



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

MATHEUS URTIGA SOUSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO ESGOTO DA
UEPB COM PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA FINS DE REUSO**

**CAMPINA GRANDE – PB
2014**

MATHEUS URTIGA SOUSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO ESGOTO DA
UEPB COM PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA FINS DE REUSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da graduação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental como requisito para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental, pela Universidade Estadual da Paraíba.

Orientadora: Prof.^a Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima

**CAMPINA GRANDE – PB
2014**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano de dissertação.

S725c Sousa, Matheus Urtiga.

Caracterização físico-química e microbiológica do esgoto da UEPB com proposta de tratamento para fins de reuso [manuscrito] / Matheus Urtiga Sousa. – 2014.

63 p.: il.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

“Orientação: Prof.^a Dra. Ligia Maria Ribeiro Lima, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Tratamento de esgoto. 2. Reuso. 3. Tratamento biológico.
4. Água potável. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

MATHEUS URTIGA SOUSA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO ESGOTO
DA UEPB COM PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA FINS DE REUSO

Aprovado em: 02/12/2014

Nota: 10,0 (Dez noq zero)

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima

(Orientadora – DESA/ UEPB)



Prof^ª. Dra. Hélvia Waleska Casullo de Araújo

(Examinadora – DQ/ UEPB)



Prof^ª. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva

(Examinadora – DQ/ UEPB)

CAMPINA GRANDE – PB

2014

AGRADECIMENTOS

Ao nosso senhor DEUS por ter me confiado e permitido vencer mais uma etapa de minha vida.

A minha guerreira e mãe Sueli, ao meu mestre e pai Kegenaldo, pelo amor, cuidado e por me apoiar em todas as minhas decisões, nas quais não mediram esforços e empenho para que essa etapa da minha vida fosse concluída.

A minha irmã, Rebecca, pelo amor dado, companheirismo e a certeza de que nunca estarei sozinho.

Ao meu primo e padrinho, Evaldo, por se dispor em ajudar-me nos estudos, sem distinção de horário, mesmo estando cansado, devido a sua jornada de trabalho.

Aos meus tios, primos e demais familiares, por sempre torcerem pelo meu sucesso e vibrarem a cada conquista minha.

Aos demais amigos de turma, em especial a Daywison Teles, Salomão Davi, Antônio Tardelli, Ítalo Gusmão, Rauan Trigueiro, Paulo Victor, Rômulo, Whelton Brito, Rodrigo Andrade, KamillaDeys, saibam que guardarei cada momento vivido, para mim vocês são muito mais que amigos.

A minha orientadora Prof.^a. Dra. Lígia Ribeiro e a Química Industrial Marcella Pedrosa as quais agradeço a orientação, confiança, apoio e incentivo dado ao longo da realização desse trabalho.

A EXTRABES, na pessoa do professor José Tavares, assim como aos alunos Danyllo Vieira, Carol Cavalcanti, Júlia, Gleyton e Gustavo, pela contribuição na realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Ao CTCC/SENAI, na pessoa da Engenheira Química Diana, pela disponibilidade e prontidão na realização da análise de DBO.

Às Professoras Hélvia Casullo e Vera Lúcia Meira, pela disponibilidade e prontidão em aceitar compor a banca examinadora deste trabalho.

Aos demais professores e funcionários do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB, que contribuíram diretamente ou indiretamente para realização deste trabalho, bem como na minha formação profissional.

A todos, Obrigado!

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

EXTRABES – Estação de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários.

CCT – Centro de Ciências e Tecnologia.

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba.

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde.

CTCC – Centro de Tecnologia do Couro e do Calçados – Albano Franco.

CTT – Coliformes Termotolerantes

LF – Lagoa Facultativa

LM – Lagoa de Maturação

mg – Miligramas

% - Porcentagem

°C – Graus Celsius

mL – Mililitros

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PB – Paraíba

UFC – Unidades Formadoras de Colônias.

WHO – World Healthy Organization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água na Terra.	16
Figura 2 - Esquema ilustrativo do tratamento preliminar convencional de esgoto. ...	26
Figura 3 – Tratamento primário de esgoto.	27
Figura 4 - Processo de tratamento anaeróbio de esgoto (UASB).	28
Figura 5 - Esquema ilustrativo de uma lagoa anaeróbia.	31
Figura 6 - Esquema ilustrativo de uma lagoa facultativa.	31
Figura 7 - Esquema ilustrativo de uma lagoa de Maturação.	32
Figura 8 - Ilustração de um filtro anaeróbio.	33
Figura 9 - Ilustração de um reator aeróbio com biofilme.	33
Figura 10– Ilustração de um filtro biológico na ETE, em Peixinhos – PE.	34
Figura 11 - Processo de tratamento por lodo ativado.	35
Figura 12- Sistema experimental para recepção do esgoto descartado.	41
Figura 13- Fluxograma do tratamento proposto.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de lançamentos de efluentes.....	37
Tabela 2 – Diretrizes estabelecidas pela OMS (2006).....	55
Tabela 3 – Média dos parâmetros analisados.	56

RESUMO

Nos últimos anos, a preocupação com as questões ambientais vem sendo muito discutida, onde grande parte dessa problemática é resultante do descarte indevido do esgoto doméstico no meio ambiente, portanto o presente estudo objetivou realizar a caracterização físico-química e microbiológica do esgoto descartado a céu aberto, no bloco do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na cidade de Campina Grande – PB. Para tanto foram desenvolvidas análises físico-químicas, tais como pH, Fósforo Total, DBO, DQO, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio Amoniacal, Orto-Fosfatos e Alcalinidade, bem como análise microbiológica (coliformes). Observou-se que o efluente na unidade em questão não recebe tratamento para seu descarte, sendo identificadas características físico-químicas e microbiológicas de esgoto *in natura*. Faz-se necessário desta forma, investimentos em análises periódicas e tratamentos visando-se reduzir os riscos ao meio ambiente e a saúde pública. Após os resultados das análises, foi proposto um processo de tratamento biológico do esgoto afluente, do tipo, lagoa facultativa primária seguida de duas lagoas de maturação, onde a eficiência do tratamento nos parâmetros analisados se enquadra aos padrões estabelecidos pelo CONAMA 430/2011, na qual o efluente em questão poderia ser reutilizado na própria Universidade para fins menos nobres, destinando a água potável da UEPB, para atividades que requerem uma qualidade melhor.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto bruto; Análise físico-química; Coliformes; Tratamento Biológico; Reuso.

ABSTRACT

In recent years, concern about environmental issues has been much discussed, where much of this problem is a result of improper disposal of domestic sewage into the environment, so this study aimed to perform a physical-chemical and microbiological characterization of sewage disposed in the open, in the Center for Science and Technology (CCT) at the State University of Paraiba (UEPB) in the city of Campina Grande block - PB. For both physical and chemical analysis such as pH, Total Phosphorus, BOD, COD, nitrates, nitrites, ammonia, orthophosphate and alkalinity, as well as microbiological analysis (coliforms) were developed. It was observed that the effluent in the unit in question does not receive treatment for their disposal, physical-chemical and microbiological characteristics of raw sewage being identified. It is necessary therefore, investments in periodic tests and treatment is aiming to reduce risks to the environment and public health. After the analysis results, we propose a biological treatment process influent wastewater, the type, primary facultative pond followed by two maturation ponds where the treatment efficiency in the analyzed parameters fits the standards established by CONAMA 430/2011, in which the effluent in question could be reused in the same university for less than noble purposes and is designed to clean water university for activities that require a better quality.

KEYWORDS: Raw Sewage; Physic-chemical analysis; Coliforms; Biological treatment; Reuse.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 <i>Geral</i>	15
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 ÁGUA NA NATUREZA.....	16
2.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS.....	17
2.3 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS	17
2.4 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA....	18
2.5 ESGOTO.....	18
2.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DOS ESGOTOS.....	19
2.6.1 <i>Parâmetros de Qualidade</i>	19
2.6.2 <i>Características Físicas</i>	20
2.6.3 <i>Características Químicas</i>	21
2.6.4 <i>Características Microbiológicas</i>	21
2.6.5 <i>Características das Excretas</i>	22
2.7 ANÁLISES QUÍMICAS	23
2.7.1 <i>Proteínas</i>	23
2.7.2 <i>Alcalinidade</i>	23
2.7.3 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</i>	23
2.7.4 <i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i>	24
2.7.5 <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	25
2.7.6 <i>Fósforo</i>	25
2.8 PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	25
2.8.1 <i>Tratamento Preliminar</i>	26
2.8.2 <i>Tratamento Primário</i>	27
2.8.3 <i>Tratamento Secundário</i>	27
2.9 REUSO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS	35
2.9.1 <i>Sensibilização Sobre a Prática do Reuso</i>	35
2.9.2 <i>Histórico do Reuso no Brasil</i>	36
2.9.3 <i>Legislação Vigente Sobre Reuso no Cenário Nacional</i>	37

2.9.4 Reflexo das Experiências de Reuso em Alguns Países.....	39
3. METODOLOGIA ANALÍTICA	41
3.1 SISTEMA EXPERIMENTAL.....	41
3.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS COLETAS	41
3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS	42
3.3.1 Potencial Hidrogênionico (pH).....	43
3.3.2 Alcalinidade.....	43
3.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	44
3.3.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	45
3.3.5 Nitrato	46
3.3.6 Nitrito	47
3.3.7 Fósforo Total.....	47
3.3.8 Orto-Fosfato Solúvel	47
3.3.9 Coliformes Termotolerantes	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	50
4.1.1 pH.....	50
4.1.2 Nitrogênio Amoniacal	50
4.1.3 Nitrato	51
4.1.4 Nitrito	51
4.1.5 Alcalinidade.....	52
4.1.6 Fósforo Total.....	52
4.1.7 Orto-Fosfato.....	53
4.1.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	53
4.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	54
4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	54
4.2.1 Coliformes Termotolerantes	54
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS	56
4.4 FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO PROPOSTO	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a preocupação com as questões ambientais vem sendo muito explorada, uma vez que o desequilíbrio gerado de uma forma global encaminha-se ao surgimento de grandes impactos ambientais negativos na sociedade. Grande parte dessa problemática é resultante do descarte indevido de esgoto doméstico no meio ambiente (PALMEIRA, 2014).

Esgotos são definidos como águas que, após consumo humano (uso doméstico, industrial ou comercial) apresentam alterações nas características naturais.

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

As águas residuais são compostas de 99,9% de água, sendo que 0,1% restantes compreendem sólidos orgânicos e inorgânicos dissolvidos e suspensos, bem como microrganismos (SPERLING, 2002).

O esgotamento sanitário se constitui como o único meio seguro para evitar as doenças transmitidas pelas excretas humanas. Sua implantação é tão importante quanto o abastecimento d'água. A experiência mostra que comunidades onde foi implantado o abastecimento d'água e não foram coletados os esgotos, as condições sanitárias do meio pioraram agravando-se os problemas com os dejetos correndo a céu aberto.

É válido ressaltar a importância de se tratar as águas residuais, haja vista a proliferação de vetores parasitários e infecciosos, bem como, a degradação dos corpos de água, tornando-as com qualidade bastante inferior ao natural. As substâncias presentes no esgoto desempenham função deletéria aos corpos de água, a saber: Diminuição do oxigênio dissolvido, provocando a morte de inúmeras espécies aquáticas; emissão de odores, bem como, aumento da turbidez da água.

Portanto ao ser detectado o descarte do esgoto de modo irregular, em ambiente universitário, próximo às salas de aula do bloco C do Centro de Ciências e Tecnologias, na UEPB, com isso surgiu o interesse em analisar por meio da caracterização físico-química e microbiológica, bem como sugerir uma proposta de tratamento desse efluente, com finalidade de reduzir o consumo de água potável, que poderia ser destinada para outro fim, que requer uma qualidade melhor.

O saneamento é um conjunto de medidas que visam promover, proteger e preservar a saúde. São medidas de saneamento: Sistemas de abastecimento d'água; sistemas de esgotos sanitários; coleta de lixo; controle da poluição ambiental; controle de vetores biológicos (ratos, moscas, baratas); saneamento das habitações e locais de trabalho e saneamento dos alimentos (BARBOSA e SANTOS, 2014).

Os lançamentos de origem urbana em cursos d'água são um dos principais fatores responsáveis pela degradação da qualidade do ambiente aquático, bem como pelo surgimento de efeitos tóxicos à comunidade do referido ambiente. A Legislação Brasileira não permite que o efluente lançado cause ou possua potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos, requerendo testes de toxicidade com espécies representativas de pelo menos dois níveis tróficos. Ademais, os esgotos produzidos pelas atividades de uma Universidade podem apresentar elevado potencial de toxicidade, devido à complexidade da composição destes efluentes (AQUINO, 2013).

