

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE  
INDUSTRIAL (ETEI) DE UMA EMPRESA QUÍMICA  
NO POLO DE SUAPE/PE**

**STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE INDUSTRIAL WASTEWATER  
TREATMENT STATION (IWT) OF A CHEMICAL COMPANY IN THE  
SUAPE/PE INDUSTRIAL COMPLEX**

Éllytta Gleicyelly da Silva Gomes<sup>1</sup>  
Robson José Silva<sup>2</sup>

**RESUMO**

Os esgotos industriais podem interagir negativamente com a atmosfera, solo e recursos hídricos, resultando em impactos ambientais significativos. É fundamental que as indústrias que geram esgotos industriais apresentem alternativas de tratamento para descarte adequado no corpo receptor. Este estudo investigou a performance da Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) de uma empresa química localizada no Polo de Suape, Pernambuco, no período de um ano, onde foram avaliadas a eficiência de tratamento e a qualidade do efluente final. Para determinação da eficiência foram analisados os seguintes parâmetros: DBO, DQO, pH, cor, detergentes ativos (AD), sólidos dissolvidos (SD/30), oxigênio dissolvido (OD), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos sedimentáveis (SSD), nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes. Da mesma forma, para avaliação do efluente final, foram consultadas as resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005. Os resultados demonstraram que a ETEI foi capaz de remover os poluentes presentes no esgoto bruto, com eficiências de remoção de 99,7% para DBO, 99,4% para DQO, 99,9% para AD e 66,4% para SD/30. Além disso, os resultados mostraram que o efluente final atendeu aos padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes.

**Palavras-chave:** Detergentes ativos (AD); sólidos dissolvidos (SD/30); CONAMA 430/2011; CONAMA 357/2005; efluente; indústria química.

**ABSTRACT**

Industrial wastewater can negatively interact with the atmosphere, soil, and water resources, resulting in significant environmental impacts. It is essential that industries generating industrial wastewater present treatment alternatives for proper disposal in the receiving body. This study investigated the performance of the Industrial Effluent Treatment Plant (IETP) of a chemical company located in the Suape Industrial Pole, Pernambuco, over a period of one year, evaluating treatment efficiency and final effluent quality. To determine efficiency, the following parameters were analyzed: BOD, COD, pH, color, active detergents (AD), dissolved solids (SD/30), dissolved oxygen (DO), total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), settleable solids (SS), ammoniacal nitrogen, total phosphorus, and thermotolerant coliforms. Similarly, to evaluate the final effluent, CONAMA Resolutions 430/2011 and 357/2005 were consulted. The results demonstrated that the IETP was able to remove pollutants present in the raw wastewater, with removal efficiencies of 99.7% for BOD, 99.4% for COD, 99.9% for AD, and 66.4% for SD/30. Additionally, the results showed that the final effluent met the quality standards established by current environmental legislation.

**Keywords:** Active detergents (AD); dissolved solids (SD/30); CONAMA 430/2011; CONAMA 357/2005; effluent; chemical industry.

---

<sup>1</sup>Bacharelada em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2025.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

## INTRODUÇÃO

A crescente industrialização em polos econômicos tem aumentado a preocupação com os impactos ambientais decorrentes do lançamento de efluentes em corpos hídricos. De acordo com Maldaner (2008) é fundamental que os empreendimentos que geram esgotos industriais apresentem alternativas de tratamento, evitando a acumulação ou o descarte inadequado no meio ambiente.

Os esgotos industriais podem interagir negativamente com a atmosfera, solo e recursos hídricos, resultando em impactos ambientais significativos. Além disso, as características dos esgotos industriais são determinadas pela quantidade, concentração e composição da água residuária, que pode conter metais pesados, compostos orgânicos recalcitrantes, materiais químicos e outros poluentes que interagem de forma negativa com a natureza (Mihelcic; Zimmerman; Auer, 2014).

A qualidade ambiental está diretamente relacionada com os parâmetros físicos, químicos e biológicos do esgoto. A baixa qualidade pode prejudicar o desenvolvimento econômico e social, tornando a gestão de efluente uma prioridade para a preservação dos recursos hídricos (Tundisi, 2008). Nesse contexto, as Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) desempenham um papel essencial na minimização desses impactos, garantindo que o efluente final atenda aos padrões estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes.

Dessa forma, o presente estudo buscou estudar a eficiência da Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) de uma empresa localizada no Polo Industrial de Suape, avaliando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos efluentes tratados.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Indústria química

A indústria química é um setor econômico que se dedica à produção de substâncias químicas, produtos químicos e materiais sintéticos. É um setor fundamental para a economia global, pois fornece matérias-primas e produtos intermediários para uma ampla gama de indústrias, incluindo a indústria de produtos de limpeza, higiene, automobilística, construção, alimentos e a farmacêutica (Wongtschowski, 2002).

É caracterizada pelo uso intensivo de recursos naturais, como água, energia, matérias-primas, produção de substâncias químicas e produtos químicos que podem ser perigosos para a saúde humana e o meio ambiente. Tem o uso de tecnologias complexas e processos de produção que exigem alta especialização e treinamento.

### Esgoto industrial

O CONAMA 430 (2011) define esgoto industrial como um tipo de resíduo líquido gerado pelas atividades das indústrias químicas, que pode conter uma variedade de substâncias nocivas, incluindo metais pesados, compostos orgânicos, ácidos, bases e outros poluentes. A sua composição pode variar amplamente dependendo do tipo de indústria e do processo de produção.

O esgoto industrial pode causar impactos ambientais significativos se não for tratado adequadamente. A liberação de substâncias químicas no meio ambiente pode causar poluição da água, do solo e do ar, podendo afetar a saúde humana e a biodiversidade.

### Detergentes ativos (AD) e sólidos dissolvidos em 30 min (SD/30)

AD, surfactantes ou denso ativo são substâncias tensoativas compostas por grandes moléculas orgânicas levemente solúveis em água. Tendem a se manter na

interface ar-água e, quando lançadas em corpos hídricos ou em tanques de aeração formam espumas estáveis. São industrialmente utilizados em limpezas de equipamentos, pisos, tubulações, uso sanitário e presentes em empresas químicas que realizam a fabricação (Silva *et al.*, 2023).

Os ADs possuem propriedades físico químicas específicas que requerem métodos de tratamento adequados e rigorosos para assegurar o atendimento aos padrões ambientais. No contexto industrial, eles representam um dos principais desafios no tratamento de esgoto por conta da solubilidade elevada, pois podem permanecer dissolvidos em água, dificultando processos de separação simples.

Sólidos dissolvidos (SD/30) referem-se à matéria que se dissolve em água em um período de 30 minutos, afetando negativamente a qualidade do esgoto de diversas maneiras. Esgotos industriais com elevados teores de sólidos dissolvidos geralmente apresentam menor potabilidade e podem induzir reações desfavoráveis no corpo receptor. A análise de SD/30 é fundamental no controle dos processos de tratamento biológico e físico de águas residuais, além de ser essencial para avaliar a conformidade com as limitações estabelecidas pelos órgãos reguladores de esgotos (Ceteclins, 2016).

### **Estação de tratamento de esgoto industrial**

As estações de tratamento de esgoto industrial têm como objetivo principal remover a carga poluidora dos despejos, utilizando processos químicos, físicos e biológicos para alcançar o nível de qualidade desejado. De acordo com Jordão e Pessoa (2009), os processos físicos envolvem a separação e remoção das substâncias em suspensão ou com densidade distinta do esgoto, como areia e gorduras. Já os processos químicos necessitam da aplicação de produtos para remoção de

impurezas e poluentes.

De acordo com Silva *et al.* (2023) os processos biológicos envolvem a degradação de substâncias orgânicas por meio de enzimas secretadas por microrganismos. Os principais tratamentos biológicos incluem a oxidação biológica e a digestão do lodo. Esses processos são fundamentais para remoção de poluentes orgânicos e melhoria da qualidade do efluente final.

Conforme Nunes (1996), dependendo do volume de esgoto gerado diariamente, o tratamento poderá ser contínuo ou periódico. O tratamento contínuo ocorre quando o esgoto está sempre entrando e saindo do reator, sendo aplicado geralmente em indústrias com altas vazões. No periódico o esgoto é armazenado durante certo período e, o tratamento ocorre posteriormente, sendo indicado para indústrias que possuem baixas vazões (Nunes, 2004).

### **METODOLOGIA**

O estudo foi realizado em uma Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) de uma empresa química instalada no Polo de Suape em Pernambuco, conforme Figura 1. A estação é responsável por tratar os esgotos gerados pela indústria de produtos de limpeza e higiene pessoal, como sabão líquido, sabonete líquido, máscara capilar e creme dental.

Figura 1 – Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI).

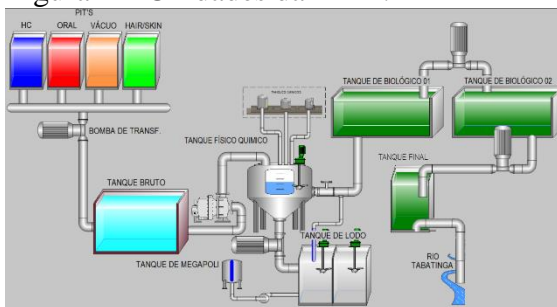


Fonte: Elaborada pela própria autora.

O estudo foi realizado no período de janeiro a dezembro de 2024, e contemplou a avaliação da ETEI, a análise

da eficiência de tratamento e a investigação da qualidade do efluente final. A estação atualmente completa 18 anos de operação e é composta por várias unidades de tratamento, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Unidades da ETEI.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Inicialmente, os esgotos gerados pela produção de produtos de limpeza e higiene pessoal são armazenados nos PIT's (Figura 2). Esses PIT's são divididos em pequenas unidades denominadas: HC (sabão líquido), ORAL (creme dental), VÁCUO (água de resfriamento) e HAIR/SKIN (xampu, sabonete líquido e máscara capilar). Além disso os PIT's também funcionam como dosadores, a fim de melhorar a performance do tratamento na unidade do tanque bruto, também conhecido como tanque pulmão. Esta unidade dispõe de misturador submersível cuja finalidade é garantir as condições ideais de homogeneização, tendo em vista que é um sistema por batelada.

Posteriormente, o esgoto bruto é encaminhado para o tanque físico-químico (Figura 2), onde são adicionados os produtos químicos necessários para seu tratamento. Para auxiliar na coagulação é adicionado o Megacolor, já para o ajuste de pH é adicionada a cal, e para os processos de floculação e decantação de lodo, é incorporado o polímero Superpoli.

Após esse processo, o esgoto passa para o tanque biológico 1 (Figura 2), onde ocorre o tratamento primário aeróbico. Nesse tanque, o fornecimento de oxigênio ao sistema permite a degradação da matéria orgânica. Logo em seguida, o esgoto segue

para o tanque biológico 2 (Figura 2), garantindo um tratamento mais completo. Por fim o efluente final é armazenado no tanque final, para posterior lançamento no corpo receptor, conforme Figura 2.

### Avaliação da ETEI

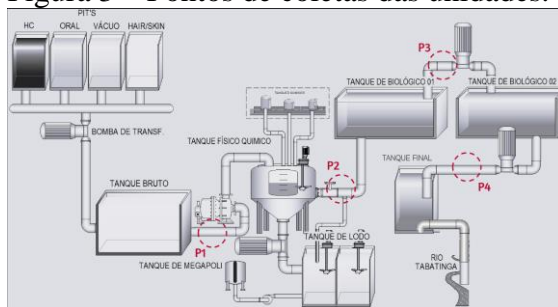
Para analisar o funcionamento da estação, foi conduzido um estudo *in loco* onde foram observadas:

- As características das unidades de tratamento, os fluxos operacionais e equipamentos;
- As condições de funcionamento, estrutura e manutenção.

### Eficiência de tratamento

Para avaliar a eficiência de tratamento foram determinados pontos estratégicos de coleta de amostras na ETEI, sendo eles: P1 (após tanque bruto), P2 (após tanque físico-químico), P3 (após tanque biológico 1) e P4 (após tanque biológico 2), conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Pontos de coletas das unidades.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

As análises das amostras coletadas foram realizadas no Laboratório da ETEI estudada e seguiram os procedimentos do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" (Lipps, 2023). O Quadro 1 apresenta os parâmetros físico-químicos e microbiológicos para cada ponto de coleta.

Quadro 1 – Parâmetros nos pontos de coleta.

Análises	Ponto P1	Ponto P2	Ponto P3	Ponto P4	Frequência
Físico-química	pH, Temperatura, Cor DQO, DBO e AD	pH, Temperatura, Cor DQO, DBO e AD	pH, Temperatura, OD e SD/30	pH, Temperatura, OD Cor, DQO, DBO, AD, e SD/30	Semanal
	Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Óleos e Graxas, Sólidos Sedimentáveis (SSD) e Sólidos Suspensos Totais (SST)	Sólidos Suspensos Totais (SST) Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	Sólidos Suspensos Totais (SST) Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Óleos e Graxas, Sólidos Sedimentáveis (SSD) e Sólidos Suspensos Totais (SST)	Mensal
Micro-biológica	-	-	-	Coliformes Termotolerantes	Mensal

Fonte: Elaborada pela própria autora.

Os parâmetros de pH, temperatura e OD foram efetuados utilizando Multiparâmetro Hanna H198184 (Figura 4).

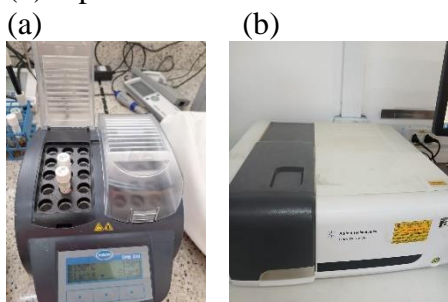
Figura 4 – Multiparâmetro Hanna H198184.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Para a determinação da DQO foram utilizados o termoreator (Figura 5a) e espectrofotômetro Cary 60 (Figura 5b). Também foram determinados pelo espectrofotômetro os parâmetros de Nitrogênio Amoniacal, Fósforos Totais e Cor.

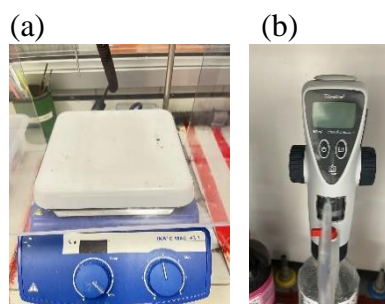
Figura 5 – Equipamentos. (a) termoreator; (b) espectrofotômetro.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Para a determinação da DBO foram utilizados agitador magnético (Figura 6a) e erlenmeyer com bureta digital para titulação (Figura 6b).

Figura 6 – Equipamentos para DBO. (a) agitador magnético; (b) bureta digital.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Para a análise de óleos e graxas, foi empregado o método de partição gravimétrica, um processo que envolve as etapas de: acidificação, filtragem, extração, destilação e pesagem para definição do valor analítico do parâmetro.

A determinação de AD foi realizada pelo método de colorimetria, onde a amostra é adicionada a reagentes específicos, resultando na formação da cor característica. A intensidade dessa cor está diretamente relacionada com a concentração de AD.

Já para avaliar o parâmetro SD/30, utilizou-se o método de cone Imhoff (Figura 7). Esse método permite a determinação do volume de lodo dissolvido em um período de tempo de 30 minutos. É uma técnica

utilizada para avaliar a sedimentabilidade dos sólidos dissolvidos em esgotos.

Figura 7 – Cone imhoff.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Por fim, para análise de coliformes termotolerantes foi utilizada a técnica do Número Mais Provável (NMP).

Para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, todos os equipamentos utilizados foram submetidos a um rigoroso programa de calibração com frequência mensal, ou conforme solicitado pelo plano de calibração do equipamento no sistema. Os resultados de todos os parâmetros foram analisados estatisticamente em planilha Excel, a partir do teste de média e desvio padrão, visando a caracterização do esgoto e a determinação da eficiência do tratamento da estação (Expressão 1).

Expressão 1 – Eficiência de tratamento.

$$E(\%) = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

$C_o$  – Concentração de entrada;  
 $C_f$  – Concentração de Saída.

Fonte: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 2023.

### Qualidade do efluente final

A qualidade do efluente final foi avaliada com base nos padrões de emissão estabelecidos pelas resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005, onde:

- **CONAMA 430/2011:** define os padrões de qualidade para o lançamento de efluentes.
- **CONAMA 357/2005:** classifica os corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para seu enquadramento, além de condições e padrões de lançamento de efluentes.

O Rio Tabatinga é o corpo receptor do efluente da estação que é classificado como classe 2 (Cidreira, 2014), sendo averiguada a qualidade do efluente final com base nas seguintes diretrizes, mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros e limites pelo CONAMA 430/11 e CONAMA 357/05.

Parâmetros	Limites	CONAMA
Cor	<75 mg Pt/L	357
pH	6 a 9	357
AD	0,5 mg/L LAS	357
DBO	> 60%	430
Nitrogênio Amoniacal	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0	357
Fósforo Total	<0,1 mg/L	357
Temperatura	<40°	357
Óleos e graxas	1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L	430
Coliformes Termotolerantes	Não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros	357
OD	Até 30 mg/L	357
SD/30	Até 500 mg/L	357

Fonte: Elaborada pela própria autora.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Avaliação da ETEI

A ETEI estudada funciona 24 horas por dia, em regime de 6 a 7 dias por semana. O Quadro 3 apresenta um resumo detalhado das características de cada unidade de

tratamento.

Quadro 3 – Características das unidades de tratamento.

Unidades	VOLUME (M <sup>3</sup> )	Material	Equipamentos	TDH
Tq. Bruto	54	Concreto	Misturador + Bombas	*batelada
Tq. Físico-Químico	36	Chapa Metálica	Misturador vertical	*batelada
Tq. Biológico 1	486	Concreto	Difusores Fixos	24 horas
Tq. Biológico 2	96	Concreto	Difusores Fixos	5 dias

Fonte: Elaborada pela própria autora.

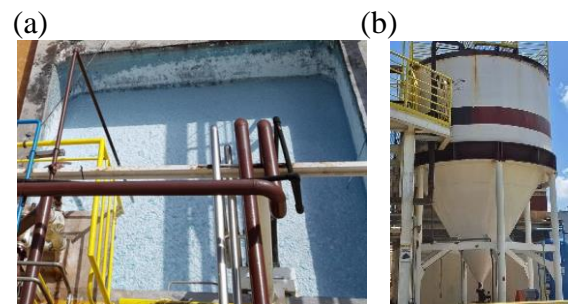
O fluxo operacional na estação é controlado por meio de um sistema de bateladas (Quadro 3) nos tanques bruto e físico-químico. Essa abordagem é amplamente utilizada em estações de tratamento de efluentes industriais, como destacado por Somariva (2016), devido à sua capacidade de adaptação às variações nos parâmetros do efluente e ao controle preciso proporcionado pelo tratamento em lotes. Já os tanques biológicos 1 e 2 operam com base no tempo de detenção hidráulica (TDH), com tempos de detenção de 1 dia e 5 dias, respectivamente (Quadro 3). Essa configuração está definida no manual de operação da estação (Wharton, 2018).

Os equipamentos utilizados nas etapas do tratamento são específicos para cada processo, como descrito no Quadro 3. Destaca-se na unidade tanque bruto misturador submersível para homogeneização e bomba diafragma pneumática com 3 HP de potência. Já o tanque físico-químico é equipado com um misturador vertical com inversor de frequência, potência de 7,5 HP e com material resistente a cloreto férrico, aço carbono revestido com epóxi. Para os tanques biológicos 1 e 2 tem-se difusores fixos do tipo soprador com inversor de frequência em ambas as unidades.

Quanto às condições de

funcionamento e estrutural, foi constatado que a estação está em plenas condições de funcionamento, conforme manual de operação e projetos. As Figura 8a e 8b correspondem as unidades do tanque bruto/pulmão e tanque físico-químico, respectivamente.

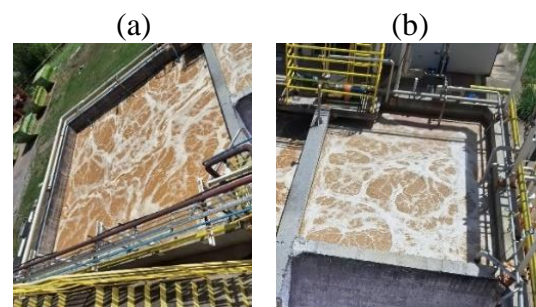
Figura 8 – (a) tanque bruto/pulmão; (b) tanque físico-químico.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

A Figura 9a e 9b mostra as unidades do tanque biológico 1 e tanque biológico 2, respectivamente.

Figura 9 – Unidades de tratamento microbiológico. (a) tanque biológico 1; (b) tanque biológico 2.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Quanto às condições estruturais, vale ressaltar a importância da manutenção contínua do sistema de tubulações, flanges, escadas e suportes metálicos. Tal manutenção, por meio de pintura adequada, reduz o risco de oxidação e corrosão das estruturas, tornando o sistema cada vez mais efetivo.

## Eficiência de tratamento

O resultado das análises realizadas nas amostras dos pontos P1, P2, P3 e P4 estão apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Resultados médios das análises com desvio padrão.

Parâmetros (N=52; N <sup>a</sup> =12 Amostras)	P1	P2	P3	P4	Eficiência
pH	7 ± 1	7 ± 0,1	7 ± 0,1	7 ± 0,3	-
Temperatura (°C)	33 ± 3	33 ± 3	34 ± 2	33 ± 3	-
DQO (mg/L)	25381 ± 6591	6155 ± 1770	-	144 ± 126	99,4%
DBO (mg/L)	9748 ± 4636	2462 ± 708	-	28 ± 35	99,7%
AD (mg/L LAS)	7946 ± 3049	137 ± 60	-	0,3 ± 0,1	99,9%
COR (mg Pt/L)	892 ± 583	16 ± 10	-	6 ± 2	99,3%
OD (mg/L)	2,3 ± 0,4	2,3 ± 0,4	2,3 ± 0,4	3 ± 0,4	-
SD/30 (mg/L)	903 ± 5	903 ± 5	903 ± 5	304 ± 41	66,4%
Nitrôgenio amoniacal <sup>a</sup> (mg/L N)	0,8 ± 1,7	-	-	0,4 ± 0,8	55,8%
Fósforos totais <sup>a</sup> (mg/L P)	12,6 ± 7,1	-	-	0,1	99,2%
Óleos e graxas <sup>a</sup> (mg/L)	24 ± 26	-	-	5	78,7%
SSD <sup>a</sup> (mL/L)	6,6 ± 13,9	-	-	0,01	99,8%
SST <sup>a</sup> (mg/L)	1678 ± 3208	18954 ± 4562	10711 ± 4572	82 ± 95	95,1%
SSV <sup>a</sup> (mg/L)	-	11306 ± 4962	5192 ± 2085	-	-
Coliformes termotolerantes <sup>a</sup> (NMP/100 mL)	-	-	-	190 ± 371	-

### OBSERVAÇÕES:

a = parâmetros que foram coletados 12 amostras para cada ponto de coleta.

Os demais parâmetros foram coletados 52 amostras para cada ponto de coleta.

Fonte: Elaborada pela própria autora.

O resultado das análises para o ponto P1 apresentou valores elevados para DBO, DQO, AD e SST. Os valores médios obtidos foram de 9748 mg/L, 25381 mg/L, 7946 mg/L e 1678 mg/L, respectivamente (Tabela 1). Esses resultados indicam elevados níveis de poluição orgânica e inorgânica no esgoto bruto. A presença de detergentes ativos (AD) é um fator crucial na caracterização do esgoto, pois pode causar a formação de espumas não naturais, como observado na Figura 10. A formação dessas espumas artificiais é um indicador importante da contaminação do esgoto por AD.

Figura 10 – Esgoto bruto com espumas não naturais resultante do AD.



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Considerando a natureza química dos produtos fabricados pela indústria, esses resultados são esperados e refletem o perfil típico de um esgoto industrial bruto de uma indústria química de produtos de limpeza e higiene.

Os resultados para eficiência de tratamento mostraram que a estação alcançou desempenho satisfatório,

destacando a remoção da DBO a 99,7% e DQO a 99,4%, conforme Tabela 2. Esses resultados são comparáveis aos obtidos em estudos semelhantes. Pereira (2019) relatou eficiências de remoção de 99,03% para DBO e 99,69% para DQO em um estudo sobre o tratamento de efluentes de uma indústria química de bebidas, utilizando lodos ativados.

Satiro Júnior e João (2019) obteve eficiências de remoção de 91% para DBO e 85,1% para DQO em uma indústria química de produto de limpeza, utilizando casca de pinus como coagulante. Da mesma forma, Alves (2017) relatou eficiências de remoção de 97,4% para DBO e 97,15% para DQO em um tratamento de efluentes de uma indústria de produtos alimentícios, utilizando processo físicos-químicos e biológicos (aeróbios).

É notável que, apesar de utilizar processos de tratamento diferentes, os resultados obtidos são semelhantes. Essa convergência de resultados sugere que, é possível alcançar eficiências de remoção significativas para os parâmetros avaliados. Isso destaca a importância de continuar a desenvolver e aprimorar tecnologias de tratamento de efluentes para garantir a proteção ambiental e a saúde pública.

Ao analisar os resultados de remoção dos parâmetros de AD e SD/30, observou-se que a estação alcançou uma eficiência de tratamento de 99,9% para AD e 66,4% para SD/30 (Tabela 1). Jesus (2016), obteve 94% de eficiência na remoção de AD, o estudo trata de uma indústria química automobilística em MG, que reduziu AD através da instalação de filtro de areia pressurizado com sistema de retrolavagem. Da mesma forma, Satiro Júnior e João (2019) obteve 94,7% de eficiência de remoção de AD, em uma indústria química de produto de limpeza, utilizando casca de pinus como coagulante. Apesar de utilizar processos de tratamento diferentes, os resultados obtidos foram semelhantes e significativos.

A ETEI estudada alcançou uma remoção superior, em relação a AD,

indicando que a estação foi capaz de remover os detergentes ativos presentes no efluente, de forma eficaz. Isso é especialmente importante para a indústria química, pois os detergentes ativos podem causar impactos ambientais significativos se não forem adequadamente tratados.

Embora a remoção de SD/30 tenha alcançado uma eficiência relativamente baixa, é fundamental considerar a concentração final do parâmetro, pois é essencial que ela esteja dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

### Qualidade do efluente final

Os resultados da análise da qualidade do efluente final são apresentados no Quadro 4, que compara os parâmetros avaliados com os limites estabelecidos pelas resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005, para a classe 2.

Tabela 2 – Comparação do efluente final com a legislação.

Parâmetros	Efluente Final	Limites	Diretriz
Cor	6 mg Pt/L	<75 mg Pt/L	357
pH	7	6 a 9	357
AD	0,3 mg/L LAS	≤ 0,5 mg/L LAS	357
DBO	99,70%	> 60%	430
Nitrogênio Amoniacal	0,36 mg/L N	≤ 3,7mg/L N	357
Fósforo Total	<0,1 mg/L	≤ 0,1 mg/L	357
Temperatura	33°C	<40°C	357
Óleos e graxas	5 mg/L	<20 mg/L	430
Coliformes Termotolerantes	190 NMP/100mL	<1000 NMP/100mL	357
OD	3 mg/L	<30 mg/L	357
SD/30	304 mg/L	<500 mg/L	357

Fonte: Elaborada pela própria autora.

Ao comparar os resultados obtidos com os estudos anteriores realizados por Pereira (2019), