



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**OLÍVIA MICHELS CARDOSO**

**USO DE BIORREMEDIADORES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES SANITÁRIOS**

Tubarão  
2020

**OLÍVIA MICHELS CARDOSO**

**USO DE BIORREMEDIADORES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES SANITÁRIOS**

Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientadores: Prof. Dr. Marcos Marcelino Mazzucco e Prof. Ms. Alessandro de Oliveira

Limas

Tubarão

2020

**OLÍVIA MICHELS CARDOSO**

**USO DE BIORREMEDIADORES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES SANITÁRIOS**

Relatório de estágio foi julgado adequado à obtenção do título de bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 3 de dezembro de 2020.

---

Prof. Domingos Pignatelli Marcon, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Cesar Renato Alves da Rosa, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Suzana Cimara Batista, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, em especial minha mãe, Márcia, e meu irmão, João, por todo o suporte de sempre, tanto emocional quanto técnico, acreditando em mim mesmo quando eu mesma não acreditava.

Agradeço a todos os meus amigos, que se fizeram presentes mesmo durante essa distância física que a pandemia nos proporcionou, sempre me apoiando e me alegrando.

Agradeço aos professores da UNISUL por todo o ensinamento durante a jornada acadêmica, em especial aos orientadores Marcos Marcelino Mazzucco e Alessandro de Oliveira Limas.

Agradeço ao professor e supervisor de estágio, Wilson Alano, pela oportunidade e por todo o conhecimento compartilhado.

Agradeço a todo o pessoal do CENTEC, inclusive os que já não estão mais por lá, por todo o auxílio não só durante a realização do estágio, mas durante todo o curso.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

## RESUMO

O lançamento de efluentes sem tratamento causa a alteração de propriedades importantes dos corpos receptores. As estações de tratamento também podem gerar impactos relevantes se não gerenciadas de forma correta. Neste sentido, torna-se essencial a compreensão da microbiologia do tratamento de esgotos para otimização do projeto e operação destes sistemas, além do uso de tecnologias que minimizem esses impactos. Atualmente, existem diversas metodologias que prometem eficiência nos processos de tratamento a custos relativamente baixos. Dentre elas, pode-se citar a técnica de biorremediação, em que se aplica uma seleção de microrganismos para degradação mais eficiente dos poluentes em efluentes. O estudo foi realizado em uma estação de tratamento de efluentes sanitários que não estava obtendo um tratamento adequado, observando-se complicações ao longo do processo. Assim, buscou-se avaliar o uso de biorremediadores na estação em questão para verificação do desempenho do produto com o que é especificado pelo fabricante. Foi feita a aplicação diária da solução contendo o biorremediador, distribuindo porções do líquido ao longo dos tanques e na lagoa de aeração. Ao fim do período de aplicação, foram realizadas análises físico-químicas e biológicas dos efluentes bruto e tratado, sendo a DBO<sub>5</sub>, fósforo total e fenóis alguns dos parâmetros analisados. Além disso, foi avaliado o odor nos arredores da estação e a formação de lodo no interior dos tanques. Obteve-se uma aparente ineficiência na remoção de poluentes, especialmente nos parâmetros fenóis, nitrogênio amoniacal e sulfetos. A remoção de matéria orgânica mostrou-se satisfatória quando comparada com a especificação da legislação ambiental, ou seja, atendendo o percentual de remoção requerida. Os altos valores de DQO e a alta relação DQO/DBO<sub>5</sub> nas amostras de efluente bruto indicam uma possível contaminação por despejos industriais. Também se observou diminuição dos odores nos arredores da ETE ao longo do período, apesar da alta concentração de sulfetos constatada no efluente tratado. Não se observou a presença de lodo no interior dos tanques, somente no primeiro, possivelmente devido à descarga de lodo no início do processo. Desta forma, o desempenho do biorremediador em comparação ao que é especificado pelo fabricante foi satisfatório em parte dos quesitos descritos, obtendo-se uma aparente eficiência na remoção de matéria orgânica e uma melhora na estação em relação ao odor. Para uma avaliação mais precisa, sugere-se a aplicação do biorremediador durante um período maior e uma comparação entre os efeitos obtidos na estação com e sem a incorporação da biorremediação ao processo.

**Palavras-chave:** Esgoto. Tratamento biológico. Biorremediação.

## ABSTRACT

Non-treated wastewater discharges cause the alteration of important properties of receiving water bodies. Wastewater treatment plants can also cause relevant impacts if not managed correctly. Therefore, it's essential to understand wastewater treatment microbiology for optimisation of these system's projects and operations, besides the use of technologies that minimize these impacts. Nowadays, there are a lot of methods that promise efficiency on treatment processes with relatively low costs. Among them, we can mention bioremediation techniques, in which it's applied a selection of microorganisms to degradate effluent's pollutants more efficiently. The study was conducted in a wastewater treatment plant, which was not obtaining adequate treatment, having complications throughout the process. Therefore, it was aimed to evaluate the use of bioremediators in the plant to verify the product's performance with what it is specified by the fabricator. The bioremediator's solution was applied daily, distributing portions of the liquid throughout the tanks and the aerated lagoon. By the end of the period, physical-chemical and biological analysis of raw and treated effluents were conducted, BOD, phosphorus and phenols being some of the parameters analyzed. Besides that, the odor around the station and the formation of sludge inside the tanks were also evaluated. An apparent inefficiency was obtained, especially in the removal of pollutants like phenols, ammoniacal nitrogen and sulfides. The removal of organic matter was apparently satisfactory when compared to environmental legislation, given the removal percentages estipulated by them. The high COD values and the high COD/BOD ratio on raw effluent indicates possible contamination by industrial waste. There was also a decrease in odors around the WWTP throughout the period, despite the high concentration of sulfides found in the treated effluent. No sludge was formed inside the tanks, except in the first one, possibly due to sludge discharg in the beginning of the process. Therefore, the bioremediator's performance compared to what's specified by the fabricator was satisfactory in part of the described topics, obtaining an apparent efficiency in the removal of organic matter and an improvement in relation to odors. For a more accurate evaluation, it is suggested to apply the bioremediator for a longer period and compare the effects obtained at the plant with and without incorporating the bioremediation into the process.

