



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia Para Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha

Estado da Biodegradabilidade da Matéria Orgânica (DBO/DQO) nas Águas Residuais em despejo ao longo da Marginal: Cidade de Quelimane, Zambézia - 2023 —

Autora:

Isabel Cananuo Mussa Furuma

(Isabel Cananuo Mussa Furuma)

Quelimane, Novembro de 2025



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia Para Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha

Estado da Biodegradabilidade da Matéria Orgânica (DBO/DQO) nas Águas Residuais em despejo ao longo da Marginal: Cidade de Quelimane, Zambézia -2023

Autora:

Isabel Cananuo Mussa Furuma

(Isabel Cananuo Mussa Furuma)

Supervisor:

Hélder Eduardo João

(Licenciado Hélder Eduardo João)

Avaliador:

Tomás Emilio Pedro Samo

(Mestre Tomás Emilio Pedro Samo)

Presidente de Júri:

Paula Catarina Miguel Milice

(Licenciada Paula Catarina Miguel Milice)

Quelimane, Novembro de 2025

Dedicatória

Dedico este trabalho:

A minha mãe: Carlota Paulino Mussage;

Aos meus irmãos: Júlia, Ema e Iassine José Júlio;

Aos meus sobrinhos: Ivanilson Muchanga, Jéssica Jasmim, Agnaldo, Paulino Muchanga, Thaila Emilva e Emilson Vasco.

Agradecimentos

A realização de um trabalho requer sempre determinação, coragem, dedicação, persistência, paciência e sacrifício. Definitivamente, torna-se difícil quase impossível realizá-lo sem contar com o apoio de outras pessoas. Sendo assim, coloco aqui minha mais profunda gratidão a todos que me acompanharam e apoiaram, direta ou indiretamente, na elaboração deste trabalho. Agradeço primeiramente à Deus, pela saúde, força e sabedoria para que eu pudesse chegar até aqui.

O meu especial agradecimento vai para a minha mãe Carlota Paulino Mussage e os meus irmãos Ema José, Júlia José, Iassine José e Cecília Furuma, pelo apoio incondicional, por acreditarem, lutarem para que não me faltasse nada e por serem responsáveis por eu ser quem eu sou. Aos meus sobrinhos, Aldina, Ivanilson, Jessica Jasmim, Adjun, Yuran, Thaila Emilva, Agnaldo, Emilson e Paulino Júnior que enchem minha vida de alegria. Aos meus cunhados, Luís Muchanga por sempre acreditar no meu potencial, Vasco Wilson pelo apoio moral, sem esquecer da Elsa Génésio(em memória) que pra além de cunhada foi uma super amiga.

Ao meu supervisor Hélder João pelo conhecimento transmitido, e a co-supervisora Cristina Martins pelo acompanhamento ao longo da realização do trabalho, pela paciência e por acreditar no meu potencial. A todos docentes da ESCMC com foco aos de Química Marinha pelo conhecimento transmitido.

Aos meus amigos Marciana, Neide, Cristina e Suquissa por me acturarem todo esse tempo sem desistirem de mim e por proporcionarem momentos inesquecíveis. Aos meus companheiros da turma de Química em especial a Elsa Simão, Jizela da Cruz Antônia Siteo, Rosa Albertino, Anatercia Zamuela, Miguel Joaquim e Ciquenta José. Um agradecimento especial a Ricardo Nhambirre pela ajuda, em suma quero agradecer a todos colegas da ESCMC que directa ou indirectamente estiveram do meu lado ao longo desses árduos anos

Declaração de Honra

Eu, Isabel Cananuo Mussa Furuma, declaro por minha honra que o presente trabalho de pesquisa nunca antes foi apresentado ou publicado e que constitui resultado do meu total esforço e dedicação na realização como cumprimento parcial dos requisitos necessários para obtenção do grau de Licenciatura em Química Marinha, pela Universidade Eduardo Mondlane.

A autora:

Isabel Cananuo Mussa Furuma

(Isabel Cananuo Mussa Furuma)

Resumo

O escoamento superficial urbano é o principal mecanismo de transporte que introduz substâncias tóxicas nas águas receptoras (rios, lagos e estuários) causando numerosos problemas, que inclui a sobrecarga nas estações de tratamento de esgoto e águas pluviais, prejudicando ainda as funções do próprio esgoto. No entanto, a avaliação da biodegradabilidade da matéria orgânica permite avaliar o tipo de processo de tratamento adequado para as águas residuais. Portanto, o presente estudo visa avaliar o estado da biodegradabilidade da matéria orgânica em função da DBO e DQO das águas residuais em despejo ao longo da marginal, cidade de Quelimane, Zambézia. Para tal, amostras foram coletadas em três terminais de esgotos na marginal de Quelimane usando garrafas plásticas a uma profundidade de 30 cm e logo após a colecta determinou-se por potenciometria digital teores de pH, temperatura, condutividade, TDS, salinidade, oxigénio líquido dissolvido (LDO e LDO₅) e turbidez. Em seguida, estas foram levadas ao laboratório de química da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC) onde incubou-se 250 mL da amostra a 20°C durante 5 dias para determinação da DBO₅. A DQO foi determinada por meio e uma relação existente entre a visibilidade do disco de Secchi com a oxidação química da matéria orgânica estabelecida pela equação 1. Em todos pontos nas CNTP, o pH máximo observado foi de 8.64 e o mínimo de 8.02, a salinidade variou de 0.66 a 6.41 ppm, TDS variou de 641 a 2160 mg/L, a maior transparência verificou no ponto 2 com 40 cm e menor no ponto 3 com 5 cm de visibilidade. O LDO máximo observado foi de 15.10 mg/L e mínimo de 10.0 mg/L e após 5 dias este parâmetro variou de 11.10mg/L a 18.60 mg/L. A maior DBO em 5 dias observada foi de 7.3 e mínima de 0.1 mg/L e a DQO variou de 5.6 a 22.9 mg/L. A variação da DBO/DQO foi em todos pontos, em média de 0.25 a 0.54 mg/L. Constatou-se a existência de muita matéria já degradada e, através destes valores concluiu-se que a fração não biodegradável da matéria presente nestes esgotos é elevada sendo adequado a aplicação de processos físico-químicos e após estudos de viabilidade processos biológicos para o tratamento dessas massas de água antes da sua descarga no estuário. Portanto, destacou-se adequado aplicar as seguintes técnicas de tratamento: sedimentação, floculação e biomassas suspensas.

Palavras-chave: DBO, DQO, Biodegradabilidade: Matéria-Orgânica.

Abstract

Urban surface runoff is the main transport mechanism that introduces toxic substances into receiving waters (rivers, lakes and estuaries) causing numerous problems, including overloading sewage and rainwater treatment plants, also damaging the its functions. However, assessing the biodegradability of organic matter makes it possible to assess the type of treatment process suitable for wastewater. Therefore, the present study aims to evaluate the state of biodegradability of organic matter depending on the BOD and COD of wastewater discharged along the riverbank, Quelimane's city, Zambezia. To this end, samples were collected in three sewage terminals on the Quelimane waterfront using plastic bottles at a depth of 30 cm and immediately after collection, pH, temperature, conductivity, TDS, salinity, dissolved liquid oxygen were determined by digital potentiometry. (LDO and LDO5) and turbidity. These were then taken to the chemistry laboratory of the School of Marine and Coastal Sciences (ESCMC) where 250 mL of the sample was incubated at 20oC for 5 days to determine BOD5. COD was determined through a relationship between the visibility of the Secchi disk and the chemical oxidation of organic matter established by equation 1. At all points in the CNTP, the maximum observed pH was 8.64 and the minimum was 8.02, the salinity ranged from 0.66 to 6.41 ppm, TDS ranged from 641 to 2160 mg/L, the greatest transparency was seen at point 2 with 40 cm and lowest at point 3 with 5 cm of visibility. The maximum LDO observed was 15.10 mg/L and minimum 10.0 mg/L and after 5 days this parameter varied from 11.10 mg/L to 18.60 mg/L. The highest 5-day BOD observed was 7.3 and a minimum of 0.1 mg/L and the COD ranged from 5.6 to 22.9 mg/L. The variation in BOD/COD was at all points, on average from 0.25 to 0.54 mg/L. It was found that there is a lot of already degraded matter and, through these values, it was concluded that the non-biodegradable fraction of matter present in this sewage is high, making it appropriate to apply physical-chemical processes and, after feasibility studies, biological processes for the treatment of these bodies of water before their discharge into the estuary. Therefore, it was appropriate to apply the following treatment techniques: sedimentation, flocculation and suspended biomass.

Keywords: BOD, COD, Biodegradability: Organic-Matter.

