



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

WILZA DA SILVA LOPES

**PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS POR FILTROS DE
AREIA INTERMITENTE: ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS**

CAMPINA GRANDE - PB

2012

WILZA DA SILVA LOPES

**PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS POR FILTROS DE
AREIA INTERMITENTE: ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Howard William Pearson

CAMPINA GRANDE – PB

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

L864p Lopes, Wilza da Silva .

Pós-tratamento de efluentes anaeróbios por filtros de areia intermitente: aspectos microbiológicos [manuscrito] / Wilza da Silva Lopes - 2012.

45f.: il. Color

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Howard William Pearson, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Tratamento de Esgoto. 2. Filtros de areia Intermitente.
3. Aspectos Microbiológicos. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

WILZA DA SILVA LOPES

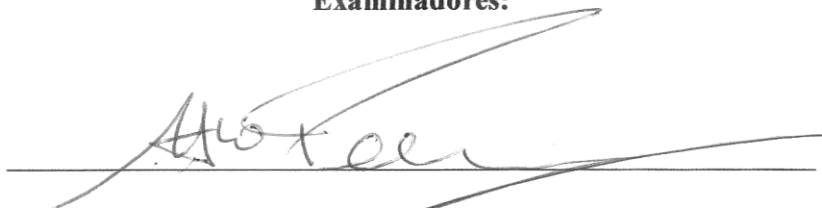
**PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS POR FILTROS DE
AREIA INTERMITENTE: ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

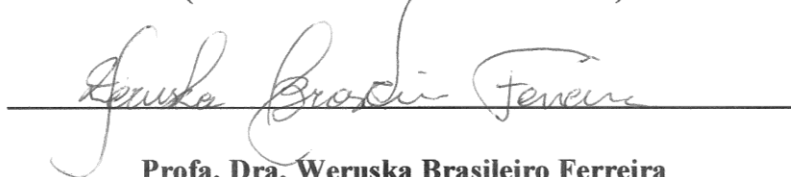
Aprovado em: 29/11/2012.

Nota: 100 (Dez)

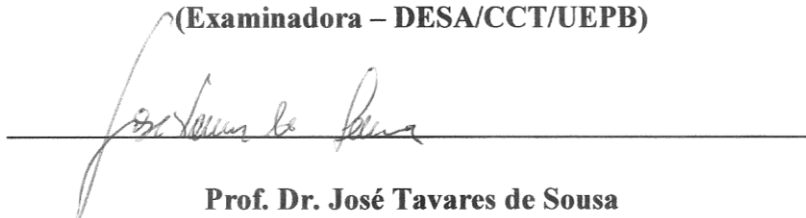
Examinadores:



Prof. Dr. Howard William Pearson
(Orientador – DESA/CCT/UEPB)



Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)



Prof. Dr. José Tavares de Sousa
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)

Ao Senhor Deus, por todo Amor e Fidelidade em toda essa trajetória. Por sua presença em todos os momentos, e principalmente, pelo cumprimento de suas promessas em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aquele que é digno de toda Honra e toda Glória, sou grata ao Senhor Jesus, princípio de toda essa história.

Eu te agradeço meu Deus por tua presença em todos os dias de minha vida, nos momentos difíceis e alegres. Por despertar em meu coração a necessidade de Te buscar em tudo aquilo que faço, e viver pra realizar tudo aquilo que para mim sonhastes. Por esse caminho lindo que escolheste e que me fazes trilhar, e por todos os anjos que escolheste pra compartilhar de todos esses momentos comigo.

Obrigada a toda minha família que fez parte dessa conquista. Aos meus pais que se empenharam buscando o melhor pra mim. Aos meus irmãos Wilton, Wilma, Welma e Wênia por todo incentivo, por todo exemplo de determinação, de perseverança e fé. Aos meus sobrinhos Amanda, Emilly, Anny, Hítalo, João, Laurinha e Samuel, que trouxeram mais alegria pra minha vida.

A todos os meus irmãos em Cristo, em especial a Ana Nery, Eduardo, Noaldo, Dacauan, Livaní e Angélica, por sempre estarem ao meu lado, sendo presença viva do amor de Deus, pela compreensão, pelo exemplo de fé e por todas as vezes que me ajudaram na minha formação pessoal e espiritual.

Àqueles que me ajudaram na construção e concretização desse sonho, que me auxiliaram, em particular a Ana Nery e Wênia, toda minha gratidão.

Ao professor Howard William Pearson, pela disposição em me orientar na elaboração deste trabalho, pela compreensão e confiança no desenvolvimento do mesmo. Por todo carinho, e também por sua amizade ao longo de todo o desenvolvimento desse projeto.

À banca examinadora composta pelo professor José Tavares de Sousa, que gentilmente aceitou avaliar este trabalho, agradeço-o também pelo apoio, orientações e atenção dispensadas a mim durante a minha formação acadêmica. E pela professora Weruska Brasileiro Ferreira, a ela meu agradecimento especial não só por fazer parte dessa etapa final, mas por iniciar toda a base de conhecimento que tenho sobre microbiologia e por ter despertado em mim, com toda sua capacidade e amor naquilo que faz, o interesse nessa área. Obrigada por toda a sua atenção, cuidado e carinho, e em especial por sua amizade.

Aos meus amigos do curso que tornaram essa experiência ainda mais especial. Principalmente a Thays, Andretti, Marlon, Juscelino, Clarissa, por todas as alegrias, todas

as noites acordados, todos os esforços, e por todas as vezes que me deram força, me incentivaram, ensinaram, fazendo-me permanecer nessa caminhada.

A todos os professores do Centro de Ciências e Tecnologia e aqueles que passaram pela turma 2008.1, sou grata por todos os conhecimentos transmitidos durante minha trajetória universitária, que contribuíram para o meu desenvolvimento e formação profissional. A todos os funcionários que de forma indireta proporcionou essa conquista.

A todos o meu muito obrigado. A presença, o carinho e a cooperação de cada um foram essenciais para esta conquista.

Se te voltares humildemente para o Todo-poderoso, se afastares a iniquidade para longe de tua tenda, se atirares as barras de ouro ao pó, e o ouro de Ofir entre os pedregulhos da torrente, o Todo-poderoso será teu ouro e um monte de prata pra ti. Então farás do Todo-poderoso as tuas delícias, e levantarás teu rosto a Deus. Tu lhe rogarás, e ele te ouvirá, e cumprirá os teus votos: Formará os teus projetos, que terão feliz êxito, e a luz brilhará em tuas veredas.

Jó 22, 23-28

RESUMO

A preservação do meio ambiente e seus recursos vêm aumentando cada vez mais na sociedade atual, mediante os vários impactos causados pela atividade humana sobre o meio ambiente. A utilização de sistemas anaeróbios, como etapa inicial no tratamento de águas residuárias vem sendo bastante empregada no país; isso decorrente de suas vantagens. Entretanto, esses sistemas não disponibilizam um efluente que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Sendo assim o uso de filtros de areia como unidade de pós-tratamento de efluentes anaeróbios ainda é uma boa alternativa, por sua simplicidade de funcionamento e por ser uma alternativa barata. Os filtros aeróbios de areia intermitente são aplicados a mais de 40 anos em países de climas temperados, para tratar efluentes de fossa séptica de residências isoladas na zona rural. Porém, há poucas informações ou experiências sobre o funcionamento desses filtros em condições tropicais, e como o efluente tratado pode ser utilizado em agricultura familiar ou em comunidades difusas. Os filtros de areia intermitentes são reatores aeróbios de leito fixo que proporcionam o tratamento dos esgotos sanitários via processos físico-químicos e biológicos. Este trabalho teve por objetivo a avaliação do pós-tratamento de efluentes anaeróbios utilizando filtros de areia intermitente operando em condições tropicais, em dois níveis de profundidade e diferentes características, comparando, entre eles, a eficiência de remoção microbiológica. Os filtros apresentaram 100% de remoção de ovos de helmintos, e 3-4 logos de remoção de coliformes termotolerante.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, filtros de areia intermitente, aspectos microbiológicos.

ABSTRACT

The preservation of the environment and its resources have been increasing more and more in today's society because of need to decrease the impacts of human activity on the environment. Due to their advantages, the anaerobic systems have been widely used in Brazil as an initial step to the wastewater treatment. However, these systems do not provide an effluent that obeys the standards established by the environmental legislation. Thus, the use of sand filters as a post-treatment to the anaerobic effluent is still a good alternative, because of the simplicity to operate them and because it is a cheaper alternative. The aerobic filters have been applied for more than four decades in temperate climate countries in order to treat effluent from septic tank from isolated dwellings in the countryside. However, there aren't much information or experience about how these filters work in tropical conditions and how the treated effluent can be used. The intermittent sand filters are fixed bed aerobic reactors that provide the treatment of wastewaters via physical-chemical and biological processes. This study aimed to evaluate the post-treatment of anaerobic effluents using intermittent sand filters operating in tropical conditions, in two different depth levels and characteristics, comparing, among them, the removal efficiency microbiological. The filters showed 100% on removal of helminth eggs and between 3 and 4 logarithmic homes on removal of thermotolerant coliforms.