**Keywords:** Sewage. Biological treatment. Bioremediation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Diagrama de blocos do processo.....   | 11 |
| Figura 2 – (a) Tanques/filtros biológicos; (b) Lagoa de aeração.....   | 11 |
| Figura 3 – Lodo nos tanques. ....  | 12 |
| Figura 4 – Distribuição dos sólidos do esgoto bruto.....   | 16 |
| Figura 5 – (A) 1ª amostra de efluente bruto; (B) 2ª amostra de efluente bruto; (C) amostra de efluente tratado. .... | 25 |
| Figura 6 – Lodo nos primeiros tanques após o período de estudo.....  | 30 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Forma predominante do nitrogênio de acordo com a condição do efluente. .... | 18 |
| Tabela 2 – Composição do biorremediador. ....  | 23 |
| Tabela 3 – Características físico-químicas do biorremediador. ....                     | 24 |
| Tabela 4 – Resultados das análises. ....   | 26 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                        | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b>             | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>JUSTIFICATIVA</b>                     | <b>13</b> |
| 3.1      | OBJETIVOS                                | 13        |
| 3.1.1    | Objetivo geral                           | 13        |
| 3.1.2    | Objetivos específicos                    | 13        |
| <b>4</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>               | <b>15</b> |
| 4.1      | CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS              | 15        |
| 4.2      | PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  | 15        |
| 4.2.1    | Sólidos                                  | 15        |
| 4.2.2    | Matéria orgânica                         | 16        |
| 4.2.3    | Nitrogênio                               | 17        |
| 4.2.4    | Fósforo                                  | 18        |
| 4.2.5    | Sulfatos e sulfetos                      | 19        |
| 4.3      | LEGISLAÇÃO AMBIENTAL                     | 19        |
| 4.4      | MICROBIOLOGIA DO TRATAMENTO DE ESGOTOS   | 20        |
| 4.5      | BIORREMEDIAÇÃO                           | 21        |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA</b>                       | <b>23</b> |
| 5.1      | DESCRIÇÃO DO BIORREMEIADOR               | 23        |
| 5.2      | APLICAÇÃO DO BIORREMEIADOR               | 24        |
| 5.3      | ANÁLISES                                 | 24        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>            | <b>25</b> |
| 6.1      | RESULTADOS DAS ANÁLISES                  | 25        |
| 6.2      | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO BIORREMEIADOR | 28        |
| 6.2.1    | Degradação de poluentes                  | 28        |
| 6.2.2    | Avaliação do odor                        | 28        |
| 6.2.3    | Formação de lodo                         | 29        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÃO</b>                         | <b>31</b> |
|          | REFERÊNCIAS                              | 33        |

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) de 2018, observa-se que o índice médio de tratamento de esgotos do Brasil chega a 46,3% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,5% para os esgotos que são coletados. O lançamento de esgotos domésticos e industriais sem o devido tratamento causa a alteração de propriedades importantes dos corpos receptores, gerando efeitos adversos ao meio ambiente e inviabilizando o uso da água para alguns fins.

Em um corpo d'água, a degradação de poluentes em compostos mais simples ocorre por mecanismos puramente naturais, enquanto em uma estação de tratamento ocorrem com a introdução de tecnologia. Conforme ressalta von Sperling (2007), a tecnologia tem como objetivo fazer com que o processo de purificação se desenvolva em condições controladas (controle operacional) e em taxas mais elevadas.

Devido às características predominantes dos esgotos, os processos de tratamento biológico são os mais empregados nas estações de tratamento. O baixo custo operacional e o funcionamento geralmente simples tornam esse tipo de tratamento a primeira opção ao projetar uma estação.

No entanto, as estações de tratamento podem gerar impactos relevantes ao meio ambiente e à população se não gerenciadas de forma correta. O lançamento dos efluentes, se não tratados adequadamente, podem afetar os corpos d'água e os odores presentes nas estações são incômodos aos trabalhadores e à população ao redor. Neste sentido, torna-se essencial a compreensão da microbiologia do tratamento de esgotos para a otimização do projeto e operação destes sistemas, além do uso de novas tecnologias que minimizem esses impactos.

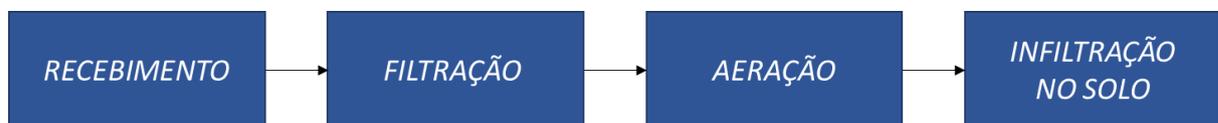
Diante do exposto, buscou-se nesse trabalho avaliar o uso de biorremediadores de um fabricante nacional em uma estação de tratamento de efluentes sanitários, para verificação do desempenho do produto com o que é relatado pela empresa e pelo catálogo do produto.

## 2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A estação de tratamento de efluentes onde foi realizado o estudo é formada por seis tanques, utilizados como filtros biológicos, seguidos de uma lagoa aerada. O efluente chega na estação em caminhões do tipo limpa-fossa, que descarregam o esgoto em um pequeno tanque de recebimento que se comunica com o primeiro e o segundo tanque. À medida que atinge um certo volume, o líquido passa para uma canaleta que se conecta com os tanques seguintes, distribuindo o efluente.

Os filtros dispostos nos tanques são compostos por uma camada de areia seguida de uma camada de pedra britada. O efluente, após percorrer as camadas de areia e pedra, é coletado em tubulações furadas abaixo dos tanques e bombeado até a lagoa de aeração. Após o tempo de residência na lagoa, o efluente tratado é encaminhado a uma caixa d'água, onde permanece até atingir um certo nível e então é disposto no solo através de sumidouros. O processo de funcionamento está representado no diagrama de blocos da Figura 1 e fotos da estação de tratamento estão expostas na Figura 2.

Figura 1 – Diagrama de blocos do processo.



Fonte: da autora, 2020.

Figura 2 – (a) Tanques/filtros biológicos; (b) Lagoa de aeração



Fonte: da autora, 2020.

Havia grande formação de lodos nos tanques, impedindo a passagem do líquido através das camadas de areia e pedra e prejudicando o funcionamento do processo, pois eram

necessárias limpezas frequentes dos tanques. Assim, tinha-se que remover o efluente com auxílio de caminhão limpa-fossa, realizar a remoção do lodo para posterior destinação e repor a camada de areia que acabava sendo removida junto com o lodo. A Figura 3 mostra o lodo acumulado nos tanques anteriormente ao início do estudo.

Figura 3 – Lodo nos tanques.



Fonte: da autora, 2020.

### 3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, existem diversas metodologias simples no mercado que prometem eficiência nos processos de tratamento de efluentes. Dentre elas, pode-se citar a técnica de biorremediação, em que se aplica uma seleção de microrganismos, principalmente bactérias, para degradação mais eficiente dos poluentes presentes nos efluentes líquidos e até mesmo para digestão do lodo formado nos sistemas.

O estudo foi realizado em uma estação de tratamento de efluentes sanitários localizada em Laguna, Santa Catarina. A estação não estava obtendo um tratamento adequado, observando-se diversas complicações ao longo do processo no qual estava operando. Além de afetar a qualidade do efluente final, o funcionamento do processo era prejudicado. Dentre as dificuldades observadas, destaca-se a grande formação de lodo nos filtros, impossibilitando a passagem do líquido e necessitando de limpezas frequentes, além dos odores presentes na redondeza.