Índice de tabelas

Tabela 1: Descrição dos locais de amostragem.	16
Tabela 2: Lista dos materiais e reagentes utilizados no âmbito do desenvolvimento do trabalho.	17
Tabela 3: parâmetros físicos da qualidade de água e salinidade, observados em campo nos pontos de amostragem.	19
Tabela 4: Processos estimados sobre a viabilidade do tratamento da água residual em despejo em cada ponto amostra.	20

Lista de Figuras

Figura 1: A imagem 'A' ilustra grade de contenção de uma estação de tratamento de esgoto (In: Franca notícias, 2012).....	9
Figura 2: Ilustra uma peneira rotativa (In: CARREIRA, 2006).	10
Figura 3: A imagem de tanques de decantação mais convencionais (In: Bergrer, 2012).....	11
Figura 4: Ilustra a flotação por injeção de Ar (In: Bergrer, 2012).....	12
Figura 5: Localização da área de estudo.....	15
Figura 6: Incubação das amostras de água uma temperatura controlada de 35oC durante 5 dias para o cálculo da DBO5.....	17
Figura 7: Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água após incubação por 5 dias a 30oC (DBO5). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.....	20
Figura 8: Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água (DQO). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.	21
Figura 9: Estado da biodegradabilidade da matéria orgânica DBO/DQO (mg/L). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.	22

Lista de abreviaturas, siglas e acronimos

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigénio
DQO	Demanda Química de Oxigénio
LDO	Oxigénio Dissolvido
MO	Matéria Orgânica
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
ETE	Estacoes de Tratamento de esgotos
pH	Potencial Hidrogeniónico

Índice

Dedicatória.....	I
Agradecimentos	II
Declaração de Honra.....	Error! Bookmark not defined.
Resumo	IV
Índice de tabelas.....	VI
Lista de Figuras.....	VII
Lista de abreviaturas, siglas e acronimos.....	VIII
CAPITULO I	1
1. Introdução.....	1
1.1. Problema (degradacao da materia organica atravez dos residuos solidos).....	2
1.2. Justificativa	3
1.3. Objectivos	4
1.3.1. Geral.....	4
1.3.2. Específicos	4
CAPITULO II.....	5
2. Revisão de literatura	5
2.1. Águas residuais e seus impactos no ecossistema aquático	5
2.2. Tipologia das águas residuais	5
2.3. Parâmetros de avaliação da matéria orgânica	6
2.3.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	6
2.3.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	7
2.4. Biodegradabilidade da matéria orgânica	8
2.5. Tipos de tratamentos para águas residuais.....	8
2.5.1. Processos Fisicos.....	9
Gradeamento	9
Sedimentação ou Decantação	10
Coagulação/Floculação	11
2.5.2. Processos Biologicos.....	12

Biomassa suspensa.....	12
Biomassa fixa aeróbia.....	13
2.5.3. Processos Químicos.....	13
Cloração	14
Ozonização.....	14
Radiação Ultravioleta.....	14
CAPITULO III.....	15
3. Metodologia.....	15
3.1. Área de estudo.....	15
3.2. Amostragem.....	16
3.3. Materiais e métodos	17
3.3.1. Determinação da DQO	17
3.3.2. Determinação da DBO ₅	17
3.3.3. Determinação da biodegradabilidade da MO	18
3.4. Tratamento e análise de dados	18
CAPITULO IV.....	19
4. Resultados.....	19
4.1. Parâmetros físicos da qualidade de água	19
4.2. Demanda Bioquímica de Oxigénio (DBO ₅)	20
4.3. Demanda química do oxigénio (DQO).....	21
4.4. Biodegradabilidade da matéria orgânica	21
4.5. Processos de tratamento adequados	22
Discussão dos resultados.....	22
CAPITULO V.....	24
5. Conclusão	24
5.1. Recomendações.....	24
Referencias bibliográficas.....	25

CAPITULO I

1. Introdução

A avaliação da biodegradabilidade da matéria orgânica permite avaliar o tipo de processo de tratamento adequado para as águas residuais Sperling, (2007) citado por Santos, et al., (2016). Pode ser determinada através da razão entre demanda bioquímica e química de oxigênio, pois são os principais parâmetros usados para avaliar o teor de matéria orgânica num corpo de água. Vale ressaltar que a demanda química do oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico, enquanto a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas (Rocha, 2009). A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. O esgoto doméstico contém aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como diversos microrganismos patogênicos ou não (Speling, 1996a). Antes de ser lançado em corpos recetores, o esgoto deve ser tratado, evitando problemas ambientais e de saúde pública (Aisse et al., 1999a). O escoamento superficial urbano é o principal mecanismo de transporte que introduz substâncias tóxicas nas águas recetoras (rios, lagos e estuários) causando numerosos problemas, que inclui a sobrecarga nas estações de tratamento de esgoto e águas pluviais, prejudicando ainda as funções do sistema de esgoto (Harrop, 1983). A maior parte dos efluentes liberados em corpos hídricos possuem substâncias com características hidrofóbicas, apresentando baixa solubilidade, sendo adsorvidos em sedimentos e podendo ser absorvidos por organismos (Yang et al., 2012). Sua composição abrange diversos contaminantes, como petróleo e seus derivados, organoclorados, fármacos, nutrientes em excesso e, particularmente, metais pesados (Maciel, 2015; Cajaraville, et al., 2000).

O processo de tratamento de esgotos domésticos surgiu a princípio com o intuito de remover a matéria orgânica e os sólidos, porém, a percepção das demais contaminações proporcionou a demanda na redução de outros constituintes, como nutrientes e organismos patogênicos (Gasi; Rossin, 1993). Os tratamentos das águas residuais estão diretamente ligados a preservação ambiental, sendo que estes envolvem a remoção de impurezas (Crespilho, et al., 2004). Os processos de tratamento das águas residuais antes de serem adotados devem levar em consideração os seguintes fatores: os custos de investimento; a qualidade e a quantidade de resíduo gerado na estação de tratamento de efluente; a qualidade do efluente tratado; a geração de odor; a segurança operacional; a confiabilidade para o atendimento à legislação ambiental, e também a possibilidade de reuso dos efluentes tratados (Giordano, 1999).

No entanto, há escassez de estudos que focam especificamente no estado da biodegradabilidade da Matéria Orgânica (DBO/DQO) como forma de avaliar os melhores processos de tratamento das águas residuais,

podendo, esta temática ser aplicada na situação específica da marginal da cidade de Quelimane, província de Zambézia. Deste modo, o presente trabalho de pesquisa visa por intermedio de análises laboratoriais gerar dados suficientes para descrever o comportamento bioquímico de modo a identificar os métodos mais eficazes para o processo de tratamento das residuais em despejo neste ponto em estudo.

1.1.Problema (degradação da matéria orgânica através dos resíduos sólidos)

Uma das principais fontes poluidoras dos corpos de água (rios, lagos, estuários) consiste no lançamento de efluentes, particularmente, de esgotos domésticos e industriais. Geralmente, esses efluentes não recebem nenhum tipo de tratamento adequado, gerando uma carga de poluentes que nem sempre os recetores conseguem absorver, tendo então sua qualidade muito afetada (Araújo et al., 2007). Há despejo de águas residuais não tratadas ao longo da marginal da cidade de Quelimane, província da Zambézia que desencadeia contaminação e dispersão de contaminantes no estuário dos Bons Sinais. Estudo feito no mesmo local, observou que os resíduos líquidos descartados ao longo da Marginal da cidade, revelou que há cheiros variados e desagradáveis que, portanto, interferem na bioquímica local (Macocola, 2023). Diante deste contexto, é uma questão de grande preocupação a realização de análises para avaliar as qualidades químicas e biológicas peculiares da água do estuário, reconhecendo o nível de poluição e os impactos causados ao meio ambiente, que modificam a qualidade da água e do ambiente local, pelo que, alguns pescadores locais, realizam atividades de pescas nestas águas podendo capturar espécies/pescado contaminado e gerar doenças aos consumidores destes respetivos produtos. Diante destes pressupostos surgiu a seguinte questão de partida:

- Até que ponto os resíduos em despejo ao longo da marginal influencia no estado da biodegradabilidade da matéria orgânica, em Quelimane na província Zambézia?

1.2. Justificativa

A escolha deste tema reflete um interesse particular em compreender os processos que afectam diretamente a qualidade do ambiente costeiro da cidade de Quelimane, caracterizado pelo despejo contínuo de resíduos sólidos e líquidos de categoria e origem diversa. Este estudo proporciona uma avaliação destes resíduos como forma de caracterizar e identificar suas fontes ou proveniência e alternativas de tratamento com base nas suas propriedades bioquímicas e físicas. O estudo da biodegradabilidade da matéria orgânica através da relação entre a demanda bioquímica e química de oxigénio auxiliará na escolha de métodos eficientes de tratamento e constituirá fonte de informações relevantes sobre as características bioquímicas da água, no caso as possíveis fontes de poluição e os impactos no estuário dos Bons Sinais. Além disso, as investigações nesse campo contribuem para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de gestão de águas residuais, fortalecendo a base de dados científicos e experimentais nesta área. Dessa forma, este estudo pretende não apenas responder a questões locais sobre o estado das águas residuais em Quelimane, mas também oferecer dados relevantes para a ciência e a formulação de políticas públicas ambientais mais eficazes e sustentáveis ajudando a melhoria dos ambiente estuarinos.

