leituras de coliformes totais, termotolerantes e *E.coli* foram utilizados frascos coletores de vidro esterilizados de 100 ml, conforme mostra a Foto 6. Todos foram previamente lavados de modo que o pH tendesse a neutralidade, autoclavados e secados. A autoclavagem se deu na temperatura de $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por meia hora e a secagem em estufa de esterilização a 180°C por uma hora.

Foto 5 – Frascos coletores plásticos

Fonte: Fotografia do autor

Foto 6 – Frascos coletores vidro

Fonte: Internet

3.4 Análises físicas, químicas e microbiológicas

3.4.1 pH, Cor aparente, turbidez e temperatura

Para determinação do potencial hidrogeniônico utilizou-se phmêtro digital marca Tecnopon. Na determinação de Cor aparente, medida em UC Hazen, fez-se utilização de dois aparelhos o Lovibond e AquaColor Cor da Policontrol IP6 e na turbidez, observada em NTU, o Turbidímetro Policontrol AP 2000. Na análise de temperatura foi utilizado o Termômetro de temperatura máxima e mínima (IN/OUT). As medições de temperatura foram realizadas *in loco* em todos os filtros de ambos os sistemas sendo seguidas das análises de Cor aparente, turbidez e pH. Todos estes testes seguiram a metodologia determinada pelo fabricante e as

amostras não precisaram de conservação já que a análise ocorreu logo após a coleta. A foto 7 mostra os aparelhos utilizados nas respectivas leituras.

Foto 7 – Medidores de pH, cor, turbidez e temperatura



Fonte: Fotografia do autor

3.4.2 DQO

A demanda química de oxigênio obedeceu à metodologia do Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (2010), onde em tubos próprios para a análise foram pipetados 1,5ml de solução digestora de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), 2,5ml das amostras e 3,5ml de solução catalizadora de sulfato de prata (Ag_2SO_4). A prova em branco seguiu o mesmo procedimento substituindo a amostra por água destilada. As amostras foram misturadas usando um misturador vibratório e logo após foram para o bloco de digestão por 2 horas a 148°C.

Após esse período as amostras foram retiradas do equipamento e esfriaram por 15 minutos. Em seguida o conteúdo dos tubos foi transferido para erlenmeyers de 100 ml e depois lavados com água destilada numa quantidade que não ultrapassasse o valor de 25ml. Na sequência adicionou-se uma gota de solução indicadora ferroína e só então foi realizada a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal até que a cor azul pálida mudasse para castanho.

Para a amostra padrão foram pipetados 1,5ml da solução digestora em erlenmeyer de 100ml, adicionados 15ml de água destilada e 3,5ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Essa amostra foi levada para agitador mecânico até esfriar e depois titulada tal qual as anteriores. Para o cálculo utilizou-se a seguinte expressão:

$$DQO \text{ (mg O}_2\text{/l)} = (VPB - VPA) \times 1000/VP$$

VPB – Volume gasto de solução ferrosa na prova branca;

VPA – Volume gasto de solução ferrosa na amostra;

VP – Volume de solução ferrosa gasta na prova padrão.