Desta forma, fez-se necessária a realização de mudanças no processo de tratamento que acarretassem a solução desse problema recorrente e produzisse um tratamento eficiente. Neste contexto, levanta-se a seguinte pergunta: **o uso de biorremediadores é uma opção eficiente, conforme indica o fabricante, para melhoria do processo de uma estação de tratamento de efluentes sanitários no sul de Santa Catarina?**

#### 3.1 OBJETIVOS

##### 3.1.1 Objetivo geral

Avaliar o uso de biorremediadores em uma estação de tratamento de efluentes sanitários com base na especificação do fabricante.

##### 3.1.2 Objetivos específicos

- Realizar análises físico-químicas e biológicas dos efluentes bruto e tratado após o período de aplicação do biorremediador;
- Comparar os parâmetros de lançamento do efluente tratado com os permitidos na legislação ambiental vigente;
- Descrever os efeitos da incorporação do biorremediador ao processo;

- Avaliar o desempenho do biorremediador na redução de lodo e de odores na estação;
- Comparar os resultados obtidos com estudos semelhantes.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

Os esgotos geralmente têm características bem definidas e são constituídos essencialmente de despejos domésticos, que incluem efluentes sanitários de residências, lavanderias, estabelecimentos comerciais ou quaisquer edifícios que disponham de instalações sanitárias, além de águas de infiltração e uma eventual parcela não significativa de despejos industriais. Ainda, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430 (2011), esgoto sanitário é a “denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos”.

A composição do efluente pode variar de acordo com o uso a que foi submetida, com o clima, condição econômica e hábitos de higiene da população. Em geral, conforme explica von Sperling (2014), o esgoto doméstico possui aproximadamente 99,9% de água e os 0,1% restantes incluem sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos.

A quantidade de matéria orgânica presente é importante para se conhecer o grau de poluição de uma água residuária, para se dimensionar as estações de tratamento de esgotos e medir sua eficiência (JORDÃO e PESSÔA, 2011). Os principais componentes orgânicos nos esgotos são proteínas, carboidratos, lipídios, ureia, surfactantes, entre outros. Além disso, destaca-se a presença de microrganismos como bactérias, fungos e protozoários, eliminados junto com os dejetos humanos. Dentre a fração inorgânica, pode-se citar a presença de minerais dissolvidos e areia.

### 4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

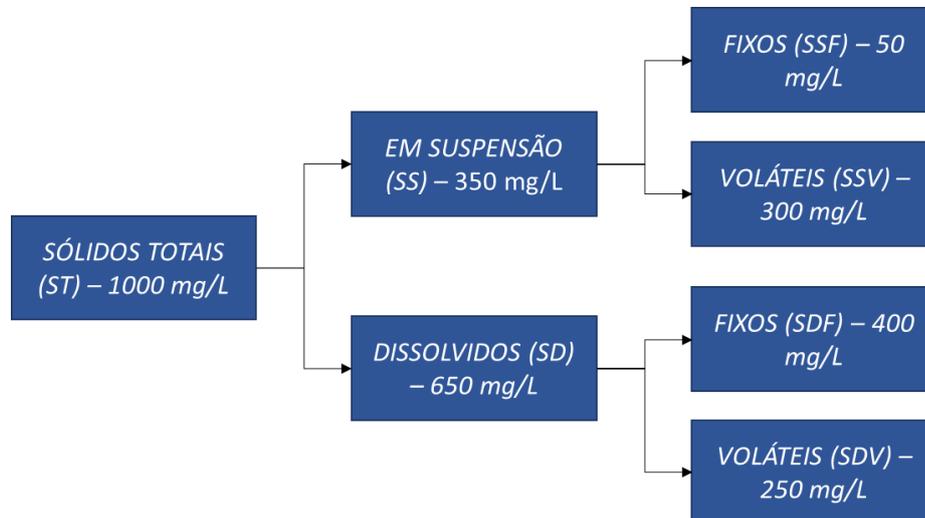
Os principais parâmetros que exprimem as características dos efluentes sanitários são os sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, sulfatos e sulfetos. A seguir, serão descritos cada um destes parâmetros.

#### 4.2.1 Sólidos

“Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos” (VON SPERLING, 2014, p. 85). A quantidade de sólidos totais de uma

amostra de efluente é a matéria que permanece como resíduo da evaporação à temperatura de 105°C. São classificados e possuem a distribuição típica exposta na Figura 4.

Figura 4 – Distribuição dos sólidos do esgoto bruto.



Fonte: VON SPERLING, 2014 (Adaptado pela autora).

Segundo Jordão e Pessôa (2011), embora constitua uma parcela pequena dos efluentes, os sólidos são de difícil ou complexa destinação final e podem provocar complicações ambientais. Alguns efeitos da poluição pela matéria sólida são citados a seguir.

- a) Aumento da turbidez, impedindo a penetração da luz no corpo d'água;
- b) Formação de espuma superficial, impedindo a penetração da luz, a transferência de oxigênio do ar e comprometendo a estética;
- c) Formação de depósitos de lodo;
- d) Diminuição do volume útil dos corpos d'água e das unidades de tratamento.

#### 4.2.2 Matéria orgânica

A matéria orgânica é considerada um dos principais poluentes dos corpos d'água, pois acarreta o consumo de oxigênio dissolvido, consumido pelos microrganismos presentes. Um dos parâmetros mais comuns para determinação da quantidade de matéria orgânica é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente no efluente em um certo período.

“Como a oxidação completa da matéria orgânica demora de 21 a 28 dias, padronizou-se o teste da DBO em 5 dias a 20°C [...]” (NUNES, 2018, p. 91). Segundo Jordão e Pessôa

(2011), normalmente a DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 e 400 mg/L, dependendo da condição do esgoto, e deseja-se atingir uma redução de DBO até uma faixa de 20 a 30 mg/L após o tratamento.

Outro indicador importante é a Demanda Química de Oxigênio (DQO), definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química da matéria orgânica. Normalmente a concentração da DQO nos esgotos domésticos varia entre 200 e 800 mg/L, podendo atingir valores maiores nos efluentes industriais (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

De acordo com Nunes (2018), no teste da DQO, além da matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a matéria orgânica não biodegradável e outros componentes inorgânicos (sulfetos, por exemplo). A vantagem da DQO sobre a DBO é que os testes são mais rápidos, em torno de 2 horas.

Costuma-se relacionar os valores de DBO e DQO de efluentes para determinação do tipo de tratamento cabível ao efluente. Quando a DQO é igual ou menor ao dobro da DBO, possivelmente a maior parte da matéria orgânica é biodegradável, sendo indicado o uso de tecnologias de tratamento biológico. Se a DQO for maior que o dobro da DBO, possivelmente grande parte da matéria orgânica não é biodegradável, sendo mais adequado o tratamento físico-químico.

