



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALLAN AMANCIO ELIAS

**PROPOSTA DE POLIMENTO DE EFLUENTE DE LAGOA FACULTATIVA EM
OPERAÇÃO NA ETE MANGABEIRA – MÓDULO I (JOÃO PESSOA-PB)**

João Pessoa

2021

ALLAN AMANCIO ELIAS

**PROPOSTA DE POLIMENTO DE EFLUENTE DE LAGOA FACULTATIVA EM
OPERAÇÃO NA ETE MANGABEIRA – MÓDULO I (JOÃO PESSOA-PB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento à exigência para conclusão de curso
de graduação e obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

**Orientador: Prof.º Dr.ª Leonardo Vieira
Soares**

João Pessoa

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

E42p Elias, Allan Amancio.
Proposta de polimento de efluente de lagoa
facultativa
em operação na ETE Mangabeira - Módulo I (João
Pessoa-PB) / Allan Amancio Elias. - João Pessoa, 2021.
53 f.

Orientação: Leonardo Vieira Soares.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. lançamento de efluente. 2. polimento. 3.
reutilização. I. Soares, Leonardo Vieira. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 624 (043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALLAN AMANCIO ELIAS

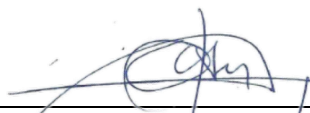
PROPOSTA DE POLIMENTO DE EFLUENTE DE LAGOA FACULTATIVA EM OPERAÇÃO NA ETE MANGABEIRA – MÓDULO I (JOÃO PESSOA-PB)

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em 06/12/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares (orientador)
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Profª Dra. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

“Veni, vidi, vici.”

(Gaius Iulius Caesar)

RESUMO

Esta pesquisa consiste no estudo de uma solução de polimento de efluente em uma lagoa facultativa de uma ETE através do estudo dos parâmetros dos monitorados pela CAGEPA, adequando o lançamento do efluente ao corpo receptor e adequando o efluente para a reutilização não-potável em meio urbano. Os parâmetros definidos pela NBR 13.969/1997 e pelas resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA regulamentam serão referências para este estudo. O estudo foi feito com base na escolha de três métodos de polimento: filtro anaeróbio, filtro de areia e lagoa de maturação e será definido a partir da análise de relatórios mensais de monitoramento fornecidos pela CAGEPA da ETE Mangabeira (João Pessoa-PB). Avaliamos os parâmetros de temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, DBO, OD e coliformes termotolerantes da lagoa facultativa do Módulo I. Por fim, foi possível escolher o melhor método de polimento de efluente baseando-se na menor área ocupada possível e na eficiência de remoção de poluentes.

Palavras-Chave: polimento., lançamento do efluente, reutilização.

ABSTRACT

This research consists of the study of a solution for polishing the effluent in a facultative lagoon of a WWTP through the study of the parameters monitored by CAGEPA, adapting the discharge of the effluent to the receiving body and making the effluent suitable for non-potable reuse in an urban environment. The parameters defined by NBR 13.969/1997 and CONAMA resolutions 357/2005 and 430/2011 will be the references for this study. The study was based on the choice of three polishing methods: anaerobic filter, sand filter and maturation lagoon and will be defined from the analysis of monthly monitoring reports provided by CAGEPA from the WWTP Mangabeira (João Pessoa-PB). We evaluated the parameters of temperature, pH, settleable solids, BOD, DO and thermotolerant coliforms in the facultative lagoon of Module I. Finally, it was possible to choose the best effluent polishing method based on the smallest possible footprint and pollutant removal efficiency.

Key-words: polishing, effluent discharge, reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índices de coleta e tratamento de esgoto por região	12
Figura 2 - Fluxograma de um tratamento de esgoto convencional.....	14
Figura 3 - Gradeamento utilizado na remoção de sólidos	15
Figura 4 - Caixa de areia.....	16
Figura 5 - Calha Parshall em operação	16
Figura 6 - Decantador primário	17
Figura 7 - Sistema de tratamento com apenas lagoa facultativa.....	18
Figura 8 - Sistema australiano de lagoas de estabilização.....	19
Figura 9 - Sistema de tratamento com apenas lagoa aerada facultativa	19
Figura 10 - Sistema de tratamento com lagoa aerada seguida de lagoa de decantação.....	19
Figura 11 - Sistema de tratamento anaeróbio-facultativo seguido de lagoas de maturação (polimento)	19
Figura 12 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa anaeróbia.....	20
Figura 13 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa facultativa	21
Figura 14 – Detalhe de funcionamento de um filtro anaeróbio	22
Figura 15 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa de maturação.....	24
Figura 16 - Vista aérea da ETE Mangabeira	32
Figura 17 - Foz do rio Cuiá	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de remoção de organismos patogênicos e indicadores em lagoas de estabilização.....	25
Tabela 2 - Parâmetros dos últimos 6 meses dos ensaios físico-químicos e bacteriológico de esgoto bruto	35
Tabela 3 - Parâmetros dos últimos 6 meses dos ensaios físico-químicos e bacteriológico da lagoa facultativa do módulo I.....	36
Tabela 4 - Disposição de coliformes termotolerantes a montante e a jusante do ponto de descarga	39
Tabela 5 – Diagnóstico dos parâmetros de monitoramento	40
Tabela 6 - Taxa percentual de remoção de DBO e coliformes termotolerantes por tipo de tratamento	40
Tabela 7 – Eficiência de adequação dos parâmetros de acordo com o tipo de tratamento e a área requerida	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Parâmetros de temperatura observados	37
Gráfico 2 - Parâmetros de pH observados	37
Gráfico 3 - Parâmetros de sólidos sedimentáveis observados	37
Gráfico 4 - Parâmetros de DBO observados	38
Gráfico 5 - Parâmetros de OD observados	38
Gráfico 6 - Parâmetros de coliformes termotolerantes observados	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
CESA	Centro Experimental de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CRT	Cloro Residual Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Tratamento de esgoto	14
3.2	Tratamento preliminar	14
3.2.1	Gradeamento	15
3.2.2	Desarenador	15
3.2.3	Medição da vazão	16
3.3	Tratamento primário	17
3.4	Lagoas de estabilização	17
3.4.1	Lagoa anaeróbia	19
3.4.2	Lagoa facultativa	20
3.5	Polimento	21
3.5.1	Filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente (filtro anaeróbio)	21
3.5.2	Filtro de areia	23
3.5.3	Lagoa de maturação	23
3.6	Resoluções CONAMA 357/2005, 430/2011 e NBR 13.969/1997	28
3.7	Reuso urbano não-potável irrestrito	29
3.8	Principais parâmetros físico-químicos e biológicos de controle de uma ETE	30
4	METODOLOGIA	30
4.1	Diagnóstico da área de estudo	31
4.2	Base de dados	33
4.3	Análise de dados	34
4.4	Dimensionamento da estrutura	34
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	44
7	REFERÊNCIAS	46
	ANEXOS	48

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de crescimento populacional, os grandes centros urbanos sofrem com os problemas advindos da concentração de pessoas em um determinado espaço. A geração de grandes vazões de esgoto é uma consequência dessa concentração. Partindo da necessidade de mitigar esse problema e buscando-se uma forma de harmonia entre homem/meio ambiente esses resíduos devem ser tratados e descartados na natureza de forma que gere o menor impacto ambiental possível.

No Brasil, por sua vez, apenas 54,1% da população tem acesso à coleta de esgoto e apenas 49,1% do esgoto é realmente tratado. Quase 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço. Na região Nordeste, por exemplo, apenas 28,3% da população têm esgoto coletado (Figura 1).

Macrorregião	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
	IN055	IN023	IN056	IN024	IN046	IN016
Norte	57,5	70,4	12,3	15,8	22,0	82,8
Nordeste	73,9	88,2	28,3	36,7	33,7	82,7
Sudeste	91,1	95,9	79,5	83,7	55,5	73,4
Sul	90,5	98,7	46,3	53,1	47,0	94,6
Centro-Oeste	89,7	97,6	57,7	63,6	56,8	93,2
Brasil	83,7	92,9	54,1	61,9	49,1	78,5

Figura 1 - Índices de coleta e tratamento de esgoto por região

Fonte: (SNIS, 2019)

Esta situação é bastante preocupante, pois a disposição inadequada de esgoto pode causar prejuízo ambientais através da contaminação do solo e das águas. A necessidade de preservação do meio ambiental traz à tona também a necessidade utilização de métodos mais eficazes de tratamento de efluente. Para o reuso de esgoto precisamos de um produto final mais depurado que muitas vezes não é obtido de forma satisfatória no tratamento existente, porém neste caso, um fator que pode ser limitante para o polimento de efluentes é a disponibilidade de grandes áreas para construção de estruturas complementares de tratamento.

A Estação de Tratamento de Esgoto de Mangabeira localizada cidade de João Pessoa, por exemplo, está situada em uma zona bastante urbanizada, o que limita a disponibilidade de grandes áreas. E o lançamento do efluente gerado por esta é feito em um rio de desagüe no litoral pessoense. E a praia na qual as águas lançadas chegam é de livre acesso às pessoas.

Então, é necessária a adequação desse efluente ao corpo hídrico receptor e é válido repensar a reutilização desse efluente como forma de preservar o meio ambiente. Como consequência da reutilização de efluentes, podemos ter uma considerável economia de água potável, e esta pode ser destinada para outras atividades como o consumo humano. Além de termos também uma significativa redução com os custos da saúde pública e ganhos com o turismo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho propõe analisar os parâmetros de qualidade do efluente de uma lagoa facultativa, compará-los com os parâmetros de águas de mananciais superficiais não-potáveis e propor alternativas de utilização de estruturas de polimento visando o reaproveitamento do efluente em meio urbano.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar dados de análises físico-químicas e bacteriológicas do efluente da lagoa facultativa do módulo I da ETE Mangabeira e compará-los os parâmetros estabelecidos pelas Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e NBR 13969/1997;
- Propor a melhor estrutura de polimento do efluente tendo como base três métodos: filtro anaeróbio, filtro de areia e lagoa de maturação;
- Calcular a eficiência de remoção de poluentes utilizando a melhor solução com base em dois critérios: disponibilidade de área e percentual de remoção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tratamento de esgoto

O principal objetivo do tratamento de esgoto é remover o material sólido, eliminar os organismos patogênicos e manter o efluente com características químicas compatíveis com o corpo hídrico receptor ou propriedades que permita o seu reuso (CAGEPA, 2021).

Por ser um material heterogêneo, o esgoto deve passar por procedimentos nos quais em cada etapa é removido ou reduzido um tipo de material. O esgoto após ser coletado e bombeado para a estação de tratamento passa por tratamento preliminar, em seguida tratamento primário (se necessário), depois um tratamento secundário e por fim polimento (quando necessário). Só assim estará preparado para a destinação final. Na Figura 2 podemos ver um esquema de como pode se apresentar cada etapa de um tratamento de esgoto convencional.

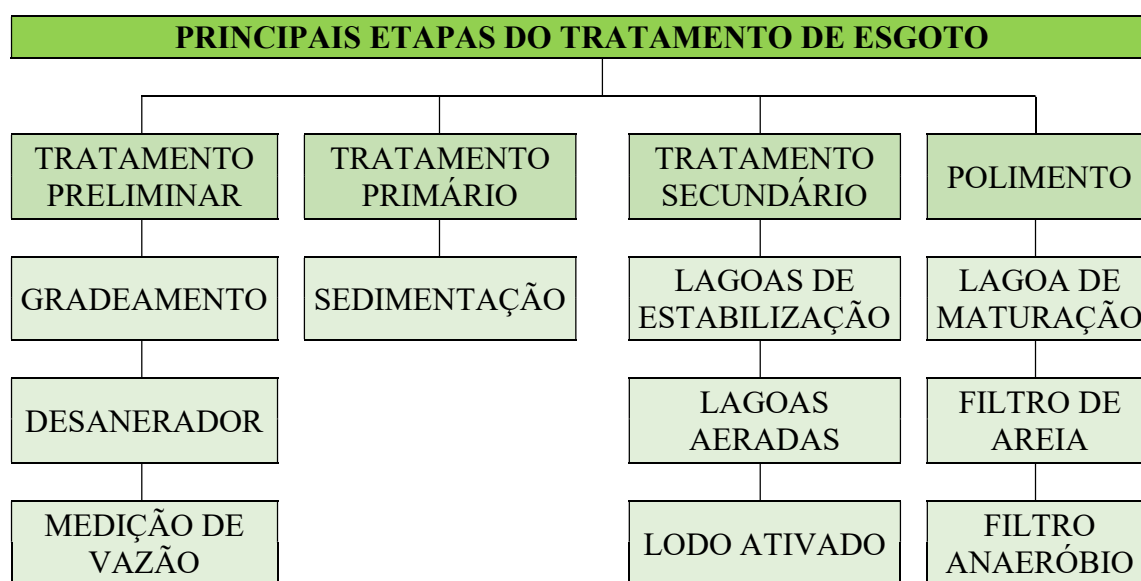


Figura 2 - Fluxograma de um tratamento de esgoto convencional

Fonte: (AUTOR, 2021)

3.2 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar de efluentes baseia-se na remoção de sólidos grosseiros através de alguns procedimentos sequenciais como preparação para tratamentos posteriores, evitando danos as demais instalações da ETE. Dentre esses procedimentos estão o gradeamento, o desarenador e a calha Parshall (DOS SANTOS, 2007).