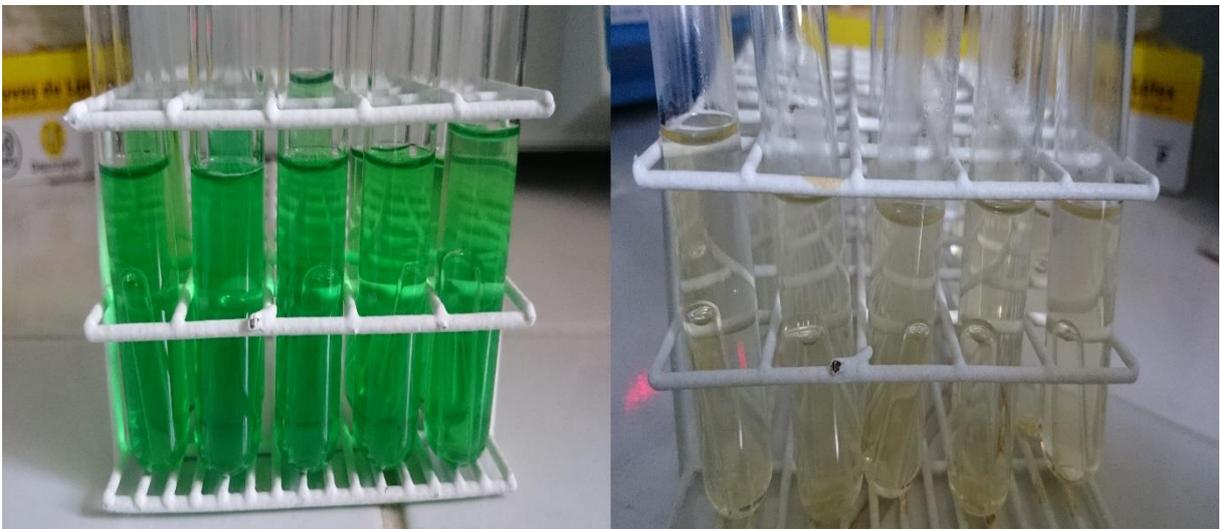
3.4.3 Coliformes totais e termotolerantes

Para estas análises foi empregada a técnica de tubos múltiplos em conformidade com o Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2009). Empregando-se a técnica do número mais provável (NMP) obteve-se informações sobre a população presuntiva de coliformes e sobre a população real. Os resultados foram expressos em NMP/100ml conforme a metodologia utilizada.

Para a realização das análises foram utilizados os caldos Lauryl no teste presuntivo, o Verde Bile Brillante 2% (CVBB2%) nos coliformes totais e o E.C nos testes confirmativos. As amostras foram então diluídas até 10^{-5} em séries de três tubos com para cada diluição. Aquelas que foram observadas a formação de gás no tubo de Durhan no caldo Lauryl, após o período de 24 horas em estufa a 35°C , foram repicadas para os caldos CVBB2% e Caldo EC. As demais continuaram na estufa por mais 24 horas, e em caso de resultado positivo também foram repicadas.

As amostras em Verde Bile Brillante 2% e E.C foram para estufa nas temperaturas de 35°C e 44°C , respectivamente. Neste caso também observou-se a formação de gás no tubo de Durhan em 24 horas e 48 horas. A Foto 8 traz imagens das amostras já repicadas nos caldos CVBB2% e Caldo E.C.

Foto 8 – Amostras em CVBB2% e E.C.



Fonte: Fotografia do autor

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Conforme o especificado na NBR 13969 (1997) para dimensionamento de filtros anaeróbios, se considerarmos o Bloco II de aulas da UFCG/CCTA fonte do efluente bruto como edifício público com ocupantes temporários, a contribuição de despejo por habitante é de 50 L/d segundo a referida norma para esse tipo de ocupação. O sistema de filtros CYNAMON foi desenvolvido para atender a uma população de 480 pessoas, caracterizando a seguinte vazão diária (Vd).

$$\begin{aligned} Vd &= N \times C \\ Vd &= 480 \times 50 \\ Vd &= 24000 \text{ L/d} \end{aligned}$$

Para esta vazão diária calculada e a temperatura média do mês mais frio acima de 25° C na cidade de Pombal, onde está situada a mencionada instituição de ensino, o tempo de detenção hidráulica é de 0,5 dias conforme Tabela 2. Assim o volume dos filtros é dado por:

$$\begin{aligned} Vu &= 1,6 \times N \times C \times T \\ Vu &= 1,6 \times 480 \times 50 \times 0,5 \\ Vu &= 19,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Este volume foi transformado em 0,019m³ em escala reduzida de 1:10 para a construção dos filtros em série em escala piloto. Como o filtro foi desenvolvido no formato retangular o volume então é determinado como sendo igual ao produto da altura, largura e comprimento. As dimensões de comprimento (c) e largura (l) da caixa plástica utilizada foram de 0,45m e 0,3m respectivamente, logo altura de meio filtrante (a) foi então determinada através do seguinte cálculo:

$$\begin{aligned} Vu &= c \times a \times l \\ 0,019 &= 0,45 \times a \times 0,3 \\ a &= 0,14\text{m} \end{aligned}$$