Além disso, para esgotos domésticos brutos, a relação entre a DQO e a DBO (DQO/DBO) geralmente varia entre 1,7 e 2,5 (VON SPERLING, 2014).

### **4.2.3 Nitrogênio**

Segundo Jordão e Pessôa (2011), é possível estimar o grau de estabilização da matéria orgânica pela verificação da forma como estão presentes os compostos de nitrogênio no efluente. No esgoto fresco, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se o esgoto for antigo, estará na forma de nitrato, em decorrência da oxidação biológica das bactérias, que transformam o nitrogênio em amônia, depois em nitritos e então em nitratos. A Tabela 1 mostra as formas do nitrogênio possivelmente presentes conforme a caracterização do efluente.

Tabela 1 – Forma predominante do nitrogênio de acordo com a condição do efluente.

| <b>Condição</b>   | <b>Forma predominante do nitrogênio</b>                                   |
|---|---|
| Esgoto bruto  | Nitrogênio orgânico; amônia;  |
| Poluição recente em um curso d'água                     | Nitrogênio orgânico; amônia;  |
| Estágio intermediário da poluição em um curso d'água    | Nitrogênio orgânico; amônia; nitrito (em menores concentrações); nitrato; |
| Poluição remota em um curso d'água                      | Nitrato;  |
| Efluente de tratamento sem nitrificação                 | Nitrogênio orgânico (em menores concentrações); amônia;                   |
| Efluente de tratamento com nitrificação                 | Nitrato;  |
| Efluente de tratamento com nitrificação/desnitrificação | Concentrações mais reduzidas de todas as formas de nitrogênio.            |

Fonte: VON SPERLING, 2014.

A presença de nitrogênio nos efluentes domésticos se dá através de proteínas e ureia. As proteínas têm como origem principal a matéria fecal e restos de alimentos, e a ureia é proveniente principalmente da urina (NUNES, 2012). Apesar de ser um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos que degradam a matéria orgânica, em corpos d'água o nitrogênio está diretamente ligado a fenômenos de eutrofização, proliferando o crescimento de algas.

“Embora seja possível caracterizar a matéria orgânica pelos testes de nitrogênio, estes, praticamente, já não são mais usados com este fim, substituídos pela determinação da DBO. Sua importância resume-se agora como indicativa da disponibilidade de nitrogênio para manter a atividade biológica nos processos de tratamento, da demanda nitrogenada da DBO, para indicar a carga de nutrientes lançados ou presentes num corpo d'água.” (JORDÃO e PESSÔA, 2011, p. 58)

#### 4.2.4 Fósforo

O fósforo presente nos esgotos domésticos aparece na forma de fosfatos, podendo ser de forma inorgânica (ortofosfatos e polifosfatos) ou orgânica (ligada a compostos orgânicos). Conforme explica von Sperling (2014), a forma inorgânica tem sua origem principal nos detergentes e a forma orgânica é de origem fisiológica.

Em despejos domésticos, o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de microrganismos que estabilizam a matéria orgânica e geralmente tem uma concentração

suficiente para esta finalidade. No entanto, sua presença em lagos e represas pode conduzir a fenômenos de eutrofização, assim como o nitrogênio.

#### **4.2.5 Sulfatos e sulfetos**

Em condições anaeróbicas, durante um processo biológico de tratamento de efluentes, inicia-se a formação de um lodo de fundo devido à falta de fornecimento de ar atmosférico. Na ausência de oxigênio dissolvido e nitratos, o sulfato serve como fonte de oxigênio (receptor de elétrons) para oxidação bioquímica produzida por bactérias anaeróbicas (SILVA, 2007). Em decorrência disso, ocorre a redução de sulfatos e a formação de ácidos orgânicos, causando odores desagradáveis nas imediações das estações devido à formação de sulfeto de hidrogênio.

Além disso, o sulfeto de hidrogênio também pode causar problemas de toxicidade no efluente (VON SPERLING, 2014). De acordo com Jordão e Pessoa (2011), em canalizações e galerias pode transformar-se em ácido sulfúrico através da ação bacteriológica, o que provoca corrosão das estruturas de concreto.

### **4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

Para o lançamento de efluentes tratados nos corpos d'água, eles devem atender aos limites máximos e mínimos da legislação ambiental vigente. No Brasil, destaca-se a Resolução n° 357/2005 do CONAMA e suas complementações e alterações expressas na Resolução n° 430/2011 do CONAMA, que dispõem sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A seção II da Resolução n° 430 do CONAMA indica os limites de lançamento de efluentes em geral, enquanto a seção III indica os limites de lançamento de efluentes provenientes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. A resolução ressalta que as condições estabelecidas na seção II poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários a critério do órgão ambiental competente.

Em âmbito estadual, a Lei n° 14.675, de 13 de abril de 2009, institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece normas aplicáveis ao Estado de Santa Catarina, visando à proteção e à melhoria da qualidade ambiental no estado. Em seu Capítulo VI, seção II, estabelece as condições de lançamento direto ou indireto de efluentes nos corpos d'água.

#### 4.4 MICROBIOLOGIA DO TRATAMENTO DE ESGOTOS

De acordo com von Sperling (2007), todos os seres vivos precisam de energia, carbono e nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, para funções de crescimento, locomoção e reprodução. Para satisfazer as necessidades nutricionais, os seres vivos que utilizam como fonte de carbono o gás carbônico são chamados de autótrofos e os que utilizam a matéria orgânica de heterótrofos (NUNES, 2012).

Quanto à fonte de energia, os seres vivos que utilizam como fonte a luz são chamados de fotossintetizantes e os que usam a energia de reações químicas são os quimiossintetizantes. Devido à alta turbidez geralmente presente nos efluentes, a presença de microrganismos fotossintetizantes é muito limitada. Desta forma, os seres vivos mais importantes para o tratamento de efluentes são os quimiossintetizantes, sejam eles autótrofos ou heterótrofos.

Os processos químicos que ocorrem dentro das células dos microrganismos são chamados de metabolismo celular e são divididos em duas categorias: catabolismo, em que a decomposição do substrato é utilizada para produção de energia, e anabolismo, em que há crescimento celular através do consumo da energia liberada no catabolismo.

A remoção de poluentes em esgotos ocorre predominantemente pela ação de bactérias através do processo de catabolismo. Conforme explica von Sperling (2007), o catabolismo é classificado em duas categorias: oxidativo, que se dá através de reações redox em que um agente oxidante, como o oxigênio, oxida a matéria orgânica; e fermentativo, onde não há oxidação, mas sim um rearranjo dos elétrons na molécula fermentada, passando por diversas fermentações até os produtos estabilizarem-se. A substância oxidada pode ser a matéria orgânica ou os compostos inorgânicos, ambos doadores de elétrons.