KEYWORDS: Wastewater treatment. Intermittent sand filters. Microbiological aspects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do sistema.	34
Figura 2 - Constituição dos filtros de areia intermitente.....	34
Figura 3 - Esquema do processo experimental do perfil de areia dos filtros.	37
Figura 4 - Remoção de coliformes termotolerante nos filtros de areia intermitente	39
Figura 5 - Remoção de coliformes termotolerante ao longo da profundidade dos filtros A e B.....	40
Figura 6 - Remoção de coliformes termotolerantes no filtro B e no Filtro 1.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da granulometria da areia utilizado nos filtros.	35
Tabela 2 - Concentrações médias dos parâmetros do esgoto sanitário.....	37
Tabela 3 - Percentual de remoção dos parâmetros microbiológicos dos filtros.	38
Tabela 4 - Concentrações médias dos parâmetros microbiológicos do efluente e do afluente.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CTT	- Coliformes termotolerantes;
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
DQO	- Demanda Química de Oxigênio;
EXTRABES	- Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários;
FAINT	- Filtros de areia intermitente;
FUNASA	- Fundação Nacional de saúde;
NBR	- Norma Brasileira;
NTK	- Nitrogênio Total Kjeldahl;
OMS	- Organização mundial de saúde;
pH	- Potencial hidrogênionico
PNRH	- Política Nacional dos Recursos Hídricos;
PROSAB	- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico;
RPM	- Rotação por minuto;
SST	- Sólidos Suspensos Totais;
TDH	- Tempo de Detenção Hidráulica;
UASB	- Upflow Anaerobic Sludge Blanket;
UEPB	- Universidade Estadual da Paraíba;
UFC	- Unidade Formadora de Colônias.

LISTA DE ABREVIATURAS

% – Percentagem

°c – Grau Celsius

g – Grama

L – Litro

m – Metro

mg – Miligrama

min. – Minuto

ml – Mililitro

cm - Centímetro

mm - Milímetro

m² - Metro Quadrado

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	15
2.0	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivos Específicos.....	18
3.0	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	Tratamento de efluentes	19
3.2	Lançamento de esgoto em corpos d'água.....	20
3.3	Reuso de águas residuárias	22
3.4	Sistemas anaeróbios.....	23
3.5	Pós-tratamento de efluentes anaeróbios	25
3.6	Filtros de areia intermitente.....	26
3.7	Aspectos microbiológicos	28
3.7.1	<i>Coliformes termotolerante</i>	29
3.7.2	<i>Ovos de helmintos</i>	31
4.0	METODOLOGIA	33
4.1	Localização do experimento.....	33
4.2	Caracterizações da pesquisa	33
4.3	Metodologias aplicadas	35
4.3.1	<i>Ovos de Helmintos</i>	35
4.3.2	<i>Coliformes Termotolerante (CTT)</i>	36
4.3.3	<i>Procedimento experimental</i>	36
5.0	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.0	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1.0 INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente e seus recursos vêm aumentando cada vez mais na sociedade atual, mediante os vários impactos causados pela atividade humana sobre o meio ambiente. Dentre essas atividades, a degradação dos corpos aquáticos vem se destacando, favorecendo a indisponibilidade de água de boa qualidade para a população.

O lançamento de esgotos sanitários sem o tratamento adequado no meio ambiente causa danos de ordem sanitária, ecológica, econômica e social para a população. Dentre esses problemas, como os esgotos apresentam uma grande quantidade de nutrientes, e o lançamento deste provoca a eutrofização; assim como também a contaminação das águas subterrâneas por nitrato, podendo causar problemas de saúde pública.

Assim, a disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública e do meio ambiente. O tratamento adequado do esgoto, seja para a obtenção de um efluente que atenda os padrões de lançamento nos corpos d'água, ou no âmbito do reúso, representa soluções para os problemas de poluição da água, escassez dos recursos hídricos e ainda contribui para proteção ambiental.

No que diz respeito ao lançamento de efluentes residuais em corpos aquáticos, este deve estar de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, que foi complementada e alterada pela resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, onde esta define os padrões de qualidade do efluente após tratamento para diversos parâmetros, físico, como também microbiológicos, os quais são associados às várias classes dos corpos d'água. No contexto do reúso este deve atender os padrões estabelecidos pela OMS (2006), contribuindo para diminuir problemas resultante da escassez, da má distribuição e da má qualidade da água ocasionado pela poluição dos corpos d'água por nutrientes e organismos patogênicos. Portanto o uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação às alterações ocorridas no meio onde vivem, sejam estas de origens antrópicas ou naturais.

Como o esgoto apresenta grande quantidade de nutrientes, a utilização de águas residuárias na agricultura apresenta vantagens, não se fazendo necessário o uso de fertilizante. No entanto, para a utilização das águas residuárias na agricultura é necessário que esse efluente atenda os padrões estabelecidos para ovos de helmintos e coliformes termotolerante, entre outros. Portanto, é de suma importância à avaliação da qualidade da

água do ponto de vista microbiológico, para promover melhores condições ambientais e na saúde do ser humano.

A consciência crescente de que o tratamento de águas residuárias é de vital importância para a saúde pública e do meio ambiente, levou à necessidade de se desenvolver sistemas que combinam uma alta eficiência a custos baixos de construção e de operação.

A utilização de sistemas anaeróbios, como etapa inicial no tratamento de águas residuárias vem sendo bastante empregada no país; isso decorrente de suas vantagens. Entretanto, esses sistemas não disponibilizam um efluente que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, atingindo valores abaixo de 80 % de remoção de DBO e remoção insatisfatória de patógenos. Sendo assim, é de fundamental importância, o pós-tratamento desses efluentes anaeróbios, propiciando assim, a proteção dos corpos d'água receptores.

O processo de pós-tratamento de efluentes anaeróbios por filtro de areia, também são compatíveis com as estratégias de reuso de efluente para agricultura atuais e futuras, promovendo a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos, proteção da saúde pública e para melhorar a economia local baseada em agricultura; além de serem aplicáveis às pequenas comunidades, servindo como uma solução para as populações isoladas. Segundo Este sistema além de aplicável as pequenas comunidades, também poderia ser adotado nos bairros isolados, zona rural, condomínios e pontos comerciais que margeiam as rodovias (TONETTI, et al., 2005).

Apesar do tratamento de águas residuárias por filtros de areia não ser nova, essa tecnologia vêm como um recurso para pequenas comunidades em regiões semiáridas tanto para conservar a água de qualidade superior, como também para o reuso desses efluentes tratados para irrigação. Atendendo dessa forma, as populações isoladas ou difusas, onde, geralmente, os moradores possuem pouco conhecimento técnico.

Um sistema de filtros de areia intermitente apresenta pontos favoráveis como, pequeno espaço requerido para sua instalação e a pouca energia consumida. Esta característica se deve à ausência de aeradores, visto que o ar penetra pela tubulação de descarte satisfazendo às necessidades da oxidação microbiana, os baixos custos operacionais e a simplicidade de manutenção.

Os filtros aeróbios de areia intermitente são aplicados a mais de 40 anos em países de climas temperados, para tratar efluentes de fossa séptica de residências isoladas na zona rural. Porém, há poucas informações ou experiências sobre o funcionamento

desses filtros em condições tropicais, e como o efluente tratado pode ser utilizado em agricultura familiar ou em comunidades difusas.

2.0 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo a avaliação do pós-tratamento de efluentes anaeróbios utilizando filtros de areia intermitente operando em condições tropicais, em dois níveis de profundidade e diversas características, comparando, entre eles, a eficiência de remoção microbiológica.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a remoção de coliformes termotolerantes;
- Avaliar a remoção de ovos de helmintos.

3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Tratamento de efluentes

De acordo com a NBR 9648/86 os esgotos são classificados conforme a sua origem; podendo ser esgoto doméstico, esgoto industrial, esgoto sanitário e esgoto pluvial. Segundo a mesma norma, o esgoto sanitário é definido como despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitaria.

Segundo Von Sperling (1996), o esgoto sanitário é formado por esgoto doméstico, despejos industriais e águas de infiltração. Sendo que o esgoto doméstico é proveniente das residências, do comércio e das repartições públicas. Os despejos industriais são efluentes de indústrias, que devido às características favoráveis, são admitidos na rede de esgoto. Ocorrendo em pontos específicos da rede coletora e suas características dependem da indústria. E as águas de infiltração são as que penetram na rede coletora de esgoto através de juntas defeituosas das tubulações, paredes de poços de visita, etc.

Ainda segundo o mesmo autor, os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos, os quais provocam a poluição das águas, gerando a necessidade de tratar esses esgotos. A característica do esgoto pode ser: físicas (temperatura, odor, cor e turbidez, variação de vazão); químicas (matéria orgânica, matéria inorgânica); e biológica (microorganismos, indicadores de poluição).

As características do esgoto gerado por uma comunidade é função dos usos aos quais a água foi submetida. Esses usos e a forma como são exercidos variam com o clima, situação social, econômica e os hábitos da população. Fatores esses, são fundamentais para a escolha do tipo de tratamento a ser empregado, levando em consideração a finalidade desse efluente.