3.2.1 Gradeamento

O gradeamento é composto por barras robustas, paralelas entre si e igualmente espaçadas, posicionadas transversalmente, que tem como objetivo reter sólidos bastante grosseiros (Figura 3). O espaçamento é escolhido em função do tipo de material a ser retido e dos equipamentos a se proteger. As barras são instaladas inclinadas em relação ao plano longitudinal como forma de facilitar a limpeza. A limpeza deve ser periódica evitando assim a obstrução do canal, podendo ser mecânica ou realizada por um operador (DOS SANTOS, 2007).



Figura 3 - Gradeamento utilizado na remoção de sólidos

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

3.2.2 Desarenador

As partículas de areia entram na tubulação devido a infiltração na rede coletora (Figura 4). E nesta etapa o principal objetivo é a remoção dessas partículas por decantação. Utilizando-se uma caixa de areia, as partículas se depositam no fundo desta por consequência da baixa velocidade de escoamento (DOS SANTOS, 2007).

Segundo Dos Santos (2007), a remoção da areia tem como principal finalidade:

- Evitar danos aos equipamentos como as bombas centrífugas;
- Evitar danos as tubulações;
- Facilitar o transporte do efluente.



Figura 4 - Caixa de areia

Fonte: (ACQUASOLUTION, 2021)

3.2.3 Medição da vazão

A calha Parshall é o dispositivo mais utilizado para medição das vazões de entrada (Figura 5). Mede-se a altura da lâmina d'água quando o efluente passa através do equipamento, em seguida consulta-se no catálogo do fabricante a vazão correspondente à altura medida. Trata-se de um dispositivo bastante prático pois a rápida medição da vazão possibilita estimar se a ETE está trabalhando de acordo com a sua capacidade de tratamento (DOS SANTOS, 2007).



Figura 5 - Calha Parshall em operação

Fonte: (SIGMA, 2021)

3.3 Tratamento primário

O tratamento primário do efluente baseia-se na remoção de partículas sedimentáveis, esse processo se dá pela redução significativa da capacidade carreamento do fluido de modo que não exista mais a possibilidade de serem reavulsadas. Em decantadores primários (Figura 6), estima-se que a remoção seja de 40 a 60% dos sólidos em suspensão e que são responsáveis por redução de 25 a 35% da DBO (JORDÃO E PESSÔA, 2011).



Figura 6 - Decantador primário

Fonte: (CESA/UFRJ, 2021)

3.4 Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização compõem um sistema de tratamento de efluente baseado na estabilização da matéria orgânica através da oxidação bacteriológica e/ou redução fotossintética das algas (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Segundo Jordão e Pessoa (2011), as lagoas de estabilização são classificadas pela forma predominante de como o efluente é tratado e podem ser:

- anaeróbia: predomina o processo de fermentação anaeróbia pois é inexistente a presença de oxigênio dissolvido;
- facultativa: possui dois tipos de degradação da matéria orgânica, na camada superior predomina a digestão aeróbia e na camada inferior a digestão anaeróbia;

- estritamente aeróbia: predomina o processo de digestão aeróbia devido ao equilíbrio entre a oxidação aeróbia e a fotossíntese das algas;
- de maturação: tem como principal função a redução dos organismos patogênicos;
- de polimento: tem como principal função a depuração do efluente após outro tratamento biológico;
- aerada: lagoas em que existe a introdução de oxigênio no efluente;
- com macrófitas: com o objetivo de polimento final do efluente são utilizadas plantas aquáticas como forma de reduzir a concentração de alguns nutrientes, DBO e sólidos em suspensão.

As lagoas de estabilização são ideais para países de clima quente e de economia emergente pois devido a facilidade de operação, elevadas insolações e baixo custo de manutenção tornam-se viáveis em regiões onde haja uma área grande o suficiente para a sua instalação (VON SPERLING, 2002).

Na maioria dos casos, a utilização das lagoas de estabilização de forma singular não é suficiente para deixar o efluente com os parâmetros adequados para o descarte, sendo assim, é necessária a utilização de um sistema de lagoas. Cada parte desse sistema é responsável pela remoção de uma determinada quantidade de poluentes, sendo a etapa posterior sempre uma etapa de polimento da anterior. Os principais sistemas de lagoas utilizados são: lagoa facultativa, lagoa anaeróbia-facultativa (sistema australiano), lagoa aerada facultativa, lagoa aerada-decantação e lagoa anaeróbia-facultativa seguida de lagoa de maturação (VON SPERLING, 2002). As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 mostram como a disposição de lagoas de estabilização podem aparecer em Estações de Tratamento de Esgoto.

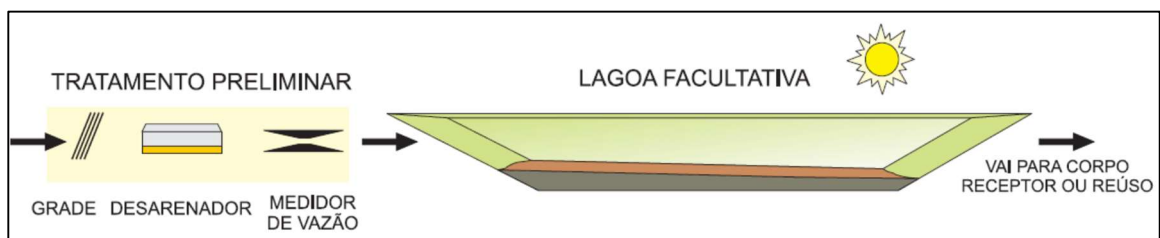


Figura 7 - Sistema de tratamento com apenas lagoa facultativa

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

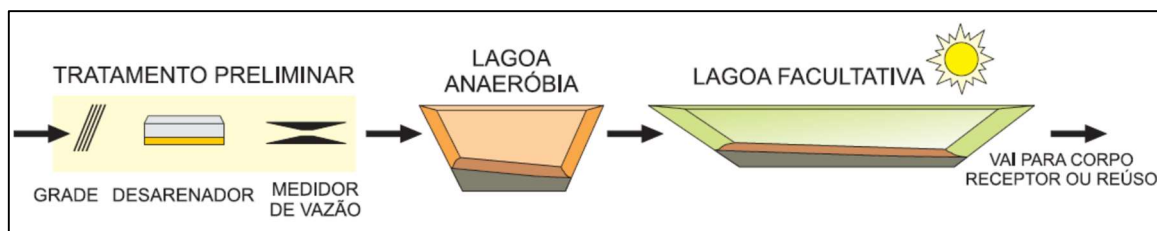


Figura 8 - Sistema australiano de lagoas de estabilização

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

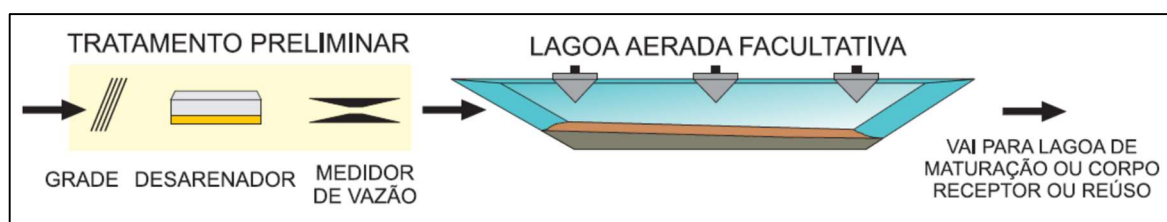


Figura 9 - Sistema de tratamento com apenas lagoa aerada facultativa

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

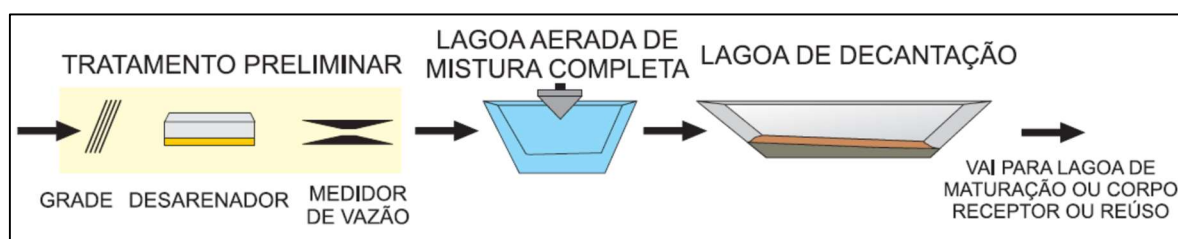


Figura 10 - Sistema de tratamento com lagoa aerada seguida de lagoa de decantação

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

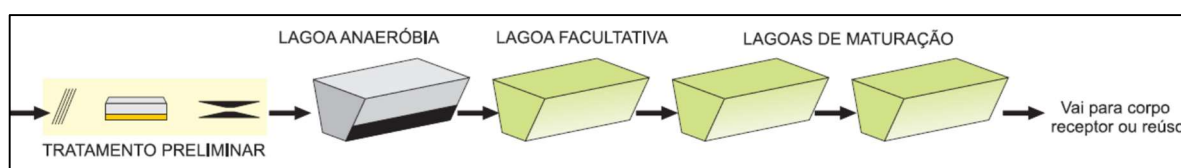


Figura 11 - Sistema de tratamento anaeróbio-facultativo seguido de lagoas de maturação (polimento)

Fonte: (DOS SANTOS, 2007)

3.4.1 Lagoa anaeróbia

A lagoa anaeróbia é o elemento que recebe esgoto bruto que sofreu tratamento preliminar (Figura 12). É caracterizada por possuir elevada profundidade (acima de 3 metros) tal característica cumpre o propósito de reduzir a penetração de oxigênio, com isso o efluente

sofre digestão anaeróbia pois o consumo de oxigênio é muito superior à produção. (DOS SANTOS, 2007).

Estima-se que a redução da DBO seja de 50 a 70% e a alta profundidade também cumpre um papel de economia de área, a economia na utilização do sistema australiano (anaeróbia-facultativa) é de 45 a 70% em comparação a utilização de apenas lagoa facultativa (VON SPERLING, 2002).