A partir destes dados foi possível montar os três filtros de cada série, ascendente e descendente. O filtro de areia da fase de polimento teve o meio filtrante constituído de 3 cm de brita nº 5, 2 cm de cascalho e 3 cm de areia grossa, estes valores foram estipulados uma vez que não são especificados em norma técnica. Com estas dimensões o filtro CYNAMON piloto possui uma taxa de 1 L/h, o correspondente a vazão de 1000 L/h na escala real. Em alguns momentos esse valor diário não foi alcançado alterando o tempo de retenção (T). Tal alteração gerará resultados diferentes e foi feito pelo fato dos filtros analisados estarem no

início da sua operação e necessitarem concentrar maior massa de microrganismos agregados ao leito filtrante. Assim um maior T resultaria em maior eficiência.

Após a construção, os dois sistemas passaram a receber o efluente bruto. Seguindo a metodologia, as amostras foram coletadas e submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas. Os dados observados nos parâmetros Cor aparente, turbidez, pH estão dispostos, em média, na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Resultados médios das análises de pH, cor aparente e turbidez nos pontos de coletas dos sistemas.

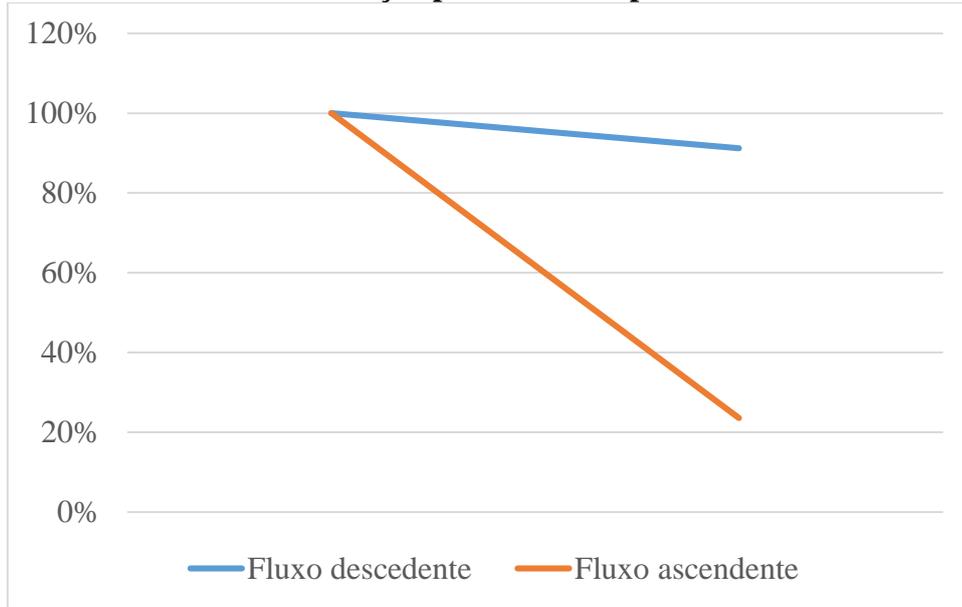
Amostras	Horários
EB	8,56
	286,71
	27,85
S1F3	8,54
	266
	24,85
S1P	8,53
	261,42
	21
S2F3	8,60
	74,37
	10,42
S2P	8,82
	67,48
	9,85

Fonte: Resultados da pesquisa

Neste trabalho, o pH dos esgotos variou entre 8,53 e 8,82 nos dois sistemas (S1F e S2F). Segundo Ávila (2005 apud 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. Se levarmos em consideração essa faixa de variação a digestão não ocorreu de forma eficiente, porém de acordo Oliveira (2006), os sistemas biológicos de tratamento de esgotos funcionam normalmente com pH variando entre 7 e 9. Para disposição final o efluente após tratamento apresenta pH dentro dos padrões exigidos pela Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/2011 que variam de 5 a 9.