O tratamento de esgoto é usualmente classificado através dos seguintes níveis: tratamento preliminar (remoção de sólidos grosseiros), tratamento primário (remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando os mecanismos físicos), tratamento secundário (predominam mecanismos biológicos, com objetivo principal de remoção de matéria orgânica e de nutrientes, nitrogênio e fósforo), tratamento terciário (remoção de poluentes específicos usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis,

ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário).

O tratamento adequando de esgoto, seja para a obtenção de um efluente que atendam os padrões de lançamento nos corpos d'água, ou no âmbito do reúso, representa soluções para os problemas de poluição da água, escassez dos recursos hídricos e ainda contribui para proteção ambiental.

O lançamento de esgotos sanitários sem o tratamento adequado no meio ambiente causa danos de ordem sanitária, ecológica, econômica e social para a população. Assim, a necessidade de tratamento de esgoto torna-se evidente para a minimização de cargas poluidoras, como também preservação dos ecossistemas aquáticos, favorecendo seus mais diversos usos.

3.2 Lançamento de esgoto em corpos d'água

O lançamento de esgotos sanitários sem tratamento ou até mesmo tratado, mais não adequadamente, tem sido um dos principais causadores da poluição dos corpos d'água.

Esse problema atrelado ao crescimento populacional provoca aumento na demanda de água, para consumo, recreação, irrigação de culturas agrícolas; e conseqüentemente, com aumento populacional, há também um aumento do volume de esgoto gerado; fazendo com que o processo de diluição natural dos corpos aquáticos não seja suficiente para que essas águas não sejam contaminadas.

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Tal fator deve-se aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. O decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se, como já dito, em um dos principais problemas de poluição das águas em nosso meio.

Uma vez lançado os esgotos nos curso d'água, este poderá se recuperar por mecanismos puramente naturais, processo de autodepuração. Esse processo é de grande importância, pois a utilização da capacidade que os rios têm de assimilar material orgânico, sem causar problemas do ponto de vista ambiental, é um recurso a ser explorado, como a complementação dos processos ocorridos no tratamento de esgoto. A

autodepuração vem como uma prevenção dos recursos hídricos, uma vez que, este pode impedir lançamentos de despejos acima do que o corpo d'água possa suportar.

Como os esgotos apresentam uma grande quantidade de nutrientes, o lançamento deste provoca outro problema, a eutrofização¹. A eutrofização pode causar danos aos corpos receptores, como: problemas estéticos e recreacionais; condições anaeróbias no fundo do corpo d'água, ou eventualmente, no corpo d'água como um todo; eventuais mortandades de peixes; maior dificuldade e elevação nos custos de tratamento da água; problemas com o abastecimento de águas industriais; toxicidade das algas; modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial; redução na navegação e capacidade de transporte. Além disso, a amônia pode causar problemas de toxicidade aos peixes que implica em consumo de oxigênio dissolvido.

Em termos de águas subterrâneas a maior preocupação é com o nitrato, que pode contaminar águas utilizadas para abastecimento, podendo causar problemas de saúde pública, dentre as doenças mais relacionadas com a ingestão de nitrato em excesso está à meta-hemoglobinemia². Dessa forma, o lançamento de efluentes sanitários em corpos d'água deve estar de acordo com a legislação ambiental.

De acordo com a lei 11.445/2007, que institui diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico, estabelece diretrizes relativas ao esgotamento sanitário:

A autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atendam aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados, a partir dos níveis presentes de tratamento [...]

Conforme a PNRH - Política Nacional dos Recursos Hídricos (1997), o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa: assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem

¹ A eutrofização é o enriquecimento do meio aquático com nutrientes, causando o crescimento de organismos e plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, que podem atingir níveis tais que sejam causadores de interferência aos usos desejáveis do corpo d'água.

² A meta-hemoglobinemia é uma doença originada pela conversão excessiva da hemoglobina em metahemoglobina, que é incapaz de ligar-se e transportar oxigênio. A metahemoglobinemia infantil, também chamada de doença dos bebês azuis, é uma doença que resulta da redução do NO^{-3} a NO^{2-2} no estômago dos lactentes, onde o líquido gástrico é menos ácido que o dos adultos. O NO^{2-2} combina-se no sangue com a hemoglobina, obtendo-se meta-hemoglobina, que não tem a capacidade de fixar o oxigênio e, por conseguinte, de transportá-lo para as células. Pode daí resultar asfixia e conduzir a morte, sobretudo em lactentes com menos de 3 meses.

destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Sendo assim, é necessário que o corpo d'água adquira ou mantenha um nível de qualidade (classe), de acordo com os usos a que se destina.

A Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Esta resolução define os padrões de qualidade do efluente após tratamento para diversos parâmetros, físico, como também microbiológicos, os quais são associados às varias classes dos corpos d'água.

3.3 Reuso de águas residuárias

A utilização das águas residuárias para diversos fins é uma prática que vem sendo difundida no mundo inteiro; essa medida ganha reconhecimento do seu valor, na importante estratégia para o desenvolvimento sustentável. Uma vez que com o tratamento adequando para o reuso, esse efluente apresenta características satisfatória, contribuindo para diminuir problemas resultante da escassez, da má distribuição e da má qualidade da água ocasionado pela poluição dos corpos d'água por nutrientes e organismos patogênicos.

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab) realizou experiências no mundo inteiro sobre esgoto. Esses estudos indicam que o uso do esgoto doméstico tratado contribui para a redução da utilização de fertilizante artificial na irrigação e na hidropônia, e na economia de ração na piscicultura.

O reuso de esgoto contribui com aporte de água e nutrientes. No entanto é necessário administrar a quantidade de nutrientes advindos do esgoto, pois este em excesso traz problemas às culturas e ao meio ambiente.

Outro cuidado necessário para a utilização de efluentes residuários é a sua grande quantidade de patógenos, de diversas características, com diferentes níveis de resistência no que se refere à desinfecção. Existe a necessidade de controle e para a sua utilização devem ser seguidos às diretrizes estabelecidas pelos órgãos competentes, para evitar riscos à saúde da população.

O aspecto microbiológico tem grande importância para o reuso. Organismos como bactérias, vírus, protozoários e ovos de helmintos, são exemplos de organismos patogênicos. Estes devem estar em concentrações inferiores para minimizar os riscos de

contaminação dos trabalhadores e dos consumidores. As legislações utilizam os parâmetros de coliformes termotolerantes, sendo este indicador de contaminação fecal; e ovos de helmintos, levando em consideração apenas os viáveis.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece normas e diretrizes para a utilização de águas residuárias na agricultura, pois a aplicação desse efluente com concentração alta de organismos patogênicos proporciona riscos à saúde pública. Esses critérios são estabelecidos com base em processos técnicos e científicos.

De acordo com OMS (2006) os limites estabelecidos para irrigação irrestrita (irrigação com efluentes de alta qualidade de toda e qualquer cultura, inclusive aquelas consumidas cruas, além de campos esportivos e parques públicos), para coliformes termotolerante o limite é de 1000 colônias por 100 ml, enquanto que ovo de helmintos deve ser inferior a 0,1/L; já para irrigação restrita (culturas irrigadas com efluente de pior qualidade, o consumo humano não é direto, destinado a forragens, etc.), o limite é até 10^5 colônias de coliformes termotolerante por 100 ml, e para ovos de helmintos, a quantidade permitida é de até 1,0/L. (WHO, 2006, p.213).

3.4 Sistemas anaeróbios

Nas últimas décadas a tecnologia anaeróbia utilizada para o tratamento de esgoto sanitário teve um importante avanço. Não só em nível mundial, mais principalmente em nosso país, devido às condições ambientais favoráveis; isso em decorrência da crescente preocupação ambiental.

O processo de tratamento anaeróbio baseia-se na utilização de microorganismos, bactérias anaeróbias e na ausência de oxigênio, para a degradação das substâncias orgânicas presentes no efluente; gerando gases como o metano, o dióxido de carbono e a amônia. A priori, todos os compostos orgânicos podem ser degradados pela via anaeróbia, sendo que o processo se mostra mais eficiente e mais econômico quando os dejetos são facilmente biodegradáveis.

Segundo METCALF & EDDY (2003) os sistemas anaeróbios são divididos em dois grupos, sistema de baixa taxa, que trata efluentes com baixa carga de material orgânico; e sistema de alta taxa, que trata os de alta carga orgânica. Os sistemas de alta taxa se caracterizam pela capacidade em reter grandes quantidades de biomassa, de elevada atividade, mesmo com a aplicação de baixos tempos de detenção hidráulica. Dessa forma, consegue-se manter um elevado tempo de retenção celular, mesmo com a

aplicação de elevadas cargas hidráulicas no sistema. O resultado é a obtenção de reatores compactos, com volumes bastante inferiores aos digestores anaeróbios convencionais, mantendo-se, no entanto, o elevado grau de estabilização da matéria orgânica.