A degradação dos compostos pode ocorrer em condições aeróbias, anóxicas e anaeróbias. Em condições aeróbias, a atividade biológica ocorre com a presença de oxigênio, ou seja, o receptor de elétrons será o próprio oxigênio. Em condições sem a presença de oxigênio, os receptores de elétrons são os nitratos (condições anóxicas), sulfatos e dióxido de carbono (condições anaeróbias). Na fermentação, os compostos orgânicos são tanto doadores como receptores de elétrons (VEIGA, 2003 apud SCHMIDT, 2000).

“A oxidação da matéria orgânica dos esgotos não se dá, simplesmente, pelo contato desta com o oxigênio do ar. É necessária a presença de catalisadores, enzimas, que facilitem a realização dessa reação” (BRANCO, 1964, p. 100). As enzimas são os catalisadores mais importantes das reações bioquímicas que ocorrem nos processos de tratamento de efluentes e são provenientes das bactérias, que se encontram em grande número nos despejos domésticos.

De acordo com Nunes (2012), a velocidade das reações biológicas chega a ser  $10^8$  a  $10^{11}$  vezes mais rápida na presença de enzimas do que na sua ausência.

As enzimas podem ser intracelulares, quando se localizam no interior da célula bacteriana, ou extracelulares, quando são liberadas para o meio externo. Segundo von Sperling (2007), a maior parte da matéria orgânica solúvel dos esgotos domésticos é facilmente degradável e possui dimensão pequena. Por conta disso, os compostos entram na célula bacteriana e são consumidos com o auxílio das enzimas intracelulares. Os compostos mais complexos, como a matéria orgânica suspensa ou particulada, são convertidos em moléculas simples e menores, através de reações de hidrólise promovidas pelas enzimas extracelulares. Desta forma, conseguem passar pela membrana celular e tornam-se disponíveis para consumo dentro da célula de forma similar à que ocorre com a matéria orgânica solúvel.

Como visto no tópico 4.1, a matéria orgânica contém diversos substratos, como amido, ureia, lactose, lipídios etc. Logo, são necessárias diferentes enzimas para a catálise do processo de degradação. Nunes (2012, p. 21) cita algumas enzimas principais:

No processo de respiração aeróbia, as principais enzimas que atuam na decomposição da matéria orgânica e na nitrificação são as hidrolases, desidrogenases, descarboxilases, oxidases, oxigenases etc. No processo de respiração anaeróbia e anóxica, as principais enzimas que atuam na decomposição da matéria orgânica e na desnitrificação são as hidrolases, piruvato descarboxilases, álcool desidrogenases, lactato desidrogenases, nitrato redutases, nitrito redutases, óxido nítrico redutases, óxido nitroso redutases etc.

Além disso, as bactérias têm a propriedade de aglomerarem-se em unidades estruturais, como flocos e biofilmes, o que tem grande significado para o tratamento de efluentes. De acordo com Branco (1964), quando a DBO é muito elevada, as bactérias têm seu metabolismo intensificado, contrapondo a sua energia própria, de locomoção, às forças de Van der Waals, que procuram aproximá-las, e então a floculação é impedida. Quando o metabolismo é baixo, aderem-se umas às outras, ou seja, a floculação ocorre quando são esgotados os nutrientes do meio.

#### 4.5 BIORREMEDIAÇÃO

Segundo a Instrução Normativa nº 05 do IBAMA, de 17 de maio de 2010, remediadores são produtos constituídos ou não por microrganismos, destinados à recuperação de ambientes contaminados, tratamento de efluentes e outras aplicações, podendo ser classificados da seguinte forma:

- a) Biorremediador: remediador composto por microrganismos capazes de se reproduzirem e degradarem bioquimicamente compostos e substâncias contaminantes.
- b) Remediador químico ou físico-químico: remediador que tem como ingrediente ativo composto químico oxidante, surfactante ou dispersante, ou ainda polímeros e enzimas capazes de degradar, adsorver ou absorver compostos e substâncias contaminantes.
- c) Bioestimulador: remediador que contém nutrientes que favorecem o crescimento de microrganismos naturalmente presentes no ambiente a ser aplicado o produto, acelerando o processo de biorremediação.

Logo, por definição, a biorremediação é o uso de organismos vivos, principalmente microrganismos, para degradar os contaminantes ambientais em formas menos tóxicas (VIDALI, 2001). Esta técnica é utilizada em estações de tratamento de efluentes, tanto domésticos quanto industriais, em tratamento de solos contaminados ou de águas subterrâneas.

Os microrganismos presentes nos biorremediadores são principalmente bactérias que se encontram naturalmente no solo e na água e exercem a biodegradação dos compostos poluentes. Logo, a biorremediação tem como objetivo acelerar o processo natural de degradação de poluentes ao aumentar a concentração de bactérias que produzem as enzimas necessárias para catalisar as reações microbiológicas durante o tratamento de efluentes.

Usualmente, esse tipo de produto é disponível na forma de pó ou líquido e é de aplicação simples. De acordo com Calijuri e Cunha (2013), a redução da matéria orgânica costuma ser o principal foco do remediador, além de outros benefícios como redução de odor e lodos e melhoria do aspecto do efluente.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 DESCRIÇÃO DO BIORREMEIADOR

Para aplicação da metodologia de biorremediação na estação, foi utilizada uma linha de uso industrial, específica para tratamento de efluentes, descrita pelo fabricante como “biorremediador e digestor de matéria orgânica para utilização em sistemas de tratamento de efluentes, redes coletoras de esgoto e corpos hídricos contaminados”.

De acordo com o catálogo, utilizam-se bactérias selecionadas, não agressivas ao homem, animais aquáticos e meio ambiente, realizando a substituição de bactérias patogênicas e formadoras de gás sulfídrico presentes no esgoto. A marca traz os seguintes benefícios para o uso do produto:

- a) aumento de eficiência nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs);
- b) redução de carga orgânica e maior clarificação do efluente descartado;
- c) efluentes tratados em conformidade com as normas e padrões ambientais;
- d) eliminação de mau cheiro (odor) nas imediações da ETE;
- e) digestão do lodo gerado pelo sistema.

O produto é indicado para partidas em ETEs (start-ups), tratamento de esgoto sanitário e industrial, biorremediação de solos e recursos hídricos contaminados por hidrocarbonetos e derivados, dentre outras aplicações. A composição do produto está presente na Tabela 2 e demais características na Tabela 3.

Tabela 2 – Composição do biorremediador.

|                                   |
|-----------------------------------|
| <b>Composição</b>                 |
| <i>Bacillus subtilis</i>          |
| <i>Bacillus licheniformis</i>     |
| <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> |
| Espessante                        |
| Tensoativo aniônico               |
| Conservante                       |
| Fragrância                        |
| Veículo                           |

Fonte: Rótulo do produto, 2020.