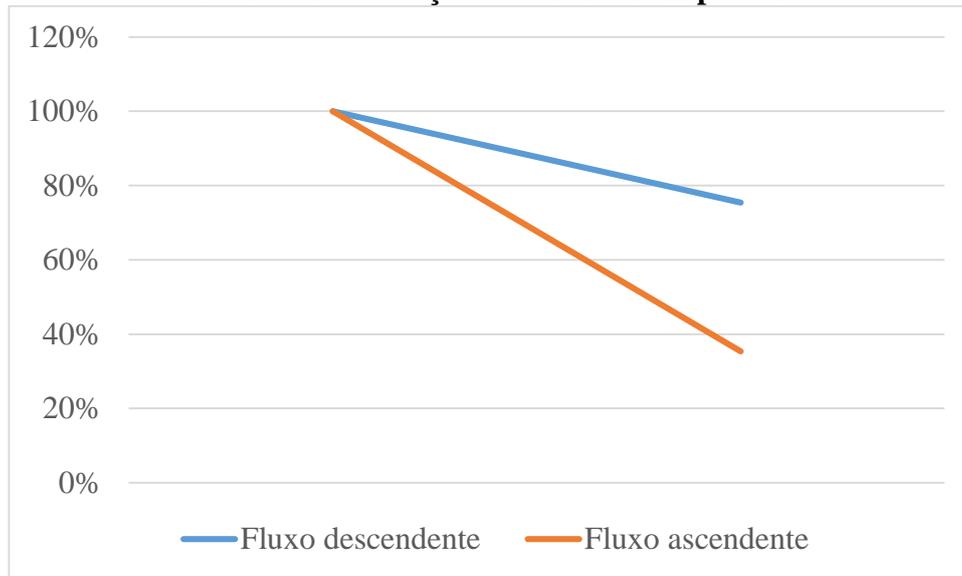
Os dados referentes à cor apresentavam-se elevados em ambos os sistemas, porém no fluxo ascendente houveram as maiores reduções nos teores desse parâmetro em torno de 76,46%, se comparados a entrada de efluente bruto e a saída pós-tratamento. Nos filtros descendentes a proporção foi de apenas 8,20%. O Gráfico 1 retrata a diferença observada entre os fluxos neste parâmetro. A maior redução ocorrida em testes nos filtros ascendentes teve influência pela substituição do aparelho de medição de cor.

Gráfico 1 – Redução percentual do parâmetro cor.



Fonte: Resultados da pesquisa

A turbidez também apresentou os melhores resultados no sistema ascendente quando a variação na redução foi de 64,63% se comparado ao descendente onde foi de 24,60%, conforme o Gráfico 2. De acordo com Ávila (2005), “embora cor e turbidez não sejam parâmetros exigidos por lei para lançamento em corpos receptores, quando claros e pouco turvos causam menos desconfiança quanto à eficiência do tratamento”. Importante ressaltar que a média de redução em ambos os parâmetros foram feitas naqueles em que foi possível calcular entre o valor da amostra bruta e o valor após o tratamento completo.

Gráfico 2 – Redução da turbidez em percentual.

Fonte: Resultados da pesquisa

Durante o período de análises foram verificados vazamentos que possivelmente influenciaram no tempo de detenção hidráulica de ambos os sistemas fazendo com que aumentasse nos filtros ascendentes e diminuísse nos filtros descendentes, o que pode ter vindo a causar as discrepâncias entre um sistema e outro.

A temperatura em ambos os sistemas foi verificada em todos os filtros para garantir uma maior homogeneidade. Este é um fator importante em filtros anaeróbios uma vez que estão relacionados com a eficiência de remoção da DBO_{5,20} e DQO. Os resultados observados estão descritos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4- Temperaturas (°C) nos filtros anaeróbios descendentes e ascendentes.