Algumas das diversas características favoráveis dos sistemas anaeróbios são: baixo custo operacional, baixo consumo de energia, baixa produção de sólidos, baixa demanda de área, tolerância a elevadas cargas orgânicas. No entanto, o efluente de sistemas anaeróbios apresentam concentrações residuais de matéria orgânica e poluente microbiológicos, fazendo-se necessário o pós-tratamento desse efluente, para que este atenda aos padrões da legislação ambiental para lançamento e/ou destinação final.

Outra vantagem apresentada por esse tipo de sistema é a produção de metano, gás combustível de alto teor calorífico, que representa a maior parcela ocorrida na transformação anaeróbia. De acordo com CHERNICHARO (1997) nos sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertido em biogás (cerca de 70%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir em lodo excedente do sistema. Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se mais concentrado e com melhores características de desidratação. O material não convertido em biogás ou biomassa deixa o reator como material não degradado (10 a 30%).

A digestão anaeróbia é um processo biológico que ocorre em uma série de etapas sucessivas, realizado por diferentes grupos de bactérias; que transforma compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídeos) em compostos mais simples como metano e gás carbônico. As bactérias envolvidas nesse processo são bem específicas, onde cada grupo atua em uma reação. Por sua vez, esse processo é desenvolvido por uma sequencia de ações realizadas por cada grupo de bactérias, no qual pode-se distinguir quatro fases subsequentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

A primeira fase consiste na hidrólise da matéria orgânica particulada em materiais dissolvidos mais simples, moléculas menores. Essa conversão se dá pela ação da exoenzimas, que são excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. Em vários casos, na prática, a velocidade desse processo de conversão da matéria orgânica complexa para biogás é limitado pela velocidade da hidrólise. Na segunda fase, os produtos oriundos da hidrólise, são metabolizados pelas bactérias fermentativas, no interior de suas células, e em seguida são excretados como substâncias orgânicas mais

simples (ácidos graxos voláteis, álcool, etc). A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias, em sua maioria as bactérias anaeróbias. Por sua vez, algumas bactérias são facultativas e também estão presentes nesse processo, que são responsáveis pela oxidação do substrato orgânico por via oxidativa. Em geral, essa terceira fase, consiste na oxidação dos produtos gerados na acidogênese em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas, essa conversão é realizado pelas bactérias acetogênicas. Por fim, as bactérias metanogênicas são divididas em dois grupos principais em função de sua afinidade por substrato e magnitude de produção de metano, sendo um grupo o que forma metano a partir de ácido acético ou metanol (bactérias acetoclásticas); e o outro grupo que produz metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono (bactérias hidrogenotróficas).

Além das fases descritas anteriormente, o processo de digestão anaeróbia pode incluir ainda outra fase, dependendo da composição química do despejo a ser tratado. Despejos que contenham compostos de enxofre são submetidos à fase de sulfetogênese (redução de sulfato e formação de sulfetos).

Existem vários fatores que influenciam o desempenho da digestão anaeróbia de águas residuárias. Dentre eles se destacam a temperatura, o pH, a alcalinidade e a presença de nutrientes. Outros fatores como a capacidade de assimilação de carga tóxica, transferência de massa, sobrecargas hidráulicas e a atividade metanogênica, também exerce um papel importante no processo.

3.5 Pós-tratamento de efluentes anaeróbios

A utilização de sistemas anaeróbios, como etapa inicial no tratamento de águas residuárias vem sendo bastante empregada no país; isso decorrente de suas vantagens. Entretanto, esses sistemas não disponibilizam um efluente que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, atingindo valores abaixo de 80 % de remoção de DBO e remoção insatisfatória de patógenos. Sendo assim, é de fundamental importância, o pós-tratamento desses efluentes anaeróbios, propiciando assim, a proteção dos corpos d'água receptores.

O uso de filtros de areia como unidade de pós-tratamento de efluentes anaeróbios ainda é uma boa alternativa, por sua simplicidade de funcionamento e por ser uma alternativa barata.

Esse processo de pós-tratamento de efluentes anaeróbios por filtro de areia, também são compatíveis com as estratégias de reuso de efluente para agricultura atuais e futuras, promovendo a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos, proteção da saúde pública e para melhorar a economia local baseada em agricultura; além de serem aplicáveis às pequenas comunidades, servindo como uma solução para as populações isoladas.

3.6 Filtros de areia intermitente

De acordo com Michels (1996), o filtro de areia é um método de tratamento antigo, inicialmente adotado na remoção de turbidez da água potável. A partir do século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, passou a ser aproveitado na depuração de esgotos.

Apesar do tratamento de águas residuárias por filtros de areia não ser nova, essa tecnologia vêm como um recurso para pequenas comunidades em regiões semiáridas para conservar água e reuso de efluentes para irrigação. Dessa forma, tal tratamento atenderia a populações isoladas ou difusas, onde, geralmente, os moradores possuem pouco conhecimento técnico.

Um sistema de filtros de areia intermitente apresenta pontos favoráveis como, pequeno espaço requerido para sua instalação e a pouca energia consumida. Esta característica se deve à ausência de aeradores, visto que o ar penetra pela tubulação de descarte satisfazendo às necessidades da oxidação microbiana, os baixos custos operacionais e a simplicidade de manutenção.

O funcionamento deste sistema baseia-se na distribuição intermitente do efluente sobre a superfície de um leito de areia, uniformemente, para evitar a formação de pontos de maior concentração de efluente. A aplicação do esgoto de forma intermitente permite a entrada de ar, mantendo as condições do meio aeróbias; possibilitando assim, a oxigenação necessária para degradação da matéria orgânica. Nos períodos entre uma aplicação e outra, período de repouso, por falta de alimento ocorre à respiração endógena (quando o substrato disponível é totalmente consumido e os microorganismos passam a consumir o próprio plasma microbiano, para obter energia para suas reações celulares), controlando o crescimento dos organismos, evitando entupimento dos vazios através do lodo, e impedindo a passagem do líquido e do ar, interrompendo o processo.

Durante a infiltração do líquido, ocorre à purificação por mecanismos físicos, químicos e biológicos.

O tratamento físico, resultante da filtração promovida pela areia, consiste na retenção de partículas maiores pelo leito, promovendo a remoção de sólidos suspensos; já o químico se dá pela adsorção de determinados compostos, retenção química entre as partículas do leito e aquelas presentes no efluente. E o processo biológico, sendo esse o mais importante, consiste na decomposição do material orgânico por microorganismos decompositores.

De acordo com Metcalf e Eddy (2003) após o início da operação de um filtro de areia, forma-se uma fina camada de bactérias na superfície dos grãos do leito, aglutinada pela ação dos biopolímeros. Cada microorganismos sintetiza e excreta compostos, onde este, acaba sendo utilizado pela bactérias vizinha, formando uma cadeia. Essa estrutura biológica é porosa e absorvente, e o material solúvel e coloidal fica retido por meio da absorção.

O aumento da eficiência está relacionado com o tempo de permanência do efluente no leito, a uniformidade da aplicação sobre a superfície do leito e o fracionamento da carga hidráulica diária. Outro fator que contribui no processo de tratamento é a profundidade do leito.

A característica do leito do filtro é de grande importância, uma vez que este facilita a infiltração do líquido. O tamanho e uniformidade das partículas de areia são importantes em termos de eficiência dos filtros intermitente e recirculação do efluente, podendo melhorar a eficácia do processo de nitrificação e remoção de nutrientes.

Alguns autores verificaram que a infiltração no meio filtrante foi função da areia escolhida, que tamanhos efetivos maiores correspondem a tempos de infiltração menores; e que tamanho efetivo e coeficiente de uniformidade, principalmente, controlam a permeabilidade no leito.

Contudo, essas características do leito filtrante esta relacionada à maior ou menor facilidade de infiltração, e de algum modo reflete na resistência à colmatação.

A colmatação se caracteriza pelo fechamento dos poros do filtro. Em sua maioria, os critérios de colmatação esta relacionados à perda de permeabilidade de um filtro por fechamento dos vazios. Existem três formas de colmatação em um leito de areia: física, química ou biológica.

No processo físico ocorre o preenchimento dos poros por partículas sólidas. No processo químico acontecem reações entre os elementos dissolvidos no fluido percolante com os compostos químicos do solo, resultando na formação de precipitados e

diminuindo o espaço disponível para a passagem do fluido. Já o processo biológico é resultante do crescimento microbiano ou de seus subprodutos.

Baveye et al.(1998) apresenta as diversas formas sob as quais microorganismos podem provocar a colmatação, sendo eles: acúmulo de células microbianas e seus produtos celulares; produção de gases, onde os gases de origem microbiológica promovem a redução do espaço disponível para o fluxo do líquido percolante; acúmulo de sais insolúveis de sulfeto (precipitados que resultam do processo químico de redução do sulfato catalisado pela ação de bactérias sulfato-redutoras); atividade de ferrobactérias, provocada pela precipitação de compostos de ferro, este é resultante do processo de oxidação de íons ferrosos dissolvidos no fluido percolante, em função das condições termodinâmicas do meio favorável ao processo.

Após a utilização do filtro por alguns meses, pode acontecer o aumento do tempo de retenção do efluente em seu interior, resultante da formação de uma camada na superfície do filtro, colmatação. Quando isso ocorrer, recomenda-se uma raspagem e a remoção deste material, juntamente com uma pequena camada de areia. Esta camada removida deverá ser repostada, com areia limpa, com características idênticas à anteriormente existente.