Tabela 3 – Características físico-químicas do biorremediador.

| <b>Características físico-químicas</b> |                       |
|--|-----------------------|
| Apresentação                           | Gel                   |
| Densidade                              | 1 g/mL                |
| pH                                     | 6,7 (a 1% da solução) |
| Solubilidade                           | Solúvel em água       |

Fonte: Catálogo do produto, 2020.

## 5.2 APLICAÇÃO DO BIORREMEIADOR

Pela instrução do fabricante, o modo de ativação do biorremediador é através da diluição de 50 gramas do produto para cada litro de água e recomenda-se 1 litro da solução para cada 5 m<sup>3</sup> de efluente a ser tratado. Desta forma, foi feita a aplicação diária da solução, de acordo com o fluxo de recebimento de efluentes na estação, durante todo o período de estágio. A aplicação foi feita de forma manual, distribuindo porções da solução ao longo dos tanques e na lagoa de aeração.

## 5.3 ANÁLISES

Após o período de aplicação do produto foram realizadas duas coletas do efluente bruto (em caminhões limpa-fossa) e uma coleta do efluente tratado (na saída da caixa d'água). As amostragens de efluente bruto foram realizadas em dois caminhões limpa-fossa diferentes, em dias diferentes.

As análises foram realizadas por laboratório contratado. No efluente bruto, foram avaliados os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO e fósforo total, enquanto no efluente tratado foram avaliados DBO<sub>5</sub>, DQO, fósforo total, pH, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e fenóis.

Durante o período de estágio foi acompanhado qualitativamente o odor nos arredores da estação, com auxílio de relatos dos operadores da estação e da vizinhança. A formação de lodo no interior dos tanques foi acompanhada com auxílio de pás e, ao final do estudo, foi retirado o efluente de alguns deles com um caminhão limpa-fossa para verificação do lodo.

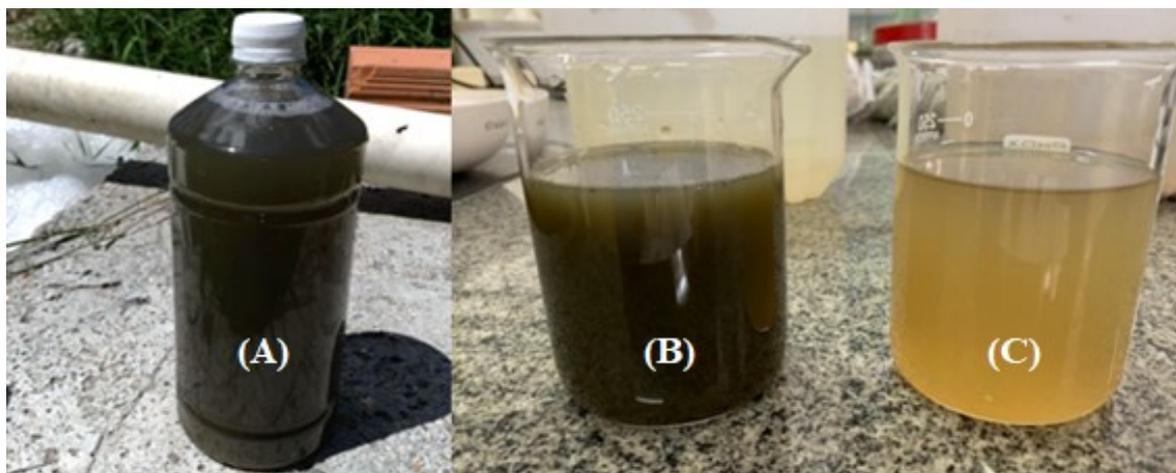
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES

Como a estação não dispõe de tanque de equalização, todas as etapas do processo acabam recebendo a solução de biorremediador direta ou indiretamente, pois todos os tanques são interligados. Logo, se fossem coletadas amostras de efluente bruto diretamente do sistema, a presença das bactérias poderia gerar alteração nos testes de  $DBO_5$ , pois acelerariam a degradação da matéria orgânica nos 5 dias que permanecem em teste. Por este motivo, foram realizadas as coletas diretamente de caminhões limpa-fossa.

A Figura 5 exibe as amostras de efluente bruto da primeira coleta e da segunda coleta, juntamente com a amostra de efluente tratado.

Figura 5 – (A) 1ª amostra de efluente bruto; (B) 2ª amostra de efluente bruto; (C) amostra de efluente tratado.



Fonte: da autora, 2020.

A seguir, serão mostrados na Tabela 4 os resultados obtidos das análises comparados com os limites máximos permitidos pela Lei nº 14.675/2009 e pelas seções II e III da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Tabela 4 – Resultados das análises.

| Parâmetros                          | Resultados    | Limite máximo permitido pela Lei N° 14.675/2009                              | Limite máximo permitido pela Resolução CONAMA N° 430/2011 - Seção II | Limite máximo permitido pela Resolução CONAMA N° 430/2011 - Seção III |
|-------------------------------------|---------------|--|--|---|
| <b>1ª amostra de efluente bruto</b> |               |  |  |   |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>              | 1760 mg/L     | -  | -  | -   |
| <b>DQO</b>                          | 7910 mg/L     | -  | -  | -   |
| <b>Fósforo total</b>                | 534,34 mg/L   | -  | -  | -   |
| <b>2ª amostra de efluente bruto</b> |               |  |  |   |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>              | 7035 mg/L     | -  | -  | -   |
| <b>DQO</b>                          | 20900 mg/L    | -  | -  | -   |
| <b>Fósforo total</b>                | 115 mg/L      | -  | -  | -   |
| <b>Amostra de efluente tratado</b>  |               |  |  |   |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>              | 140 mg/L      | 60 mg/L ou 80% de remoção  | 60% de remoção   | 120 mg/L ou 60% de remoção  |
| <b>DQO</b>                          | 554 mg/L      | -  | -  | -   |
| <b>Fósforo total</b>                | 16,5 mg/L     | 4 mg/L ou 75% de remoção   | -  | -   |
| <b>pH</b>                           | 7,72          | Entre 6 e 9  | Entre 5 e 9  | Entre 5 e 9   |
| <b>Sólidos sedimentáveis</b>        | Não detectado | -  | 1 mL/L.h   | 1 mL/L.h  |
| <b>Ácido sulfídrico (Sulfetos)</b>  | 7,47 mg/L     | -  | 1 mg/L   | -   |
| <b>Nitrogênio amoniacal total</b>   | 141,6 mg/L    | -  | 20 mg/L  | -   |
| <b>Fenóis</b>                       | 3,9 mg/L      | 0,2 mg/L   | 0,5 mg/L   | -   |
| <b>Óleos e graxas totais</b>        | 97,3 mg/L     | 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais e 20 mg/L para óleos minerais | 30 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais                       | 100 mg/L  |

Fonte: da autora, 2020.