O reuso de águas residuais ou residuárias tratadas não é um conceito meramente do cotidiano, estudos relatam que esse tipo de prática surgiu na Grécia antiga a milhares de anos, diante de um cenário de escassez hídrica. Nesse sentido, é possível considerar o reuso da água como parte integrante de um conceito mais abrangente, que é o uso racional desse recurso, na qual compreende o controle de perdas e desperdícios, bem como, a redução do consumo desnecessário (www.ambientes.ambientebrasil).

O sistema de tratamento associado à reciclagem de esgotos, em descargas sanitárias e lavagens de pisos, poderia suprir a escassez de água necessária para realizar tais atividades. Parcerias poderiam potencializar e sensibilizar sobre o uso racional da água, bem como, o reuso de esgotos tratados para diversos fins, contribuindo assim para o meio ambiente, uma vez que são práticas corretas, o que já é adotado em alguns países, mais especificamente, os do Oriente Médio (RIBEIRO, 2014)

Existem várias formas de reuso de água, onde se pode destacar: Irrigação de campos de cultivos, recarga de aquíferos, aumento da vazão de cursos de água e aquicultura (HESPANHOL, 2002).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Caracterizar o esgoto descartado a céu aberto no bloco “C” do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e propor um sistema de tratamento para fins de reuso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade do efluente, por meio de análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Propor um tratamento condizente com a classificação do efluente analisado;
- Incentivar a prática do reuso em larga escala.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

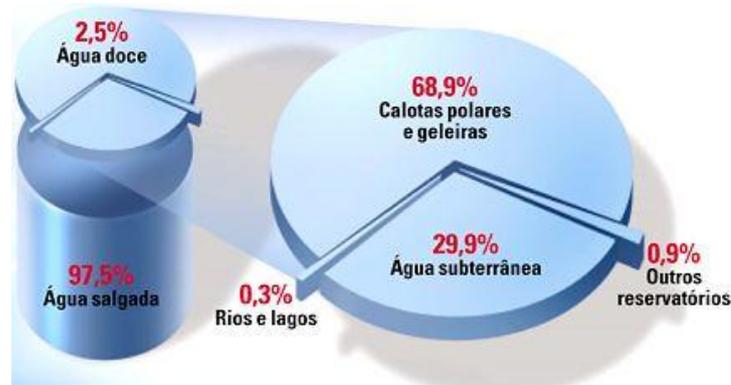
2.1 ÁGUA NA NATUREZA

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva. No homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e, em certos animais aquáticos, essa percentagem sobe para 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no planeta e como ela circula de um meio para outro.

Na distribuição da água na terra, apenas 2,5% dela é água doce utilizável e, desta, apenas 0,1% é água potável, ou seja, água própria para beber. Os 97,5% restantes de água correspondem à parcela existente nos mares e nos oceanos. A água doce encontra-se em diferentes formas: 68,9% sob a forma de glaciares e neves eternas; 30,8% sob a forma de águas subterrâneas; 0,9% sob a forma de umidade do solo e da atmosfera; 0,3% nos lagos e nos rios.

Na Figura 1 está ilustrada a distribuição da água na terra, representada em percentuais (NUNES, 2014).

Figura 1 – Distribuição da água na Terra.



Fonte: NUNES (2014).

A água é um recurso natural renovável, mas pode vir a ser considerada como um recurso limitado/não renovável, pois a sua qualidade está ameaçada por atividades humanas, tais como águas residuais domésticas; agricultura e resíduos industriais.

2.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água receptor de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. Existem dois tipos de poluição das águas:

a) Pontual: Aquela em que os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço, ou seja, converge para um único ponto. Exemplo: Descarga em um rio de um emissário transportando esgoto de uma cidade/comunidade, convergindo em um único ponto.

b) Difusa: Aquela em que os poluentes penetram no corpo hídrico, distribuídos ao longo de sua extensão. Todavia, a descarga é feita de forma distribuída e divergente, ou seja, não convergem em um único ponto (www.samaecaxias.com).

2.3 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS

A contaminação da água é um problema comum, e bastante presente no nosso cotidiano, distinguindo-se da poluição, por conferir fator de patogenicidade. Devido aos aumentos da escassez da água, bem como a contaminação deste bem tão precioso e sem possibilidades de consumo para a grande parte dos consumidores, houve-se a necessidade de realizar o abastecimento de determinadas localidades com água potável, pois a contaminação se encontrava bastante elevada, onde se realizou estudos para solucionar as causas de tanta poluição, bem como, as consequências derivadas dela. (www.educacao.cc).

De modo geral, nos países em desenvolvimento o maior problema que causa a contaminação do corpo hídrico, é a falta de tratamento para os esgotos, principalmente pela grande presença de microrganismos patogênicos que devido aos tratamentos de esgoto não serem de excelente qualidade em termos de operação, resistem e permanecem na água. Outro fator causador da contaminação é o contato da água com produtos químicos tóxicos, onde podemos citar, os agrotóxicos. Esses produtos e substâncias poluentes podem ser classificados de duas formas, biodegradáveis e persistentes, sendo que a primeira contém substância que em determinado tempo se decompõe, por exemplo, inseticidas, detergentes, fertilizantes,

petróleo; e a segunda, as substâncias presentes em sua composição que persistem por um prazo indeterminado (www.educacao.cc).

2.4 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

Dados alarmantes do último relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) - Água sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - revelam que mais da metade da população mundial não tem acesso à água tratada, própria para o consumo. A poluição dos recursos, somada aos baixos níveis de coleta e tratamento de esgoto, estão no núcleo do problema de abastecimento mundial.

O descarte de resíduos em rios, a contaminação dos lençóis freáticos nos aterros sanitários, vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo de gasolina, os rejeitos de aterros industriais e o despejo de esgoto sem tratamento, estão entre as principais causas da poluição da água nos grandes centros urbanos.

A chamada poluição natural, causada pelas chuvas, salinização e decomposição de organismos mortos contribui para a contaminação. Também, são diversos e alarmantes os riscos à saúde humana. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) mostram que 80% das doenças que acometem a população dos países em desenvolvimento, são provocadas pela água contaminada. Entre as principais estão a hepatite, disenteria, cólera, malária, amebíase, esquistossomose, febre amarela, ascaridíase, cisticercose, dengue, poliomielite, teníase e tricuriase, febre tifoide, infecções na pele e nos olhos, e a leptospirose (www.pensamentoverde.com).

2.5 ESGOTO

A palavra esgoto costumava ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como, também, o próprio líquido que flui por estas canalizações. Hoje, este termo é usado quase que apenas para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de utilidade pública, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais. Os esgotos costumam ser classificados em dois grupos principais:

a) Esgotos sanitários: São constituídos, essencialmente, de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais parasitária, águas de infiltração e, eventualmente, uma parcela não significativa de despejos industriais, tendo

características bem definidas. De acordo com Braga *et al.* (2005) esgotos domésticos ou domiciliares provêm principalmente de residências e de edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, cozinhas, lavanderias, ou qualquer outro dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se, essencialmente, da água do banho, urina, fezes, restos de comida, sabão, papel, detergentes, água de lavagem; já a água de infiltração é definida como toda água proveniente no subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; a contribuição pluvial parasitária é a parcela do escoamento superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

b) Esgotos industriais: extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais e adquirem características particulares em função do processo produtivo empregado. Assim sendo, o efluente de cada indústria deverá ter suas características próprias (www.samaecaxias.com).

2.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DOS ESGOTOS

A maioria dos efluentes líquidos é constituída de misturas relativamente complexas, cuja caracterização por análises químicas convencionais, ou seja, pela análise química (qualitativa ou quantitativa), de constituinte a constituinte da composição dessa mistura demandaria muito tempo e teria um custo muito elevado.

A utilização de parâmetros globais pressupõe a definição de um equivalente de poluição que possa servir como grandeza básica para a medida do grau de poluição comum a todos os componentes da mistura (DEZOTTI, 2008).

Os principais parâmetros globais para medida do teor poluente de um dado despejo são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), dentre outros que estão descritos a seguir:

2.6.1 Parâmetros de Qualidade

A característica dos esgotos está diretamente atrelada aos usos em que a água foi submetida, usos esses que variam com as condições sociais, condições de hábitos e condições econômicas.

Em projetos de uma estação de tratamento de esgotos, geralmente não se tem interesse em determinar os compostos presentes nos esgotos, tendo em vista, a dificuldade em realizar vários testes em laboratórios. Porém em pequena escala,

devem-se caracterizar os esgotos, a fim de saber qual o tratamento mais eficaz de acordo com as características próprias daquele esgoto, que podem diferir dos demais.

Os padrões de lançamento determinam que, para todos os despejos, a concentração de substâncias classificadas como poluentes estejam abaixo de uma dada concentração, em geral expressa em mg.L^{-1} , ou em termos de remoção em percentuais.

Os principais critérios de qualidade dos despejos são: Turbidez, cor, concentração de oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico (pH), dureza, alcalinidade, concentração de material tóxico, temperatura, nitrogênio, fósforo e microrganismos patogênicos (DEZOTTI, 2008).

2.6.2 Características Físicas

As principais características físicas do esgoto doméstico são (FUNASA, 2004):

- Odores: São causados pelos gases formados no processo de decomposição da matéria orgânica biodegradável, assim o odor de mofo, típico de esgoto fresco, o que é suportável. Porém o esgoto velho ou séptico confere um odor que se assemelha a de um ovo podre, devido à presença de gás sulfídrico. Também são percebidos odores variados, de produtos podres como repolhos, legumes, fezes, de acordo com a presença de produtos sulfurosos, ácidos orgânicos e nitrogenados.

- Temperatura: De modo geral é levemente superior à das águas de abastecimento, chegando a 40°C . A velocidade de decomposição é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, haja vista, que o aumento da temperatura oferece condições propícias aos microrganismos. Em se tratando de reações de natureza biológica, a velocidade de decomposição aumenta com o aumento da temperatura, a faixa propícia para a atividade biológica deve compreender entre 25 e 35°C (JORDÃO e PESSOA, 1995).

- Cor: Indicam de forma clara, o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade preta é típica de esgoto velho, séptico, já a tonalidade cinza acompanhada com alguma turbidez é típica do esgoto fresco, recente.

- Turbidez: É causada pela grande variedade de sólidos em suspensão, esgotos mais concentrados, mais frescos, em geral apresentam uma maior turbidez

que os esgotos mais velhos, sépticos, tendo em vista, que os esgotos mais velhos já passaram pelo processo de autodepuração.

2.6.3 Características Químicas

As principais características químicas dos esgotos domésticos, de acordo com a FUNASA (2004), são:

- Matéria inorgânica: Segundo Silva (2004) a matéria inorgânica é formada pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, advindas de águas de lavagens. Não é comum a remoção deste tipo de material, pois o mesmo pouco influenciará em uma estação de tratamento de esgotos, haja vista que é um material inerte. Todavia, deve-se ter o cuidado na possibilidade de colmatação (entupimento) de filtros e tanques, quando há grandes quantidades desse material.
- Matéria orgânica: Cerca de 70% dos sólidos presentes nos esgotos são de origem orgânica, ou seja, são compostos geralmente formados com uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio e algumas vezes com nitrogênio. Estes compostos compreendem os carboidratos, gorduras, óleos e proteínas e em menor parte fenóis, pesticidas, surfactantes e ureia. Esta fração de material orgânico, seguindo o critério de biodegradabilidade, classifica-se em inertes ou biodegradáveis (JORDÃO e PESSOA, 1995).

2.6.4 Características Microbiológicas

O esgoto pode ser o veículo de transmissão de inúmeras patologias, seja através da ingestão acidental do mesmo, ou pelo simples contato. Na água de esgoto há grande possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, que podem ser determinados pelas análises de coliformes, sendo estas bactérias existentes em grande quantidade no intestino humano e de animais homeotérmicos e são eliminadas nas fezes. Assim, as bactérias do grupo coliformes são indicadoras da contaminação do efluente por agentes patogênicos.

As principais características biológicas dos esgotos domésticos, de acordo com a FUNASA (2004), são relativas aos microrganismos.

As bactérias, protozoários, vírus, algas e fungos são os microrganismos mais relevantes no esgoto sanitário (NUVOLARI, 2003).

Os principais grupos de microrganismos que devem ser analisados, para uma proposta de tratamento, são os indicadores de poluição e os patogênicos, que são aqueles capazes de transmitir doenças por veiculação hídrica. As bactérias, em suma, são talvez os elementos mais relevantes no âmbito dos microrganismos, onde são responsáveis pela estabilização, bem como a degradação da matéria orgânica presente na água residual.

Para indicar a poluição de origem humana, adotam-se microrganismos do grupo coliformes como indicadores, que são típicas do intestino humano e de animais homeotérmicos.

As algas apresentam grande diversidade de dimensões e formas, e só apresentam influência no tratamento de esgotos por lagoas de estabilização, na qual desempenham um importante papel na atividade fotossintética da lagoa, bem como na oxidação aeróbia. A reprodução das algas é estimulada pelo lançamento de efluentes de estações de tratamento, haja vista, que o efluente é rico em nutrientes, o que é de extrema importância nas atividades metabólicas das algas. Porém o crescimento demasiado, também conhecido como floração, é bastante indesejado e deve ser restringido.