3.7 Aspectos microbiológicos

Há algumas décadas a concentração de microorganismos tem sido usada para monitorar e controlar a qualidade da água, e é um procedimento importante na proteção dos ecossistemas aquáticos. A utilização de bioindicadores é bastante favorável, principalmente para a avaliação de impactos nos corpos aquáticos, e assim, minimizando riscos de transmissão de doenças, através do contato humano, direto ou indireto, com as águas contaminadas.

Os bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude de impactos ambientais em um ecossistema aquático e sua bacia de drenagem permitindo a avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição. (Callisto & Gonçalves, 2002).

Normalmente, os organismos indicadores não são causadores de doenças, porém estão associados à provável presença de organismos patogênicos de origem fecal na água.

Além das bactérias não patogênicas, oriundas do trato intestinal de humanos e animais, os esgotos sanitários também contêm bactérias patogênicas que causam doenças gastrointestinais em humanos, como febre tifóide, cólera, diarreia e disenteria (Ex: *Salmonella* spp. e *Shigella* spp.). Geralmente, são os organismos patogênicos mais sensíveis à ação de desinfetantes físicos e químicos. Portanto, os principais grupos de microorganismos que devem ser analisados no processo de tratamento são as bactérias patogênicas.

O risco de contaminação no processo de tratamento está relacionado ao fato de que os esgotos contêm uma série de organismos patogênicos, e que até mesmo depois de tratado pode apresentar ainda esses organismos. Os principais organismos que causam contaminação nos seres humanos encontrados nos esgotos são: bactérias, vírus entéricos ou parasitas intestinais (protozoários e helmintos).

A diversidade e a quantidade dos organismos patogênicos no esgoto dependem de vários fatores, dentre os quais a quantidade de indivíduos infectados na população e a densidade de organismos patogênicos nos excrementos desses indivíduos.

Uma grande variedade destes organismos está sempre presente em todos os esgotos de origem doméstica, sendo que a sua transmissão para o homem pode ocorrer das seguintes formas:

- Ingestão direta de água não tratada;
- Ingestão direta de água tratada (nesse caso, pressupõe-se alguma falha no sistema de tratamento ou de distribuição de água);
- Ingestão de alimentos infectados com patógenos presentes em águas contaminadas;
- Penetração resultante do contato da pele com a água contaminada.

O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação às alterações ocorridas no meio onde vivem, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. No entanto, é de suma importância à avaliação da qualidade da água do ponto de vista microbiológico, para promover melhores condições ambientais e na saúde do ser humano.

3.7.1 *Coliformes termotolerante*

Coliformes são grupos de bactérias indicadoras de contaminação, essas se encontram em maior quantidade do que outros organismos nos esgotos. Coliformes totais

inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. A presença de coliformes totais em matrizes ambientais não indica necessariamente contaminação fecal. No entanto, parte da população de bactérias presente no esgoto sanitário faz parte da microbiota do trato gastrointestinal dos seres humanos (ex.: *E. coli*).

O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas. E o de coliformes fecais, mais recentemente denominadas coliformes termotolerantes, é empregado como indicador de contaminação fecal e avalia as condições higiênico-sanitárias deficientes, presumindo-se que a população deste grupo é constituída de uma alta proporção de *E. coli*.

O Ministério da Saúde através da Resolução nº 518 de 25 de março de 2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA adotou a denominação coliforme termotolerante como sendo um subgrupo das bactérias do grupo coliforme. De acordo com o CONAMA 357/2005 denominam-se de bactérias do grupo coliforme termotolerante, as bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

Conforme a FUNASA (2004) a razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores:

- Estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos;
- Sua presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal;
- São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água;
- Possuem maior tempo de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de ser incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático;
- São mais resistentes à ação dos agentes desinfetantes do que os germes patogênicos.

Os coliformes termotolerantes apesar de serem indicadores de contaminação fecal, não são tão bons quanto a *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água. Estes por sua vez são métodos rápidos, simples e padronizados para sua determinação, e, se necessário, as bactérias isoladas podem ser submetidas à diferenciação para *E. coli*.

Cerca de 95% dos coliformes existentes em fezes humanas e de animais do sangue quente são *E. coli*. Por isso, ele ainda é considerado bom indicador de contaminação fecal (SILVA *et al.*, 2001).

3.7.2 Ovos de helmintos

Os helmintos são organismos eucariontes, pluricelulares, especializados para viverem como parasitas humanos. Eles se apresentam na forma de ovo e larva nos esgotos e não são classificados como microorganismos devido ao seu tamanho (os ovos atingem de 20 a 50 μm), sendo visíveis apenas em microscópio. Esses organismos pertencem a duas classes: filo Platyhelminthes que são Platyhelminthes (vermes achatados) e Aschelminthes (vermes cilíndricos ou redondos). O filo Platyhelminthes inclui as classes Trematoda (trematóides) e Cestoda (cestóides) e o filo Aschelminthes, a classe Nematoda (nematóides).

Apesar de serem extremamente resistentes, podendo sobreviver por longos períodos no meio ambiente, apresentam resistência à maioria dos desinfetantes utilizados no tratamento da água e dos esgotos, não promovendo a sua destruição. Os ovos de helmintos apresentam tamanhos e densidades suficientes para serem removidos por processos físicos, como filtração e a sedimentação.

A maioria dos helmintos apresenta um ciclo biológico complexo, que se inicia com a ingestão de ovos ou larvas pelo hospedeiro, seguido do desenvolvimento no organismo dos estados de larva, da reprodução sexuada das mesmas, da produção de ovos e, por último, da excreção de ovos e larvas nas fezes.

A contaminação de seres humanos pode ocorrer pela ingestão de ovos ou larvas (*Ascaris lumbricoides*) ou por penetração de larvas na pele ou na mucosa (*Ancylostoma duodenale*). Em geral, basta um ovo ou larva para desencadear um processo infeccioso.

Em relação aos ovos de helmintos, é importante avaliar o aspecto qualitativo relativo à viabilidade, já que este adquire grande relevância do ponto de vista epidemiológico. A viabilidade está relacionada com o ciclo de vida da maioria destes

parasitas, uma vez que, os ovos fertilizados são eliminados nas fezes do hospedeiro, estes, só serão infecciosos quando se tornarem embrião ativo. Sendo assim, não causa doenças até que se transformem, dentro do ovo, em larvas de segundo estágio. Somente estes ovos, ao serem ingeridos por um novo hospedeiro, liberam suas larvas no intestino delgado e continuam seu ciclo normal para formar parasitas adultos. A etapa de desenvolvimento, desde o embrião até a larva infectante, ocorre no solo ou nos cultivos, sendo que esta capacidade infectiva pode permanecer latente durante anos se as condições ambientais forem adequadas.

4.0 METODOLOGIA

4.1 Localização do experimento

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES), localizado na cidade de Campina Grande – PB, situada no Bairro do Tambor, numa área pertencente à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba sob responsabilidade da Universidade Estadual da Paraíba, com coordenadas geográficas de 7° 13' S e 35° 52' W e altitude de 550m.

4.2 Caracterizações da pesquisa

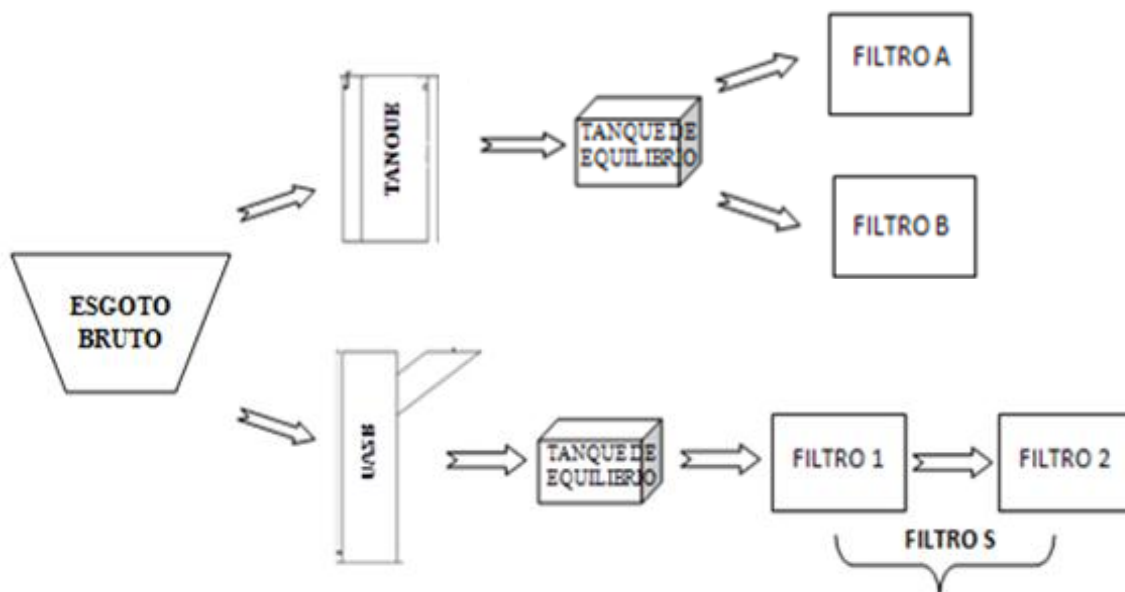
O esgoto utilizado durante o período experimental é proveniente do interceptor leste da rede coletora de Campina Grande – PB. Este é armazenado (acondicionado) em uma caixa de fibra de vidro, seguido por reator anaeróbio, este recebe o afluente através de uma bomba, e posteriormente passa por um tanque de equilíbrio, e em seguida o efluente é direcionado para os filtros de areia intermitente, de forma uniforme, através do tubo de distribuição, para evitar a formação de pontos de maior concentração de efluente dentro do filtro. Os filtros são alimentados 8 vezes ao dia, por 5 minutos a cada 3 horas.