Observando os valores expostos, percebe-se que as duas amostras de efluente bruto apresentaram concentrações significativamente diferentes nos parâmetros avaliados, evidenciando a grande variação que há entre os efluentes sanitários recebidos na estação.

Comparando-se os parâmetros DBO<sub>5</sub> e fósforo total do efluente tratado com as duas diferentes amostragens, constata-se que as concentrações de saída atendem aos limites

estabelecidos pelas legislações em ambos os casos. A DBO<sub>5</sub> apresenta redução de 98,01% em comparação com a primeira amostra e 92,04% para a segunda. Já o fósforo total apresenta redução de 85,65% e 96,91%, respectivamente, para os dois casos.

Logo, mesmo quando comparado com um efluente de maior carga orgânica, como o da segunda amostragem, ou com um efluente de menor carga orgânica, como o da primeira amostragem, o efluente tratado atende a remoção imposta pelas legislações ambientais vigentes em ambos os casos. Além disso, observa-se que o pH está dentro dos limites permitidos e não foi constatada a presença de sólidos sedimentáveis.

Os demais parâmetros analisados (óleos e graxas, sulfetos, fenóis, e nitrogênio amoniacal) resultaram, de forma geral, em concentrações acima dos padrões exigidos pelas legislações ambientais avaliadas. A concentração de sulfetos, apesar de não ser controlada pela Lei nº 14.675/2009 e pela Seção III da Resolução CONAMA nº 430/2011, resultou significativamente maior do que o disposto na Seção II da Resolução CONAMA nº 430/2011, assim como o nitrogênio amoniacal total. A concentração de fenóis também ultrapassou significativamente os limites dispostos na Lei nº 14.675/2009 e na Seção II da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Por fim, os óleos e graxas totais estão dentro dos limites estabelecidos na Seção III da Resolução CONAMA nº 430/2011, que trata especificamente de lançamentos de efluentes oriundos de estações de tratamento de esgoto sanitário. No entanto, quando comparado com o limite estabelecido pela Seção II da Resolução CONAMA nº 430/2011, em que a soma das concentrações limites de óleos vegetais e gorduras animais e óleos minerais resulta em 70 mg/L, a concentração obtida superou o limite.

Observa-se em ambas as amostras que os valores de DQO são significativamente maiores que os valores de DBO<sub>5</sub>, o que possivelmente torna grande parte da matéria orgânica presente nos efluentes não biodegradável, característica comum em despejos industriais. Assim, a relação DQO/DBO<sub>5</sub> do efluente bruto da primeira amostragem resulta em 2,97 e o da segunda amostragem em 4,49, ambas acima da média estimada por Von Sperling (2014). Conforme visto no tópico 2.2.2, essa razão costuma ser entre 1,7 e 2,4 para o esgoto bruto.

## 6.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO BIORREMEIADOR

### 6.2.1 Degradação de poluentes

Observou-se nos resultados das análises que houve redução significativa da DBO<sub>5</sub> e do fósforo total quando comparado com duas amostras de efluentes recebidos na estação. Não foram realizados testes sem a aplicação da biorremediação, não podendo atribuir a remoção desses poluentes exclusivamente ao biorremediador, pois parte dela poderia ter ocorrido independente à aplicação. Entretanto, considerando o alto fluxo de recebimento de efluentes na estação, dificilmente o efluente coletado na saída do sistema permaneceu por um período de residência suficiente para que a degradação tenha ocorrido inteiramente de forma natural, visto que este é um processo lento.

Para comprovar se a técnica de biorremediação é responsável pela diminuição da concentração dos parâmetros em questão, seriam necessárias análises dos efluentes bruto e tratado durante um período sem aplicação do biorremediador. Alguns trabalhos estudados realizaram testes semelhantes, com e sem a aplicação da biorremediação, tornando-se possível analisá-los para efeito de comparação.

Dos trabalhos avaliados, o mais semelhante ao presente estudo foi o de Terra (2016), em que foi utilizado um biorremediador similar, também composto pelas bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, em uma estação de tratamento de esgoto em Araguaína (TO). O pesquisador obteve resultados satisfatórios, demonstrando que anteriormente à aplicação do biorremediador os parâmetros de DBO<sub>5</sub> e sólidos sedimentáveis estavam acima do permitido, e após dar início ao uso do biorremediador os parâmetros foram reduzindo em uma porcentagem cada vez maior ao longo dos meses, permanecendo dentro dos limites permitidos.

Não foram encontrados estudos que analisassem os parâmetros sulfetos, fenóis, nitrogênio amoniacal e óleos e graxas, não tendo referências da eficiência dos biorremediadores para a remoção destes poluentes. Entretanto, o catálogo do produto utilizado indica como benefícios, além da redução de matéria orgânica, a obtenção de efluentes tratados em conformidade com as normas e padrões ambientais, o que não foi atingido nestes parâmetros.

### 6.2.2 Avaliação do odor

O odor nas imediações da ETE não é um dado que pode ser avaliado quantitativamente, porém, constatou-se através do acompanhamento e de relatos dos operadores da estação que

houve diminuição ao longo do período em que foi aplicado a biorremediação. Anteriormente à aplicação, havia reclamações da população circunvizinha sobre o mau cheiro perto da estação. Veiga (2003) apud Lazzaretti (2002) também estudou a incorporação de microrganismos em uma estação de tratamento de efluentes sanitários e relatou redução do mau cheiro nas proximidades do local.

Conforme citado no catálogo do produto, com aplicação do biorremediador haveria diminuição de odores nas proximidades através da substituição de bactérias formadoras de gás sulfídrico por bactérias selecionadas para não ocorrer formação de odor. Como visto no tópico 4.2.5, o gás sulfídrico é um dos principais causadores de mau cheiro em estações de tratamento de esgoto, sendo caracterizado por odor característico e facilmente detectado pelo olfato humano. Desta forma, poder-se-ia associar a diminuição dos odores na ETE ao prometido pelo fabricante, pois a origem do gás sulfídrico é a partir da ação de bactérias anaeróbias, que utilizam o íon sulfato como receptor de elétron e o reduz à sulfeto, podendo ter ocorrido a substituição deste tipo de bactéria por outras que não realizaram essa redução.

A análise do efluente tratado constatou a presença de sulfetos acima da concentração permitida pela legislação ambiental. Como não há dados coletados da concentração deste poluente anteriormente à aplicação do biorremediador, não é possível demonstrar a diminuição de forma quantitativa. No entanto, a partir da análise qualitativa da redução de odores, há indicação de que ocorreu a diminuição de sulfetos ou outras substâncias causadoras de odores.