	Horários			
	07:00	11:00	13:00	17:00
EB	28,0	31,0	33,2	34,8
S1F1	28,0	30,7	34,9	35,3
S1F2	28,0	30,7	34,6	35,2
S1F3	28,2	30,9	35,0	36,1
S1P	28,3	32,4	35,6	35,4
S2F1	28,4	30,6	34,6	35,6
S2F2	28,5	31,5	34,6	35,5
S2F3	28,4	31,0	34,8	35,3
S2P	28,2	31,1	34,6	35,0

Fonte: Resultados da pesquisa

Segundo Pessoa e Jordão (2009), uma faixa ótima está entre 25 a 35°C e a temperatura dos esgotos é em geral pouco superior à das águas de abastecimento (pela contribuição de

despejos domésticos que tiveram as águas aquecidas). Importante ressaltar que abaixo de 15°C a digestão anaeróbia não se processa, afetando a eficiência dos filtros do tipo CYNAMON.

Neste estudo as temperaturas nos sistemas ascendentes e descendentes variaram entre 28°C pela manhã até 36,1°C no período da tarde, próximos a faixa especificada. Segundo Lins (2010) essa faixa caracteriza-se como mesófila (15°C a 45°C) e nesta a digestão anaeróbia se desenvolve bem em temperaturas de 30°C a 40°C. Muito mais importante que operar na temperatura ótima é operar sem grandes variações de temperatura. Quanto ao lançamento, o efluente após passagem nos filtros está dentro do que preconiza a CONAMA 430 (2011) que estabelece um valor inferior a 40°C.

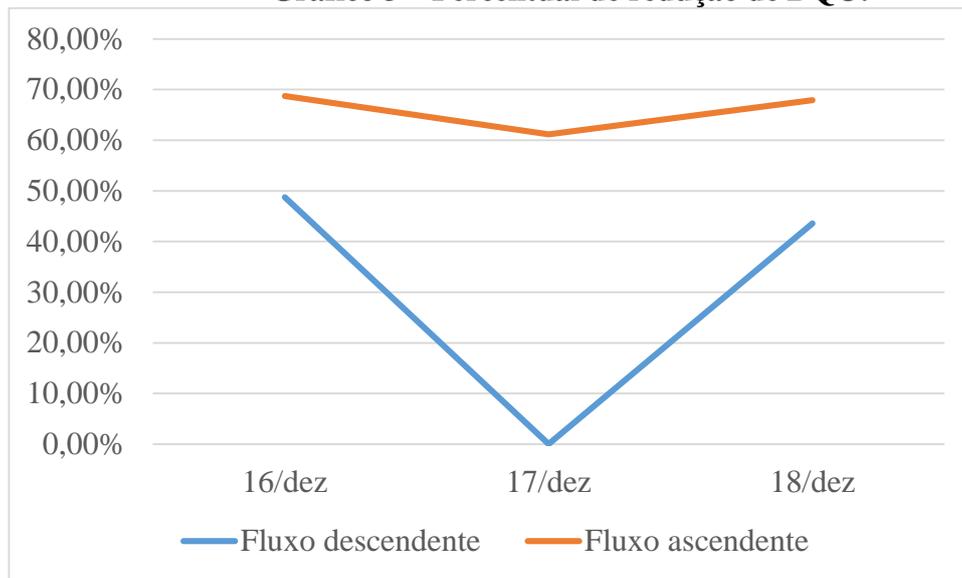
Outro importante fator a ser analisado na verificação da eficiência dos filtros anaeróbios tipo CYNAMON é a DQO, que permite avaliar a redução da matéria orgânica dos esgotos. A presença excessiva desta nos efluentes ao serem lançados nos corpos hídricos aumenta a concentração de nutrientes e conseqüentemente a proliferação de algas, reduzindo a passagem de luz e de OD. A Tabela 5 demonstra a DQO observada durante o tratamento nos filtros em escala piloto.

Tabela 5 – DQO observada nos filtros CYNAMON ascendentes e descendentes.