1.3.Objectivos

1.3.1. Geral

- Avaliar o estado da biodegradabilidade da matéria orgânica (DBO/DQO) das águas residuais em despejo ao longo da marginal, cidade de Quelimane, Zambézia;

1.3.2. Específicos

- Identificar as fontes que influenciam para a Biodegradabilidade da matéria orgânica que ocorrem ao longo da marginal
- Determinar a demanda bioquímica e química do oxigénio (DBO e DQO) nas águas residuais despejadas ao longo da marginal da cidade de Quelimane, Zambézia;
- Comparar os parâmetros de efluentes com limites estabelecidos pela legislação

CAPITULO II

2. Revisão de literatura

2.1. Águas residuais e seus impactos no ecossistema aquático

As águas residuárias podem ser definidas como líquido proveniente de uso doméstico, industrial e comercial em diferentes níveis de tratamento, sendo as recém-produzidas turvas, de cor escura, e de forte odor, pode conter sólidos de grandes e pequenas dimensões em flutuação ou suspensão, podem possuir certa periculosidade devido organismos patogênicos (Silva; Mara, 1979). Essas águas precisam receber diversos tipos de tratamentos a fim de estarem aptas e não serem prejudiciais ao serem devolvidas aos corpos de água, contribuindo para que os mananciais não sejam poluídos, preservando-se a saúde da população (Vieira; Kovaliczn, 2009).

Compostos orgânicos constituem a maior parte dos poluentes que demandam oxigênio, porém os inorgânicos como o nitrogênio amoniacal e os químicos orgânicos tóxicos, também são potenciais focos de preocupação (Grad et al 1999). Essa remoção de poluentes pode ocorrer física; química e/ou bioquimicamente, por atividade microbiana ou enzimática, por meio de processos anaeróbios, por filtros biológicos de alta taxa, lodos ativados, e ainda, por discos biológicos rotativos e sistemas de lagoas aeróbias e de estabilização, visando principalmente a remoção de matéria orgânica solúvel (Brail et al 1998). A descarga das águas não tratadas resulta na eutrofização pelo enriquecimento das águas por nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P) causando um desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água, acarretando o grande problema de desenvolvimento de espécies aquáticas que, em condições específicas são capazes de liberar toxinas prejudiciais (Figueiredo et al., 2007; Grady; Daigger; LIM, 1999).

2.2. Tipologia das águas residuais

Esta tipologia gira em torno das estruturas de organização demográfica, isto é, urbanas, domésticas e industriais. O Decreto-Lei no. 152/97 de 19 de junho define as águas residuais urbanas (ARU) como águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e atividades domésticas. Tendo em conta a sua origem, existem dois tipos de águas residuais: as domésticas e as industriais. As primeiras, geralmente, resultam das atividades habitacionais podendo ser águas fecais e saponáceas. Nestas estão incluídas as águas turísticas, com características sazonais, em que a carga poluente varia conforme de onde provêm, e das águas pluviais provenientes da precipitação atmosférica com predominância de sólidos suspensos. Os principais poluentes presentes nas águas residuais domésticas são (Sousa, 2016):

- Matéria Orgânica;
- Nutrientes inorgânicos (por exemplo, azoto e fósforo);

- Sais dissolvidos;
- Sólidos suspensos e sedimentáveis;

O segundo tipo de águas residuais são as industriais, com características específicas em função do tipo e processo de produção. As águas residuais provenientes de qualquer atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais, denominam-se águas residuais industriais (ARI). Os principais poluentes presentes nas águas residuais industriais são (Sousa, 2016):

- Substâncias tóxicas: metais pesados, ácidos e bases inorgânicos, detergentes, pesticidas, compostos fenólicos, cianetos;
- Hidrocarbonetos, entre outros.

Deve-se ainda considerar as resultantes da mistura destes dois tipos, que se denominam por águas residuais urbanas. (Cruz, 1997).

2.3. Parâmetros de avaliação da matéria orgânica

A quantificação da matéria orgânica presente nas águas residuais é muito importante e, sendo impossível analisar todos os compostos orgânicos tanto mais que a indústria está constantemente a introduzir novas substâncias nos mercados. A avaliação da matéria orgânica faz-se de forma agrupada e indireta, através dos parâmetros que traduzem a demanda ou carência de oxigénio da água (França, 2002). Para a quantificação da matéria orgânica presente na água utilizam-se os seguintes parâmetros: Demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e química de oxigénio (DQO) e carbono orgânico total (COT) (França, 2002).

2.3.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Definida como a quantidade de oxigénio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas (Rocha, 2009). A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigénio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO (Cetesb, 2012). A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigénio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (CONAMA, 2000).

A oxidação bioquímica é um processo lento e teoricamente leva um tempo infinito para a sua complementação. Dentro de um período de 20 dias, a oxidação se dá em torno de 95-99% completa, e no período de cinco dias, utilizado na determinação da DBO₅, a oxidação se dá em torno de 60-70% completa.

Geralmente usa-se a DBO_5 pelo que é possível por meio desta oxidar quase mais de 65% da matéria orgânica em pouco intervalo de tempo relacionando à DBO_{20} que necessita de 20 dias para degradar quase toda matéria orgânica nos níveis de 90 a 99%. A temperatura de 20°C utilizada é um valor médio para correntes de baixa movimentação em temperaturas ambiente e de fácil duplicação em incubadoras. Pode-se obter diferentes resultados em diferentes temperaturas, pois a taxa da reação bioquímica depende diretamente da temperatura (Metcalf e Eddy, 1991). A quantidade de matéria orgânica presente em uma amostra para determinação da DBO é avaliada para:

- Indicar o grau de poluição de um esgoto;
- Determinar uma quantidade aproximada de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente;
- Dimensionar as estações de tratamento de esgotos e medir sua eficiência.

Quanto maior a DBO de um corpo de água, maior é seu grau de poluição orgânica (Jordão e Pessoa, 1995; Metcalf e Eddy, 1991). As principais vantagens do teste de DBO são as indicações da fração biodegradável do despejo, da taxa de degradação do despejo, da taxa de consumo de oxigênio em função do tempo e a determinação aproximada da quantidade de oxigênio requerido para a estabilização biológica da matéria orgânica presente (Sperling, 1996a). Este parâmetro constitui, pois, uma avaliação indireta da matéria orgânica biodegradável presente numa água (hidratos de carbono, proteínas, gorduras), na medida em que o que é medido experimentalmente é o consumo de oxigênio, o qual é proporcional à quantidade de matéria orgânica que foi oxidada bioquimicamente (França, 2002).

2.3.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico (Rocha, 2009). Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO (Manahan, 1994). A DQO de despejos é superior a DBO devido a uma maior parcela de compostos serem quimicamente oxidados, do que biologicamente oxidados. A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo de água se deve principalmente a despejos de origem industrial. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a $DBO_{5,20}$ para observar a biodegradabilidade de despejos (Cestesb, 2012).

O teste de DQO é também utilizado para se medir a matéria orgânica em despejos industriais e domésticos que contêm compostos que podem ser tóxicos para a vida biológica. A DBO relaciona-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica, que é realizada inteiramente por microrganismos, enquanto a DQO

corresponde a oxidação química da matéria orgânica e inorgânica, obtida através de forte oxidante em meio ácido (Sperling, 1996a).

Uma das vantagens do teste de DQO sobre o teste de DBO é o tempo necessário para a obtenção do resultado; para o teste de DQO pelo método do dicromato são necessárias somente 2 horas para se obter um resultado, enquanto para a DBO₅ são necessários cinco dias para se obter resultado.

Outra vantagem é que o teste de DQO engloba não só a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente, como também tudo o que é suscetível de demandas de oxigênio, em particular os sais minerais oxidáveis. Além disso, o teste não é afetado pela nitrificação, dando então, uma indicação da oxidação apenas da matéria orgânica carbonácea, e não da nitrogenada (Jordão e Pessoa, 1995; Sperling, 1996a).

2.4. Biodegradabilidade da matéria orgânica

A biodegradação de matéria orgânica é uma sequência de reações redox, mediadas microbiologicamente, em que os aceptadores finais de elétrons (agente oxidante) durante as cadeias transportadoras podem ser diversas substâncias:

- Se esse aceptador for o oxigênio (O₂) o processo de biodegradação diz-se aeróbio;
- O processo da biodegradação diz-se anóxico se o aceptador final for o NO₃⁻ ou o NO₂⁻;
- O processo diz-se anaeróbico se os aceptadores finais forem compostos orgânicos (e.g. ácidos orgânicos voláteis) ou Fe³⁺, SO₄²⁻ ou CO₂ (Metcalf & Eddy, 2014).

Os microrganismos responsáveis pela biodegradação da matéria orgânica necessitam de uma fonte de carbono (que constitui uma fonte de energia), de fontes de azoto e de um vasto leque de enzimas mediadoras dos processos de mineralização da matéria orgânica (França, 2002). Se não ocorrerem fatores limitantes ou de inibição na degradação aeróbia da matéria orgânica, a decomposição prosseguirá até ao pleno consumo de toda a matéria orgânica. Os produtos finais mais relevantes da oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias, cujo metabolismo exige a presença de oxigênio livre (que funciona como aceptador final de elétrons) são: CO₂, H₂O, NO₃⁻ e SO₄²⁻.

Se a decomposição da matéria orgânica for efetuada na ausência de oxigênio, por ação de bactérias anaeróbias, a degradação decorre muito mais lentamente, segundo processos complexos, sendo os seguintes os produtos finais do processo: CH₄, NH₃, H₂S, álcoois e outros. O conhecimento da biodegradabilidade da matéria orgânica pode ser um elemento muito importante na seleção das opções de tratamento mais adequadas.