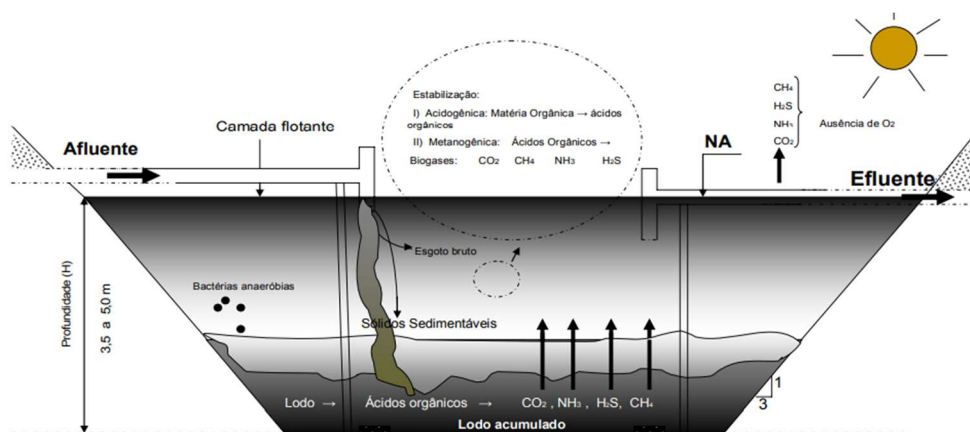


Figura 12 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa anaeróbia

Fonte: (SILVA FILHO, 2007)

3.4.2 Lagoa facultativa

A lagoa facultativa é a estrutura que vem após a lagoa anaeróbia (em alguns casos é a primeira estrutura) que tem por objetivo a continuação da digestão da matéria orgânica presente no efluente (Figura 13). Desta vez, o mecanismo de estabilização da matéria orgânica se dá através da oxidação aeróbia e redução fotossintética na camada superior e fermentação anaeróbia na camada inferior, sendo, portanto, compatível com o grau de incidência dos raios solares. Na camada intermediária predomina os dois processos de degradação, a qual foi denominada de camada facultativa (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

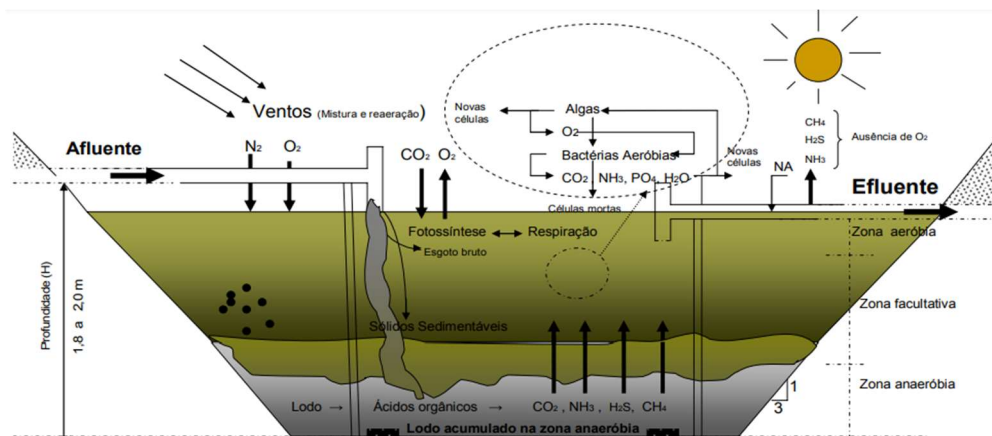


Figura 13 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa facultativa

Fonte: (SILVA FILHO, 2007)

De acordo com Dos Santos (2007), as principais vantagens das lagoas facultativas estão relacionadas com o baixo custo, alta eficiência (taxa de remoção de DBO entre 70 e 90%), baixa produção de mau cheiro e suporte de altas cargas orgânicas. Entretanto, a construção dessas lagoas ocupa grandes áreas.

3.5 Polimento

3.5.1 Filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente (filtro anaeróbio)

O filtro anaeróbio é um reator biológico em que o efluente é depurado por digestão anaeróbia de organismos presentes no material filtrante (Figura 14). É bastante eficiente na redução de cargas de matéria orgânica (DBO), por esse motivo o efluente exala odores e possui coloração escura (NBR 13.969/1997).

O filtro anaeróbio recebe o esgoto através de uma tubulação que despeja o efluente em um fundo falso e o fluxo de esgoto ascende entre os vazios do material filtrante. O material filtrante pode ser brita, plástico ou outro material resistente. No fundo falso deposita-se o lodo gerado devendo este ser bombeado periodicamente e descartado adequadamente. Após a passagem pelo leito filtrante o efluente é coletado através de canaletas para posterior destinação (NBR 13.969/1997).

Geralmente, os filtros anaeróbios são construídos em concreto, mas pode-se admitir sua confecção em materiais como o plástico, sendo esta uma condição muito comum em tratamentos domésticos (NBR 13.969/1997).

Segundo a NBR 13.969, as principais vantagens do filtro anaeróbio são:

- área reduzida;
- baixo custo operacional;
- operação e manutenção simples.



Figura 14 – Detalhe de funcionamento de um filtro anaeróbio

Fonte: (NATURALTEC, 2021)

Segundo a NBR 13.969, o dimensionamento do leito filtrante do reator é calculado a partir da Equação 1:

$$Vu = 1,6 NCT \quad Eq. 1$$

onde:

- N é o número de contribuintes;
- C é a contribuição de despejos em litros x habitantes/dia (de acordo com a tabela 3 da referida norma);
- T é o tempo de detenção hidráulica, em dias (de acordo com a tabela 4 da referida norma).

A norma também impõe restrições quanto as dimensões das estruturas internas do reator. A altura do leito filtrante é limitada a 1,20m e o fundo falso a 0,60m (incluindo a espessura da laje). Por razões de dificuldade construtiva, o fundo falso pode ser completamente preenchido com material filtrante desde que a introdução do esgoto seja no fundo do reator, mantendo assim sua característica de fluxo ascendente (NBR 13.969/1997).

3.5.2 Filtro de areia

O filtro de areia consiste em um tanque preenchido com areia onde o fluxo de esgoto é descendente e a remoção dos poluentes ocorre tanto por ação física quanto por ação biológica aeróbia (NBR 13.969/1997).

De acordo com a NBR 13.969, os fatores que são determinantes na aplicação do filtro de areia são:

- especificação do material filtrante: o material utilizado pode ser areia ou pedra britada, atuando juntos ou isolados. O material deve possuir dimensões entre 0,25 e 1,2mm;
- manutenção da condição aeróbia e intermitente: a condição aeróbia deve ser mantida de modo a permitir a introdução de ar, que pode ser feita por uma bomba ou dosador;
- taxa de aplicação: o filtro deve ser dimensionado levando em conta o limite diário de filtragem, sendo 100 l/dia x m² para aplicação direta do efluente e 200 l/dia x m² para efluente resultante de outros processos de tratamento;
- alternância do uso: deve-se construir duas unidades filtrantes, de modo que quando for observado um excessivo retardamento na velocidade de filtragem o filtro deve ser substituído por outro e feita a sua devida manutenção;
- manutenção: a manutenção do filtro consiste em esperar um tempo de repouso para que o material retido no meio filtrante seja digerido e após a secagem da superfície fazer a raspagem de uma camada de 2 a 5cm de espessura, além de remoção de vegetação quando houver.

3.5.3 Lagoa de maturação

Nem sempre o tratamento de esgotos visa a redução de DBO e DQO. Em alguns casos, a redução de organismos coliformes será o foco do tratamento, principalmente quando existe a intenção de reaproveitamento do efluente para uso na agricultura e aquicultura. Neste caso, lagoas de maturação quando dispostas em série podem ter eficiência de até 99,9999% (JORDÃO E PESSÔA, 2011). Apesar de não ser o foco do tratamento, as lagoas de maturação são capazes de remover de 50 e 90% da DBO por ocasião da presença de algas no líquido (ARAUJO, 2007 apud MARA et al, 1992; BRADLEY, 1983).

Então, como forma de proteção a saúde pública, as lagoas de maturação são empregadas ao final de sistemas clássicos de tratamento com o objetivo de redução destes

organismos patogênicos e, por consequência, a diminuição de doenças de veiculação hídrica. Entende-se por organismos patogênicos os coliformes fecais, vírus, protozoários, ovos de helmintos, etc. (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Dentre as doenças de veiculação hídrica mais comuns provocadas por estes patógenos estão amebíase, giardíase, criptosporidíase, gastroenterite, febres tifoides e paratifoide, hepatite infecciosa, cólera, esquistossomose, ascaridíase, taeníase, oxiuríase, ancilostomíase (COPASA, 2021).

A ideia de proteção a saúde coletiva se dá a partir da preocupação que se tem que esses micro-organismos não sejam ingeridos ou que haja contato cutâneo com as pessoas em geral, já a redução da DBO e DQO cumprem apenas o objetivo de proteção ambiental (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

As lagoas de maturação são projetadas com baixa profundidade quando comparadas as demais lagoas (Figura 15). Por ser rasa, o processo biológico predominantemente é o aeróbio que pela ação da luz solar, que atinge a maior parte do seu volume, ocorre o processo de eliminação dos organismos patogênicos através da radiação ultravioleta. A baixa profundidade também é responsável pelo elevado pH, por consequência da alta atividade fotossintética, e também pela elevada concentração de OD (Oxigênio Dissolvido). Devido a sua elevadíssima eficiência na remoção desses micro-organismos, o efluente pode ser utilizado na irrigação (VON SPERLING, 2002 apud VAN HAANDEL et LETTINGA, 1994; VAN BUUREN et al, 1995; CAVALCANTI et al, 2001).

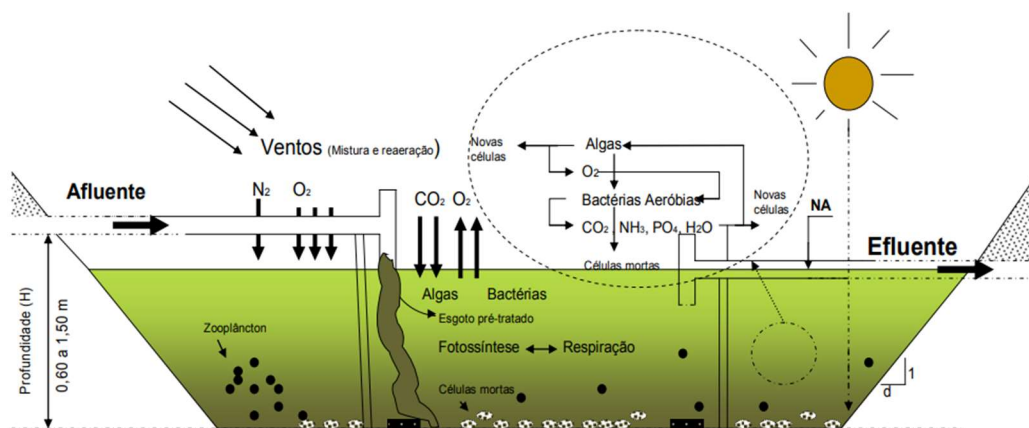


Figura 15 - Desenho esquemático do funcionamento de uma lagoa de maturação

Fonte: (SILVA FILHO, 2007)

A Tabela 1 nos apresenta índices de redução de organismos patogênicos com a utilização do sistema australiano e o sistema australiano seguido de lagoa de maturação.

Tabela 1 - Porcentagem de remoção de organismos patogênicos e indicadores em lagoas de estabilização

Organismos Patógenos	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Maturação
Coliformes	90 – 99	99,9 – 99,9999
Vírus	~ 90	99 – 99,99
Bactérias Patogênicas	0 – 99	9,9 – 99,9999
Cistos de Protozoários	~ 100	100
Ovos de Helminthos	~ 100	100

Fonte: Adaptado (JORDÃO E PESSOA, 2011)

De acordo Von Sperling (2002), para o dimensionamento de lagoas de maturação é de suma importância a definição prévia do regime hidráulico que será adotado. O regime hidráulico descreve o comportamento das partículas do fluido que estão passando pela lagoa e os principais adotados em dimensionamento de lagoas são:

- **fluxo em pistão:** neste modelo hidráulico o líquido entra por uma extremidade e sai através da outra sem haver a mistura longitudinal. Teoricamente, as partículas possuem tempo de detenção hidráulico iguais e os tanques tendem a ter elevada relação comprimento/largura. Trata-se de um modelo idealizado, pois na prática é muito difícil manter a ausência de mistura entre as partículas;
- **mistura completa:** neste modelo o fluxo é contínuo e ocorre a dispersão das partículas no meio, porém trata-se de um modelo idealizado pois é difícil obter a dispersão total. Neste modelo, os tanques tendem a ser circulares ou quadrados;
- **mistura completa em série:** este modelo se propõe a englobar os dois regimes descritos anteriormente, a depender da quantidade de tanques em série. Caso seja só uma unidade, o modelo reproduzido é o de mistura completa, caso contrário, o modelo reproduzido será o de fluxo em pistão;
- **fluxo disperso:** neste modelo o grau de dispersão das partículas é tido como intermediário entre o fluxo em pistão e o de mistura completa. Na verdade, devido à grande dificuldade em modelá-lo aproxima-se este modelo a um dos dois já descritos. A maioria dos tanques são modelados por esse regime hidráulico.

Segundo Von Sperling (2002), ao se utilizar o regime de fluxo disperso, o projetista deve ficar atento aos fatores que influenciam no dimensionamento das lagoas, pois diferente de outros modelos o conhecimento dos parâmetros K e d se fazem necessários simultaneamente.

No modelo de fluxo disperso, o coeficiente de remoção de DBO (K) é calculado por fórmulas empíricas elaboradas por Arceivala (1981) e Vidal (1983) que levam em consideração a taxa de aplicação superficial em termos de carga de DBO. Que nada mais é que a razão entre a carga total de DBO (kgDBO/d) e a área expressa em hectares. Para efeito de cálculo, é possível adotar um valor de $0,15 \text{ d}^{-1}$ que é um valor médio normalmente encontrado (VON SPERLING, 2002).

Já para o coeficiente de remoção de coliformes (K) para a temperatura de 20°C , utiliza-se a Equação 2:

$$K_{b20} = 0,542 \cdot H^{-1,259} (20^{\circ}\text{C}) \quad \text{Eq. 2}$$

onde:

- H = profundidade da lagoa.

Neste caso, adota-se 20°C como a temperatura do líquido no mês mais frio, porém como a temperatura varia de uma região para outra e é um fator determinante na velocidade de degradação da matéria, o coeficiente deve ser ajustado segundo a Equação 3 (VON SPERLING, 2002).

$$K_{bT} = K_{b20} \cdot 1,07^{(T-20)} \quad \text{Eq. 3}$$

onde:

- T = temperatura do fluído;
- K_{b20} = coeficiente de remoção para $T=20^{\circ}\text{C}$.

A partir deste ponto, as incógnitas de cálculos e as expressões utilizadas para o cálculo da eficiência de remoção da DBO e dos coliformes termotolerantes são as mesmas. De acordo com Von Sperling (2002), somente é possível encontrar o número de dispersão (d) se conhecermos a vazão de entrada da lagoa, pois a partir da profundidade (h) do tanque (entre 0,80 e 1,20m) e do tempo de detenção hidráulica (t, em dias) é possível calcular a área requerida. A área é calculada pela Equação 4:

$$A = \frac{t \cdot Q}{h} \quad \text{Eq. 4}$$

onde:

- A = área requerida da lagoa;
- t = tempo de detenção hidráulica (em dias);
- Q = vazão de entrada;
- H = profundidade (entre 0,80 e 1,20m).

A partir do conhecimento da área e da geometria escolhida para execução da estrutura, fica prática a obtenção do número de dispersão (d) que é calculado a partir da Equação 5 elaborada por Von Sperling (1999):

$$d = \frac{1}{L/B} \quad Eq. 5$$

onde:

- L = comprimento da lagoa;
- B = largura da lagoa.

O próximo passo é calcular a concentração final dos parâmetros ao final desta etapa de tratamento. Esta etapa é apenas a aplicação dos valores encontrados nas Equações 3 e 5 na Equação 6. A Equação 6 é uma equação empírica que define o parâmetro **a** que é um número adimensional utilizado para calcular a concentração total afluyente **N** através da Equação 7 (VON SPERLING, 2002).

$$a = \sqrt{1 + 4 \cdot K \cdot t \cdot d} \quad Eq. 6$$

$$N = N_0 \frac{4 \cdot a \cdot e^{1/2d}}{(1+a)^2 \cdot e^{a/2d} - (1-a)^2 \cdot e^{-a/2d}} \quad Eq. 7$$

onde:

- N = concentração total afluyente;
- N₀ = concentração efluente;

E por fim, calculados os valores de N e N₀, deve-se exprimir a eficiência do tratamento em porcentagem.

3.6 Resoluções CONAMA 357/2005, 430/2011 e NBR 13.969/1997

Como forma de estabelecer as condições ideais de lançamento de efluentes gerados no tratamento, o CONAMA elaborou diretrizes a serem seguidas pelas empresas responsáveis pelo tratamento de esgoto. Tais parâmetros estão presentes nas resoluções 357/2005 e 430/2011.

A resolução 357/2005 trata da classificação dos corpos hídricos quanto ao seu uso e exploração. A partir desta resolução, as empresas ajustam as características do efluente ao corpo d'água receptor e de acordo com a resolução 430/2011.

Segundo a resolução 357/2005, em sua Seção I, a classificação dos corpos d'água de água doce são: classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV. Sendo estas, em suma:

- classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- classe I: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- classe II: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- classe III: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- classe IV: águas destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

De acordo com o Art. 20 da resolução 430/2011, para o lançamento de efluentes provenientes de sistemas de tratamento de esgoto os parâmetros seguintes deverão ser observados:

- o pH deverá estar entre 5 e 9;
- a temperatura deverá ser inferior a 40°C;
- os materiais sedimentáveis não devem exceder 1 ml/l;
- a DBO 5 dias, 20°C deverá ser de no máximo 120 mg/l ou que exista eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, desde que o corpo hídrico possua capacidade de autodepuração;
- as substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) não devem exceder 100 mg/l;
- ausência de materiais flutuantes.

Já a NBR 13.969/1997 tem como objetivo estabelecer procedimentos, técnicas e parâmetros para projetos, construção e operação de unidades complementares de tratamento e disposição final do efluente.

A NBR 13.969/1997 também classifica os corpos hídricos superficiais que recebem efluente, porém somente se aplica mediante a inexistência de legislação federal, estadual ou municipal. Neste caso, as resoluções 357/2005 e 430/2011 cumprem esse papel.

Dentre as unidades complementares regulamentadas pela NBR 13.969/1997 estão:

- filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente; filtro anaeróbio;
- filtro aeróbio submerso;
- valas de filtração e filtros de areia;
- lodo ativado por batelada (LAB);
- lagoa com plantas aquáticas;
- cloração.

3.7 Reuso urbano não-potável irrestrito

Para fins de reuso, são requeridas algumas características no efluente, seja de caráter estético ou de desinfecção. A redução da DBO e dos sólidos sedimentáveis são parâmetros desejados para o melhoramento do aspecto visual, remoção de odores e de matéria orgânica disponíveis para o crescimento microbiano. Já a redução dos coliformes e turbidez é a garantia de que o efluente tratado não é capaz de propagar doenças (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Tanto para o uso restrito quanto para o uso irrestrito do esgoto tratado em meio urbano é necessária uma desinfecção pós tratamento convencional. A desinfecção quase sempre é feita por meio da cloração e tem como objetivo remover possíveis patógenos que o tratamento convencional não foi capaz de remover (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Quando se fala em uso irrestrito, estamos falando da aplicação na irrigação de parques, canteiros, jardins, cemitérios, etc. bem como na descarga de toaletes, combate a incêndio, lavagem de veículos, limpeza de ruas e calçadas, etc. (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Segundo Florencio, Bastos e Aisse (2006), para atingir tal qualidade deve ser observadas as seguintes características:

- o pH deverá estar entre 6 e 9;
- o CRT deve ser superior a 1,0 mg/l;
- a turbidez deve ser inferior a 2µT;
- a DBO 5 dias, 20°C deverá ser inferior a 10,0 mg/l;
- coliformes termotolerantes por 100 ml não devem ser detectados;
- organismos patogênicos não devem ser detectados.

3.8 Principais parâmetros físico-químicos e biológicos de controle de uma ETE

Segundo Dos Santos (2007), é necessário controlar o efluente antes de lançá-lo no corpo hídrico e para isso alguns parâmetros que indicam a qualidade da água devem ser observados, entre eles estão:

- a temperatura: influencia na velocidade das reações químicas e cinéticas, na concentração de oxigênio e na vida aquática;
- o pH: indica a intensidade da condição ácida ou básica do efluente e deve ser mantido nas faixas adequadas para otimizar os processos químicos e bioquímicos no meio;
- os sólidos sedimentáveis: indicam a quantidade de material presente no efluente no qual possuem a característica de sedimentar;
- a DBO: indica a quantidade de oxigênio necessário para a estabilização da matéria orgânica por digestão aeróbia;
- o oxigênio dissolvido: indica a quantidade de oxigênio presente na água, o que determina a manutenção da vida aquática;
- os coliformes termotolerantes: indica o nível de contaminação do efluente através da contabilização dos organismos patogênicos.

4 METODOLOGIA

Neste tópico será abordado os métodos utilizados para a realização do estudo de alternativas. Para este trabalho utilizaremos a metodologia exploratória por meio de um estudo de caso que propõe adequar e reutilizar esgoto tratado em atividades não-potáveis

analisando qual método de polimento é mais adequado e eficiente para estabelecer padrões de qualidade.

São utilizados os seguintes meios como instrumentos de pesquisas:

- Análise de relatório mensal de ensaio físico-químicos e bacteriológicos realizado pela empresa na lagoa facultativa (Módulo I);
- Observações do autor.

4.1 Diagnóstico da área de estudo

Localizada no bairro de Mangabeira, em João Pessoa, a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) foi projetada no ano de 1982, a princípio o sistema seria composto de duas lagoas aeradas em paralelo seguida de uma lagoa de maturação. Porém, um problema mecânico nos aeradores e dificuldades financeiras enfrentadas pela CAGEPA fizeram com que o projeto fosse adaptado para o sistema australiano, ou seja, duas lagoas anaeróbias seguidas de uma lagoa facultativa (SOUZA, 2007).

A ETE atende aos bairros de Gramame, Grotão, Valentina, João Paulo II, Funcionários I e II, Jardim São Paulo, Bancários, Monsenhor Magno, Ernesto Geisel e Mangabeira (SILVA et al., 2016). Ocupa uma área de 31,5 hectares e estima-se que atenda 132.400 habitantes, o equivalente a 14% de toda a demanda da capital paraibana (FERNANDES, 2011).

O tempo de retenção hidráulica (TDH) é de aproximadamente 10,6 dias em todo o sistema, sendo 1,8 dia em cada lagoa anaeróbia e 7 dias na lagoa facultativa (FERNANDES, 2018). O lançamento do efluente tratado é feito no rio Cuiá, que deságua na praia do Arraial em João Pessoa (SILVA et al., 2016). Por se tratar de um rio de deságue em praia frequentada por banhistas, segundo o item 5.1 da NBR 13.969, o rio Cuiá obedece a classificação C. E de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o rio se enquadra na classe III (REIS, 2010). Nas figuras 16 e 17 podemos ver a planta da estação e a foz do rio Cuiá, respectivamente.

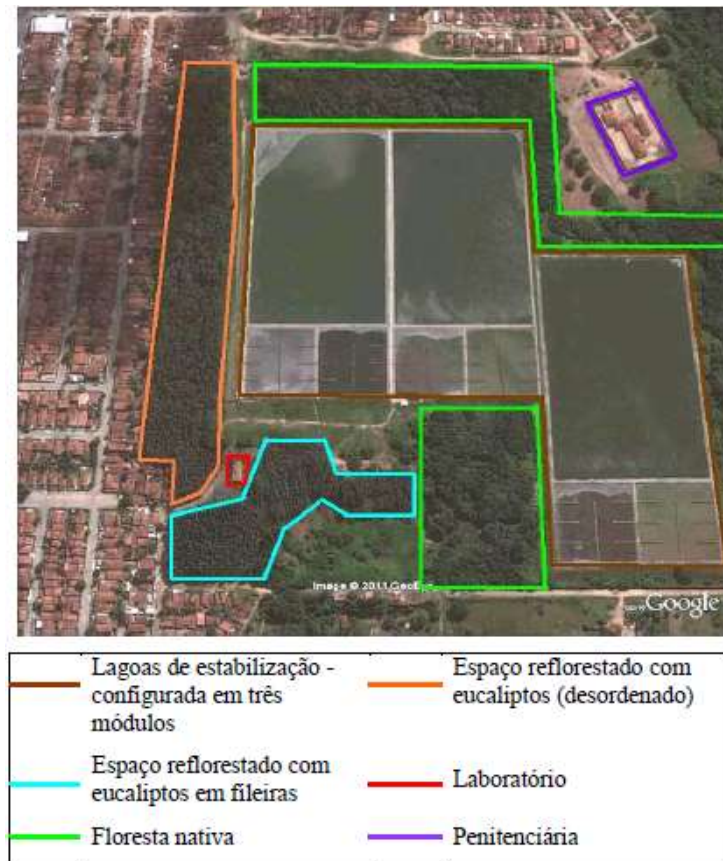


Figura 16 - Vista aérea da ETE Mangabeira

Fonte: (FERNANDES, 2011 apud GOOGLE EARTH, 2011)