Amostras	DQO		
	16/12	17/12	18/12
EB	158,10	167,88	227,72
S1F3	118,57	138,33	120,55
S1P	81,02	167,88	128,45
S2F3	59,28	69,16	77,07
S2P	49,40	65,21	73,12

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com a NBR 13969 (1997) a faixa de eficiência dos filtros anaeróbios em conjunto com tanque séptico, como o ocorrido neste trabalho, a DQO varia de 40 a 70% de acordo com a temperatura. O limite inferior é para a temperatura abaixo de 15°C e o superior para temperatura acima de 25°C. Baseado nisso, o filtro CYNAMON de fluxo ascendente obteve os valores mais próximos do estabelecido para a temperatura acima de 25°C, já que teve em média 65,93% de redução de DQO se comparado aos 30,78% do filtro de fluxo descendente. O Gráfico 3 mostra a redução percentual a cada dia de observação.

Gráfico 3 – Percentual de redução de DQO.

Fonte: Resultados da pesquisa

Foi verificado um aumento na DQO após o polimento se comparado ao filtro de brita anterior em duas das três análises realizadas no filtro descendente, fazendo com que no segundo teste não tivesse redução, provavelmente em virtude da troca de leito filtrante. Mesmo com essa alteração, MACHADO (1997) também observou em seu trabalho uma melhor eficiência nos filtros ascendentes se comparados aos descendentes.

De acordo com Sylvestre (2013) “durante o processo de tratamento de águas residuárias é importante que se faça a contagem padrão de bactérias, visto que o resultado permite avaliar a eficiência das várias etapas do processo”. A tabela 6 mostra os resultados obtidos na análise do efluente do Bloco II de aulas do CCTA/UFCG.

Tabela 6 – Resultados das análises microbiológicas nas etapas de tratamento.

Parâmetros	Amostras	Datas		
		15/12	17/12	19/12
CT	EB	1100	>1100	>1100
	S1F3	1100	240	>1100
	S1P	93	Ausente	1100
	S2F3	Ausente	1100	240
	S2P	Ausente	3,6	240
Ctermo	EB	240	240	>1100
	S1F3	1100	93	1100
	S1P	93	1100	1100
	S2F3	Ausente	240	93

	S2P	Ausente	0	240
--	-----	---------	---	-----

Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando os dados da tabela foi possível observar a redução na presença de coliformes totais e termotolerantes com relação ao efluente bruto no filtro CYNAMON ascendente, embora no último teste tenha havido elevação entre o filtro 3 do referido sistema e sua caixa de polimento, indicando possível contaminação. No fluxo descendente também foi verificado redução, mesmo que em menor grau, embora no segundo teste tenha sido constatado um aumento significativo, provavelmente em função da troca do leito filtrante.

Em testes realizados com filtros anaeróbios a redução de indicadores de contaminação (coliformes totais e fecais) não atinge os patamares desejáveis de outros processos de tratamento (ROQUE e MELLO JÚNIOR, 2014 apud YOUNG & MAC CARTY, 1969; PAULA JR.,1983; DENNIS JR. & JENNET, 1974). Segundo Chernicharo et al. (2001) “a remoção de coliformes nos reatores anaeróbios tem baixa eficiência, usualmente na ordem de uma unidade logarítmica”. De acordo com Campos et. al (1999), os filtros anaeróbios assim como reatores UASB, tanque sépticos são exemplos de reatores anaeróbios.

5 CONCLUSÕES

Em ambos os sistemas foi possível verificar diminuição nos parâmetros analisados, embora o filtro com fluxo ascendente apresentasse reduções mais significativas. Se levarmos em consideração a NBR 13969 (1997) o filtro ascendente está mais próximo do que é preconizado, principalmente em fatores como a DQO, onde sua eficiência foi de 65,93% comparados aos 30,78% do fluxo descendente.

Foi possível constatar que os filtros de polimento mesmo com pequenas reduções foram importantes para a melhoria dos parâmetros observados, embora não se tenha verificado o mesmo para a DQO em S1F em virtude de possível troca do leito filtrante em S1P. A cor e turbidez apresentaram reduções entre S1F3 E S1P de 1,72% e 15,49%, respectivamente, enquanto entre S2F3 e S2P foram 9,26% e 5,47%.