O excessivo enriquecimento de nutrientes do corpo receptor quer seja este uma lagoa, é denominado de eutrofização, que nada mais é do que a superprodução de algas em floração (SILVA, 2004).

2.6.5 Características das Excretas

As fezes humanas são compostas de restos de alimentos, os quais não são transformados pela digestão em energia para a atividade metabólica. Estão presentes nas fezes as albuminas, hidratos de carbono, gorduras, proteínas e uma vasta variedade de microrganismos.

Na urina, a principal substância eliminada, é a ureia, que é um composto resultante de reações de caráter nitrogenado. Tanto a urina como as fezes contêm grande teor de água, bem como, matéria orgânica e inorgânica, em termos de matéria orgânica, as fezes apresentam maior quantidade percentual.

Os microrganismos eliminados pelas fezes humanas são de grande diversidade, compreendendo os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacteraerogenes*,

Aerobactercloacae) que estão em uma maior quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes.

2.7 ANÁLISES QUÍMICAS

2.7.1 *Proteínas*

As proteínas liberam nitrogênio, carbono, hidrogênio, oxigênio e podem conter fósforo, enxofre e ferro. São geralmente de origem animal, mas ocorrem também em vegetais. O enxofre fornecido pelas proteínas é responsável pela produção do gás sulfídrico presente nos despejos (SILVA, 2004).

Os óleos e gorduras, de acordo com a FUNASA (2004), também conhecidos como matéria graxa, se encontram presentes nos despejos domésticos e sua origem, em geral, se dá pelo uso de manteiga, óleos vegetais, carnes. Além disso, podem estar presentes nos despejos, produtos não tão comuns, como querosene, óleos provenientes de garagens. São indesejáveis em um sistema de tratamento de esgotos, pois formam uma camada de espuma e podem vir a entupir os filtros, além de prejudicar a vida biológica.

2.7.2 *Alcalinidade*

A alcalinidade de um efluente é a capacidade deste em neutralizar ácidos, ou seja, é a capacidade de tamponamento. De modo geral, as substâncias mais comuns, causadoras de alcalinidade são os carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. É importante saber que um efluente pode apresentar uma baixa alcalinidade e alto valor de pH, e vice-versa. É possível relacionar valores de alcalinidade com uma grandeza semelhante, a saber, dureza, haja vista, que os cátions mais comuns atrelados aos ânions causadores de alcalinidade são os cátions de magnésio (Mg^{2+}) e os cátions de cálcio (Ca^{2+}), onde estão diretamente ligados com a dureza do efluente (GARCEZ, 2004).

2.7.3 *Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*

A DBO é a quantidade de oxigênio requerida pelos microrganismos para degradarem a matéria orgânica, ou seja, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida na oxidação biológica da matéria orgânica. É um dos parâmetros

mais importantes na caracterização dos esgotos. É através da DBO que se estima a carga orgânica do efluente, bem como, indica o grau de poluição que o efluente apresenta, ou seja, quantidade de matéria orgânica por unidade de volume de esgoto.

Segundo Von Sperling (1996) a DBO média de um esgoto doméstico é de 300 mg.L⁻¹ e a carga *per capita*, que representa a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo, é de 54 g.(hab./dia) de DBO.

2.7.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO mede a quantidade de oxigênio requerida para oxidação da matéria orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato de potássio em solução ácida. A rapidez das respostas de DQO também pode ser citada como um ponto positivo em relação à DBO. Alguns aparelhos, segundo Jordão e Pessoa (1995), conseguem realizar esta determinação em cerca de 2 minutos. O método do dicromato leva duas horas para determinar a DQO do material.

A DQO visa medir o consumo de oxigênio que ocorre durante a oxidação química de compostos orgânicos presentes na água. Os valores obtidos é uma medida indireta do teor de matéria orgânica presente (NUVOLARI, 2003). Segundo o mesmo autor, para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4. À medida que o esgoto passa pelas diversas unidades de tratamento de esgoto a relação vai aumentando, chegando ao efluente final do tratamento biológico com valor DQO/DBO superior a 3,0.

2.7.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O conhecimento do pH é utilizado em larga escala em diversas análises, a fim de medir o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons hidrogênio na solução, cujos valores variam de uma escala de 0 a 14. A variação do pH pode ocorrer pelo grau de degradação da matéria orgânica gerando carbonatos, conferindo ao efluente, um caráter básico, ácido ou neutro. No que se refere ao lançamento de efluentes, o pH deve estar compreendido em uma escala que varia de 5 a 9 (BRASIL, 2011).

2.7.6 Fósforo

O fósforo constitui um importante componente para os seres vivos, haja vista, que está intrinsecamente ligado ao metabolismo vital, tanto respiratório como fotossintético. O fósforo pode ser encontrado em águas residuais sob forma de polifosfatos, orto-fosfatos e fósforo orgânico, sendo originado de água de abastecimento, excretas, bem como dos detergentes sintéticos. A determinação, bem como a quantificação é de suma importância no estudo de corpos receptores, haja vista que devem atender aos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 430/2011. Os fosfatos compreendem um dos nutrientes que vão ser ingeridos pelos microrganismos, principalmente as algas, o que poderá acarretar o processo de eutrofização, ou seja, quando os fosfatos estão em concentrações altas favorecem no crescimento e floração das algas.

O crescimento demasiado de algas em águas residuais pode levar a sérios danos na ecologia, há alguns anos os índices de fósforos presentes nas águas residuais vêm diminuindo consideravelmente, devido à substituição de sabões a base de polifosfatos em componentes não eutrofizantes. No Brasil a concentração de fósforo no esgoto é da ordem de 0,01 a 0,02 mg de fósforo por mg de DQO, diferentemente de países desenvolvidos que atendem a uma faixa de 0,02 a 0,03 mg de fósforo por mg de DQO (<http://www.finep>).

2.8 PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Observando as características gerais do esgoto em estudo e os requisitos da OMS para fins de reuso em alguma atividade, é possível selecionar o melhor sistema

de tratamento. A seguir, estão destacadas as principais etapas de um processo de tratamento de esgoto.

2.8.1 Tratamento Preliminar

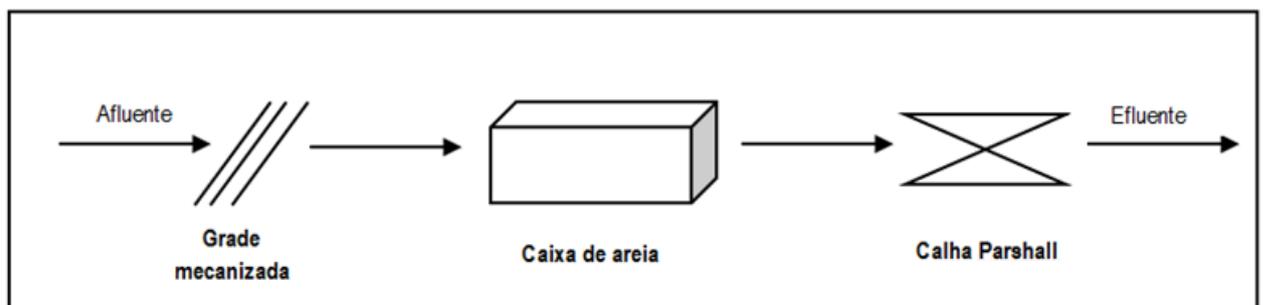
O tratamento preliminar destaca-se pela aplicação de dispositivos utilizados na chegada do esgoto denominado de esgoto bruto, a fim de barrar e possibilitar a remoção e retenção dos sólidos grosseiros e da areia. Para a separação dos sólidos grosseiros são, geralmente, utilizadas grades que retêm o material cujo tamanho é maior do que o espaçamento entre as suas barras.

A remoção da areia advinda do esgoto é realizada na caixa de areia ou desarenador, por meio de sedimentação das partículas. Há processos manuais e mecanizados para a retirada e o transporte da areia sedimentada e acumulada nessas unidades. Segundo a NBR 12209, para vazões superiores a $100\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, essa retirada de areia deve ser mecanizada (ABNT, 1992). Tal remoção é necessária para:

- Evitar o assoreamento da unidade que pode comprometer sua vida útil.
- Evitar desgastes nos equipamentos e tubulações.
- Facilitar o transporte do esgoto.
- Eliminar ou minimizar a possibilidade de entupimentos em tubulações, tanques, orifícios.

Na Figura 2 está ilustrado o esquema do tratamento preliminar convencional, para esgotos.

Figura 2 - Esquema ilustrativo do tratamento preliminar convencional de esgoto.



Fonte: SANTOS e BARBOSA (2014).

2.8.2 Tratamento Primário

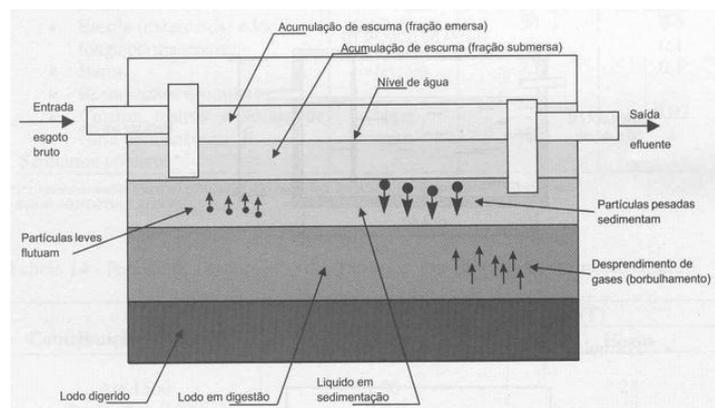
Apesar do esgoto apresentar um aspecto estético um pouco melhor após o pré-tratamento, as características patogênicas e poluidoras permanecem quase que inalteradas, o que torna necessário a realização de um tratamento mais minucioso. A primeira fase de tratamento é designada de tratamento primário, na qual a matéria orgânica presente no esgoto pode ser separada da água por uma simples sedimentação.

Após o tratamento primário, a matéria poluente apresenta-se em reduzida concentração, sendo constituída por coloides, o que explica a necessidade da inclusão da etapa biológica, pois os mesmos não podem ser removidos por processos exclusivamente físico-químicos.

A eficiência do tratamento primário pode chegar a mais de 60%, dependendo da operação, manutenção e do tipo de unidade de tratamento. São utilizados processos de tratamento como tanque séptico e decantador primário (NABACK, 2009).

Na Figura 3 está ilustrado o esquema do procedimento de tratamento primário de esgoto.

Figura 3 – Tratamento primário de esgoto.



Fonte: www.caern.m.gov.br

2.8.3 Tratamento Secundário

Nesse processo de tratamento predomina a etapa biológica, na qual as reações bioquímicas na degradação da matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo), que são feitas por microrganismos, são diferenciadas entre si

apenas na morfologia e especificidade do substrato (www.copasar). São conhecidos os seguintes tipos de tratamentos secundários:

I) Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB)

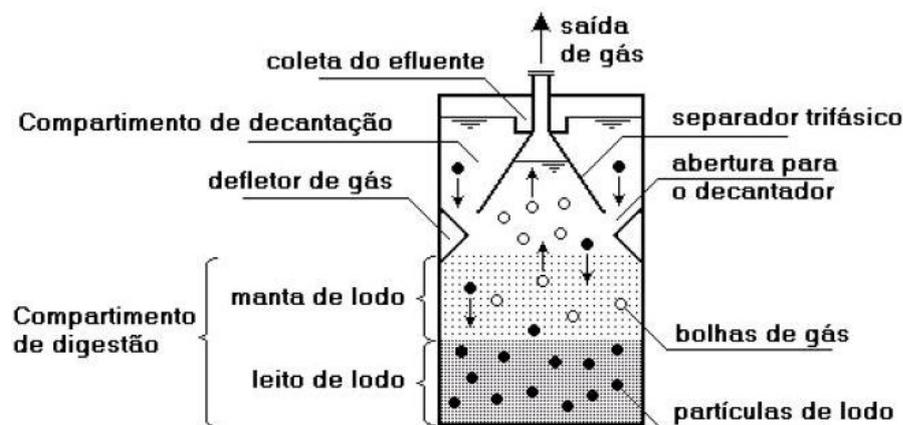
É uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos, na qual se baseia na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. É composto de uma coluna de escoamento de fluxo ascendente, onde se encontra uma zona de digestão, zona de sedimentação e o separador de fases gás-sólido-líquido.

O efluente adentra ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico.

Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, o esgoto alcança a zona de sedimentação. A manutenção de um leito de sólidos em suspensão constitui a manta de lodo, e em função do fluxo contínuo e ascendente de esgotos, ocorre à decomposição do substrato orgânico pela ação de organismos anaeróbios (www.saneamento.poli.ufrj).

Na Figura 4 está ilustrado o processo de tratamento do efluente pelo reator UASB.