O sistema proposto é composto por tratamento anaeróbio, seguido de filtros de areia. Após o sistema anaeróbio, seguem os filtros de areia intermitentes (FAINT). A profundidade de areia do filtro A³ é de 1m; do filtro B⁴ é de 0,5m; e do filtro S⁵ (dois filtros em séries com profundidades de 0,5m cada um). Os filtros A e B operam com área de 1,94 m², recebe o efluente via sifão. Já o filtro S, tem área de 0,88 m², e recebe o efluente via bombeamento, através de um temporizador digital. A Figura 1 abaixo apresenta o fluxograma do sistema proposto.

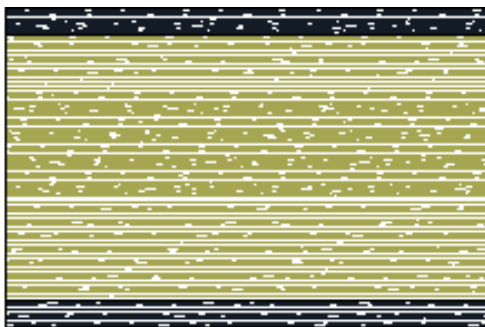
³ Filtro A – apresenta cara hidráulica de 423 L/m²d e tempo de detenção hidráulica de 25 min.

⁴ Filtro B – apresenta cara hidráulica de 339 L/m²d e tempo de detenção hidráulica de 15 min.

⁵ Filtro S – apresenta cara hidráulica de 280 L/m²d e tempo de detenção hidráulica de 15 min.

Figura 1 - Fluxograma do sistema.

A parte superior do filtro é composta por uma camada de 10 cm de brita número 4, que servirá de proteção da parte de cima da camada de areia; e auxilia na distribuição uniforme do efluente em toda a superfície do leito filtrante. Abaixo dessa camada, consiste outra, sendo esta de areia. Em baixo dessa, outra camada de 10 cm de brita número 4 para evitar a infiltração por areia, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Constituição dos filtros de areia intermitente.

Os tubos utilizados para distribuição do efluente nos filtros de areia são de PVC rígido, com diâmetros de 10mm, equidistantes, com perfurações a cada 25cm do cano de PVC. Essa tubulação é colocada na parte superior do filtro, sob a camada de brita. Na base dos filtros de areia intermitente o sistema de drenagem é feita com tubos de PVC de 80 centímetros de diâmetro.

A granulometria da areia foi determinada seguindo os parâmetros estabelecidos pela ABNT/NBR 6502/95. O resumo da granulometria da areia utilizada nos filtros intermitentes do sistema experimental é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo da granulometria da areia utilizado nos filtros.

Composição granulométrica	Filtro A e Filtro B	Filtro S
Pedregulho 2,0mm – 60 mm	3,689%	11,044%
Areia grossa 0,6mm – 2 mm	55,65%	71,68%
Areia fina 0,06 mm – 0,2 mm	39,45%	16,65%
Silte 0,002mm – 0,06 mm	0,99%	0,590
Argila: partículas inferiores a 0,002 mm	0,23%	0,036%
TOTAL	100%	100%

4.3 Metodologias aplicadas

4.3.1 Ovos de *Helmintos*

Para o processamento e preparação da amostra, bem como para a enumeração de ovos de helmintos, foi utilizado o método da sedimentação desenvolvido por BAILENGER (WHO, 1989) e modificado por AYRES & MARA (1996). Este método foi escolhido em função de sua simplicidade e baixo custo dos reagentes utilizados, além do que propicia a recuperação de uma ampla faixa de helmintos usualmente encontrados em águas residuárias (AYRES *et al.*, 1992).

Para a quantificação de ovos de helmintos são adotados os seguintes procedimentos para a preparação das amostras: Inicialmente foram coletados 1 litro de esgoto bruto, 1 litro de efluente anaeróbio e 10 litros do efluente dos filtros. Após sedimentação por cerca de 24 horas, o sobrenadante é retirado com uma bomba de sucção. O material sedimentado é transferido para os tubos de centrifuga, onde foram centrifugados durante 15 minutos a 3500 rpm. Em seguida retira-se novamente o sobrenadante, juntando os sedimentos em um único tubo, sendo novamente centrifugados. Após centrifugação, o sobrenadante é retirado, sendo adicionados ao sedimento o mesmo volume que contem o sedimento de ácido acético e o dobro do volume do sedimento da solução de acetato de etila. Centrifuga-se por mais 10 minutos.

Em seguida retira-se a fase oleosa (superficial) e adiciona-se cinco vezes o volume do sedimento da solução de sulfato de zinco, e uma gota de safranina, para poder diferenciar os ovos viáveis dos não viáveis. Logo após é realizada a contagem em câmara de McMaster.

4.3.2 *Coliformes Termotolerante (CTT)*

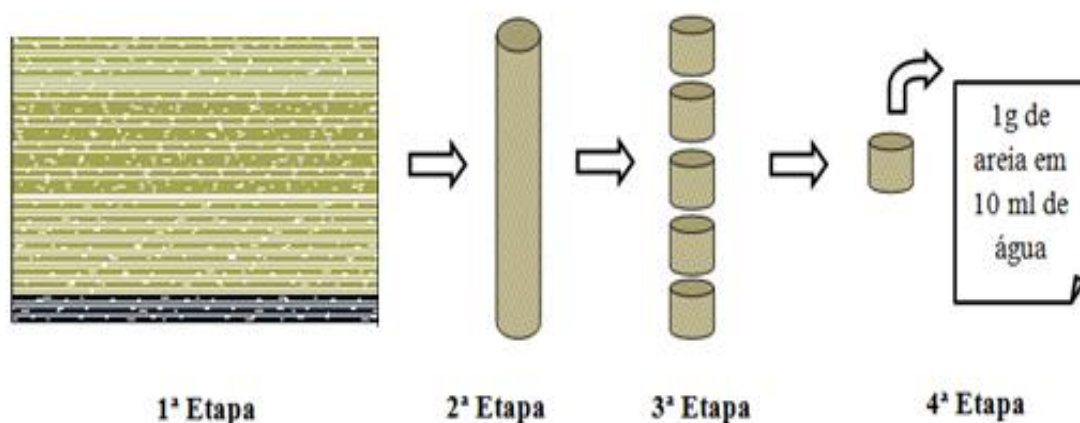
O método utilizado em CTT é a de membrana filtrante. Essa técnica se baseia na filtração de volumes adequados de amostra, através de uma membrana filtrante com porosidade adequada. As bactérias ao serem detectadas ficam retidas na membrana, a qual é transferida para uma placa de petri, contendo o meio de cultura (MFC Ágar) seletivo e diferencial. Por capilaridade o meio se difunde para a membrana, entrando em contato com as bactérias e, após um tempo pré-estabelecido registra-se o crescimento das colônias. Com a contagem destas colônias, determina-se a quantidade de CTT.

Prepara-se uma série de tubos de diluição (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4} ; 10^{-5}). Adiciona-se 1 mL da amostra no tubo de diluição 10^{-1} , 1 mL do tubo de diluição 10^{-1} no tubo de diluição 10^{-2} , e assim sucessivamente.

Coloca-se a membrana estéril (Millipore Corporation/HÁ 0,45 μ m de porosidade), no aparelho de filtração. São adicionados 10 mL do líquido de diluição no filtro, seguidos por 2 mL da amostra que estão nos tubos de diluição. Após a filtração, a membrana é retirada e colocada contendo o meio de cultura solidificada e incubada na estufa a 44,5°C, durante 24 horas. Após esse período efetuar a contagem das colônias que possuem a coloração azul.

4.3.3 *Procedimento experimental*

Foi feito um perfil da areia dos filtros intermitentes (A e B) para avaliação da profundidade da zona biológica (biofilme natural) para verificar o comportamento do crescimento bacteriano em termos de eficiência dos filtros aeróbios de areia intermitentes. Nesse perfil foi determinada a concentração de coliformes termotolerante em diferentes níveis de profundidade. A figura 3 apresenta o esquema do perfil de areia dos filtros.

Figura 3 - Esquema do processo experimental do perfil de areia dos filtros.