Embora fatores externos com relação a operação possam ter vindo a influenciar nos resultados, o fluxo ascendente apresentou melhor eficiência que o descendente, corroborando com o já observado em outro trabalho e com o próprio filtro proposto por CYNAMON em 1986, no qual dois dos três filtros eram ascendentes.

Por fim, alcançou-se o objetivo de construir um sistema de filtros em escala piloto para o Núcleo de Saneamento e Economia Ambiental (NUSEA), para uso em futuros trabalhos em nível de graduação e pós-graduação dotado da possibilidade de testar variações do sistema uma vez que as unidades de filtros são intercambiáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, CONAMA. **Resolução N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. 144 p.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (org.). **Esgoto sanitário: operação e manutenção de redes coletoras de esgotos**: guia do profissional em treinamento: nível 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

CAMPOS, José Roberto; ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. Introdução. In: CAMPOS, J.R. (Org.) **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES – Projeto PROSAB, 1999. p.1-28.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; VAN HAANDEL, Adrianus Cornelius; FORESTI, Eugenio; CYBIS, Luiz Fernando. In: CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 2001. 544 p.

COSTA, Amália Michelle Gomes. **Desempenho de filtro anaeróbio no tratamento de efluente formulado com diferentes concentrações de soro de queijo**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais, 2008.

CYNAMON: trajetória influencia políticas de saneamento, 2012. Informe ENSP, 2012. Disponível em: www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/30454. Acesso em: 25/01/2017

FAGUNDES, Thalita Salgado. **Uso de polímero natural a base de amido como auxiliar de floculação no pós-tratamento de efluentes UASB com flotação por ar dissolvido**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2010.

KAWANO, Mauricy; HANDA, Rosângela. **Filtros biológicos e biodisco**. Semana de Estudos de Engenharia Ambiental, 6. 2008. Irati.

LINS, Gustavo Aveiro. **Impactos ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)**. 2010. 286 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MACHADO, Rosângela Moreira Gurgel; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios utilizados para o polimento de efluentes de um reator UASB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu, ABES, 1997. v. 1. p. 841-851.

MONTEIRO JUNIOR, Adriano Pires; RENDEIRO NETO, Henrique Fernandes. **Sistema individual de tratamento de esgoto: Fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro uma alternativa para o tratamento sanitário em comunidades de baixa renda do município de Belém**. Trabalho de Conclusão de curso – Universidade da Amazônia, Belém, 2011.

OLIVEIRA, Aline da Silva. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: avaliação da remoção de metais pesados**. 2006. 162 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PESSOA, Constantino Arruda; JORDÃO, Eduardo Pacheco. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro, 2009.

PIVELLI, Roque Passos. **Tratamento de esgoto sanitário**. São Paulo, 2014.

ROQUE, Odir Clécio da Cruz; MELLO JÚNIOR, Hélio Andrade de Assis. Eficiência dos filtros anaeróbios tipo Cynamon no tratamento de esgotos. In: CONGRESSO DE BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro, ABES, 1999. p.1-9

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Sistema de tratamento de esgotos**. Aracruz, 2006.

SILVA, Patrícia de Castro e. **Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como unidade de tratamento para efluente de suinocultura**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-Minas Gerais, 2014.

SILVA, Salomão Anselmo; OLIVEIRA, Rui. **Manual de Análises físico-químicas de água de abastecimento e residuárias**. Campina Grande, 2001.

SYLVESTRE, Silvia Helena Zacarias. **Desempenho de sistemas de reatores anaeróbios e aeróbio na remoção de coliformes e ovos de helmintos de águas residuárias de suinocultura**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Alem. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 1999.

VON SPERLING, Marcos, CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Tendências no tratamento simplificado de águas residuárias. Tópicos de relevância. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte, MG: DESA/UFMG, 1996. p. 3-11.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2 ed. v.1. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 243p.1996.