Figura 4 - Processo de tratamento anaeróbio de esgoto (UASB).



Fonte: www.adequarliamb.blogspot.

II) Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização tiveram como país precursor os Estados Unidos, a cerca de 100 anos atrás. Estas unidades recebiam dejetos de animais, esgotos domésticos de pequenas comunidades, onde de forma “acidental” realizaram o processo de autodepuração dos esgotos.

As primeiras pesquisas sobre as lagoas de estabilização foram realizadas nos Estados Unidos no ano de 1948. Na América Latina, em 1958, na cidade de Canãs, na Costa Rica, foi construída a primeira lagoa em escala experimental, cujo objetivo era tratar efluentes domésticos (TALBOYS, 1971; FORERO, 1985). Em 1960, dois anos depois, entrou em funcionamento de fato a primeira lagoa projetada especificamente para receber e depurar esgoto bruto.

No cenário nacional, a primeira lagoa foi construída em São José dos Campos, SP, projetado com o sistema chamado australiano, sendo constituído de uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa, objetivando estabelecer parâmetros de projetos para outras lagoas (RIBEIRO, 2012).

O sistema de lagoas de estabilização é a forma mais simples de tratamento de esgotos, são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (VON SPERLING, 1996).

Os sistemas de lagoas de estabilização são constituídos por:

- Lagoas facultativas.
- Lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.
- Lagoas aeradas facultativas.
- Lagoas aeradas de mistura completa seguida por lagoas de decantação.
- Lagoas de maturação.
- Lagoas de polimento.

Os quatro primeiros sistemas de lagoas têm como objetivo principal, a remoção de material carbonáceo, e os dois últimos são utilizados como tratamento complementar aos outros sistemas de lagoas, visando uma remoção mais eficiente de organismos patogênicos.

Segundo Von Sperling (2002), lagoas de estabilização são indicadas para regiões de clima quente e de países em desenvolvimento, como o semiárido brasileiro, devido à grande disponibilidade de área, insolação e temperatura elevada, operação simples e a necessidade de pouco ou nenhum equipamento.

De forma geral, as lagoas de estabilização são viáveis para as condições brasileiras, devido aos seguintes aspectos:

- Fácil operação.
- Clima favorável.
- Necessidade de poucos ou de nenhum equipamento.
- Grande disponibilidade de área.

A utilização de lagoas de estabilização garante a qualidade microbiológica do efluente para atividades afins, evitando a contaminação das espécies e da população. Estudos mostram que a lagoa de estabilização é capaz de reduzir os ovos de helmintos a zero, e reduz o CTT em quatro casas logarítmicas, portanto o risco biológico nesse efluente é mínimo.

O risco de contaminação ambiental é extremamente reduzido, tendo em vista que a qualidade do efluente oriundo de um sistema de lagoas de estabilização é de excelente qualidade, pois a eficiência de remoção de patogênicos e DBO são elevadas. O efluente ainda possuirá uma quantidade de DBO significativa, porém será matéria orgânica viva (SANTOS e BARBOSA, 2014).

A seguir estão detalhados os tipos de Lagoas de Estabilização.

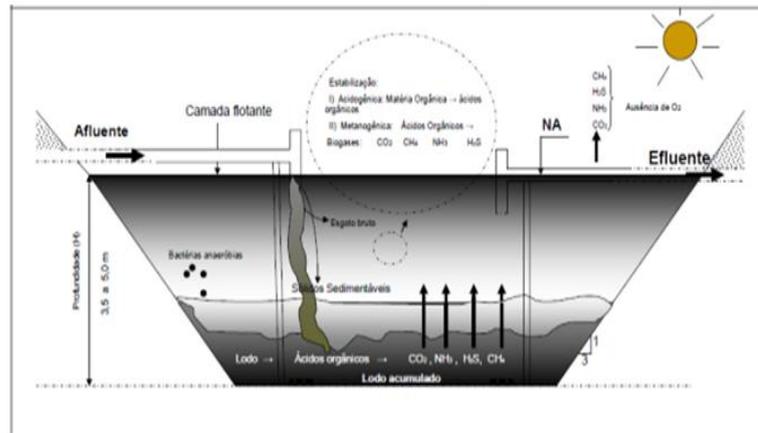
a) Lagoa Anaeróbia

As lagoas anaeróbias são sistemas de tratamento simples que necessitam da ausência de oxigênio para funcionar de forma satisfatória, este tipo de lagoa suporta uma alta taxa de aplicação, a qual dificulta a passagem de luz entre as camadas, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja muito superior à taxa produzida na fotossíntese.

As lagoas anaeróbias são usualmente profundas, da ordem de 3 a 5m (VONSPERLING, 2002). Devido a esta profundidade, a área requerida para a implantação é menor. A eficiência de remoção de DBO nesse tipo de lagoa é de 50 a 60%, varia principalmente com a temperatura. Como a temperatura na região semiárida é elevada, a lagoa anaeróbia apresenta uma boa eficiência.

Com uma redução considerável de DBO na lagoa anaeróbia, diminui consideravelmente a área necessária para a lagoa facultativa, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Esquema ilustrativo de uma lagoa anaeróbica.



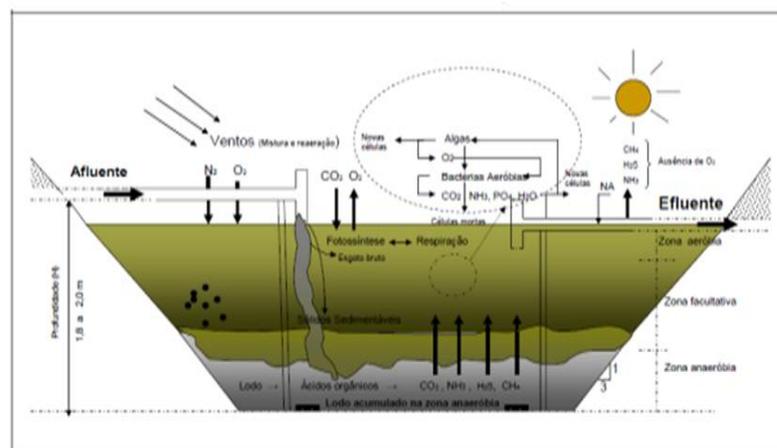
Fonte: VON SPERLING (2002).

b) Lagoa Facultativa

A lagoa facultativa é o tipo mais simples de lagoa de estabilização devido ao seu princípio de funcionamento onde ocorre o processo de degradação do esgoto de forma natural, dessa forma necessitando de um grande tempo de detenção, conseqüentemente requerendo uma grande área para que esses processos de degradação aconteçam (VON SPERLING, 2002).

Esse tipo de lagoa apresenta três zonas denominadas de zona aeróbia, zona anaeróbia e zona facultativa, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Esquema ilustrativo de uma lagoa facultativa.



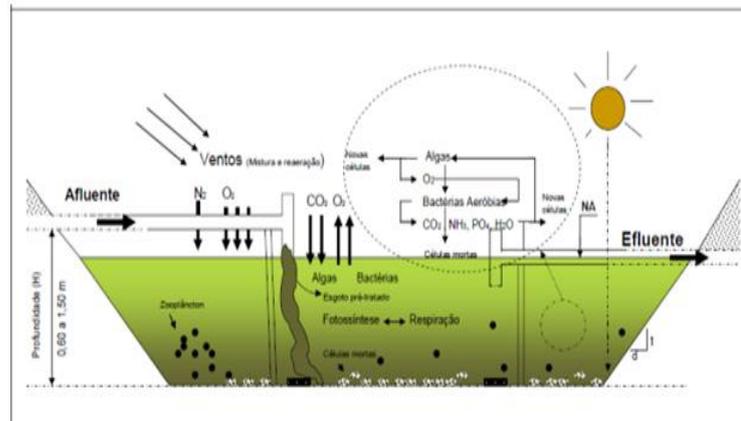
Fonte: VON SPERLING (2002).

c) Lagoa de Maturação

As lagoas de maturação, também conhecidas como lagoas de alta taxa, são projetadas principalmente para realizar a remoção dos microrganismos indesejáveis presentes no efluente, este tipo de lagoa possui a capacidade de polir o efluente de qualquer sistema de tratamento de esgoto. Além de eficiente, a lagoa de maturação é um método de desinfecção econômico. Este tipo de lagoa é muito eficiente, principalmente quando o projetista consegue aproximar o regime da lagoa ao fluxo em pistão (VON SPERLING, 2002).

A região do semiárido nordestino devido a sua característica de temperatura alta, níveis de insolação elevados e grande disponibilidade de terra, torna-se chamativa ao uso da lagoa de maturação para realizar polimento dos efluentes oriundos de outras etapas do tratamento de esgoto. Na Figura 7 encontra-se ilustrada uma lagoa de maturação.

Figura 7 - Esquema ilustrativo de uma lagoa de Maturação.



Fonte: VON SPERLING (2002).

III) Filtro Anaeróbio

É um reator cuja matéria orgânica é estabilizada através de microrganismos que se desenvolvem e ficam retidos nos espaços ou aderidos ao meio suporte que constitui o leito fixo (geralmente pedras ou material plástico), através do qual os esgotos fluem. São, portanto, reatores com fluxo através do lodo ativo e com biomassa aderida, ou retida no leito fixo.

Os filtros anaeróbios podem ser de fluxo ascendente ou descendente. No caso de fluxo ascendente, o leito é submerso, no caso de fluxo descendente, podem

trabalhar submersos ou não ([www.copasa](http://www.copasa.com.br)). Na Figura 8 podemos observar a ilustração de um reator de filtro anaeróbio.

Figura 8 - Ilustração de um filtro anaeróbio.



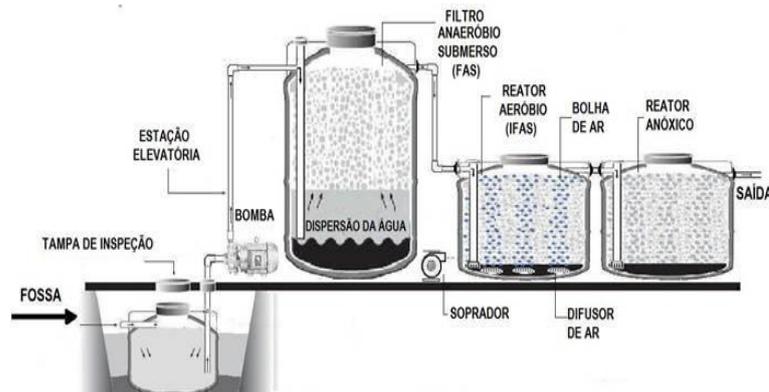
Fonte: [www.facis](http://www.facis.com.br)

IV) Reator Aeróbio com Biofilme

A matéria orgânica é estabilizada por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (usualmente pedras ou material plástico). Há sistemas nos quais a aplicação de esgotos se dá na superfície, sendo o fluxo de esgoto descendente e havendo a necessidade de decantação secundária; há também sistemas submersos com introdução de oxigênio, com fluxo de ar ascendente, e fluxo de esgoto ascendente ou descendente ([www.copasa](http://www.copasa.com.br)).

Na Figura 9 encontra-se ilustrado um reator de filtro aeróbio com biofilme.

Figura 9 - Ilustração de um reator aeróbio com biofilme.



Fonte: [www.naturaltec](http://www.naturaltec.com.br)

V) Filtro Biológico Percolador

A matéria orgânica é estabilizada por via aeróbia, por meio de microrganismos que crescem aderidas ao meio de suporte, que geralmente é constituído por pedras, ripas, material plástico, que favorece o escoamento do esgoto. Usualmente é aplicado por meio de braços giratórios. O fluxo contínuo do esgoto, em direção ao fundo do tanque, permite o crescimento bacteriano na superfície do meio suporte, possibilitando a formação de uma camada biológica, denominada biofilme. O contato do esgoto com a camada biológica possibilita a degradação da matéria orgânica (www.aguatratamento.com.br). A aeração desse sistema é natural, ocorrendo nos espaços vazios entre os constituintes do meio suporte, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10– Ilustração de um filtro biológico na ETE, em Peixinhos – PE.



Fonte: www.revistae

VI) Lodo Ativado

O processo de lodo ativado foi desenvolvido na Inglaterra, em 1914, conforme Arden e Lockett *apud* Metcalf e Eddy (1991). É um sistema, geralmente, composto por um reator ou tanque de aeração, um tanque de decantação e recirculação do lodo.