### **6.2.3 Formação de lodo**

Ao final do período de estudo, o tanque de recebimento e o primeiro tanque estavam com uma quantidade elevada de lodo, conforme observa-se na Figura 6.

Figura 6 – Lodo nos primeiros tanques após o período de estudo.



Fonte: da autora, 2020.

Com exceção do primeiro, não foi formado lodo no fundo dos demais tanques. Observou-se apenas a presença de sólidos em suspensão, fazendo-se necessário o acompanhamento futuro para verificar se estes sólidos não se acumularão no fundo dos tanques ao longo de um período maior, tendo em vista o curto período analisado no estudo.

Desta forma, uma possibilidade para o acúmulo no primeiro tanque pode ser pelo recebimento de lodo na estação pelos caminhões limpa-fossa, sendo retido no início do processo, e não pela geração no próprio sistema, já que não havia lodo nos demais tanques. Assim, a concentração de microrganismos aplicada no estudo pode ter sido insuficiente para a digestão da grande quantidade recebida no início do processo.

## 7 CONCLUSÃO

Através das análises físico-químicas e biológicas realizadas em amostras dos efluentes bruto e tratado, observou-se uma aparente ineficiência da tecnologia empregada para a remoção de fenóis, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e sulfetos. Já a remoção de matéria orgânica (através do teste de  $DBO_5$ ) e fósforo total mostrou-se satisfatória quando comparada com a legislação ambiental vigente, atendendo aos requisitos impostos quanto às porcentagens de redução. Ressalta-se que a comparação foi realizada em dois cenários, comparando-se o efluente tratado com duas amostras diferentes de efluente bruto, visto que a estação não dispõe de tanque de equalização. Assim, destaca-se a importância da presença de um tanque de equalização que não seja interligado com o restante do sistema de tratamento, para que haja a mistura dos diferentes efluentes recebidos na estação sem a interferência do biorremediador.

Ainda, os altos valores de DQO e a alta relação DQO/ $DBO_5$  nas amostras de efluente bruto coletadas indicam uma possível contaminação por despejos industriais na estação, pois costumam apresentar essas características. Por conta disso, é necessário acompanhamento dos locais onde os caminhões limpa-fossa atendem, pois a estação de tratamento é diretamente voltada ao tratamento de efluentes sanitários, não sendo licenciada para atendimento a outros tipos de efluentes. O despejo de efluentes industriais, além de contribuir para a elevada concentração de poluentes que não ocorreriam em efluentes exclusivamente sanitários, também pode prejudicar o funcionamento do processo biológico, fazendo-se necessária a inclusão de tecnologias de tratamento físico-químico para redução destes interferentes.

Quanto aos aspectos gerais, observou-se diminuição dos odores nos arredores da ETE ao longo do período de aplicação do biorremediador, apesar da alta concentração de sulfetos constatada no efluente tratado. Estudos semelhantes analisados também obtiveram essa redução. Não se constatou a presença de lodo no interior dos tanques, somente no primeiro, possivelmente devido à descarga de lodo pelo caminhão limpa-fossa. Neste sentido, uma alternativa seria utilizar um volume maior do produto e avaliar se uma quantidade maior seria suficiente para a digestão da grande quantidade de lodo. Também é indispensável o acompanhamento durante um período maior e verificar se não haverá formação de lodo no interior dos demais tanques ao longo do tempo.

Desta forma, o desempenho do biorremediador em comparação ao que é especificado pelo fabricante foi satisfatório em parte dos quesitos descritos, obtendo-se uma aparente eficiência na remoção de matéria orgânica e melhora na estação em relação ao odor. Para uma avaliação mais precisa, conforme mencionado, sugere-se a aplicação do biorremediador durante

um período maior e uma comparação entre os efeitos obtidos na estação com e sem a incorporação da biorremediação ao processo.

## REFERÊNCIAS

BRANCO, Samuel Murgel. Biologia do Tratamento de Esgotos. **DAE**, São Paulo, v. 55, p. 99-115, dez. 1964. Disponível em: <http://revistadae.com.br/site/artigo/1531-Biologia-do-tratamento-de-esgotos>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BRASIL, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Instrução Normativa nº 05, de 17 de maio de 2010. Estabelece os procedimentos e as exigências a serem adotados para efeito de registro, renovação de registro e anuência prévia para a realização de pesquisa e experimentação com produtos remediadores. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/centrais-de-conteudo/in05-remediadores-2010-pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p.

GUIMARÃES, José Iveraldo. **Tratamento de águas e efluentes**. Natal: Instituto Tecnológico Brasileiro (ITB), 2015. 191 p.

ISHIKAWA, Carlos Massatoshi *et al.* Aplicação de agente biológico como biorremediador de água de efluentes. In: Reunião Científica do Instituto De Pesca, 12., 2017, São Paulo. 65. São

Paulo: Instituto de Pesca, 2017. p. 203-205. Disponível em: [https://www.pesca.sp.gov.br/12recip/Resumos\\_PDFs/APLICACAO\\_AGENTE\\_BIOLOGICO\\_BIORREMEDIADOR\\_AGUA\\_EFLUENTES.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/12recip/Resumos_PDFs/APLICACAO_AGENTE_BIOLOGICO_BIORREMEDIADOR_AGUA_EFLUENTES.pdf). Acesso em: 10 nov. 2020.

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

NUNES, José Alves. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 3ª ed. Aracaju: J. Andrade, 2012. 277 p.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 7ª ed. Portugal: Chiado, 2018. 401 p.

SANTA CATARINA. Lei Estadual n°. 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina e dá outras providências. Disponível em: [http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675\\_2009\\_lei.html](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_lei.html). Acesso em: 12 out. 2020.

SILVA, Alcione Batista da. **Avaliação da produção de odor na Estação de Tratamento de Esgoto Paranoá e seus problemas associados**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2290/1/2007\\_AlcioneBatistadaSilva.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2290/1/2007_AlcioneBatistadaSilva.pdf). Acesso em: 24 out. 2020.

TERRA, Vinícius do Carmo. Avaliação da eficiência da biorremediação na redução da carga orgânica de estações de tratamento de esgoto: o caso da ETE Neblina em Araguaína/TO. **Eixo**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 98-105, set. 2016. Disponível em: <http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/332/218>. Acesso em: 24 out. 2020.

VEIGA, Andréa Azevedo. **Biodegradação de gordura em efluente através da adição controlada de enzimas e microorganismos em reatores aeróbios em série**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/producao.php?id=121>. Acesso em: 21 out. 2020

VIDALI, M. Bioremediation: an overview. **Pure Appl. Chem.**, Dakar, v. 73, p. 1163–1172, ago. 2001. Disponível em: <http://publications.iupac.org/pac/2001/pdf/7307x1163.pdf>. Acesso em: 08 set. 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Basic principles of wastewater treatment**, vol. 2. London: IWA Publishing, 2007. 195 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472 p.