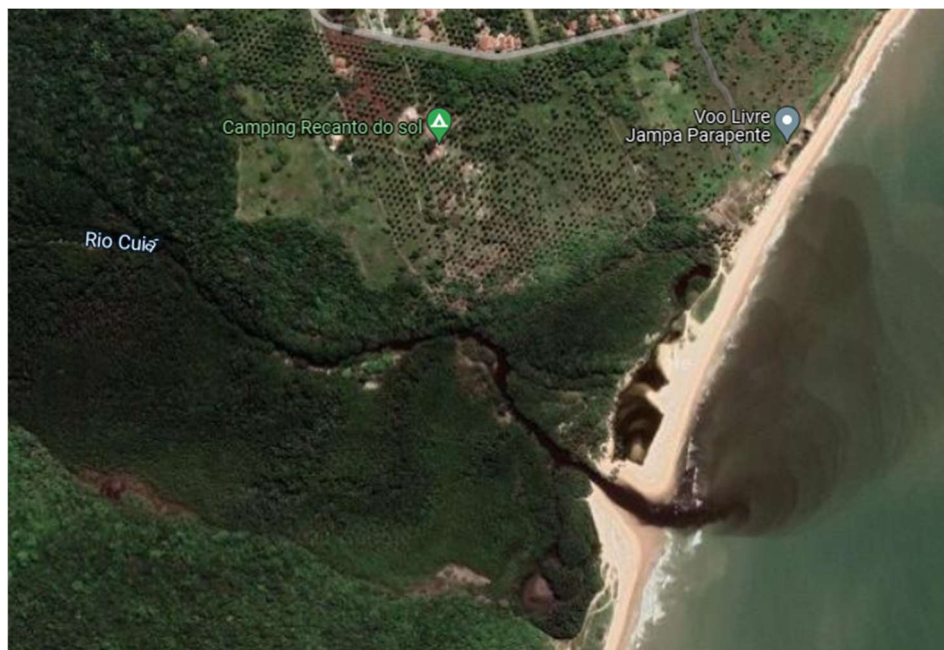


Figura 17 - Foz do rio Cuiá

Fonte: (GOOGLE MAPS, 2021)

A CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba), empresa fundada em 30 de dezembro de 1966, é o órgão responsável pelo tratamento e disposição final de esgoto na ETE Mangabeira. A CAGEPA é uma empresa de economia mista, com sede e jurisdição em João Pessoa, onde o Governo do Estado da Paraíba é o detentor de 99,98% das ações ordinárias e responsável por gerir o saneamento básico de 200 dos 223 municípios do Estado (CAGEPA, 2021).

4.2 Base de dados

O controle dos parâmetros de qualidade dos efluentes são feitos mensalmente pela CAGEPA. Foram fornecidos os resultados de monitoramento de 22 meses (de janeiro de 2020 a outubro de 2021), porém tomamos apenas os últimos 6 meses (de maio a outubro de 2021) como forma de simplificar o estudo e também torná-lo o mais atual possível. A análise completa do efluente da lagoa facultativa durante esses 6 meses de monitoramento está disponível nos Anexos A, B, C, D, E e F.

Os parâmetros analisados pela equipe de técnicos da CAGEPA são:

- vazão;
- temperatura (campo);
- pH;
- condutividade elétrica;
- temperatura;
- sólidos sedimentáveis;
- $\text{DBO}_{5,20}$;
- DQO;
- oxigênio dissolvido;
- nitrogênio amoniacal;
- fósforo total;
- sólidos totais;
- totais fixos;
- totais voláteis;
- coliformes termotolerantes.

4.3 Análise de dados

O resultado das análises laboratoriais da CAGEPA será comparado com as resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA. A partir desses resultados é possível conferir se o corpo hídrico receptor está preparado para receber o efluente produzido no tratamento.

Partindo do pressuposto que o efluente não está em condições ideais de lançamento e reuso, a solução será baseada na escolha do melhor método entre filtro anaeróbio, filtro de areia e lagoa de maturação, pois se tratam de métodos capazes de serem estudados tendo em vista os dados monitorados pela CAGEPA. Serão elaborados gráficos de comparação entre a situação atual dos parâmetros de controle e o objetivo desejado para polimento.

4.4 Dimensionamento da estrutura

A escolha da estrutura ideal será baseada no método mais eficiente de remoção de poluentes e que ocupe o mínimo de área possível, pois a ETE se encontra construída em uma área com ocupação urbana bastante acentuada.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Antes de tudo, devemos definir os parâmetros desejados de acordo com a classificação do corpo hídrico receptor, padrão de lançamento de efluentes e o padrão de reuso urbano do efluente. Para isso, utilizaremos o Art. 16 da resolução CONAMA 357/2005 (padrão para água doce classe III), o Art. 21 da resolução CONAMA 430/2011 e os parâmetros ideais para reuso urbano irrestrito, segundo Florencio, Bastos e Aisse (2006).

Podemos observar que alguns desses parâmetros podem variar de padrão de acordo com a normas de referência, então procuraremos fazer uma interseção dos valores para que abranja todas as situações desejadas.

Sendo assim, teremos que:

- o pH deverá estar entre 6 e 9;
- a temperatura deverá ser inferior a 40°C;
- os materiais sedimentáveis não devem exceder 1 ml/l;
- a DBO 5 dias, 20°C deverá ser inferior a 10,0 mg/l;
- o OD não deve ser inferior a 4,0 mg/l;

- coliformes termotolerantes por 100 ml não devem ser detectados.

A Tabela 2 trata-se de um quadro-resumo do relatório fornecido pela CAGEPA. A análise físico-química e bacteriológica do esgoto bruto coletado antes da etapa inicial de tratamento secundário (lagoa anaeróbia) é feita uma vez ao mês. Foram tomados os dados dos últimos seis meses monitorados.

Tabela 2 - Parâmetros dos últimos 6 meses dos ensaios físico-químicos e bacteriológico de esgoto bruto

PARÂMETROS	UNID.	MESES						Média
		Mai/21	Jun/21	Jul/21	Ago/21	Set/21	Out/21	
Vazão	l/s	68,0	52,8	76,3	121,7	93,6	131,0	90,6
Temperatura (Campo)	°C	28,0	31,0	29,0	28,0	29,5	30,0	29,3
pH	-	6,7	6,7	7,0	6,5	7,0	6,6	6,8
Condutividade Elétrica	uS/cm	518,0	1.014,0	1.134,0	1.037,0	1.012,0	1.097,0	968,7
Sólidos Sedimentáveis	ml/l	1,5	4,0	3,5	4,0	3,0	6,8	3,8
DBO _{5,20}	mg/l	128,3	399,8	343,9	267,0	258,9	410,0	301,3
DQO	mg/l	145,9	662,5	609,3	NR	NR	819,4	559,3
Oxigênio Dissolvido	mg/l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Fósforo Total	mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Sólidos Totais	mg/l	355,0	734,0	759,0	698,0	617,0	NR	632,6
Totais Fixos	mg/l	190,0	331,0	365,0	325,0	306,0	NR	303,4
Totais Voláteis	mg/l	165,0	403,0	394,0	373,0	311,0	NR	329,2
Coliformes Termotolerantes	coliforme/100ml	7,5E+06	3,2E+07	2,3E+07	2,7E+07	5,4E+07	6,4E+07	3,5E+07

NA – Não se aplica

NR – Não realizada

Fonte: (CAGEPA, 2021)

Já a Tabela 3 trata-se de um quadro-resumo do relatório de análise físico-química e bacteriológica do efluente depois da etapa final de tratamento (lagoa facultativa). Cabe ressaltar que a Tabela 3 caracteriza o efluente que está sendo despejado no corpo receptor (rio Cuiá).

Tabela 3 - Parâmetros dos últimos 6 meses dos ensaios físico-químicos e bacteriológico da lagoa facultativa do módulo I

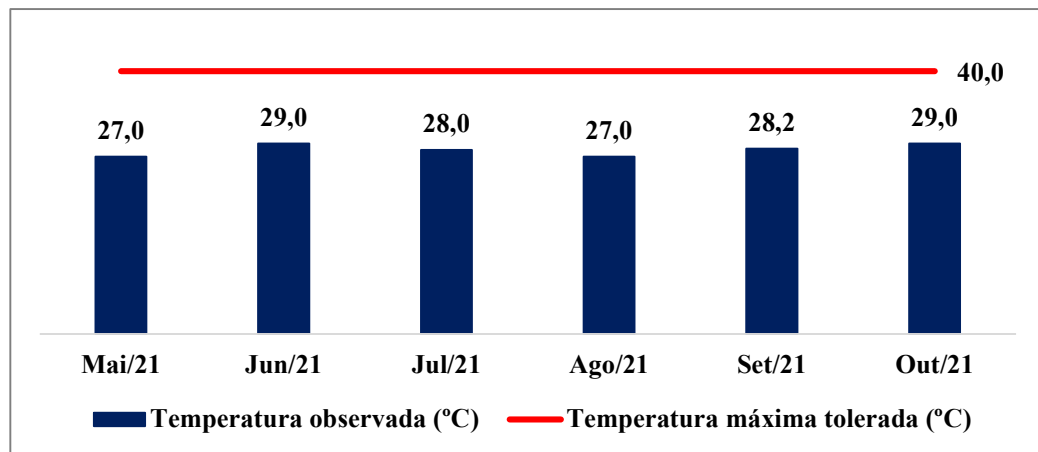
PARÂMETROS	UNID.	MESES						Média
		Mai/21	Jun/21	Jul/21	Ago/21	Set/21	Out/21	
Vazão	l/s	68,0	52,8	76,3	121,7	93,6	131,0	90,6
Temperatura (Campo)	°C	27,0	29,0	28,0	27,0	28,2	29,0	28,0
pH	-	6,9	6,8	6,7	7,0	6,7	7,1	6,9
Condutividade Elétrica	uS/cm	670,0	722,0	827,0	739,0	786,0	871,0	769,2
Sólidos Sedimentáveis	ml/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
DBO _{5,20}	mg/l	36,7	41,8	72,2	58,7	46,6	44,1	50,0
DQO	mg/l	77,0	98,4	137,2	NR	NR	77,3	97,5
Oxigênio Dissolvido	mg/l	0,2	1,3	0,5	1,3	0,4	0,4	0,7
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	33,6	NR	NR	NR	NR	NR	33,6
Fósforo Total	mg/l	4,7	NR	NR	NR	NR	NR	4,7
Sólidos Totais	mg/l	381,0	411,0	499,0	432,0	436,0	NR	431,8
Totais Fixos	mg/l	235,0	282,0	339,0	258,0	293,0	NR	281,4
Totais Voláteis	mg/l	146,0	129,0	160,0	174,0	143,0	NR	150,4
Coliformes Termotolerantes	coliforme/100ml	2,8E+04	1,1E+05	1,5E+05	9,1E+04	9,8E+05	9,8E+04	2,4E+05

NR – Não realizada

Fonte: (CAGEPA, 2021)

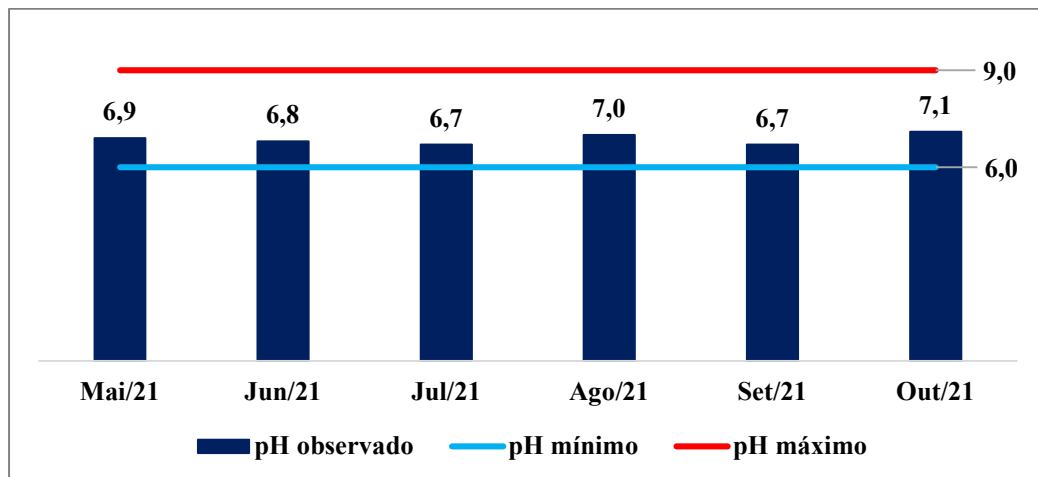
Alguns desses parâmetros não serão necessários para a definição de um método de polimento, sendo assim, serão desconsiderados. Os parâmetros objetos de estudo serão a temperatura, o pH, os sólidos sedimentáveis, a DBO, o OD e os coliformes termotolerantes. Como forma de melhor visualização desses dados, foram elaborados gráficos de comparação com o padrão ideal. As linhas de apoio em vermelho representam o parâmetro máximo tolerado e as linhas azuis o mínimo requerido. De forma que o topo das barras deve estar sempre abaixo da linha vermelha e acima da linha azul para considerarmos que o padrão está ideal.

Gráfico 1 - Parâmetros de temperatura observados



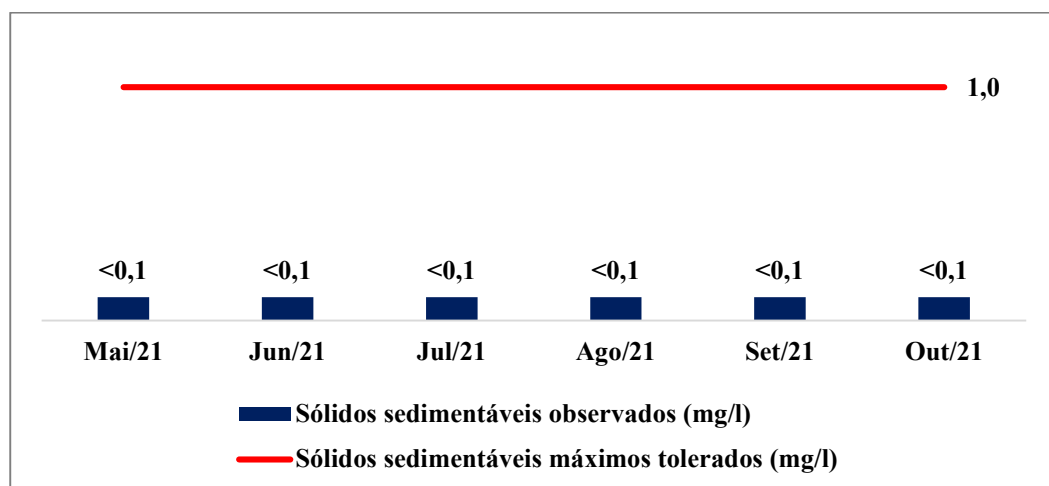
Fonte: (CAGEPA, 2021)

Gráfico 2 - Parâmetros de pH observados



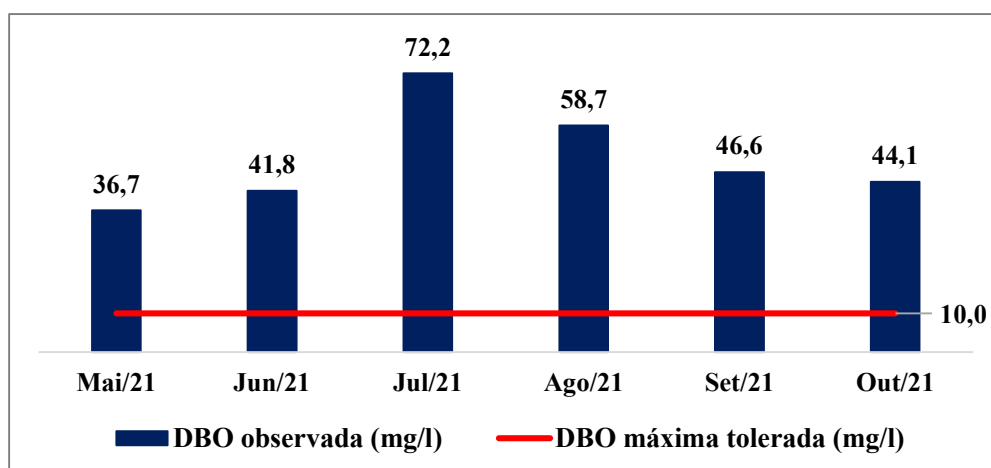
Fonte: (CAGEPA, 2021)

Gráfico 3 - Parâmetros de sólidos sedimentáveis observados



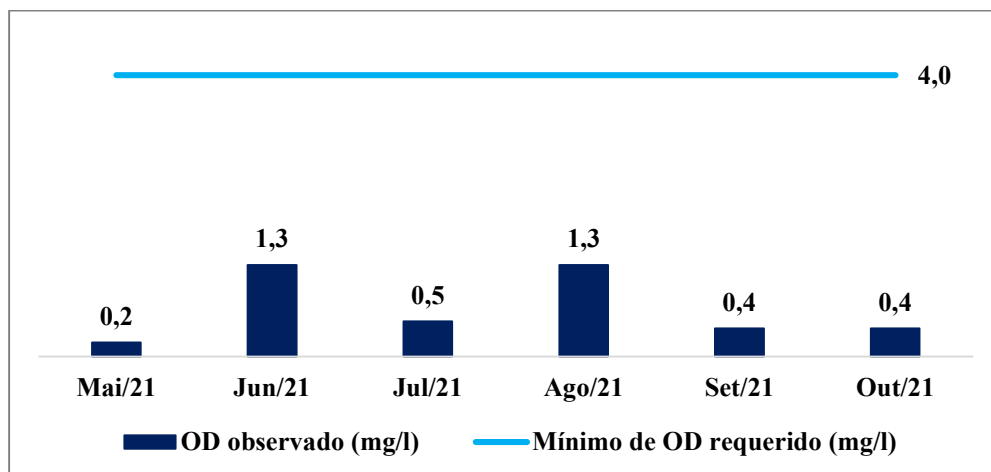
Fonte: (CAGEPA, 2021)

Gráfico 4 - Parâmetros de DBO observados



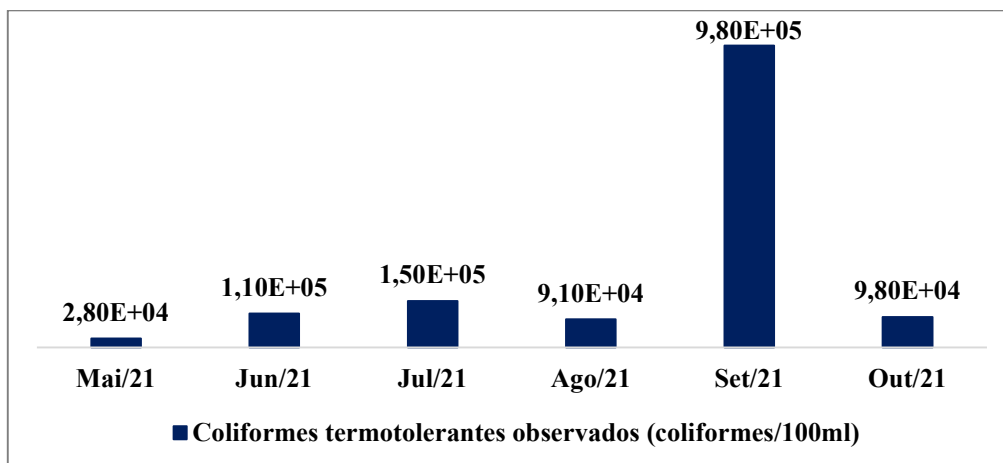
Fonte: (CAGEPA, 2021)

Gráfico 5 - Parâmetros de OD observados



Fonte: (CAGEPA, 2021)

Gráfico 6 - Parâmetros de coliformes termotolerantes observados



Fonte: (CAGEPA, 2021)

A partir da observação dos gráficos 1, 2 e 3, podemos chegar à conclusão que os parâmetros de temperatura, pH e sólidos sedimentáveis estão em conformidade com os padrões requeridos tanto para reuso quanto para a disposição final. Já os gráficos 4, 5 e 6 nos mostram que parâmetros de DBO, OD e coliformes termotolerantes deverão ser ajustados utilizando tratamento complementar.

A quantidade de coliformes termotolerantes está exageradamente acima do padrão adequado, então será este o parâmetro ao qual procuraremos enfatizar. A Tabela 4, a seguir, nos mostra a variação da quantidade desses coliformes termotolerantes a montante e a jusante do ponto de descarga do efluente tratado.

Tabela 4 - Disposição de coliformes termotolerantes a montante e a jusante do ponto de descarga

MESES	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		
	Montante (coliformes/100ml)	Jusante (coliformes/100ml)	Variação (log)
Maio/2021	4,40E+04	1,20E+04	-4,51
Junho/2021	7,50E+03	3,60E+05	5,55
Julho/2021	1,70E+04	6,70E+04	4,70
Agosto/2021	2,10E+04	5,10E+04	4,48
Setembro/2021	3,40E+03	3,60E+04	4,51
Outubro/2021	9,60E+03	1,70E+05	5,21

Fonte: (CAGEPA, 2021)

Nota-se que na maioria dos meses observados, o efluente resultante da ETE está aumentando a concentração de coliformes termotolerantes no rio Cuiá. Essa variação pode ser ocasionada por carreamento de coliformes termotolerantes para a calha do rio em períodos de chuva ou insuficiência no tratamento existente. O rio Cuiá já apresenta uma elevada carga de coliformes antes de chegar ao ponto de descarga da ETE, mas caso o número de coliformes resultantes da ETE fossem irrelevantes, poderíamos melhorar a qualidade da água a partir daquele ponto pelo processo de autodepuração do rio. O processo de autodepuração se daria, pois, a vazão total da ETE é de aproximadamente 475,51 l/s.

Cabe também ressaltar que na praia do Arraial, junto a foz do rio Cuiá, a SUDEMA (Superintendência de Administração do Meio Ambiente) faz análise química da água marinha e emite relatórios periódicos que constantemente apresenta padrões de balneabilidade inadequados (SUDEMA, 2021).

Na Tabela 5 podemos observar as taxas percentuais que deverão ser alcançadas pelo polimento da lagoa facultativa. Cabe salientar que a estrutura de polimento deve alcançar esses índices de adequação.

Tabela 5 – Diagnóstico dos parâmetros de monitoramento

Parâmetros	Unidade	Média Observada	Objetivo final	Percentual de ajuste
Temperatura	°C	28,0	<40,0	IDEAL
pH	-	6,9	6,0 – 9,0	IDEAL
Sólidos Sedimentáveis	mg/l	<0,1	<1,0	IDEAL
DBO _{5,20}	mg/l	50,0	10,0	-80,00%
Oxigênio Dissolvido	mg/l	0,7	4,0	485,37%
Coliformes Termotolerantes	coliformes/100ml	2,43E+05	0	-100,00%

Fonte: (CAGEPA, 2021)

Conceitualmente, a DBO é a quantidade de oxigênio que os micro-organismos necessitam retirar do meio líquido para estabilizar a matéria orgânica presente neste, sob condições aeróbias. Então quando reduzimos a DBO de um fluido através de tratamento, estamos aumentando a quantidade de oxigênio dissolvido no fluido. Existe uma relação de interdependência entre esses dois parâmetros.

Tabela 6 - Taxa percentual de remoção de DBO e coliformes termotolerantes por tipo de tratamento

Parâmetros	Filtro Anaeróbio	Filtro de Areia	Lagoa de Maturação
DBO _{5,20}	40 – 75%	50 – 85%	50 – 90%
Coliformes Termotolerantes	-	99% ou mais	até 99,9999%

Fonte: Adaptado (NBR 13.969, 1997; ARAUJO, 2007 apud MARA et al, 1992; BRADLEY, 1983)

Na Tabela 6, podemos observar a capacidade de redução de DBO e coliformes de acordo com o tipo de tratamento. Através desta podemos chegar à conclusão que o filtro anaeróbio não é o mais eficiente para a adequação dos parâmetros, pois não possui aplicação na remoção de coliformes termotolerantes.

Já o filtro de areia pode ser eficiente na remoção da DBO e coliformes, segundo a NBR 13.969/1997, desde que a taxa de aplicação superficial seja limitada. Para o nosso caso, como o efluente a ser tratado já passou pelas lagoas anaeróbia e facultativa, a taxa de aplicação deverá ser de 200 L/dia x m². Considerando essa taxa e uma vazão média de 90,6 l/s, a área requerida para a construção do filtro será de 39.139,20 m². Porém a NBR 13.969/1997 impõe a construção de outra unidade de filtro para operação quando o primeiro estiver em manutenção. Tal imposição implica na requisição do dobro de área, sendo então a área total requerida de 78.278,40 m².

Para o dimensionamento da lagoa de maturação, temos que levar em consideração o regime hidráulico a ser adotado. O regime hidráulico de fluxo disperso foi adotado como forma de aproximar mais à realidade. As variáveis do regime de fluxo disperso serão calculadas através de equações empíricas elaboradas por Von Sperling (2002). As variáveis adotadas para este cálculo serão as médias dos parâmetros obtidas através da Tabela 3.

Então, seguem os parâmetros de acordo com a Tabela 3:

- vazão (Q) de 90,6 l/s;
- temperatura (T) do líquido de 28 °C no mês mais frio (julho);
- concentração da DBO de 50 mg/l;
- número de coliformes termotolerante (NC_T) de 2,4 x 10⁵ por 100ml;

a) Volume da lagoa

Para o cálculo do volume da lagoa de maturação foi admitido um tempo de detenção de 10 dias, logo o volume total da lagoa será:

$$\begin{aligned} V &= t \cdot Q = 10 \text{ dias} \cdot 90,60 \text{ l/s} \\ V &= 10 \text{ dias} \cdot 7.827,84 \text{ m}^3/\text{dia} \\ V &= 78.278,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b) Dimensões da lagoa

Admitimos a profundidade máxima permitida de modo que a lagoa ocupe o mínimo de área possível. Então, a área superficial será:

$$\text{Profundidade} \rightarrow h = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Área superficial} \rightarrow A = \frac{V}{h} = \frac{78.278,40 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}} = 65.232 \text{ m}^2$$

Calculada a área, admitimos que a lagoa terá dimensões retangulares e será dividida por 9 chicanas, também foi adotado 150 metros de largura para um dos lados. Logo,

$$\text{Largura} \rightarrow B = 150 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento} \rightarrow L = 435 \text{ m}$$

A partir da largura e do comprimento da lagoa, podemos calcular a relação L/B que é pré-requisito para encontramos o número de dispersão d .

$$\text{Relação } L/B \text{ interna da lagoa} \rightarrow \frac{L}{B} = \frac{L}{B} (n + 1)^2 = \frac{435}{150} (9 + 1)^2 = 290$$

Ao se dividir o lado interno da lagoa com 9 chicanas, a lagoa terá 10 trechos, cada um com um comprimento de 435m e uma largura de $150/10 = 15 \text{ m}$.

A área de 65.250 m² calculada se trata da área interna da lagoa. Para a execução dos taludes, passeios, etc. a área total requerida é 25% maior, ou seja, 81.562,50 m².

c) Regime hidráulico e número de dispersão

O número de dispersão d para o regime hidráulico de fluxo disperso será:

$$d = \frac{1}{L/B} = \frac{1}{290} = 0,0034$$

d) Eficiência na remoção da DBO

Para o cálculo da eficiência da redução da DBO, admitimos que o coeficiente de remoção (K) será 0,15 d⁻¹, pois é um valor normalmente encontrado através de equações empíricas, portanto, pode ser adotado para efeito de cálculo. A média da concentração da DBO afluente está disposta na Tabela 3 e é de 50mg/l. Logo, o valor do número adimensional será:

$$a = \sqrt{1 + 4 \cdot K \cdot t \cdot d} = \sqrt{1 + 4 \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 0,0034} = 1,01$$

Conhecido o número adimensional a , podemos calcular concentração da DBO efluente da lagoa de maturação.

$$N = N_0 \frac{4 \cdot a \cdot e^{1/2d}}{(1+a)^2 \cdot e^{a/2d} - (1-a)^2 \cdot e^{-a/2d}}$$

$$N = 50 \cdot \frac{4 \cdot 1,01 \cdot e^{1/(2 \cdot 0,0034)}}{(1+1,01)^2 \cdot e^{1,01/(2 \cdot 0,0034)} - (1-1,01)^2 \cdot e^{-1,01/(2 \cdot 0,0034)}} = 11,24 \text{ mg/l}$$

E por fim, calculamos a eficiência na redução da DBO.

$$N = \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{50 - 11,24}{50} = 77,52\%$$

e) Eficiência na remoção de coliformes termotolerantes

Para o cálculo da eficiência da remoção dos coliformes termotolerantes, admitimos que o coeficiente de remoção (K) para 20°C será calculado pela equação que segue

$$K_b (\text{fluxo disperso}) = 0,542 \cdot H^{-1,259} = 0,542 \cdot 1,20^{-1,259} = 0,43 \text{ d}^{-1}$$

E posteriormente ajustado para a temperatura média do efluente da lagoa facultativa disponível na Tabela 3, que é de 28°C para o mês de julho (considerado o mais frio), logo teremos:

$$K_{bT} = K_{b20} \cdot \theta^{(T-20)} = 0,43 \cdot 1,07^{(28-20)} = 0,74 \text{ d}^{-1}$$

Logo, o valor do número adimensional será:

$$a = \sqrt{1 + 4 \cdot K_{bT} \cdot t \cdot d} = \sqrt{1 + 4 \cdot 0,53 \cdot 10 \cdot 0,0034} = 1,05$$

E a concentração de coliformes termotolerantes efluentes da lagoa de maturação será:

$$N = N_0 \frac{4 \cdot a \cdot e^{1/2d}}{(1+a)^2 \cdot e^{a/2d} - (1-a)^2 \cdot e^{-a/2d}}$$

$$N = 2,4 \cdot 10^5 \frac{4 \cdot 1,05 \cdot e^{1/(2 \cdot 0,0034)}}{(1+1,05)^2 \cdot e^{1,05/(2 \cdot 0,0034)} - (1-1,05)^2 \cdot e^{-1,05/(2 \cdot 0,0034)}} = 0,32 \text{ CF/100ml}$$

E por fim, calculamos a eficiência na remoção dos coliformes termotolerantes.

$$N = \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{2,4 \cdot 10^5 - 0,32}{2,4 \cdot 10^5} = 99,9998\%$$

A área requerida para a construção da lagoa de maturação vai depender do tempo de detenção do efluente, entretanto, quando comparada ao filtro de areia, a lagoa de maturação consegue ter eficiência de remoção de patógenos igual ou superior, porém utilizando área requerida menor (Tabela 7). Por esse motivo, o processo mais eficiente de remoção entre os três avaliados é o da lagoa de maturação.

Tabela 7 – Eficiência de adequação dos parâmetros de acordo com o tipo de tratamento e a área requerida

Parâmetros	Desejável	Filtro de Areia	Lagoa de Maturação
Área Requerida (m ²)	Menor área possível	78.278,40	65.250,00
Eficiência na Redução da DBO _{5,20} (%)	80	50 – 85	77,52
Eficiência na Remoção dos Coliformes Termotolerantes (%)	~100	99 ou mais	99,9998

Fonte: (AUTOR, 2021)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

A taxa de coliformes termotolerantes ficou abaixo da requerida pelo CONAMA para o corpo hídrico (rio Cuiá). O valor máximo permitido para o lançamento é de 4.000 coliformes/100ml e após o tratamento pela lagoa de maturação a taxa seria em média 0,32 coliformes/100ml. Como já era esperado, a remoção dos coliformes termotolerantes não foi 100% eficiente, logo o efluente precisará passar por um processo de desinfecção antes de ser aplicado o seu reuso urbano não-potável.

Já a DBO máxima requerida pelo rio é de 10 mg/l e após o tratamento a taxa seria em média 11,24 mg/l, valor 12,40% a mais do tolerado, porém muito próximo do requerido o que torna esse valor aceitável. Pois como se trata de uma média esses valores podem se encontrar ligeiramente acima ou abaixo do desejado. A grande dificuldade da adequação da DBO em pequenas taxas é que a eficiência de remoção é proporcional a taxa de DBO afluyente, ou seja, quanto maior a DBO maior é a eficiência de remoção e vice-versa.

A maior dificuldade de aplicação do método de polimento por lagoas de maturação é a disponibilidade de grandes áreas, dificuldade esta que não é diferente da apresentada em outros métodos aqui já citados. Como a ETE se encontra em um ambiente urbano, seria necessário ampliar a sua área de domínio para a execução dessa estrutura. Lembrando que a área aqui calculada serve apenas para um dos módulos de tratamento da ETE.

Logo, para a adequada disposição e/ou reuso de todo o efluente tratado seria necessário uma área três vezes maior que a calculada, pois a ETE é composta de três módulos de tratamento.

Como sugestão para trabalhos futuros citamos:

- estudo de viabilidade técnica para a substituição das lagoas anaeróbias da ETE Mangabeira por lagoas aeradas;
- estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de sedimentadores primários na ETE Mangabeira.

7 REFERÊNCIAS

Água não tratada é porta aberta para várias doenças. Disponível em: <https://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/fcc4ff45-85b7-4d84-a8d4-b4fd2d36647b/COPASA_Doencas%281%29.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWOKSPACE-fcc4ff45-85b7-4d84-a8d4-b4fd2d36647b-kIMTIXc> Acesso em 11 nov. 2021.

ARAUJO, Iria Sartor. **Avaliação de lagoas facultativa aerada e de maturação, em escala real, como etapas secundária e terciária de sistema de tratamento de dejetos suínos.** 2007. 237 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis.

Apresentação. Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/apresentacao/>> Acesso em 08 nov. 2021.

ATAHYDE, Armando Wendel Ladanyi Ferreira de. **Projeto de uma estação de tratamento de efluentes para a cidade de São Roque.** São Paulo: 2016. 81 f.

Caixa de areia: como essa etapa pode impactar drasticamente no custo do tratamento de efluentes? Disponível em: < <https://acquablog.acquasolution.com/caixa-de-areia-como-essa-etapa-pode-impactar-dramaticamente-no-custo-do-tratamento-de-efluentes/>> Acesso em 12 nov. 2021.

Calha Parshall. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/produto/calha-parshall/>> Acesso em 12 nov. 2021.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. **Resolução nº 357, 17 de março de 2005.** Ministério do Meio Ambiente.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011. **Resolução nº 430, 13 de março de 2011.** Ministério do Meio Ambiente.

Decantador primário. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/index.php/br/infraestrutura/decantador-primario>> Acesso em 15 nov. 2021.

Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>> Acesso em 08 nov. 2021.

DOS SANTOS, André Bezerra. **Avaliação técnica de sistemas de tratamento de esgotos.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 206p.

Esgoto. Disponível em: <<https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>> Acesso em 08 nov. 2021.

FERNANDES, Fernando Ferreira. **Estudo socioambiental: uma análise da arborização na estação de tratamento de esgoto de Mangabeira (João Pessoa – PB).** Guarabira: UEPB, 2011. 22f. Il. Color.

FERNANDES, Klissia Magno dos Santos. **Modelos para previsão da eficiência de lagoas de estabilização tratando esgoto sanitário no Estado da Paraíba**. 2018. 122 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa.

FLORENCIO, L; BASTOS R. K. X; AISSE M. M. (coordenador). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427p.

JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 969 p.

Monitoramento das Praias. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/servicos/servicos-ao-publico/balneabilidade-1>> Acesso em 29 nov. 2021

NBR 13.969. 1997. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

OMS: Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. Disponível em: <https://www.rgsengenharia.com.br/blog/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-4-3-dolares-em-saude-global> Acesso em 21 nov. 2021.

REIS, André Luiz Queiroga. **Índice de sustentabilidade aplicado à bacia do rio Cuiá – João Pessoa (PB)**. 2010. 137f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, João Pessoa.

SILVA, Isla Marcolino et al. **Caracterização do efluente da estação de tratamento de esgoto – Unidade Mangabeira – João Pessoa/PB**. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7, Campina Grande, 21 – 24 setembro 2016.

SILVA FILHO, Pedro Alves da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. 169f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa Regional de Pós Graduação em Engenharia Sanitária, Natal.

SOUSA, Antônio Cícero de. **Avaliação do funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto doméstico e desenvolvimento de um novo método para determinação de DQO usando espectrometria NIR e quimiometria**. 2007. 87f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba. Programa De Pós-Graduação em Química, João Pessoa.

Tratamento. Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/outras-informacoes/esgotamento-sanitario/tratamento/>> Acesso em 15 nov. 2021

Tratamento preliminar fossa e filtro anaeróbio. Disponível em: <https://www.naturaltec.com.br/fossa-filtro/> Acesso em 22 nov. 2021

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização**. Volume 3 - 2ª Edição. Belo Horizonte: UFMG, 2002. 196 p.

ANEXOS

ANEXO A – Relatório mensal do mês de maio/2021



GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GR LI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - ST LI



LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFLUENTES DA CAGEPA

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: LITORAL

SISTEMA: ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA

DATA DA COLETA: 05/05/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 05/05/2021 às 10:15

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 68 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA: Módulo 3 continua sem contribuição de esgoto bruto da elevatória

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:00	08:15	08:25	NC	08:45	-	09:30	09:55	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	28,0	27,0	28,0	NC	28,0	40	26,0	25,0	-
Alcalinidade	mg/L	194,4	194,9	158,5	NC	185,3		41,6	32,2	
pH		6,7	6,9	7,1	NC	7,1	5,0 a 9,0	6,6	6,3	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	518,0	670,0	616,0	NC	672,0	-	1.446,0	1.581,0	-
TEMPERATURA	°C	23,9	23,2	23,3	NC	23,2	-	23,5	23,6	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	1,5	<0,1	<0,1	NC	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	128,3	36,7	40,3	NC	23,7	120	3,1	3,5	10
DQO	mg/L	145,9	77,0	63,5	NC	71,6	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	0,2	1,0	NC	0,5	-	2,9	2,0	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	33,6	25,7	NC	30,6	-	0,9	1,6	-
Fósforo Total	mg/L	NR	4,7	4,5	NC	4,8	-	0,1	0,2	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	355,0	381,0	382,0	NC	389,0	-	165,0	725,0	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	190,0	235,0	287,0	NC	263,0	-	137,0	87,0	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	165,0	146,0	95,0	NC	126,0	-	28,0	638,0	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	7,5E+06	2,8E+04	7,0E+04	NC	2,8E+04	-	4,4E+04	1,2E+04	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 71,4%
Módulo II: 68,6%
Módulo III: -

Eficiência DQO:

Módulo I: 47,2%
Módulo II: 56,5%
Módulo III: -

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 99,63%
Módulo II: 99,07%
Módulo III: -

Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)

ANEXO B – Relatório mensal do mês de junho/2021



GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GR LI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - ST LI



LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFLUENTES DA CAGEPA

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: LITORAL

SISTEMA: ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA

DATA DA COLETA: 02/06/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 02/06/2021 às 10:05

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 52,8 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA: Módulo 3 continua sem contribuição de esgoto bruto da elevatória

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:00	08:20	08:40	NC	09:00	-	09:22	09:43	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	31,0	29,0	30,0	NC	30,0	40	27,0	28,0	-
Alcalinidade	mg/L	NR	NR	NR	NC	NR	-	60,7	88,0	-
pH		6,7	6,8	7,3	NC	7,2	5,0 a 9,0	6,6	6,4	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	1.014,0	722,0	632,0	NC	695,0	-	275,0	339,0	-
TEMPERATURA	°C	23,0	23,0	23,1	NC	23,0	-	23,3	23,5	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	4,0	<0,1	<0,1	NC	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	399,8	41,8	29,4	NC	24,3	120	4,1	11,3	10
DQO	mg/L	662,5	98,4	124,5	NC	42,3	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	1,3	2,5	NC	2,2	-	1,8	0,7	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	NR	NR	NC	NR	-	2,4	6,4	-
Fósforo Total	mg/L	NR	NR	NR	NC	NR	-	2,8	1,1	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	734,0	411,0	418,0	NC	355,0	-	166,0	201,0	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	331,0	282,0	333,0	NC	268,0	-	152,0	152,0	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	403,0	129,0	85,0	NC	87,0	-	14,0	49,0	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	3,2E+07	1,1E+05	1,2E+05	NC	2,6E+04	-	7,5E+03	3,6E+05	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 89,5%
Módulo II: 92,6%
Módulo III: -

Eficiência DQO:

Módulo I: 85,1%
Módulo II: 81,2%
Módulo III: -

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 99,66%
Módulo II: 99,63%
Módulo III: -

Michele Mendonça Fonseca

Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)

ANEXO C – Relatório mensal do mês de julho/2021



CAGEPA
COMPANHIA DE ÁGUA E
ESGOTOS DA PARAÍBA

GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GR/LI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - ST/LI



LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFLUENTES DA CAGEPA

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: **LITORAL**

SISTEMA: **ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA**

DATA DA COLETA: 01/07/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 01/07/2021 às 10:10

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 76,3 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA:

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:05	08:50	09:10	09:40	09:25	-	09:55	10:15	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	29,0	28,0	27,0	29,0	27,0	40	26,0	26,0	-
Alcalinidade	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
pH		7,0	6,7	6,9	6,8	7,0	5,0 a 9,0	6,3	6,1	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	1.134,0	827,0	728,0	1.027,0	815,0	-	272,0	362,0	-
TEMPERATURA	°C	23,0	23,0	23,0	23,2	23,3	-	23,6	23,5	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	3,5	<0,1	<0,1	5,0	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	343,9	72,2	86,0	426,5	44,0	120	6,5	10,9	10
DQO	mg/L	609,3	137,2	176,7	623,3	125,6	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	0,5	2,0	NA	0,4	-	1,3	0,4	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
Fósforo Total	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	759,0	499,0	508,0	724,0	462,0	-	233,0	205,0	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	365,0	339,0	281,0	315,0	301,0	-	100,0	177,0	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	394,0	160,0	227,0	409,0	161,0	-	133,0	28,0	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	2,3E+07	1,5E+05	9,2E+04	1,8E+07	5,7E+04	-	1,7E+04	6,7E+04	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 79,0%
Módulo II: 75,0%
Módulo III: 89,7%

Eficiência DQO:

Módulo I: 77,5%
Módulo II: 71,0%
Módulo III: 79,8%

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 99,35%
Módulo II: 99,60%
Módulo III: 99,68%

Michele Mendonça Fonseca

Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)

ANEXO D – Relatório mensal do mês de agosto/2021



CAGEPA
COMPANHIA DE ÁGUA E
ESGOTOS DA PARAÍBA

GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GRLI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - STLI



LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFFLUENTES DA CAGEPA

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: LITORAL

SISTEMA: ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA

DATA DA COLETA: 03/08/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 03/08/2021 às 10:00

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 121,7 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA:

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:10	08:15	08:25	08:55	08:45	-	09:20	09:40	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	28,0	27,0	28,0	28,0	28,0	40	26,0	25,0	-
pH		6,5	7,0	7,2	7,2	7,1	5,0 a 9,0	6,7	6,7	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	1.037,0	739,0	678,0	955,0	793,0	-	266,0	301,0	-
TEMPERATURA	°C	23,9	23,5	23,5	23,6	23,8	-	24,4	24,5	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	4,0	<0,1	<0,1	1,7	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	267,0	58,7	54,9	243,0	53,3	120	11,2	8,6	10
DQO	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	1,3	4,3	NA	1,5	-	0,9	0,5	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
Fósforo Total	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	698,0	432,0	466,0	551,0	489,0	-	212,0	183,0	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	325,0	258,0	252,0	264,0	253,0	-	127,0	144,0	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	373,0	174,0	214,0	287,0	236,0	-	85,0	39,0	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	2,7E+07	9,1E+04	1,4E+05	3,0E+07	2,5E+05	-	2,1E+04	5,1E+04	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS - * Análise de DQO não realizada por falta de reagente

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 78,0%

Módulo II: 79,4%

Módulo III: 78,1%

Eficiência DQO:

Módulo I: -

Módulo II: -

Módulo III: -

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 99,66%

Módulo II: 99,48%

Módulo III: 99,17%


Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)

ANEXO E – Relatório mensal do mês de setembro/2021



CAGEPA
COMPANHIA DE ÁGUAS E
ESGOTOS DA PARAÍBA

GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GR LI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - ST LI



**LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFFLUENTES DA CAGEPA**

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: **LITORAL**

SISTEMA: **ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA**

DATA DA COLETA: 01/09/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 01/09/2021 às 13:10

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 93,6 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA:

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuia)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:15	08:04	08:17	08:52	08:37	-	09:26	09:46	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	29,5	28,2	28,8	29,0	28,8	40	26,8	26,2	-
pH		7,0	6,7	7,0	7,1	7,6	5,0 a 9,0	6,6	6,4	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	1.012,0	786,0	716,0	1.028,0	767,0	-	268,0	311,0	-
TEMPERATURA	°C	23,0	23,0	23,1	23,0	23,0	-	23,1	23,2	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	3,0	<0,1	<0,1	2,5	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	258,9	46,6	61,8	273,3	44,3	120	4,0	26,3	10
DQO	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	0,4	1,9	NA	2,2	-	0,7	0,7	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
Fósforo Total	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	617,0	436,0	472,0	677,0	451,0	-	171,0	175,0	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	306,0	293,0	265,0	259,0	261,0	-	110,0	127,0	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	311,0	143,0	207,0	418,0	190,0	-	61,0	48,0	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	5,4E+07	9,8E+05	9,3E+04	6,7E+07	9,4E+04	-	3,4E+03	3,6E+04	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS * Análise de DQO não realizada por falta de reagente

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 82,0%
Módulo II: 76,1%
Módulo III: 83,8%

Eficiência DQO:

Módulo I: -
Módulo II: -
Módulo III: -

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 98,19%
Módulo II: 99,83%
Módulo III: 99,86%

Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)

ANEXO F – Relatório mensal do mês de outubro/2021



GERÊNCIA REGIONAL DO LITORAL - GR/LI
SUBGERÊNCIA DE TRATAMENTO - ST/LI



LABORATÓRIO DE ANÁLISE
E MONITORAMENTO DE
EFLUENTES DA CAGEPA

RELATÓRIO MENSAL DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO

REGIONAL: LITORAL

SISTEMA: ETE MANGABEIRA (MÓDULOS I, II e III) – JOÃO PESSOA

DATA DA COLETA: 06/10/2021

DATA E HORA DO RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS: 06/10/2021 às 12:40

VAZÃO DE ENTRADA NA HORA DA COLETA: 131 L/s (Módulo I)

OBSERVAÇÕES DA COLETA:

PARÂMETROS	UNIDADE	MÓDULOS I e II			MÓDULO III		CONAMA 430 - Art. 21 VMP	CORPO RECEPTOR (Rio Cuiá)		CONAMA 357 - Art. 16 VMP
		AFLUENTE	LAGOAS FACULTATIVAS		AFLUENTE	L. FACULT.		MONTANTE	JUSANTE	
		EB	EFF1	EFF2	EB	EFF3				
HORA DA COLETA	h	10:15	08:12	08:22	08:55	08:35	-	09:17	09:48	-
TEMPERATURA (CAMPO)	°C	30,0	29,0	30,0	30,0	29,0	40	28,0	27,0	-
pH		6,6	7,1	6,9	7,0	7,2	5,0 a 9,0	6,5	6,3	6,0 a 9,0
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	uS/cm	1.097,0	871,0	831,0	1.059,0	836,0	-	277,0	350,0	-
TEMPERATURA	°C	25,8	24,6	24,6	24,8	24,8	-	25,3	25,3	-
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mL/L	6,8	<0,1	<0,1	2,0	<0,1	1	<0,1	<0,1	-
DBO _{5,20}	mg/L	410,0	44,1	132,2	309,8	85,5	120	3,2	7,4	10
DQO	mg/L	819,4	77,3	276,7	520,2	148,2	-	NR	NR	-
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/L	NA	0,4	1,9	NA	2,2	-	0,7	0,7	>4,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
Fósforo Total	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	0,15
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
TOTAIS FIXOS	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
TOTAIS VOLÁTEIS	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	-	NR	NR	-
COLIFORMES TERMOTOLERANTE	coliforme/100mL	6,4E+07	9,8E+04	1,3E+05	5,6E+07	4,6E+04	-	9,6E+03	1,7E+05	4.000 a

CONAMA 430 – Art. 21 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 430/11 de 13 de Maio de 2011, Artigo 21 (Padrões de Lançamento de Efluentes).

CONAMA 357 – Art. 16 VMP Valores Máximos Permitidos pelo CONAMA 357/05 de 17 de Março de 2005, Artigo 16 (Padrões para água de Classe 3).

a Para uso de recreação de contato secundário o valor máximo permitido é de 2.500 coliformes/100mL.

* 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5; 5,6 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg/L para pH > 8,5

NOTAS

NA – NÃO SE APLICA; NR – NÃO REALIZADO

Eficiência DBO:

Módulo I: 89,2%
Módulo II: 67,8%
Módulo III: 72,4%

Eficiência DQO:

Módulo I: 90,6%
Módulo II: 66,2%
Módulo III: 71,5%

Eficiência Coliformes:

Módulo I: 99,85%
Módulo II: 99,80%
Módulo III: 99,92%

Michele Mendonça Fonseca
Química – ETE Mangabeira

Os resultados apresentados neste relatório têm significação restrita e referem-se exclusivamente à amostra analisada nas condições especificadas.

Fonte: (CAGEPA, 2021)