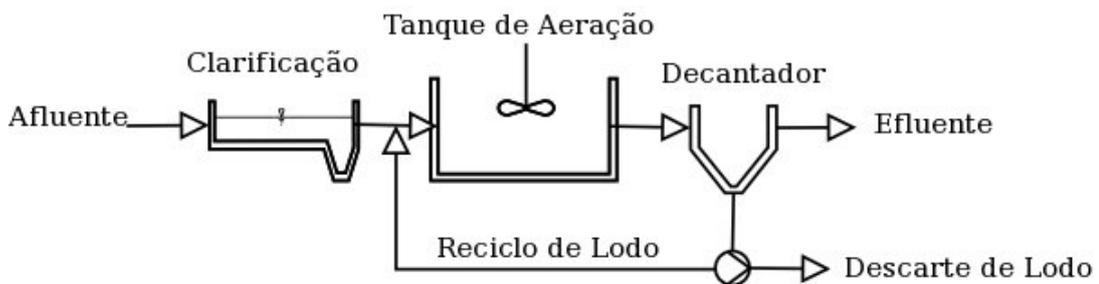
O esgoto passa pelo reator, na qual ocorre a remoção da matéria orgânica e em seguida pelo decantador, de onde sai com uma turbidez mais baixa após a sedimentação dos sólidos que formam o lodo do fundo. Este é formado por bactérias

ainda ávidas por matéria orgânica que são enviadas novamente para o reator (recirculação do lodo) (RAMOS, 2004).

Com isso há um aumento da concentração em suspensão no tanque de aeração, para ser ter uma ideia, esta é mais de 10 vezes maior que a de uma lagoa aerada de mistura completa sem recirculação. Porém, uma taxa equivalente ao crescimento das bactérias em suspensão no tanque de aeração é mais de 10 vezes maior que a lagoa aerada de mistura completa sem recirculação. Sabendo-se disso, uma taxa equivalente ao crescimento das bactérias (lodo biológico excedente) deve ser retirada, pois se fosse permitido que as bactérias se reproduzissem continuamente, alguns problemas poderiam ocorrer.

A presença da biomassa no efluente final devido à dificuldade de sedimentar em um decantador secundário sobrecarregado e a dificuldade de transferência de oxigênio para todas as células do reator são exemplos destes. Na Figura 11 temos uma ilustração do processo de tratamento de esgoto por lodo ativado.

Figura 11 - Processo de tratamento por lodo ativado.



Fonte: www.c2o.pro

2.9 REUSO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS

2.9.1 Sensibilização Sobre a Prática do Reuso

A água é um recurso natural finito e indispensável à vida no Planeta Terra. É dotada de enorme valor econômico, social e ambiental, fundamental à sobrevivência do homem e dos ecossistemas no nosso planeta. Devido ao uso indiscriminado aliado ao aumento da demanda desse recurso, tornou-se um problema que requer atenção e estudo. Tanto os recursos hídricos superficiais, como os subterrâneos, em escala global, mostram uma redução do nível destes, atrelado às atividades antrópicas

desenvolvidas nas bacias hidrográficas, alterando esse recurso bastante valioso, em termos de quantidade, bem como de qualidade.

A escassez de água não pode ser apenas relacionada a determinadas regiões. Muitas regiões com recursos hídricos em abundância são insuficientes de atenderem suas demandas, pelo fato das mesmas serem bastante elevadas, também é possível perceber diante do cenário, restrições de consumo e conflitos de uso, o que vem afetando o desenvolvimento socioeconômico.

O uso do esgoto previamente tratado é uma das formas de realizar o reuso da água. O reuso da água é caracterizado e classificado quanto à fonte residual, quanto ao processo de tratamento aplicado e a qualidade final para aproveitamento das águas residuais (PIO *et al.*, 2005).

2.9.2 Histórico do Reuso no Brasil

No cenário nacional, as práticas e políticas voltadas ao reuso de águas, vem em progressão, rompendo fronteiras, a partir da promulgação da Lei n. 9433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, como também, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

O mais atual projeto de Lei que se refere ao reuso da água é a Lei n. 5296/05, art.10, inciso 3º, que institui as diretrizes voltadas a Política Nacional de Saneamento Básico, bem como, os serviços públicos de saneamento (BRASIL, 2005). O que se torna facilmente perceptível, o progresso de um modo geral quanto à regulamentação de prática do reuso no Brasil, ressaltando que a prática do reuso é milenar, e que já é adotada em vários países, principalmente os do Oriente Médio, onde apenas distinguem-se um do outro, na localização geográfica e características socioeconômicas.

Mesmo sabendo que o reuso de esgotos tratados para diversas finalidades é uma prática bastante antiga, a mesma não deixa de ser moderna, tendo em vista, que tal prática, ganha cada vez mais progresso e avanço, sem esquecer, que é uma importante alternativa para o desenvolvimento sustentável. A problemática enfrentada no passado se dava ao fato, dos esgotos não serem tratados de maneira correta, o que conferia ao cenário, riscos à saúde pública.

Lavrador Filho (1987), mencionado em diversas monografias e teses, descreve algumas alternativas de reciclagem da água, a saber:

- Reuso indireto não planejado: Ocorre quando a água utilizada é lançada ao meio ambiente, a fim de ser diluída, e reutilizada a jusante de maneira não intencional.
- Reuso indireto planejado: Ocorre quando os efluentes, depois de serem tratados, são lançados de forma planejada nos cursos de água, para ser reutilizada a jusante, de modo intencional e controlada, visando sempre o uso benéfico.
- Reuso direto planejado: Ocorre quando os efluentes, depois de serem tratados, são lançados diretamente ao local de reuso.

2.9.3 Legislação Vigente Sobre Reuso no Cenário Nacional

A Lei n. 9433/97 (PNRH) estabelece entre seus objetivos, assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões compatíveis em seus respectivos usos.

O Brasil não tem uma legislação específica regulando a utilização de esgotos tratados para diversos fins. Recentemente o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através da resolução de n. 54, estabeleceu critérios de forma geral para reuso direto não potável da água, abrangendo o reuso para diversos fins, tais como: ambientais, urbanos, aquicultura, doméstico, agrícola e determinados parâmetros específicos para cada atividade. O lançamento de efluentes tratados deve estar de acordo com a resolução CONAMA n.430/2011, a qual dispõe condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes, alterando de forma parcial, bem como complementando a resolução CONAMA n. 357/2005.

Segundo esta resolução, efluentes que atenderem a classe 2, estabelecido pelo órgão regulamentador, poderá ser reutilizada para alguns fins. Para chegar às recomendações para uso planejado do efluente é necessário adequar as características do efluente aos padrões de qualidade compatíveis às atividades que venham a ser desenvolvidas, que é feito através de operações e processos unitários de tratamento, a fim de remover contaminantes presentes nesses efluentes (SANTOS, 2014).

Na Tabela 1 estão descritos os padrões para lançamentos de efluentes, de acordo com a resolução CONAMA n. 430/2011.

Tabela 1 – Padrões de lançamentos de efluentes.

PARÂMETROS	VALORES MÁXIMOS (mg.L⁻¹)
Arsênio Total	0,5
Bário total	5,0
Boro total (não se aplica para lançamento em águas salinas)	5,0
Cádmio Total	0,2
Chumbo Total	0,5
Cianeto Total 1,0 mg.L ⁻¹ CN	1,0
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2
Cobre dissolvido	1,0
Cromo Hexavalente	0,1
Cromo Trivalente	1,0
Estanho Total	4,0
Ferro dissolvido	15,0
Fluoreto Total	10,0
Manganês dissolvido	1,0
Mercúrio total	0,01
Níquel total	2,0
Nitrogênio amoniacal total	20,0
Prata total	0,1
Selênio Total	0,3
Sulfeto	1,0
Zinco Total	5,0
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS (mg.L⁻¹)
Benzeno	1,2
Clorofórmio	1,0
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0
Estireno	0,07
Etil benzeno	0,84
Fenóis totais (substância que reage com 4-aminoantipirina)	0,5
Tetracloroeto de carbono	1,0
Tolueno	1,2
Xileno	1,6
Tricloroetano	1,0

Fonte: CONAMA 430/11.

2.9.4 Reflexo das Experiências de Reuso em Alguns Países

I) Tunísia

A prática do reuso na Tunísia apresenta-se como prioritário no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos em função da poluição e escassez de água. Este país é um dos poucos do mediterrâneo a ter uma política federal de reuso em plena atividade. O reuso de águas residuais é regulamentado por leis e por um decreto que prevê uma estrutura hierárquica legal e proíbe sua utilização para irrigação de qualquer cultura alimentícia, além de definir parâmetros de qualidade das águas de reuso, cujo objetivo principal é evitar a proliferação de vetores de doenças (BAHRI, 1998).

II) Israel

Este país foi o primeiro a reutilizar a água de esgoto para fins agrícolas, seguido por Tunísia, Chipre e Jordânia (ANGELAKIS e BONTOUX, 1999). No país estão sendo reciclados cerca de 75% do volume de águas das redes de esgotos urbanos. O projeto da região de Dan objetiva a possibilidade de converter o deserto de Negev em uma área produtiva e fértil para a agricultura e outros fins, através de aproveitamento de esgotos.

A reciclagem dessas águas no Oriente Médio, a custo relativamente baixo, possibilitando adiar os grandes investimentos que seriam voltados à dessalinização da água do mar, é considerado como último recurso de água disponível em Israel. Os esgotos são tratados para irrigar lavouras e jardins públicos, além de revitalizar rios (VOMERO *et al.*, 2000).

III) África do Sul

Devido à problemática da escassez de água, esse país tem bastante interesse na reutilização de esgotos. O país considera as águas provenientes do reuso, como um recurso extra para suprir as necessidades de sua população (ODENDAALET *et al.*, 1998). Em Porto Elisabeth, diariamente, cerca de 93000 m³ de esgotos são destinados ao reuso, sendo previamente tratados em sistemas de lodos ativados, é importante ressaltar que a água de reuso não é destinada ao consumo, todavia, até o ano de

2020 a taxa de água potável obtida a partir de esgotos tratados, chegará a aproximadamente 30% (LEWIN *et al.*, 2002).

IV) Chipre

Na ilha de Chipre, em 2001, cerca de 16 milhões de m³ de esgotos tratados estavam sendo reutilizados, principalmente na cidade de Nicósia, capital do Chipre. As demandas industriais e domésticas são prioritárias frente ao uso agrícola na região. A prática do reuso para fins agrícolas está crescendo progressivamente, o que motivou a reciclagem de aproximadamente 11 milhões de m³ por ano no setor agrícola, a fim de liberar volumes de águas de fontes convencionais para uso doméstico e industrial, na qual requer uma água de melhor qualidade, o que torna o esgoto tratado como principal fonte de abastecimento para agricultura no futuro (AEMA, 2001).

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

3.1 SISTEMA EXPERIMENTAL

O sistema experimental para recepção do esgoto descartado é constituído por um reservatório de PVC com volume de 1000 litros (Figura 12), onde está sendo lançado esgoto advindo do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no Bloco C.

Figura 12- Sistema experimental para recepção do esgoto descartado.



Fonte: Próprio (2014).

3.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS COLETAS

As etapas de coletas e análises foram executadas nos meses de setembro a outubro de 2014, onde foram feitas leituras acerca das características físicas, químicas e microbiológicas do esgoto lançado no Bloco C/CCT/UEPB.

As coletas foram iniciadas no dia 04 de setembro de 2014 pela manhã, utilizando-se recipiente de vidro de cor âmbar de 1 litro, previamente esterilizado, para que não ocorressem interferências externas nos futuros resultados. Em seguida, levou-se a amostra de esgoto coletada, para o laboratório de Saneamento Ambiental, localizado no CCT da UEPB, para assim realizar a análise do pH do esgoto descartado.

As análises físico-químicas foram desenvolvidas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES), a saber: Nitrito, Nitrato, DQO, Alcalinidade, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Orto-Fosfato. No período de

setembro a outubro de 2014, foram realizadas três análises de cada parâmetro (triplicata). A amostra era coletada no período da manhã e à tarde, para o procedimento das análises que eram realizadas no mesmo dia, ou seja, toda quinta-feira, porém os outros dias da semana eram destinados para preparo dos materiais e reagentes.

A análise de DBO foi feita no laboratório de Controle de Qualidade do CTCC/SENAI, tendo em vista que o mesmo não era realizado na EXTRABES. Foi coletada a amostra pela manhã em recipiente âmbar (recipientes de 1 litro cada), para a análise que teve a duração de cinco dias.

A análise microbiológica foi realizada parte no laboratório de Saneamento Ambiental da UEPB, e parte na EXTRABES. O recipiente da amostra era previamente esterilizado, juntos com os tubos de ensaio para o procedimento da análise, a fim de eliminar os microrganismos ali que possam a vir existir. A coleta da amostra era sempre feita pela manhã e a análise realizada logo em seguida, para que os meios externos não pudessem a vir causar interferências no resultado final.

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As análises físico-químicas foram realizadas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES), localizada no bairro do tambor, com coordenadas geográficas de 7° 13' S e 35° 54' W; no Laboratório de Controle de Qualidade do CTCC/SENAI, e no Laboratório de Saneamento Ambiental da UEPB, ambos situados no bairro de Bodocongó, município de Campina Grande. Foram analisados os parâmetros: Nitrito, Nitrato, DQO, DBO, Alcalinidade, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Orto-Fosfato. No período de setembro a outubro de 2014, foram realizadas três análises de cada parâmetro. A amostra era coletada no período da manhã e à tarde, para o procedimento das análises que eram realizadas no mesmo dia, conforme sistematização das coletas citadas anteriormente.