2.5. Tipos de tratamentos para águas residuais

O tratamento das águas residuárias tem por objetivo retirar o máximo de poluentes possíveis com potencial de prejudicar o meio aquático em que são descartados. Um sistema de tratamento de águas residuais é constituído por uma série de etapas e processos, os quais são empregados para a remoção de substâncias

indesejáveis da água ou para sua transformação em outra forma que seja aceitável pela legislação ambiental, os principais processos de tratamento são reunidos em um grupo distinto, sendo eles os processos físicos, químicos e biológicos (Projecto Municipio Verde, 2012). Os tratamentos podem não ser totalmente capazes de resolver os problemas de poluição descritos anteriormente mas continuam a ser os mais usados e são ainda bastante eficientes. Para além disso, podem funcionar em conjunto com novas técnicas de tratamento para obter eficiências ainda maiores, quer em termos de remoção de poluentes quer em termos económicos. Como tratamentos convencionais consideram-se os abaixo.

2.5.1. Processos Físicos

Dentre os vários processos de tratamento de efluentes, pode-se destacar os processos físicos, que são caracterizados por métodos de separação de fases, sendo que este fato pode ocorrer através de gradeamento, peneiramento, sedimentação ou decantação e por flotação dos resíduos (Crespilho, et al., 2004).

Gradeamento

O sistema de gradeamento tem por objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no esgoto. O gradeamento pode ser feito utilizando grades constituídas por barras metálicas paralelas e igualmente espaçadas (de limpeza manual) ou por grades mecanizadas (de limpeza mecânica) (Brandao; Castilho, 2001). Um dos principais modelos de grades pode ser visualizado na figura 1. A eliminação de sólidos flutuantes de maiores dimensões e melhorar a eficiência de tratamento do sistema, eliminando uma grande parcela de matéria orgânica inicialmente (Moreira, 2018) Os materiais removidos nesta fase são maioritariamente plásticos, pedras, latas, madeiras, papel, etc. Um dos principais modelos de grades pode ser visualizado na figura 1.



Figura 1: A imagem ‘A’ ilustra grade de contenção de uma estação de tratamento de esgoto (In: Franca noticias, 2012)

Peneiramento

O peneiramento tem como objetivo principal, a remoção de sólidos grosseiros com granulometria maior que 0,25 mm. As peneiras podem ser classificadas em estáticas e rotativas estas devem ser usadas principalmente, em sistemas de tratamento de águas residuárias industriais, sendo que em muitos casos, os sólidos separados podem ser reaproveitados (Mello, 2007). Além da já referida aplicação no tratamento de águas, este tipo de peneiramento é cada vez mais usado no tratamento de águas residuais, para remoção de DBO particulado, de forma a reduzir a descarga mássica de sólidos e, talvez até mais importante, para permitir uma desinfecção mais eficiente do efluente tratado. Além disso este tipo de filtração pode servir de prétratamento para outros tipos de filtração, como a filtração por membranas (Metcalf & Eddy, 2003). A figura 2 apresenta um dos vários modelos de peneiras rotativas que podem ser encontradas no mercado atualmente.



Figura 2: Ilustra uma peneira rotativa (In: CARREIRA, 2006).

Sedimentação ou Decantação

O processo de sedimentação reduz parte da matéria orgânica presente nos esgotos, removendo os sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, pois o processo ainda contém sólidos em suspensão, não grosseiros, e mais pesados que a parte líquida. O processo de sedimentação ocorre em decantadores ou tanques de sedimentação, nos quais os sólidos se sedimentam, indo para o fundo destes, formando assim o lodo primário bruto (Mello, 2007). Decantação tem como objetivo separar os sólidos sedimentáveis e material flutuante diminuindo assim os sólidos suspensos na água e a DBO₅ associada a estes sólidos.

Esta operação tem por base um processo de separação sólido-líquido que recorre à gravidade (Metcalf & Eddy, 2003). Os decantadores podem ter várias formas, tanto circular como retangular. Em termos de remoção de lamas, esta costuma ser feita mecanicamente. A escolha da configuração que mais se adapta a uma determinada situação dependerá do tamanho da instalação, das condições do local, e da experiência do engenheiro projetista (Metcalf & Eddy, 2003). E tendo em conta a qualidade da água residual, até pode ser o único tratamento. Em termos de eficiência, em boas condições, este processo deve ser capaz de

remover 50 a 70 % dos sólidos em suspensão e 25 a 40 % da DBO₅ (Metcalf & Eddy, 2003). Na figura 2A pode ser observado um dos tipos de tanques de decantação mais convencionais.



Figura 3:A imagem de tanques de decantação mais convencionais (In: Berggrer, 2012)..

Coagulação/Floculação

A coagulação tem como propósito a destabilização de partículas para posterior formação de partículas maiores ou flocos. As partículas a destabilizar são conhecidas como coloidais e são tão pequenas (entre 0,01 e 1 μm) que muito dificilmente irão coalescer ou ficar depositadas no fundo do tanque. Por isso há a necessidade de recorrer a processos químicos como a coagulação. Esta técnica funciona adicionando um coagulante que irá destabilizar a superfície carregada negativamente da partícula de facilitando a formação de flocos. Exemplos destes compostos são sulfato de alumínio, sulfato férrico, polímeros orgânicos naturais e sintéticos e sais metálicos pré-hidrolisados.

Para facilitar esta operação utilizam-se frequentemente polieletrólitos, com o objetivo de melhorar o funcionamento dos filtros que se costumam encontrar a jusante para retirar os flocos formados. A adição de químicos é coadjuvada por uma agitação lenta da água para promover a colisão entre partículas sem destruir flocos já formados.

A remoção dos flocos do efluente pode ser efetuada por filtração ou por sedimentação por gravidade (Metcalf & Eddy, 2003). Em termos de aplicações, estes processos químicos são mais utilizados no tratamento de águas, no entanto, também podem ser utilizados no tratamento de águas residuais, para condicionar efluentes com resíduos industriais, melhorar o desempenho dos decantadores secundários, aumentar a remoção de sólidos em suspensão e DBO em decantadores primários e como pré tratamento da filtração do efluente secundário (Metcalf & Eddy, 2003). Na figura 2B pode ser observado um sistema de tratamento de efluente através do processo de flotação.



Figura 4: Ilustra a flotação por injeção de Ar (In: Bergrer, 2012).

2.5.2. Processos Biologicos

São considerados como processos biológicos, aqueles que necessitam da ação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios, na transformação da matéria orgânica, sob a forma de sólidos dissolvidos e em suspensão, em compostos simples como sais minerais, gás carbônico, água e outros, sendo que este processo se subdivide em aeróbios e anaeróbios (Projecto Municipio Verde, 2012).

O tratamento biológico tem como objetivos principais oxidar matéria orgânica dissolvida ou particulada por forma a obter produtos finais aceitáveis, incorporar sólidos coloidais num floco biológico ou biofilme e transformar ou remover nutrientes, como fósforo e azoto, aproveitando a capacidade dos microrganismos de oxidarem a matéria orgânica (Metcalf & Eddy, 2003). Há três tipos principais de sistemas de tratamento biológico, os de biomassa suspensa, os de biomassa fixa e os híbridos (ex.: leito percolador/lamas ativadas, biofiltros ativados). Quanto às aplicações, os processos biológicos são normalmente mais utilizados no tratamento de águas residuais domésticas ou urbanas, porém poderão também ser empregues no tratamento de águas residuais industriais

Biomassa suspensa

Os microrganismos responsáveis pelo tratamento encontram-se em suspensão no líquido, recorrendo-se aos métodos de mistura apropriados. A maior parte dos processos deste tipo que são aplicados no tratamento de águas residuais domésticas e industriais funcionam em modo aeróbio, todavia, por exemplo, quando as concentrações de matéria orgânica são muito elevadas, o efluente tem temperatura elevada ou quando o objetivo é a remoção biológica de fósforo, poderão utilizar-se condições anaeróbias (Metcalf &

Eddy, 2003). O processo de biomassa suspensa mais comum no tratamento de águas residuais é o das lamas ativadas. Este processo é constituído por um tanque de arejamento onde ocorre a oxidação da matéria orgânica por parte da massa de microrganismos ativada, sendo a agitação e a transferência de oxigénio asseguradas por equipamentos mecânicos.

A água resultante do processo passa posteriormente para um decantador onde a biomassa, designada “lamas ativadas” (devido aos microrganismos ativos nela existentes), sedimenta. À exceção dos sistemas de lamas ativadas do tipo SBR, parte desta biomassa é novamente recirculada para o tanque de arejamento. A dimensão da fração de biomassa recirculada depende das condições necessárias para manter um funcionamento equilibrado do processo, pois este produz biomassa em excesso (Metcalf & Eddy, 2003).

Biomassa fixa aeróbia

Este consiste na distribuição da água residual no topo do tanque cheio de material de enchimento não submerso. Nos sistemas de biomassa fixa a conversão da matéria orgânica ou dos nutrientes é feita fazendo passar a água a tratar por uma massa de microrganismos, também conhecida como biofilme, que se encontra fixa a um material de suporte inerte. Em termos de modos de operação, os processos de biomassa fixa tanto podem ser aeróbios como anaeróbios, o enchimento tanto pode estar totalmente submerso no líquido ou não, havendo espaço para ar ou gás por cima da camada líquida do biofilme (Metcalf & Eddy, 2003). De entre estes materiais contam-se pedras, gravilha, escória, areia e uma grande variedade de plásticos e outros materiais sintéticos.