Na primeira etapa é retirada a camada superior de brita do filtro. A próxima etapa consiste na perfuração de todo o filtro, com a utilização de um cano. Em seguida esse cano é cortado em tamanhos menores (5 cm). Na quarta etapa foi realizada a diluição, com proporção de 1g de areia para 10 ml de água destilada.

Esse procedimento foi realizado nos filtros A e B, sendo que o filtro A (1m de profundidade, onde 80 cm são de areia, totalizando um número de amostras finais de 16); e o filtro B (0,5m de profundidade, resultou em 8 amostras finais).

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os dados da caracterização das concentrações médias dos parâmetros do esgoto sanitário utilizado no sistema experimental.

Tabela 2 - Concentrações médias dos parâmetros do esgoto sanitário.

<i>Parâmetros</i>	<i>Concentrações</i>	<i>Parâmetros</i>	<i>Concentrações</i>
DQO (mg/L)	377 (130,6)	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	50,38 (11,53)
DQO solúvel (mg/L)	164.1(27.04)	SST (mg/L)	184,0 (20.12)
Fósforo total (mg/L)	8.01(1.97)	pH	7,69
Ortofosfato (mg/L)	6.13(1.44)	Turbidez	84,53 (11,90)
NTK (mg/L)	51.07 (9.50)	Condutividade	1651,4 (99,97)
Nitrito (mg/L)	0,165 (9,71)	Coliformes (UFC/100ml)	2,5 x10 ⁷
Nitrato (mg/L)	2,43 (7,61)	Ovos de helmintos (ovos/L)	180

() Desvio Padrão

Os experimentos foram realizados durante 2 anos, sendo utilizada a mesma areia em todo o desenvolvimento do mesmo.

Analisando-se a tabela 3 abaixo, observa-se que a taxa de remoção dos parâmetros microbiológicos nos filtros, observa-se que em termos de ovos de helmintos são iguais, não apresentado em seu efluente final nenhum ovo, remoção de 100%. E para remoção de coliforme os filtros apresentaram resultados satisfatórios no contexto do reuso, estando de acordo com os padrões estabelecidos pela OMS para irrigação restrita que é de 10^5 UFC por 100 ml.

Tabela 3 - Percentual de remoção dos parâmetros microbiológicos dos filtros.

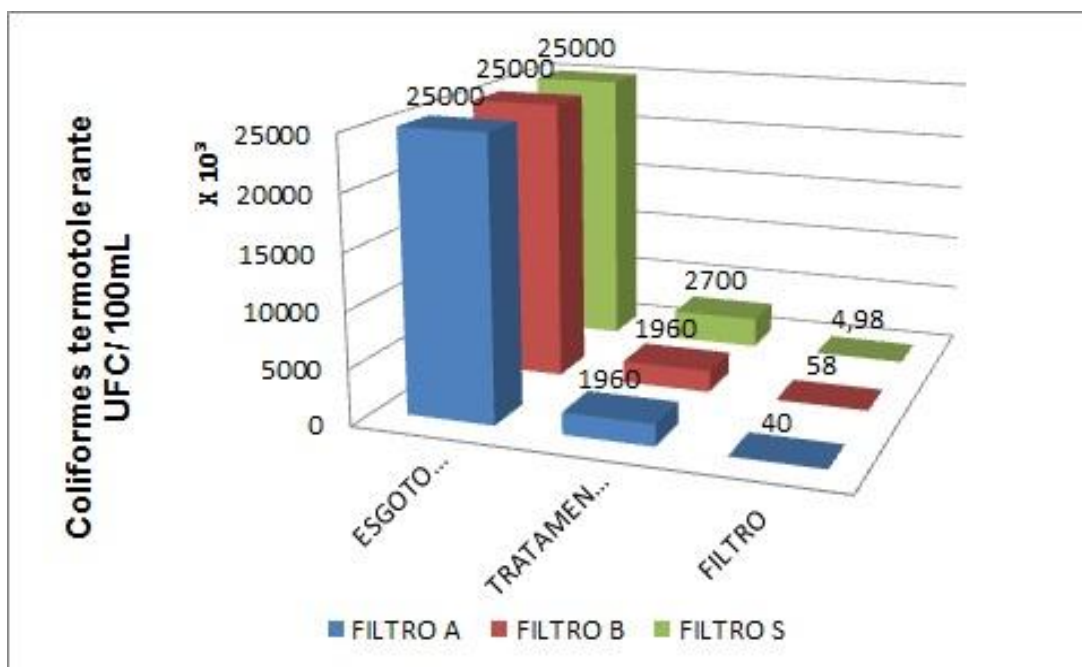
	FILTRO A	FILTRO B	FILTRO S
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	99,84%	99,77%	99,98%
OVOS DE HELMINTOS	100%	100%	100%

A Tabela 4 apresenta as concentrações médias do efluente final do esgoto, do tratamento anaeróbio e dos filtros. Nota-se que a remoção de coliformes nos filtros A e B situa-se na faixa e 2 logs e o filtro S de 3 logs, do tratamento anaeróbio. Em termos de ovos de helmintos, todos os filtros apresentaram um efluente final com ausência total de ovos.

Tabela 4 - Concentrações médias dos parâmetros microbiológicos do efluente e do afluente.

	ESGOTO BRUTO	Tratamento Anaeróbio		FILTRO A	FILTRO B	FILTRO S
		TANQUE	UASB			
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	$2,5 \times 10^7$	$1,96 \times 10^6$	$2,7 \times 10^6$	4×10^4	$5,8 \times 10^4$	$4,98 \times 10^3$
OVOS DE HELMINTOS	180	94	106	0	0	0

Figura 4 - Remoção de coliformes termotolerante nos filtros de areia intermitente

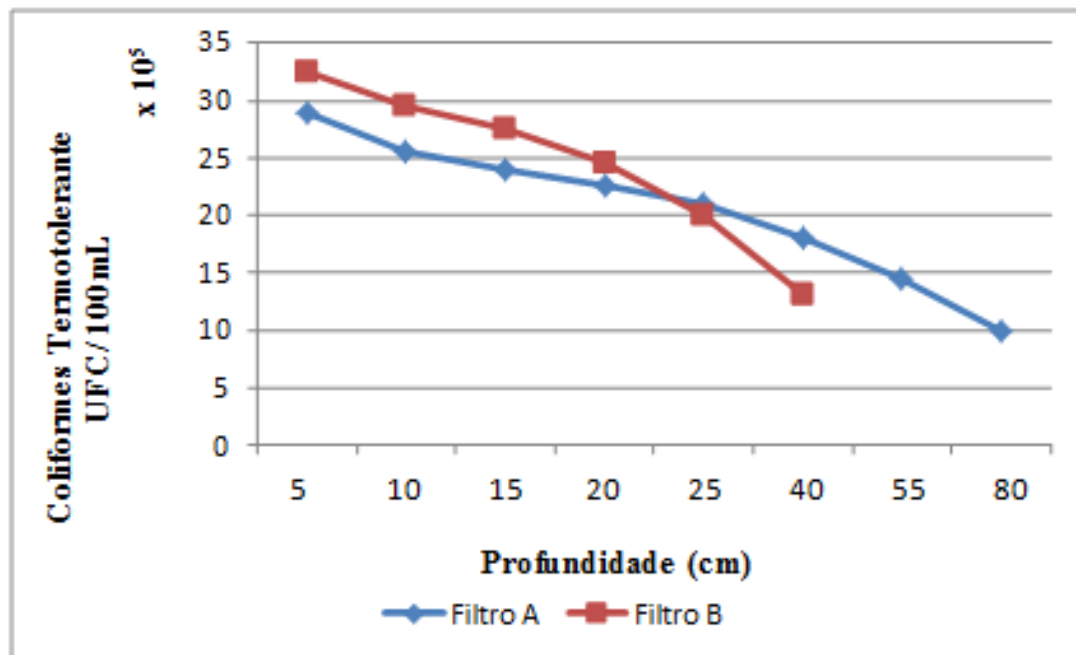


Na figura 4 são apresentados os valores médios da concentração de coliformes termotolerante do esgoto bruto, do tratamento anaeróbico e dos filtros. Percebe-se que os filtros A e B, apesar de terem diferentes níveis de profundidade, apresentam resultados finais semelhantes, no aspecto microbiológico. O filtro S, composto por 2 filtros em série, apresenta um efluente final com remoção de 4 log. Mesmo com composição granulométrica da areia diferentes esse filtro proporcionou efluente dentro dos padrões estabelecidos pela OMS para reuso, assim como os filtros A e B para irrigação restrita.

De acordo com a resolução CONAMA 430/2011 a quantidade máxima permitida de coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Sendo assim, o efluente final do filtro S não satisfaz as exigências da resolução, mais é possível perceber que a utilização de filtros em séries apresentam melhores resultados no aspecto microbiológico.

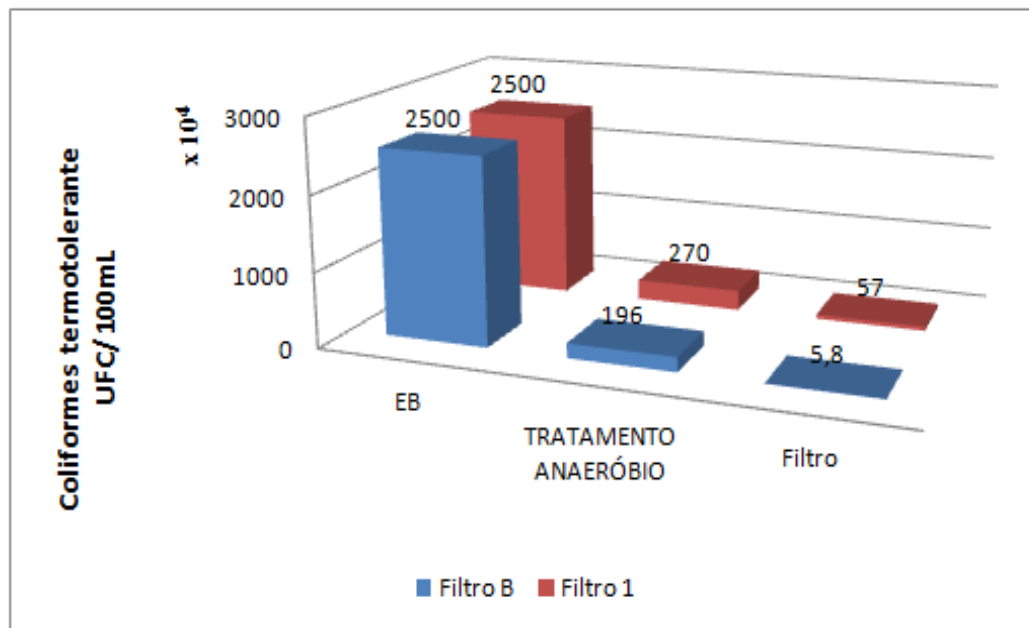
No perfil de areia realizado nos filtros, das 16 amostras recolhida, foi realizada a análise de coliformes termotolerante em 8 pontos. No filtro B, das 8 amostras foram realizadas em 6. A Figura 5 apresenta o comportamento da remoção ao longo do perfil de areia nos filtros.

Figura 5 - Remoção de coliformes termotolerante ao longo da profundidade dos filtros A e B.



Na Figura 5 é apresentado o comportamento da remoção de coliformes ao longo do perfil de areia. É possível observar que em ambos os filtros a maior concentração de coliformes fica retida na parte superior, e que vai diminuindo à medida que vai aumentando o nível de profundidade. Mas, não apresenta grandes variações, apresentando mesma ordem de grandeza, 10^5 log ao longo de toda profundidade do filtro.

A Figura 6 compara a remoção de coliformes nos filtros B e o primeiro filtro do que está em série (filtro 1), que tem mesma profundidade (0,5m), mais com formação em percentual de areia diferentes.

Figura 6 - Remoção de coliformes termotolerantes no filtro B e no Filtro 1

De acordo com a Figura 6 perceber-se a influência direta das características da areia no processo de remoção, uma vez que com o mesmo efluente de entrada, e tendo remoção de 1 log de coliformes no tratamento anaeróbio, para ambos os filtros, os resultados finais obtidos foi de melhor qualidade no filtro B, com remoção final de 3 logs.

6.0 CONCLUSÃO

Sistemas de pós-tratamento anaeróbio por filtros de areia intermitente apresenta-se como uma alternativa promissora para produzir efluente de boa qualidade para irrigação restrita, a baixos custos, com o mínimo de desperdícios via evaporação particularmente para reuso agrícola em comunidades difusas;

Mesmos com diferentes níveis de profundidade e características diferentes, os filtros A, B e S apresentaram 100% de remoção de ovos de helmintos;

Todos os filtros proporcionaram um efluente final que atende os padrões estabelecidos pela OMS para reuso, com remoção de 3-4 logs de coliformes termotolerantes.

Com tudo isso, espero ter contribuído de forma positiva para o desenvolvimento dos sistemas de pós-tratamento de esgotos e ter favorecido à abertura de novas possibilidades nesta área. Afinal acredito que o trabalho de um engenheiro sanitaria e ambiental só ganha sentido e vida quando contribui de forma eficaz para a melhoria de vida da população.

Trago comigo o sentimento missão cumprida, sei do caminho que ainda tenho que seguir e do quanto ainda posso melhorar esse projeto de trabalho, mas sei também que ontem eu tinha em minhas mãos uma idéia, hoje eu tenho uma realidade concreta, pude trabalhar e colocar em prática um pouco do que aprendi e ver esse aprendizado tomando forma e utilidade, e o melhor, consegui enxergar-me enquanto engenheira sanitaria e ambiental no cumprimento do ofício que escolhi para mim.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.502: *Rochas e Solos*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: *Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). 2004. Resolução nº 518, 25 de março de 2004. Ministério da Saúde, Brasil.
- APHA. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
- APLICAÇÃO DA FILTRAÇÃO INTERMITENTE EM LEITO DE AREIA E DE ESCÓRIA DA METALURGIA DO COBRE NO TRATAMENTO DE ESGOTOS COM ÊNFASE EM REUSO. Disponível em:
<http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_fernando_dultra.pdf>. Acessado em: 10 out. 2012.
- AUSLAND, G., STEVIK, T. K., HANSEN, J. F., KOHLER, J. C., JENSSEN, P. D. *Intermittent filtration of wastewater – Removal of fecal coliforms and fecal streptococci*. Water Research, n. 36, p. 3507–3516, 2002.
- AYRES R. M., ALABASTER G.P. MARA, D. D. and LEE, D. L. (1992) *Nematode egg removal in waste stabilization ponds*. *Wat. Res.* **26**, (6), 863-865.
- AYRES, R. and MARA, D. (1996). *Analysis of wastewater for use in agriculture. A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*. WHO, Geneva.
- BASTOS, R.K.. *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura*. Cap. 1 e 2. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003
- BAVEYE, P.; VANDEVIVERE, P.; HOYLE, B.L. et al (1998). *Environmental Impact and Mechanisms of Biological Clogging of Saturated Soils and Aquifer Materials*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. v.28, n.2, pp. 123-191.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, *Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)*. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Brasília: ministério do meio ambiente, 2005.
- CALLISTO, M. & GONÇALVES, J.F.Jr. 2002. *A vida nas águas das montanhas*. *Ciência Hoje* 31 (182): 68-71.
- CAMPOS, J.R.. *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro : ABES, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). 2005. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). 2011. Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Brasil. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acessado em 28 nov. 2012.

ESTUDO DA COLMATAÇÃO BIOLÓGICA DE SISTEMAS FILTRODRENANTE SINTÉTICOS DE OBRAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS URBANOS SOB CONDIÇÕES ANAERÓBIAS. Disponível em: <http://www.geotecnia.unb.br/tese/G_TD-03806.pdf>. Acessado em: 10 out. 2012.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M.. *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Cap. 1 e 2. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. *Manual de Saneamento*. Ministério da Saúde. Brasília, 2004.

Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm> Acessado em: 05 out. 2012.

MENDONÇA, P.. *Reuso de água em edifícios públicos: o caso da Escola Politécnica da UFBA*. 171 f., 2004 Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2004.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Ed. McGraw Hill, 4° edição. (2003)

MICHELS, C. J. *System suited for small communities*. Water Environmental and Technology. v. 7, n. 8, p. 45-48, 1996.

MICROORGANISMOS INDICADORES DE POLUIÇÃO FECAL EM RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <<http://www.microbiologia.icb.ufmg.br/monografias/158.PDF>>. Acessado em: 10 out. 2012.

O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v21/art04.pdf>>. Acessado em: 10 out. 2012.

PEARSON, H. W.; LUNA, M. L. D.; SOUSA, J. T.; MONTEIRO, P. S.; LOPES, W.S.; *Aspectos do Desempenho de filtros de Areia Intermitente Tratando Efluente de Fossa Séptica Operando em Condições Tropicais*. 26° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2011.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acessado em: 05 out. 2012.

Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000300005&lang=pt>. Acessado em: 10 out. 2012.

SILVA, N., JUNQUEIRO, V.C.A., SILVEIRA, N.F.A. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 2 ed. São Paulo: Varela, 2001. 295 p.

TONETTI, A.L., CORAUCCI FILHO, B; STEFANUTTI, R; FIGUEIREDO, R.F.; SÃO PEDRO, C.C.O. *Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia*. Engenharia Sanitária e Ambiental Vol.10 - Nº 3- jul-set 2005, 209-218.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. *Tratamento Anaeróbio de Esgotos. Um Manual para Regiões de Clima Quente*. Campina Grande, 1994

VON SPERLING, M. E MOTA, F.S.B. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

VON SPERLING, M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

WADOH. *Intermittent Sand Filter Systems -- Recommended Standards and Guidance for Performance, Application, Design, and Operation & Maintenance*, 2007.

WHO.(1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Technical Report Series n. 778, World Health Organization, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture*. Geneva: WHO.213p, 2006a.

ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. L.; VIANA, E. M. *Estudo da Remoção de Ovos de Helmintos e Indicadores Bacterianos em um Sistema De Tratamento De Esgotos Domésticos Por Reator Anaeróbio e Aplicação Superficial no Solo*. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999.