As análises foram realizadas obedecendo aos cuidados e técnicas apropriadas de acordo com o *Standard Methods*, e o Manual de Análises Físico-químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (2001), bem como no Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltados para análises de água, esgoto sanitário e industrial (2004). As mesmas são descritas a seguir.

3.3.1 Potencial Hidrogênionico (pH)

O pH deve ser lido após a coleta, no máximo em duas horas, período em que a amostra deve estar no escuro sob refrigeração. Para começar o procedimento, a amostra deve estar termicamente em equilíbrio com o ambiente.

A determinação do pH foi feita por um método instrumental, onde primeiramente ligou-se o aparelho, lavaram-se os eletrodos com água destilada enxugando-os com papel absorvente. Em seguida calibrou-se o aparelho com as soluções padrões (pH 4, 7 ou 9), novamente os eletrodos foram lavados, repetindo o mesmo procedimento, enxugando-os e finalmente os eletrodos são introduzidos na amostra a ser examinada e foi feita a leitura. Vale salientar que no final do procedimento os eletrodos devem ser lavados, enxugando-os e os colocando imerso em água destilada.

3.3.2 Alcalinidade

Baseia-se no Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais (2004) voltados para análises de água, esgoto sanitário e industrial. Inicialmente homogeneizou-se o frasco contendo o esgoto coletado, em seguida pipetou-se 100 mL da amostra, e colocou-se em um Becker de 250 mL, para depois acomodar o Becker em um agitador magnético.

Introduziu-se o eletrodo do pHmêtro, previamente calibrado, no conteúdo do Becker, e ligou-se a agitação, em seguida encheu-se uma bureta de 50 mL com ácido sulfúrico a 0,02 N e acoplou-se junto ao Becker e eletrodo, aguardou-se a estabilização do valor do pH original da amostra.

A titulação foi iniciada, vagarosamente, até atingir um pH de 8,3 e anotou-se o volume gasto de ácido sulfúrico (V_1), logo após prosseguiu-se a titulação até um pH de 4,5 e anotou-se o volume gasto de ácido sulfúrico (V_2).

Para o cálculo, utilizou-se a Equação (1):

$$\text{Alcalinidade Total} = \text{mg} \frac{(\text{CaCO}_3)}{\text{L}} = \frac{(\text{NH}_2\text{SO}_4) \times (V_1 - V_2) \times (50000)}{\text{vol. amostra}} \quad (1)$$

Em que:

NH_2SO_4 : Normalidade do ácido sulfúrico.

$V_1H_2SO_4$: Volume gasto de ácido sulfúrico, titulando até um pH de 8,3.

3.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Quando se deseja medir a quantidade de matéria orgânica no esgoto, determina-se a DBO, esta é diretamente proporcional ao grau de poluição do esgoto. Baseado na NBR 12614: 1992, a análise foi realizada utilizando o método de Incubação com diluição. Inicialmente, foi analisado se o pH da amostra compreendia uma faixa de 6,5 a 7,5, caso contrário ajustou-se para tal (adiciona-se uma base ou um ácido), em seguida, foram preparadas quatro diluições adequadas da amostra, em provetas de 1000 mL, enchendo-as com água de diluição sem semente. Logo após, acrescentou-se o volume de amostra correspondente, para assim obterem-se as diluições, completou-se até 1000 mL com água de diluição, homogeneizando sem formação de bolhas de ar. Podemos destacar uma sugestão prática para a determinação das diluições adequadas:

$$P_3 = \frac{500}{DQO da amostra}; V_3 = 10P_3$$

$$P_4 = 2P_3; V_4 = 10P_4$$

$$P_2 = \frac{P_3}{P_2}; V_2 = 10P_2$$

$$P_1 = \frac{P_3}{P_4}; V_1 = 10P_1$$

Em que:

P_1, P_2, P_3 e P_4 são as percentagens de amostras da primeira à quarta proveta, respectivamente.

V_1, V_2, V_3 e V_4 são os volumes de amostras da primeira à quarta proveta, respectivamente.

Transferiu-se, por sifonação, a amostra diluída de cada proveta para dois frascos de DBO, até transbordar. Em seguida, tampou-se cuidadosamente sem deixar com bolhas de ar no interior deles, obtêm-se então, duas séries iguais com diluição da amostra.

Alternativamente, é aconselhável preparar as diluições diretamente em frascos de DBO aferidos, efetuando a correção de volume no cálculo final, para os cálculos matemáticos utiliza-se a Equação (2):

$$DBO = (OD_i - OD_5)d \quad (2)$$

Em que:

OD_i: Oxigênio dissolvido inicial em mg.L⁻¹, determinado antes da incubação.

OD₅: Oxigênio dissolvido em mg.L⁻¹, determinado após cinco dias de incubação à 20°C.

Sendo:

$$D = \frac{\text{Volume do frasco de DBO, em mL}}{\text{Volume da amostra utilizado, em mL}} \quad (3)$$

Após 15 minutos, determinou-se a concentração de oxigênio dissolvido (OD₁) em um das séries de frascos. Logo após incubou-se a outra série de frascos por duas horas no escuro, a fim de determinar a concentração de oxigênio dissolvido (OD₅).

Por fim, efetuou-se o controle da água de diluição sem semente, os frascos de DBO foram cheios e mediu-se a concentração de oxigênio dissolvido em um deles e a do outro após cinco dias de incubação.

3.3.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Misturou-se a amostra de esgoto coletada no frasco de coleta, previamente esterilizado, em seguida retiraram-se 200 mL em um Becker de 250 mL, logo após homogeneizou-se a amostra com um agitador térmico. Em um balão de fundo chato (500 mL), colocou-se 1 g de sulfato de mercúrio (Hg₂SO₄) e uma porção de pérolas de vidro, em seguida com auxílio do *dispenser*, foram adicionados 25 mL de solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) a 0,25 N, no balão volumétrico. Com o auxílio da pipeta, foram transferidos 50 mL de amostra para o balão volumétrico e misturou-se (vale salientar que amostras com DQO superior a 300 mg.L⁻¹ precisam ser diluídas), em sequência adicionaram-se 50 mL de ácido sulfúrico e sulfato de prata com auxílio do *dispenser*, misturando-os. Posteriormente ao processo, conectou-se o balão no

condensador de refluxo, seguindo os mesmos procedimentos, fez-se a análise de uma prova em branco com água destilada. Finalmente deixou-se a amostra duas horas em refluxo, para em seguida retirar e adicionar, com uma proveta de 250 mL, 150 mL de água destilada. Esperou-se até a temperatura do conteúdo entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, para que fosse possível adicionar sulfato ferroso amoniacal (SFA) a 0,25 N em uma bureta de 50 mL, em seguida foram adicionadas cerca de 6 gotas de solução indicadora Ferroin no balão, titulou-se, com auxílio de um agitador térmico, até a viragem do verde azulado para o marrom, anotou-se o volume gasto. Para calcular a DQO, utilizou-se a Equação (4).

$$DQO = \frac{(A - B) \times NSFA \times 8000}{mL \text{ da amostra}} \quad (4)$$

Em que:

A: mL SFA gastos na titulação da prova em branco.

B: mL SFA gastos na titulação da solução de cada balão com amostra.

NSFA: Normalidade real do SFA.

OBS.: 8000 é o peso em mg de 1 equivalente grama de O₂.

3.3.5 Nitrato

Homogeneizou-se a amostra de esgoto coletada, em seguida, filtraram-se aproximadamente 50 mL da amostra em membrana de 0,45µm de porosidade e, coletaram-se 10 mL do filtrado para as cápsulas de porcelana. Acrescentou-se 1mL da solução de silicato de sódio a 0,5%, em seguida, levaram-se as cápsulas ao banho-maria quente (75-80°C), para uma evaporação completa, deixou-se resfriar a uma temperatura ambiente.

Logo após, acrescentaram-se 2 mL de ácido sulfúrico concentrado e deixou-se em repouso durante 10 minutos, depois, foram acrescentados, cuidadosamente, 15 mL de solução alcalina de tartarato duplo de sódio e potássio, deixando desenvolver a cor.

As cubetas foram transferidas, devidamente identificadas, para serem efetuadas as leituras das absorvâncias no espectrofotômetro a 420 nm. E por fim, as leituras foram transformadas em concentrações utilizando as curvas de calibração.

3.3.6 Nitrito

Primeiramente, a amostra deve ter no máximo de 1 a 2 dias, preservada a uma temperatura de 4°C, pois caso contrário irá ocorrer interferência no experimento.

Filtrou-se a amostra coletada, usando membrana filtração, cuja porosidade era de 0,45 µm. Caso haja necessidade, ajusta-se o pH do filtrado para que fique em um intervalo entre 5 e 9, com ácido clorídrico ou hidróxido de amônio, conforme a necessidade. Em seguida adicionaram-se 2mL do reagente colorimétrico no filtrado e misturou-se, a absorbância foi lida em equipamento a 543 nm entre 10 minutos e 2 horas após colocar o reagente colorimétrico.

3.3.7 Fósforo Total

Pesou-se 0,5 g de persulfato de potássio ($K_2S_2O_8$) em um frasco erlenmeyer de volume 125 mL. Em sequência pipetou-se 5mL da amostra de esgoto não filtrada, adicionaram-se 20 mL de água destilada e 1 gota de indicador fenolftaleína, caso apareça coloração rósea, característica do indicador em meio básico, adicionar a solução de digestão de ácido sulfúrico, até o desaparecimento da coloração rósea. Logo após agitou-se o frasco erlenmeyer cobrindo com papel laminado que foi levado para a autoclave por 30 minutos a uma temperatura entre 121 e 127°C.

Depois de retirar a amostra da autoclave, colocou-se uma gota de fenolftaleína, neutralizou-se com solução de hidróxido de sódio a 1 N, até o aparecimento da cor rósea e completou-se o volume até 50 mL com água destilada, utilizando-se um balão volumétrico. Verteu-se para o frasco erlenmeyer.

Adicionou-se à amostra digerida com persulfato 8mL, o reagente combinado (solução de ácido sulfúrico + solução de tartarato de antimônio e potássio + solução de molibdato de amônio + solução de ácido ascórbico). Finalmente fez a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 880 nm, esta leitura deve ser feita no intervalo de 10 a 30 minutos após a adição do reagente combinado.

3.3.8 Orto-Fosfato Solúvel

Filtrou-se a amostra de esgoto coletado em um filtro de fibra de vidro e, em membrana de filtração 0,45 µm. Em seguida foram medidos 5mL da amostra filtrada, diluídas inicialmente para 25 mL com água destilada. Adicionou-se uma gota do

indicador fenolftaleína, caso a amostra adquira coloração rósea (meio básico), neutraliza-se com ácido sulfúrico a 5N, gota a gota, até o completo desaparecimento da coloração, em sequência, completou-se com água destilada até 50 mL do balão volumétrico e despejou-se em um frasco erlenmeyer de 125 mL.

Adicionaram-se 8mL do reagente combinado (solução de ácido sulfúrico + solução de tartarato de antimônio e potássio + solução de molibdato de amônio + solução de ácido ascórbico), para finalmente ler a absorbância no espectrofotômetro a 880 nm, esta leitura deve ser feita entre 10 e 30 minutos após a adição do reagente combinado.

3.3.9 Coliformes Termotolerantes

Foram preparadas placas de Petri com o meio de cultura Agar MFC e colocou-se para refrigerar em uma geladeira, esterilizaram-se os frascos de coleta do esgoto da UEPB, bem como, as pipetas e tubos de ensaios que foram utilizadas na análise. No dia seguinte, ocorreu à análise propriamente dita, de início, lavou-se a bancada como solução de hipoclorito de sódio (água sanitária) e em seguida foram feitas as diluições. Três tubos de ensaio foram separados, esterilizados e identificados para acondicionar as três diluições, com auxílio da pipeta colocaram-se 9mL da água de diluição e 1 mL do esgoto bruto no primeiro tubo de ensaio e agitou-se para obter uma perfeita homogeneização, e assim foi obtida a primeira diluição, 10^{-1} . Para a segunda diluição, 10^{-2} , colocaram-se 9mL de água de diluição e 1 mL da diluição 10^{-1} no tubo de ensaio e novamente agitou-se para homogeneizar. Em seguida, repetiu-se o mesmo procedimento para a última diluição, 10^{-3} .

Depois de todas as diluições realizadas, lavou-se o filtro com água de diluição e em seguida retirou-se a parte superior para só assim proceder a flambagem da pinça e, com o auxílio da mesma, pegou-se a membrana filtrante para colocá-la na base do filtro com a face quadriculada voltada para cima, fechando o filtro, em seguida. Depois, realizou-se a lavagem da membrana com a água de diluição. Adicionaram-se à membrana 2mL da primeira diluição e realizou-se a filtragem a vácuo, ao término da filtragem, com o auxílio da pinça (flambada), transferiu-se a membrana para uma placa de Petri contendo o meio de cultura MFC para termotolerantes e LES para coliformes totais. Todo esse procedimento foi repetido para as outras diluições, no final, colocaram-se as placas de Petri contendo a membrana envolvida em um capucho de

algodão molhado, para que não houvesse troca de temperatura, devendo ficar todas incubadas durante 24 horas na estufa em uma temperatura de 44,5°C para as termotolerantes, e 35°C para coliformes totais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.1.1 pH

Na análise de pH, a média foi de 7,22. No caso das lagoas de estabilização certamente irá ocorrer um aumento de pH, haja vista, que o mesmo está atrelado à atividade das algas, na qual consomem o dióxido de carbono (CO_2) presente no efluente, utilizando para seu metabolismo vital, e libera radicais hidroxilas (OH^-), com isso elevando o pH. A elevação do pH também está atrelada às condições ambientais, ação dos ventos, sobrecarga orgânica e operacionalização das lagoas.

Segundo Palmeira (2014) o aumento da média de pH entre o esgoto bruto (pH 7,22) e a lagoa de estabilização (pH 8,08) é de 11,91% (Lagoa Facultativa-Lagoa de Maturação-Lagoa de Maturação). De acordo com Von Sperling (2002), o pH médio das lagoas de estabilização é de 8, apresentando caráter alcalino, o que se encontra em consonância aos padrões estabelecidos pela resolução vigente, a saber: CONAMA 430/2011, onde relata que para lançamentos de efluentes em corpos de água, deve estar entre 5 e 9.

4.1.2 Nitrogênio Amoniacal

A concentração média de nitrogênio amoniacal foi de $33,206 \text{ mg.L}^{-1}$, estando dentro da faixa prevista ($12\text{-}50 \text{ mg.L}^{-1}$), de acordo com Metcalf e Eddy (1991), caso seja utilizado um tratamento por lagoas de estabilização do tipo de uma lagoa facultativa seguida de duas de maturação. Segundo Júnior *et al.* (2000) haverá uma tendência de decaimento desta concentração, na ordem de 80%, em escala piloto. Já Silva *et al.* (2010), em um mesmo sistema (Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação), apresentou remoção de nitrogênio amoniacal da ordem de 57%. Palmeira (2014) apresentou uma remoção de 55% de nitrogênio amoniacal em um mesmo sistema.

A remoção de nitrogênio amoniacal no sistema de lagoas de estabilização está diretamente atrelada ao processo de assimilação do nitrogênio amoniacal pela biomassa das algas, bem como, ao processo de nitrificação e desnitrificação (pouco representativo) e ao processo de volatilização ($\text{pH} > 8$), sendo esse último considerado

por muitos autores, como principal mecanismo de remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização (JÚNIOR *et al.*, 2000), o que explica diferentes eficiências em um mesmo sistema.

Pode-se concluir que quanto ao lançamento em corpos hídricos, o efluente em questão, quando for submetido ao tratamento biológico por lagoas de estabilização, baseando-se nas eficiências de remoção, apresentará uma concentração final abaixo de 20,0 mg.L⁻¹, o que atende aos parâmetros exigidos pela resolução (CONAMA 430/11).

4.1.3 Nitrato

A concentração média de nitrato foi de 0,379 mg.L⁻¹, o que encontra-se dentro da faixa para esgoto doméstico que é de 0,10 – 0,40 mg/L, segundo (Jordão e Pessoa, 2005), o que a torna desprezível, quando comparada a outras formas de nitrogênio presentes no esgoto bruto. Caso seja utilizado um tratamento por lagoas de estabilização do tipo: Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação, em escala piloto; haverá uma tendência de decaimento desta concentração, devido à nitrificação em lagoas de estabilização, porém de modo desprezível (JÚNIOR *et al.*, 2000).

Atualmente não existe parâmetro mínimo de concentração de nitrito para lançamento em corpos hídricos, segundo a Resolução CONAMA 430 (2011).

4.1.4 Nitrito

A concentração média de nitrito foi de 0,023 mg.L⁻¹, o que encontra-se dentro da faixa para esgoto doméstico que é de 0,0 – 0,10 mg/L, segundo (Jordão e Pessoa, 2005), o que a torna desprezível, quando comparada a outras formas de nitrogênio presentes no esgoto bruto. No caso seja utilizado um tratamento por lagoas de estabilização (LF – LM – LM), em escala piloto, haverá uma tendência de decaimento desta concentração, devido à nitrificação em lagoas de estabilização, porém de modo desprezível (JÚNIOR *et al.*, 2000).

Atualmente não existe parâmetro mínimo de concentração de nitrito, para lançamento em corpos hídricos, segundo a Resolução CONAMA 430 (2011). Porém sabe-se que em concentrações altas (bem acima de 1 mg.L⁻¹) é bastante tóxico. (AYRES e WESTCOT, 1985).

4.1.5 Alcalinidade

A alcalinidade é dada por espécies químicas que de certa forma poderão contribuir para o tamponamento de processos biológicos no âmbito do tratamento de efluentes, ou seja, impede variações drásticas de pH.

A concentração média da alcalinidade do esgoto do CCT da UEPB foi de 342,45 mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$. A alcalinidade tende a diminuir no decorrer das lagoas de estabilização, tal fato pode ser explicado pela presença das algas nas lagoas, na qual assimilam os íons bicarbonatos (HCO_3^-), convertendo-os em dióxido de carbono (CO_2), utilizando para seu metabolismo vital e liberando radicais hidroxilas (OH^-) para o meio líquido. As lagoas de estabilização, do tipo Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação, apresentam uma eficiência média de redução da alcalinidade na ordem de 0,532%, baseado nos dados de Palmeira (2014).

Segunda a resolução CONAMA 430 (2011), não existe uma concentração mínima de alcalinidade para parâmetros de lançamentos de efluentes em corpos hídrico ou para a reutilização do efluente tratado.

4.1.6 Fósforo Total

A presença de fósforo sob forma de fosfatos nos esgotos está diretamente ligada a produtos de limpeza, principalmente detergentes, e em menor concentração à carnes e alimentos.

A concentração média de fósforo total no efluente foi de 7,26 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, o que está dentro da faixa estabelecida para esgoto bruto (6,5 – 9,0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), segundo Araújo (1993). No decorrer do tratamento biológico por lagoas de estabilização em escala piloto, do tipo LF – LM – LM (proposto), a concentração de fósforo total tende a diminuir, podendo ser constatado uma eficiência média de remoção da ordem de praticamente 0,0% (Júnior *et al.*, 2000). Silva *et al.* (2010) constataram uma eficiência média de remoção da ordem de praticamente 30%; já em estudos desenvolvidos por Palmeira (2014), a remoção de fósforo total foi de 33%, enquanto Von Sperling (2002) destacou que a remoção não ultrapassa 35%.

Tal fato pode ser explicado devido o fósforo constituir um dos principais nutrientes dos microrganismos aquáticos e plantas (SAWYER *et al.*, 1994). A principal forma de remoção de fósforo em lagoas de estabilização é a precipitação de fosfatos

em condições de elevado pH (JÚNIOR *et al.*, 2000), bem como a assimilação destes pela biomassa das algas presentes no sistema, o que explicam-se diferentes eficiências na remoção do fósforo total. Segunda a resolução CONAMA 430 (2011), não existe uma concentração mínima de fósforo total para parâmetros de lançamentos de efluentes em corpos hídricos ou a reutilização do efluente tratado. Vale salientar que se o fósforo for descarregado, continuamente, sem o devido tratamento biológico, poderá ocorrer um processo, conhecido por eutrofização.

4.1.7 Orto-Fosfato

A concentração média de orto-fosfato no esgoto da UEPB foi de 3,75 mg.L⁻¹, o que está dentro da faixa estabelecida para esgoto bruto (2,0 a 7,0 mg.L⁻¹), de acordo com Araújo (1993). Quando esse efluente for submetido a um processo de tratamento biológico por lagoas de estabilização em escala piloto, do tipo: Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação, irá ocorrer uma remoção média da ordem de 81% (SILVA *et al.*, 2010). Segundo os dados apresentados por Palmeira (2014), o sistema apresentou uma eficiência de 47,81%.

As algas assimilam o orto-fosfato solúvel e o incorporam a sua biomassa, pois a forma solúvel do fósforo (orto-fostato) compõe parte do material celular das algas (SILVA *et al.*, 2010). Para tanto, fatores como pH, carga orgânica aplicada e tempo de detenção hidráulica, influenciam na remoção de orto-fosfato, o que explicam-se as diferentes eficiências para um mesmo sistema.

4.1.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A concentração média da Demanda Química de Oxigênio foi 558,57 mg de O₂.L⁻¹, o que está dentro da faixa para esgoto bruto (400 – 1500 mg de O₂.L⁻¹), segundo SILVA e MARA (1979). No entanto, quando esse efluente for submetido a um processo de tratamento biológico por lagoas de estabilização em escala piloto, do tipo Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação, irá ocorrer uma remoção média da DQO da ordem de 35% (PALMEIRA, 2014). Segundo Sperling (2002), um sistema de lagoas de estabilização, apresenta uma remoção de 70% de DQO. Vale (2006), em um mesmo sistema (LF – LM – LM), apresentou uma remoção de 60 e 78%, no Sistema Santa Lola 1 e Sistema Beira – Rio, respectivamente.

A DQO expressa o quantitativo de matéria orgânica passível de bioestabilização, portanto, o tempo de detenção hidráulica e carga orgânica aplicada, bem como, incidência de luz e profundidade das lagoas de estabilização, influenciarão diretamente na eficiência de remoção da DQO, mesmo sendo um mesmo sistema de tratamento de efluente.

4.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A concentração média da Demanda Bioquímica de Oxigênio foi de 306,06 mg de $O_2.L^{-1}$, o que está dentro da faixa para esgoto bruto (200 – 750 mg de $O_2.L^{-1}$), segundo (Silva e Mara, 1979). No entanto, quando esse esgoto bruto for submetido a um processo de tratamento biológico por lagoas de estabilização em escala piloto do tipo: Lagoa facultativa – Lagoa de maturação – Lagoa de maturação, irá ocorrer uma remoção média da DBO da ordem de mais 80% (SPERLING, 2002). Segundo Vale (2006), a remoção de DBO, em sistema do tipo (LF – LM – LM), foi de 84% e 76%, Sistema Jardim Lola 1 e Sistema Beira Rio, respectivamente.

Segundo Trajano (1999), a remoção de DBO em lagoas de estabilização é proporcional à carga orgânica superficial aplicada, o tempo que o efluente permanece no reator biológico (TDH), em condições de temperatura e penetração de luz. O que explica diferentes eficiências de DBO para um mesmo sistema.

Pode-se concluir que quanto ao lançamento em corpos hídricos, o efluente em questão irá apresentar-se abaixo do limite máximo de concentração (120,0 mg de $O_2.L^{-1}$), ou remoção mínima de 60% (CONAMA 430/11).

4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

4.2.1 Coliformes Termotolerantes

A concentração média de coliformes termotolerantes foi de $2,76 \times 10^6$ UFC/100mL, o que está dentro da faixa estabelecida para esgoto bruto (10^6 – 10^9 UFC/100mL), segundo Bastos (2003). No entanto, quando o efluente em questão for submetido a um processo de tratamento biológico por lagoas de estabilização em escala piloto do tipo: Lagoa Facultativa – Lagoa de Maturação – Lagoa de Maturação, irá ocorrer um decaimento da concentração de coliformes da ordem de 99,9%

(SPERLING, 2002). Segundo Vale (2006), a eficiência de remoção de coliformes em um mesmo sistema, foi da ordem de 99,999%.

É possível perceber, que quanto maior o número de lagoas de maturação em série, maior será a eficiência do tratamento em relação ao decaimento de grupo de coliformes, cujo principal objetivo dessas últimas lagoas é a remoção de microrganismos patogênicos (SPERLING, 2002).

A eficiência na remoção de coliformes termotolerantes em lagoas de estabilização, está diretamente ligada a fatores como: temperatura; tempo de detenção hidráulica; direção e velocidades dos ventos; incidência de luz; atividade algal.

Na Tabela 2 estão descritas as diretrizes estabelecidas pela OMS (2006) para esgotos tratados na irrigação.

Tabela 2 – Diretrizes estabelecidas pela OMS (2006).

DIRETRIZES			QUALIDADE EFLUENTE
CATEGORIA IRRIGAÇÃO	OPÇÃO ¹	TRATAMENTO DE ESGOTOS E REMOÇÃO DE PATÓGENOS (log ₁₀)	E.COLI 100mL ⁻¹
Irrestrita	A	4	≤10 ³
	B	3	≤10 ⁴
	C	2	≤10 ⁵
	D	4	≤10 ⁶
	E	6 ou 7	≤10 ¹ ou 10 ⁰
Restrita	F	4	≤10 ⁴
	G	3	≤10 ⁵
	H	<1	≤10 ⁶

Fonte: WHO (2006).

Pode-se concluir que quanto ao lançamento em corpos hídricos, o efluente em questão irá apresentar-se abaixo do limite máximo de concentração, seguindo as

¹(A): Cultivo de raízes e tubérculos; (B): Cultivo de folhosas; (C): Irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D): Irrigação das plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; (F): Agricultura de baixo Nível tecnológico e mão de obra intensa; (G): Agricultura de alto nível tecnológico e, altamente mecanizada; (H): técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patogênico (por exemplo: Tanque séptico ou reator UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação.

diretrizes propostas da OMS (2006), onde relata que para agricultura restrita, o valor para coliformes é de 1×10^4 UFC/100 mL e para agricultura irrestrita, o valor deve ser de no máximo 1×10^3 UFC/100mL.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS

Os resíduos líquidos provenientes do bloco C do Centro de Ciências e Tecnologia da UEPB, após análises físico-química e microbiológica, se assemelharam as características de um esgoto doméstico bruto. Portanto será proposto um tratamento para tal, a fim de reusá-lo na própria Universidade para fins não potáveis, onde merece destaque: Lavagem de piso e rega de jardins.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos valores médios encontrados nas análises realizadas e os valores de referência do CONAMA 430/11.

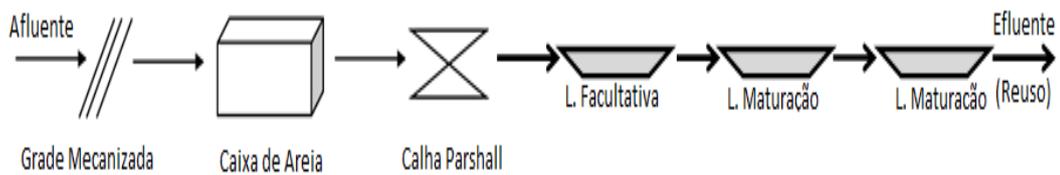
Tabela 3 – Média dos parâmetros analisados.

PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES MÉDIOS ENCONTRADOS	VALORES DE REFERÊNCIA DO CONAMA 430/11
pH	7,22	Entre 5 e 9
Alcalinidade	342,45 mg de CaCO ₃ /L	-
DBO	306,06 mg de O ₂ /L	120 mg de O ₂ /L
DQO	558,57 mg de O ₂ /L	-
Nitrito	0,023 mg/L	-
Nitrogênio Amoniacal	33,206 mg/L	20 mg/L
Fósforo Total	7,26 mg/L	-
Ortofosfato Solúvel	3,75 mg/L	-
Coliformes Termotolerantes	$2,76 \times 10^6$ UFC/100 mL	10^4 ou 10^3 UFC/100 mL

4.4 FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO PROPOSTO

A Figura 13 ilustra, esquematicamente, o fluxograma do todo tratamento proposto para o esgoto do bloco C da UEPB, desde o tratamento preliminar, sistemas de lagoas de estabilização (Lagoa Facultativa seguida de duas de Maturação, em escala piloto), para a reutilização do efluente tratado na própria Universidade (UEPB), pelo fato de ser um processo de tratamento eficaz, de baixo custo de operação, simplicidade e que não requer demanda de energia elétrica

Figura 13- Fluxograma do tratamento proposto.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados obtidos, pode-se observar que o esgoto da UEPB em estudo, assemelha-se as mesmas características de um esgoto bruto doméstico.

Mediante a caracterização do esgoto bruto da UEPB, propõe-se o sistema de tratamento biológico por Lagoas de Estabilização do tipo: Lagoa Facultativa, seguida de duas Lagoas de Maturação (em escala piloto), por ser um processo de tratamento de esgoto mais simples que se tem conhecimento e não requer demanda de energia elétrica.

Portanto, podemos afirmar através de dados coletados que o tratamento do esgoto proposto, com características domésticas, certamente apresentará êxito nos resultados obtidos (remoções). Sendo influenciada pelas condições climáticas do semiárido, que favorecem consideravelmente o sistema proposto, no que diz respeito, a velocidade de degradação da matéria orgânica carbonácea, como também a remoção destas.

Um esgoto devidamente tratado a ponto de ser devolvido aos rios e aquíferos é suficiente limpo para ser reutilizado em atividades como: Lavagem de pisos, descargas de vasos sanitários, sendo perfeitamente aplicável na instituição da UEPB, bem como na rega de parques e aplicações de cunho industrial.

Concluimos que é possível desenvolver sistemas de reuso na própria UEPB, desde que haja comprometimento, tanto das autoridades competentes, como dos profissionais encarregados, uma vez que se deseja tratar e reutilizar o efluente em estudo de forma ambientalmente correta e dentro de padrões estabelecidos pela legislação vigente, contribuindo de forma direta para UEPB, para as pessoas que dela usufrui, bem como o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AEMA. **Sustainable Water Use in Europe**. Part 2: Demand management. n. 19. Environmental Issue Report. European Environment Agency, 2001.
- ANGEKALIS, A. N. M.; DO MONTE, M. H. F.; BONTUOX, L.; ASANO T. **The Status of Waste Water Reuse Practice in the Mediterranean Basin Need for Guidelines**. Water Resources, Bethesda, v. 33, p. 2201 – 2217, 1999.
- AQUINO, D. S. **Avaliação Eco Toxicológica de Esgotos de Redes Coletoras de um Campus Universitário e da Área Urbana da Cidade de Viçosa – MG e sua Influência na Qualidade dos Corpos Receptores**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 46 p., 2013.
- ARAÚJO, A. L. C. **Comportamento de Formas de Fósforo em Sistemas de Lagoas de Estabilização, em Escala Piloto, sob Diferentes Configurações, Tratando o Esgoto Doméstico**. Campina Grande, 1993. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campus 2, 1993.
- ARAÚJO, R. **O Esgoto Sanitário - A origem**. 2011. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/R10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=1183>. Acesso em: 9 de out. de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: **Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: Moderna, 5 p., 1986.
- ATHAYDE JÚNIOR, G. B. **Estudo de Espécies de fósforo e nitrogênio em lagoas de estabilização**. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campina Grande - PB. Artigo. Porto Alegre - RS: ABES, p. 1 – 8, 2000.
- AYRES, R. S., WESTCOD, D. **Water Quality for Agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Irrigation and Drainage Paper Number 29.1985.
- BAHRI, A. **Water Reclamation and Reuse Criteria**. In: ASANO, Takashi. Water quality management library – Volume 10/ Wasterwater reclamation and reuse. Pennsylvania, USA: Technomic Publication, 1998.
- BARBOSA, R. A.; SANTOS, W. B. **Projeto de Tratamento de Esgoto Doméstico**. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 75 p.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental – O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Editora Pearson Prentice Hall.v2ª ed., 318 p. São Paulo, SP, 2005.
- BRASIL. Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília - DF: (CONAMA 020).

BRASIL. **Constituição (1988)**. Lei n. 225, de 05 de outubro de 1988. Meio Ambiente.

BRASIL. Constituição (1997). Lei n. 9433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n.54, de 28 de Novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável da água. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 430 de 11 de maio de 2011**.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento**. 3 ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n.430 de 13 de Maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a resolução n. 357, de 17 de março de 2005.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Série Escola Piloto de Engenharia Química COPPE/UFRJ, E-papers Serviços Editoriais Ltda., v. 5, 360 p., 2008.

FORERO, R. S. **Lagunas de Estabilización y Otros Sistemas Simplificados para Eltratamiento de Aguas Residuales**. 2ª ed. Lima: CEPIS, 1985.

GARCEZ, L. N. **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltados para Análises de Água, Esgoto Sanitário e Industrial**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 105 p., 2004.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios e Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 7, n.4, out/dez 2002, p.75-85.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, A. C. **Tratamento de Esgotos Domésticos, Concepções Clássicas de Tratamento de Esgotos**. 2ª edição. CETESB, São Paulo, 1995, 544p.

LAVRADOR FILHO, J. F. **Contribuição para o Entendimento de Reuso Planejado da Água e Algumas Considerações sobre suas Possibilidades no Brasil**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica de São Paulo da USP. São Paulo, 1987.

LEWIN, M. **Enhancing and Maintaining Water Quality for Metropolises.Commission´s Report**. World Association of the Major Metropolises, 2002.

MANUAL DE SANEAMENTO - FUNASA: **Engenharia de Saúde Pública - Orientações Técnicas**. 3ª ed. Brasília - DF: Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde, 2004. 407 p.

METCALF e EDDY. **Wasterwater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse**. 3rd Edition. McGraw-Hill.1991

NABAK, G. L. S. **Processo de Tratamento de Esgoto**. Poços de Caldas - MG. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Campus de Poços de Caldas, 2009.

NUNES, R. **Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://recursos-rui.blogspot.com.br>>. Acesso em: 10 de out. de 2014.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. Editora Edgard Blücher: São Paulo, 2003.

ODENDAAL, P. E. **Wastewater Reuse in South Africa. Wastewater Reclamation and Reuse**. T. Asano (Ed.), Water Quality Management Library, v.10, Technomics Publishing, 1998.

PALMEIRA, G. F. **Tratamento Conjugado de Esgoto Doméstico e Lixiviado de Aterro Sanitário em Lagoas de Estabilização**. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Química, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 44 p., 2014.

PIO, A. A. B; DOMINGUES, A. F; SARROUF, L; JÚNIOR, U. G. **Conservação e Reuso de Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 152p., 2005.

RAMOS, A. G. **Sistemas de gestão ambiental em estações de tratamento de esgotos: O caso da ETE Remédios**. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 148 p. 2004.

RIBEIRO, J. Í. C. **Proposta de Implantação de um Sistema de Lagoas de Estabilização Conjugadas no Tratamento de Esgoto para Fins de Reuso em Aquicultura e Agricultura na Cidade de Tavares - PB**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 69 p., 2014.

SALEH, B. B. **Tratamento de Efluentes**. Curso de Gestão Ambiental e tecnólogo em saneamento. Instituto Federal Goiano Campus de Rio Verde – GO, 2009.

SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. **Apostila: Operador de Estação de Tratamento de Água e Esgoto**. Disponível em: <www.samaecaxias.com.br>. Acesso em: 08 de out. de 2014.

SANTOS, E. A. **Reuso de efluentes de filtros intermitentes tratando águas residuárias para produzir tomate e cereja**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 42 p., 2014.

SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering**. 4th edition. Mc Graw – Hill. 1994.

SILVA, G. H. **Sistemas de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – Estudo de caso na lagoa da Conceição**. Monografia. Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2004.

SILVA, L. K. T. **Avaliação preliminar da eficiência de remoção de nutrientes, em três sistemas de lagoas de estabilização no Estado do Rio Grande do Norte**. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, IFRN, Natal – RN, p. 1 – 8, 2010.

SILVA, S. A., MARA, D. D. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. 2^{ed}. 196 p. 1986.

SILVA, S. A. **Manual de Análises Físico – Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 266p., 2001.

TALBOYS, A. P. **Lagunas de Estabilización en América Latina**. Lima: CEPIS, 1971.

TRAJANO, A. S. A. **Influência das características físicas e operacionais no desempenho de lagoas facultativas secundárias e de maturação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 1999.

VALE, M. B. **Avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica e microbiológica de três sistemas de lagoas de estabilização em série na Grande Natal - RN: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II**. Monografia (Pós - Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 94 p., 2006.

VOMERO, M. F.; ANGELO, C.; MELLO, M. **A Era da Falta de Água. Super interessante**. São Paulo, ano 14, n. 7, p. 48 – 54. Julho/ 2000.

VON SPERLING, M. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 4^a ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de Estabilização: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2^a ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 196 p., 2002.

WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. v. 3. Wastewater and excreta use in aquaculture. Geneva: World Health Organization, 2006.

O “reuso” reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Ambiente Água. Reuso de Água. Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas/reuso_de_agua>. Acesso em: 11 de out. de 2014.

<<http://www.adequarliamb.blogspot.com>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<[http://www.agua-tratamento.com.br/tratamento-de-agua/legislação](http://www.agua-tratamento.com.br/tratamento-de-agua/legisla%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 16 de out. de 2014.

<<http://www.c2o.pro.br>>. Acesso em: 16 de out. de 2014.

<<http://www.caern.m.gov.br>>. Acesso em: 14 de out. de 2014.

<<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=29&sid=34&tpl=printerview>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=29&sid=34&tpl=printerview>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=34>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%202.pdf>. Acesso em: 14 de out. de 2014.

<<http://www.naturaltec.com.br>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<<http://www.revistae.com.br>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<<http://www.saneamento.poli.ufrj.br>>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

<<http://www.educacao.cc>>. Acesso em: 10 de out. de 2014.

<<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/causas-consequencias-poluicao-agua>>. Acesso em: 10 de out. de 2014.