No início da aplicação deste sistema (biomassa fixa aeróbica) o material escolhido era a pedra com uma altura do enchimento entre 1,25 e 2 m. Atualmente, com a utilização de materiais de enchimento de plásticos mais leves, a altura pode atingir 5 a 10 m. Com estes enchimentos a água circula facilmente, tal como o ar necessário para fornecer oxigénio aos microrganismos pois 90 a 95 % do espaço é vazio.

Quanto à biomassa em excesso esta vai-se desprendendo do biofilme aderindo ao enchimento, sendo necessária uma etapa posterior de clarificação da água e envio das lamas para tratamento (Metcalf & Eddy, 2003).

A lista de processos de biomassa fixa não acaba com os leitos percoladores, havendo também, por exemplo, discos biológicos e biofiltros que são alternativas mais compactas e versáteis.. Nestes casos, se a concentração de compostos orgânicos for muito elevada ou se estes forem refratários, serão necessárias adaptações nos processos, introdução de pré tratamento ou até substituição por outras técnicas (Metcalf & Eddy, 2003).

2.5.3. Processos Químicos

Processos químicos são aqueles onde a utilização de produtos químicos é necessária para aumentar a eficiência de remoção de um elemento ou substância, modificando seu estado ou estrutura, ou simplesmente alterar suas características químicas, sendo que esses são utilizados em conjunto com os

processos físicos e algumas vezes a processos biológicos. Os processos químicos visam à remoção de substâncias não eliminadas a níveis desejados nos tratamentos físicos e biológicos como os nutrientes e microrganismos patogênicos, sendo estes, cloração, ozonização, radiações ultravioleta, processo eletrolítico, entre outros (Projecto Municipio Verde, 2012).

Cloração

A cloração é um processo adotado como sistema de desinfecção tanto de águas como de esgotos, o cloro é o desinfetante mais utilizado nesses casos e é normalmente aplicado na forma de cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou de cálcio, apresentando um menor custo de implantação e operação quando comparado a outros processos químicos, é uma tecnologia muito conhecida sendo que esta é considerada efetiva para diversificada gama de microrganismos. O cloro quando adicionado na entrada das estações de tratamento de esgoto reduz a geração do gás sulfídrico, que causa odor desagradável e é prejudicial às instalações da ETE e ao ser humano (Dias; Stipp; Souza, 2012).

Ozonização

O processo de ozonização é uma importante tecnologia aplicada tanto ao tratamento de águas de abastecimento como residuárias, isso ocorre devido ao seu elevado potencial de oxidação, é aplicado como uma tecnologia capaz de reduzir ou remover inúmeros parâmetros de poluição ambiental, tais como cor, concentração de fenóis, toxicidade entre outros (Assalin; Duran, 2006).

Radiação Ultravioleta

A irradiação UV pode ser usada sozinha com muito sucesso na inativação de algas e na inativação de micro-organismos patogênicos, pois ela causa um dano no seu DNA, impedindo sua reprodução. Além disso, a radiação UV pode ser usada na destruição de compostos orgânicos em processos de degradação fotoquímicos e fotocatalítico, as lâmpadas no processo de radiação ultravioleta apresentam uma vida útil que pode variar em função de vários fatores, tais como: o composto que está sendo tratado, pois dependendo da sua natureza, ele pode atacar a superfície da lâmpada, assim deve-se ter certeza de que sua eficiência, medida pela intensidade luminosa está garantida, pois caso isso não ocorra, o processo pode ser afetado (Vasconceleos et al., 2009).

CAPITULO III

3. Metodologia

A metodologia para o presente trabalho será baseada em uma abordagem quantitativa e qualitativa, envolvendo a coleta e análise de dados sobre a biodegradabilidade da matéria orgânica nas águas residuais em despejo ao longo da marginal cidade de Quelimane na província da Zambézia.

Tipo de estudo: Estudo descritivo e analítico

3.1.Área de estudo

O estuário dos Bons Sinais localiza-se na zona centro de Moçambique, na costa oriental de África, entre as Latitudes 17°54' e 18°01' Sul e Longitudes 36°49' e 36°58' Este (Figura 1). Tem aproximadamente 30 Km de comprimento (Cafermane, 2021). E está sujeito a um grande *stress* ambiental (Ferraz, 2014). Estende-se da confluência dos rios Cuacua e Licuari, até a foz, desaguando no Oceano Índico no Banco de Sofala, com 1,5km de largura e 15m de profundidade médias (Cafermane, 2021). Segundo o *Site* www.mozpescas.gov.mz citado por Ferraz, (2014) o estuário dos Bons Sinais, possui um clima tropical húmido com uma estação chuvosa entre Novembro – Abril, a temperatura mais elevada é observada em Junho e Fevereiro (28° C) e a baixa ocorre em Julho (21° C). O presente estudo é de abordagem qualitativo-quantitativo.

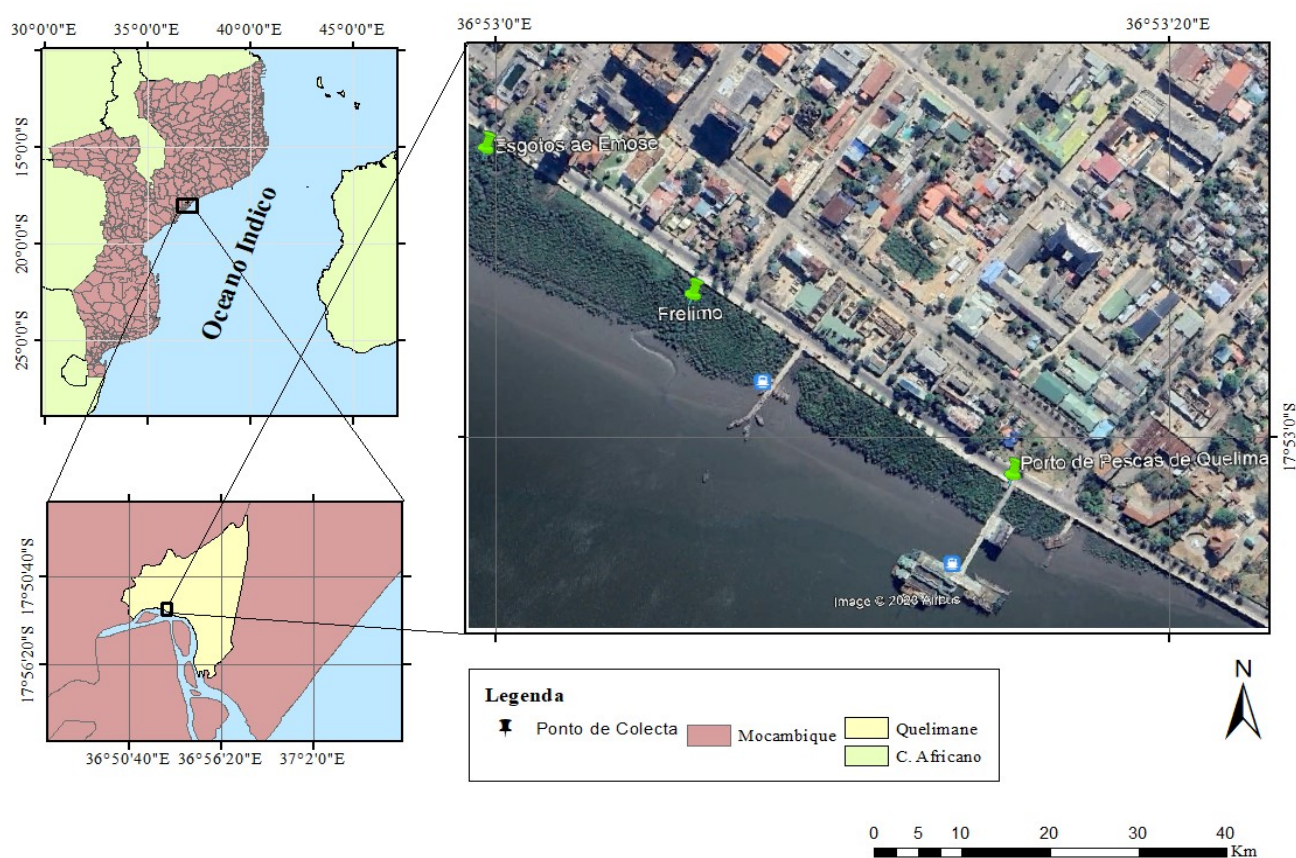


Figura 5: Localização da área de estudo.

3.2.Amostragem

A tabela 1 descreve as principais características e locais que melhor identificam a localização dos pontos de amostragem.

Tabela 1: Descrição dos locais de amostragem. Fonte: (adaptado pela autora).

Pontos	Descrição característica do ponto (Marginal, Quelimane – Zambézia)
1	Esgoto situado ao longo da marginal próximo ao edifício da EMOSE. É caracterizado por apresentar muita quantidade de resíduos sólidos orgânicos (biodegradáveis) e outros de natureza plástica e metálica (não biodegradáveis). É bastante vegetado.
2	Esgoto situado ao longo da marginal próximo à escola da FRELIMO. É caracterizado por não apresentar em seu redor grande quantidade resíduos sólidos de natureza plástica e metálica. É bastante vegetado.
3	Esgoto que encontra-se do lado do porto de Pesca de Quelimane, e Hospital Geral de Quelimane. É caracterizado por não apresentar em seu redor resíduos sólidos de natureza plástica e metálica assim como outros orgânicos diferentes dos resíduos locais provenientes da vegetação e é bastante vegetado.

Colheu-se nove (9) amostras de água residual na boca dos esgotos municipais que drenam suas águas no estuário dos Bons Sinais, dos quais foram divididos em 3 pontos de amostragem devidamente ilustrados no mapa da área de estudo. Os procedimentos de colecta para cada tipo de análise estão apresentados a seguir: A colheita da amostra para análise de parâmetros de rotina de água (parâmetros químicos) foi efetuada com recurso a coleta manual, segundo a metodologia descrita por Martins & Medeiros, (2017) que consistiu no uso de um recipiente coletor de um volume de 1,5 litros, desionizado com água destilada e depois passou-se o recipiente pela amostra duas (2) vezes antes da colheita definitiva e colheu-se amostra definitiva a profundidade entre 10 cm e posteriormente devidamente etiquetados e celada. Das (9) amostras colhidas, 33,33% (0,5 litros) de cada uma, foram levados ao laboratório de química da (ESCMC) para análises da demanda bioquímica e química de oxigénio após 5 dias de incubação.



Figura 6: Incubação das amostras de água uma temperatura controlada de 35oC durante 5 dias para o cálculo da DBO5.

3.3. Materiais e métodos

A Tabela 2 abaixo identifica os materiais usados e suas funções durante a colheita de amostras e análises das características químicas, microbiológicas, físicas e das amostras

Tabela 2: Lista dos materiais e reagentes utilizados no âmbito do desenvolvimento do trabalho.

<i>Materiais</i>	<i>Funções</i>
<i>Disco de Secchi</i>	Para análise da turbidez
<i>Fita teflon</i>	Para celar a amostra que iria para análise de bases voláteis
<i>Régua graduada de 50 cm</i>	Para medir a profundidade de colecta de amostras de água
<i>Garrafas de 1.5 litros</i>	Colheita de amostras
<i>Multi-parâmetro Az 86031</i>	Para medir o LOD, salinidade, pH, T°C, Cond. TDS.
<i>Incubadora Labcon (150^oC)</i>	Incubar amostra de água para determinar DBO ₅

3.3.1. Determinação da DQO

A Demanda Química de Oxigénio (DQO) é um parâmetro de avaliação da matéria orgânica presente na água que traduz o oxigénio necessário para a oxidação química dessa matéria orgânica em condições padronizadas. Já que existe uma elevada correlação entre a visibilidade do disco de Secchi e a DQO de um viveiro, a taxa horária de consumo de oxigénio dissolvido pode ser estimada a partir da visibilidade do disco de Secchi pela seguinte equação:

$$DQO \left(\frac{mg}{L} \right) = -1.33 + 0.00381S + 0.0000145S^2 + 0.0812T - 0.000749T^2 - 0.000349ST$$

(Equação 1)

- **Onde:** S é a visibilidade do disco de Secchi (cm); T é a temperatura (°C)

3.3.2. Determinação da DBO₅

A quantificação da DBO consiste na determinação de diferença de teor de oxigénio dissolvido presente na amostra antes e depois da incubação a 5 dias e à temperatura de 20 °C (Santos, Barreiros, Albuquerque, & Monte, 2016).

$$DBO_5 (mg/L) = |OD_0 - OD_5|$$

(Equação 2)

- **Onde:** OD₀ é a quantidade do oxigénio dissolvido da amostra de água colhida no mesmo dia;

- **OD₅** é a quantidade de oxigénio dissolvido após incubação da amostra de água a 5 dias e à temperatura de 20 °C.

3.3.3. Determinação da biodegradabilidade da MO

$$\text{Biodegradabilidade da matéria orgânica} = \frac{DBO_5}{DQO} \quad (\text{Equação 3})$$

- Se DBO/DQO elevada (maior que 0,5), a fração biodegradável é grande, sendo um bom indicador para aplicação do tratamento biológico;
- Se DBO/DQO intermédia (0,3 a 0,5), a fração inerte ou não biodegradável é elevada, devendo ser efetuados estudos para determinar se é viável a aplicação de tratamentos biológicos;
- Se DBO/DQO baixa (menor que 0,3), a fração não biodegradável é muito elevada, possível indicação para aplicação de tratamentos físicos-químicos.

3.4. Tratamento e análise de dados

Para análise e interpretação dos dados usou-se o pacote Excel do programa Microsoft Office 2013. Portanto, neste pacote ocorreu a construção de gráficos, determinação das medidas estatísticas e construção de algumas tabelas.

CAPITULO IV

4. Resultados

4.1. Parâmetros físicos da qualidade de água

A tabela 3 ilustra de forma detalhada as características físicas da água residual em despejo no estuário dos Bons sinais, referentes a cada dia e ponto durante o tempo determinado de amostragem (3.2). A água residual encontrada nestes pontos apresentou uma salinidade que variou de 0.66 a 6.41 ppm, entretanto, em média o valor mínimo foi verificado no *ponto 1* (1.05 ppm) e máximo no *ponto 3* (1.32 ppm). Portanto, valores elevados de salinidade indicaram aumento da condutividade elétrica e dos sólidos dissolvidos na água residual, obviamente mais acentuado no *ponto 3* com valores que variaram de 1351 a 10930 μmohs e 1860 a 5480 mg/L, respetivamente.

Em relação ao pH, em todo período de amostragem, a água apresentou valores em torno de 8.02 a 8.64. A visibilidade do disco de Secchi na água foi muito baixa pois em algumas vezes durante a amostragem a água parecia, a transparência apenas alcançava 5 cm de profundidade, contudo, a transparência máxima observada foi de 40 centímetros de profundidade, no *ponto 2*, no 2º dia de amostragem.

Tabela 3: parâmetros físicos da qualidade de água e salinidade, observados em campo nos pontos de amostragem.

PARAMETRO	Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3		
	1º Dia	2º Dia	3º Dia	1º Dia	2º Dia	3º Dia	1º Dia	2º Dia	3º Dia
pH	8.45	8.64	8.31	8.22	8.05	8.27	8.02	8.07	8.34
Turbidez (cm)	20	20	30	30	40	20	30	10	5
Condutividade (μmohs)	1456	1729	2700	1813	1280	4320	10930	1351	3720
TDS (mg/L)	726	865	1360	906	641	2160	5480	674	1860
Salinidade (ppm)	0.8	0.9	1.46	0.96	0.66	2.36	6.41	0.75	2.02

Portanto, com base na descrição acima da tabela 3 constatou-se que a água residual em despejo no estuário dos Bons sinais, é salobra, turva, com alta condutividade elétrica, muitos sólidos dissolvidos (sais minerais ou nutrientes e alguns metais) e de característica básica (*pH acima de 7*) e, no entanto, o *ponto 3* foi que observou valores mais acentuados em relação a esta descrição em todos dias amostrados. Fora destes valores, a água apresentava uma coloração cinzenta no 1º e 2º dia, nos *pontos 3 e 2*, respetivamente. O restante dos pontos e dias, a água apresentou uma coloração bastante escura.

4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A tabela 4 apresenta os teores elevados do oxigênio líquido dissolvido nas águas residuais despejadas ao longo da área em estudo, ou seja, a água residual despejada neste local está supersaturada de oxigênio dissolvido tendo em conta que a saturação da água por oxigênio dissolvido é em média 8.2 mg/L, resultado este que indica maior oxidação bioquímica e química da matéria orgânica da água.

O gráfico abaixo (*Figura 1*) ilustra o comportamento da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por microrganismos (DBO₅) nos pontos em relação aos três (3) dias de amostragem. Maiores valores da DBO₅ foram observados no 1^o e 2^o dia, no entanto, respetivamente a maior DBO₅ foi observada nos pontos 1 (7.3 mg/L) e 3 (7.0 mg/L) e os valores mínimos foram observados na água coletada no terceiro dia, onde os pontos apresentaram valores que variam de 0.10 a 2.0 mg/L. Portanto, aponta-se que nos locais com maiores teores da DBO₅ houve muita oxidação da matéria orgânica por agentes biológicos, pois assim revela-se maior presença de microrganismos na água.

Tabela 4: Processos estimados sobre a viabilidade do tratamento da água residual em despejo em cada ponto amostra.

Ponto	DBO/DQO médio (mg/L)	Tipo de Processo de tratamento	de Processo Tratamento	de Biodegradabilidade
1	0.37	*Biológico; Físico-químico	Coagulação/ Floculação	A fração é inerte ou não biodegradável é elevada
2	0.54	Biológico e físico-químico	Biomassa suspensa, Peneiramento e sedimentação/decantação	A fração biodegradável é grande
3	0.25	Físico-químico	Coagulação/ Floculação	A fração não biodegradável é muito elevada

*→ Sujeito à estudos de viabilidade para aplicação desse tipo de tratamento.

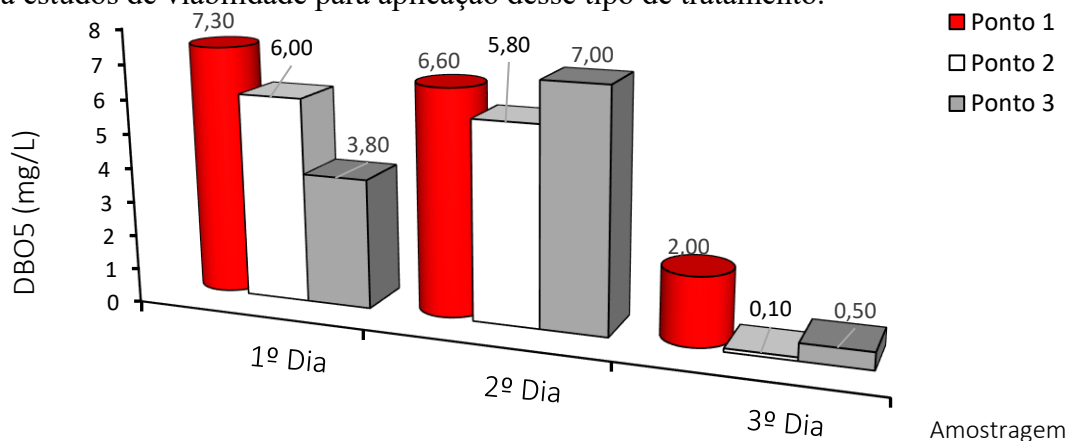


Figura 7: Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água após incubação por 5 dias a 30°C (DBO₅). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.

Em termos de locais de amostragem (*pontos 1, 2 e 3*), a DBO_5 teve um comportamento variado, no entanto, o ponto 1 apresentou “quase sempre” valores mais elevados e Ponto 2 com valores mais baixos na mesma dimensão apesar do *ponto 3 no 1º dia*. Ou seja, no *ponto 1 a DBO_5 variou de 2.0 mg/L a 7.3 mg/L* em relação ao ponto 2 com uma variação de *0.10 mg/L a 6.0 mg/L*. o ponto 3 apresentou uma variação de *0.50 mg/L a 7.0 mg/L*. Portanto, estes resultados indicam maior oxidação bioquímica da matéria orgânica em água drenada ao estuário no ponto 1.

4.3. Demanda química do oxigênio (DQO)

O gráfico abaixo (Figura 2) ilustra o comportamento da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por agentes químicos (DQO) nos pontos em relação aos três (3) dias de amostragem. Portanto, o gráfico aponta maior DQO no 2º e 3º dia, com cerca de 20.2 e 22.5 mg/L, respetivamente no terceiro ponto. A menor DQO foi verificada na amostra extraída no ponto 2 do segundo dia de amostragem com cerca 5.6 mg/L. Sendo assim, o esgoto que encontra-se do lado do porto de Pesca de Quelimane e Hospital Geral de Quelimane é caracterizado por apresentar maior demanda de oxigênio para oxidar a matéria orgânica através de agentes químicos relativamente aos restantes pontos. Desde o primeiro dia ao terceiro de amostragem, o ponto 1 apresentou uma variação da DQO de 10.1 a 14.9 mg/L/h, ponto 2 variou de 5.6 a 14.9 mg/L/h e ponto 3 variou de 10.1 a 22.9 mg/L/h.. Portanto, o terceiro ponto (ponto 3) é o que mais apresenta demanda química de oxigênio com pico máximo 22.9 mg/L.

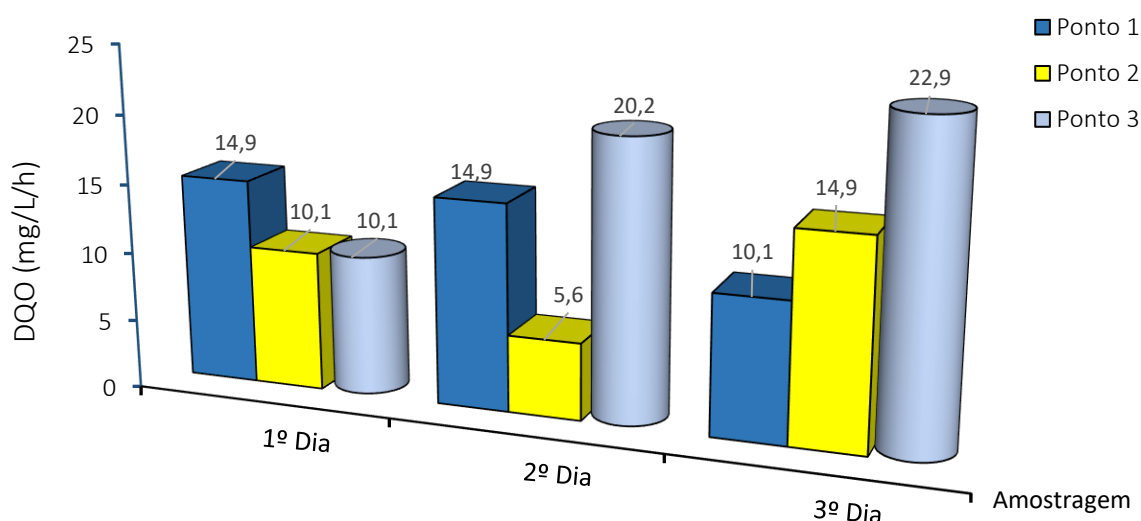


Figura 8: Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água (DQO). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.

4.4. Biodegradabilidade da matéria orgânica

O gráfico abaixo (figura 3) ilustra o estado da biodegradabilidade da matéria orgânica na água residual em despejo no estuário dos Bons Sinais determinada pela razão da demanda bioquímica e demanda química de oxigênio, ou seja, DBO/DQO (mg/L) em relação aos dias de amostragem. No segundo dia e ponto de

amostragem observou-se maior estado de biodegradabilidade da MO com cerca de 1.04 mg/L , em seguida no mesmo ponto para o 1° dia com 0.59 mg/L . No entanto, valores intermédios foram observados no primeiro dia pois variaram de 0.38 a 0.49 mg/L e, os menores valores foram encontrados no terceiro dia em todos os pontos de amostragem, os seus valores variaram de 0.01 a 0.2 mg/L .

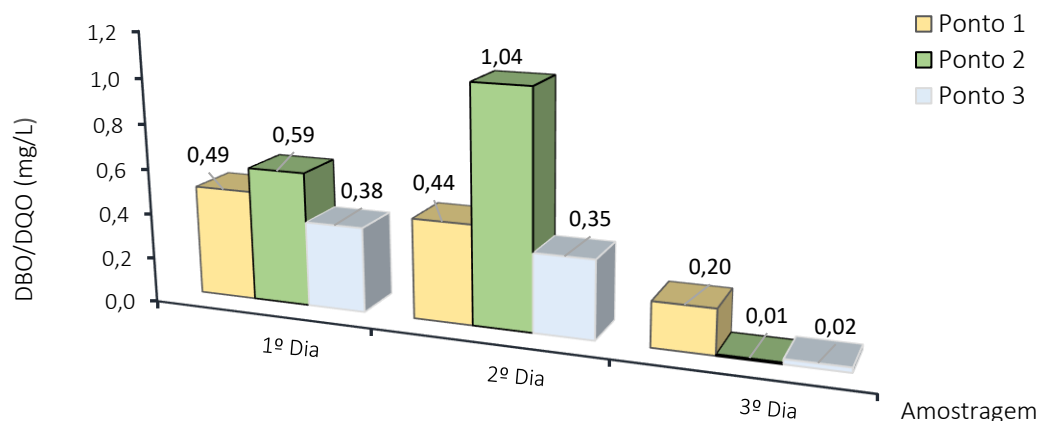


Figura 9: Estado da biodegradabilidade da matéria orgânica DBO/DQO (mg/L). Confira a legenda e caracterização dos pontos referenciados neste gráfico na tabela 1.

Sobretudo, a água do terceiro ponto aponta um estado de biodegradabilidade menor em relação ao ponto 1. O ponto 1 apresentou desde o primeiro ao terceiro dia de amostragem uma DBO/DQO que variou de 0.2 mg/L à 0.49 mg/L com uma média de 0.37 mg/L , o ponto 2 apresentou uma variação de 0.01 mg/L à 1.04 mg/L , com uma média de 0.54 mg/L e o ponto 3 teve uma variação de 0.02 mg/L à 0.38 mg/L com uma média de 0.25 mg/L . Em média, a DBO/DQO da água residual em despejo na área de estudo apresenta varia desses intervalos 0.07 à 0.63 mg/L e das médias igual a 0.39 mg/L .

4.5. Processos de tratamento adequados

De acordo com os valores obtidos pela análise das variáveis que determinam o estado de biodegradação de matéria orgânica num reservatório de água residual nas mesmas condições encontradas no presente trabalho, a tabela 4 apresenta as diversas formas de tratamento de água minimamente viáveis em função das concentrações de DBO e DQO encontradas em amostras de água local.

Discussão dos resultados

O pH registado em todas as amostras analisadas no presente estudo varia de 8.02 a 8.64. Estes resultados não distam-se dos encontrados por Aziz, *et al.*, (2014) que apontam pH que variou de 7.3 a 8.5 e por Kumarathilaka, *et al.*, (2015) com pH que variou de 6 a 8.5. No entanto, todos estes valores incluindo deste estudo relativos ao parâmetro são estatisticamente, significativamente iguais e, indicam estar dentro destes limites do pH estabelecidos no âmbito da descarga das águas residuais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMMA) que refere um intervalo de pH ideal de 5 a 9. Segundo Silva, (2004) o pH

tende a ser baixo em águas pouco mineralizadas. Ou seja, o processo de desnitrificação provoca a redução do pH devido à produção dos compostos intermédios NO e N₂O (Monte, *et al.*, 2018).

A salinidade observada nas amostras analisadas foi maior pois pressupõe-se que seja por conta das propriedades químicas do solo local onde decorreu amostragem pois, são esgotos localizados na marginal ao longo do estuário Bons sinais. A salinidade dos solos e da água em escala regional ou local ao longo da costa, também pode variar por salinização secundária conduzida pelas actividades da população local e primária pelas características naturais do solo (Uamusse, 2015). De acordo com literaturas consultadas, a condutividade não é um parâmetro não legislado, no entanto, maiores valores de condutividade observados referem-se à natureza do ambiente da amostragem pois decorrem neste ponto actividades portuárias e descargas de resíduos hospitalares. Silva, (2004) diz que excesso de cloretos (indicador de salinidade), provoca necrose e queimaduras das folhas, normalmente acompanhadas por desfolhação prematura, no entanto, se tratando de um ecossistema costeiro, o nível de salinidade da água determinado não poderá causar nenhum impacto à vegetação local. Sem contar que, espera-se que água residual apresente condutividade elevada devido a maior *chance* de incorporar nelas diversos iões e sólidos que, por sua vez, determinam a turbidez da água.

Literaturas afirmam categoricamente que valores da DBO são geralmente menores que os da DQO, portanto, isto quer dizer que nas água residuais maior é a oxidação química do que biológica. Facto este que se verificou no presente estudo devendo-se à ocorrência lenta da oxidação bioquímica da matéria orgânica (Metcalf e Eddy, 1991). A DBO₅ variou de 0.10 a 7.30 mg/L, e DQO variou de 5.6 a 22.9 mg/L. Machado, *et al.*, (2017) classificam esgotos de forte, médio e fraco em função dos teores de DBO e DQO. É forte se a DBO vai até 400 mg/L e DQO até 1000 mg/L, médio com DBO até 220 mg/L e DQO até 500 mg/L e, fraco com DBO até 110 mg/L e DQO até 250 mg/L (Machado, *et al.*, 2017). Portanto, por meio desta classificação os esgotos analisados nesta pesquisa são fracos. No entanto, Monte, *et al.*, (2016) diz que os resultados da DBO/DQO de águas residuais domésticas geralmente variam num intervalo de 0.42 a 0.50 mg/L, portanto, maior parte dos resultados encontrados no presente trabalho encontram-se dentro deste intervalo, tratando-se assim de águas residuais domésticas e recomendando na sua maioria tratamentos biológicos. Monte, *et al.*, (2016) estabelece que valores maiores de DBO não sempre revelam maior quantidade da matéria orgânica, pois o oxigénio da oxidação bioquímica pode estar a ser incrementado pela presença das bactérias nitrificantes que elevam o nível de consumo de oxigénio. Entretanto, a biodegradabilidade matéria orgânica é baixa segundo a classificação anterior estabelecida por Monte, *et.*, (2016). Isto é, os esgotos apresentam muita fração de matéria não biodegradável devendo se aplicar métodos físico-químicos na sua maioria.

CAPITULO V

5. Conclusão

Com base nos resultados e na sua discussão obteve-se as seguintes conclusões:

A avaliação do estado da biodegradabilidade da matéria orgânica (DBO/DQO) das águas residuais em despejo ao longo da cidade de Quelimane na província da Zambézia, revelou resultados importantes sobre a qualidade da água e o impacto ambiental, contudo, maior parte da MO resulta do processo de remineralização nos esgotos e provém de material não biodegradável despejado nos esgotos domésticos, industriais entre outras formas de despejo por utentes daquela região. A visibilidade da água nos pontos estudados é reduzida tendo num universo dos pontos uma transparência de água até 5 a 40 centímetros. Em relação à água residual despejada no estuário dos Bons Sinais concluiu-se que maior é a demanda biológica do oxigénio (DBO) que a demanda química de oxigénio (DQO) nas águas residuais municipais drenadas no estuário dos Bons Sinais. Na mesma ocasião, o estado da biodegradabilidade da matéria orgânica na água residual em despejo é bastante baixo e, constatou-se que há descargas de materiais de origem inorgânica sem tratamento prévio. As técnicas mais adequadas para o processo de tratamento de água residual em despejo nesta região são os processos biológicos associados aos processos físico químicos, especificamente, peneiramento, sedimentação/decantação, floculação e biomassa suspensa.

5.1.Recomendações

Com base no que foi constatado no presente trabalho, recomenda-se:

- Implementar sistemas de tratamento de esgotos para reduzir a carga orgânica das águas residuais;
- A realização de estudos de viabilidade da aplicação de processos de tratamento biológicos da água residual nos esgotos estudados;
- A população que reduza o nível de descargas de resíduos sólidos inertes e não biodegradáveis que aumentam a fração não biodegradável na água residual nestes pontos, aplicando métodos de tratamento físico de águas residuais por gradeamento, decantação e ou filtração.

Limitações do estudo

Uma das maiores limitações relacionadas

- A fonte e origem das águas residuais naqueles pontos do estuário foi a falta da possibilidade ou ainda a capacidade de discriminação da origem e fonte exata dos resíduos líquidos despejados;
- A limitação de recursos para realizar análises detalhadas;
- A necessidade de estudos adicionais para avaliar os impactos a longo prazo.

Referencias bibliograficas

1. Aisse, M.M.; Andreoli, F. de N. (1999a.). Estudo da desidratação do lodo anaeróbio obtido em reatores tipo RALF, através do uso de leito de secagem e de centrífuga tipo decanter. Revista Sanare, Curitiba, v.11, n.11, p. 37-43.
2. Araújo, L. M. N., Morais, A., Boas, M. D. V., Pereira, V. S. A., Sales, A. N., Araújo, F. A. (2007). Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na bacia do rio Paraíba do Sul. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo- SP.
3. Assalin, Márcia Regina; Duran, Nelson. (2007). Novas Tendências para Aplicação de Ozônio no Tratamento de Resíduos: Ozonização Catalítica. Analytica. n. 26, p. 76- 86
4. Braile, P. M.; Cavalcant, J. E. W. A. (1993). Manual de tratamento e águas residuárias industriais. São Paulo: Cebest, p. 764.
5. Brandão, Mayara Américo; Castilho, Natália. (2001). Estação de tratamento de água e esgoto. 4p. Universidade do Oeste Paulista
6. Berger, Simone Geane. Rio Carioca Ontem e Hoje.(2012). Disponível em : <http://www.profrios.kit.net/html/projetos/rio_carioca.htm > Acesso em 11 julho.
7. Carreira, Manoel Francisco. Sistema de tratamento têxte. (2006). Tese de Doutorado – Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Florianópolis, p. 682.
8. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Emissões de metano gerado no tratamento e disposição de resíduos no Brasil
9. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000.
10. Crespilho, Frank Nelson; Santana, Claudemir Gomes; Rezende, Maria Olímpia Oliveira. (2004). Tratamento de efluentes da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. Química Nova, v. 27, n. 3, p.387-392
11. Dias, Leandro H. Martins; Janette Beber. (2012). Processos Empregados)de Esgotos Sanitários.
12. Ellis, J.B. (1989). The management and control of urban runoff quality. Journal of the Institute of Water and Environment Management, 32 (2): 116-12
13. Figueiredo, M.C.B.; Teixeira, A.S.; Araujo, L.F.P.; Rosa, M.F.; Paulina, W.D.; MOTA, S.; de Araujo, J.C. (2007) Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 4, p. 399-409.
14. Grady, C. P. L. et al. Biological Wastewater Treatment. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1999.
15. Harrop, O. (1983). Urban stormwater pollution research. Report 6: Stormwater pollution from highway surfaces: A review. Middlesex Polytechnic Research and Consultancy, p. 109.
16. Manahan, S.E. Environmental Chemistry, Lewis Publishers, Boca Raton, 6th edition, 1994.
17. Mello, Edson José Rezende de. (2007.) Tratamento de Esgoto Sanitário. Monografia (Pós-Graduação) – Engenharia Sanitária – UNUMINAS, MG, Uberlândia, p, 99.

18. Metcalf, B.; Eddy, I.N.C. (1991). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3^a ed. cap.12, p. 765-926, New York : McGraw-Hill. Estados Unidos.
19. Projecto Municipio Verde. (2012) Conceitos Fundamentais e Principais Soluções no Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municípioverdeazul/DiretivaEsgotoTratado/ApostilaTratamentoEsgotos.pdf>>.
20. Rocha, J.C.; Rosa, A.H.; Cardoso, A.A. (2009). Introdução à Química Ambiental, Editora Bookman, Porto Alegre, 2^a edição,
21. Santos, M. T., Barreiros, A. M., Albuquerque, & Monte, H. M. (2016). *Tratamento de Águas Residuais, Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico*. Lisboa.
22. Sperling, M.V. (1996). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. In: Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol 1. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, p. 243.
23. Vasconceles, Daniela V.; Gomes, Anderson. (2009). Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reuso usando processos oxidativos avançados. Cadernos Unifoa, n 11, dez, p. 35-46.
24. Vieira, Luciane Maria Martini; Kovaliczn, Rosilda Aparecida. (2009). Tratamento de efluentes domésticos com plantas macrófitas. Ponta Grossa.
25. Yang, J., Wang, J., & Jia, J. (2009). Improvement of Electrochemical Wastewater Treatment through Mass Transfer in a Seepage Carbon Nanotube Electrode Reactor. Environmental Science & Technology, 43(10), 3796–3802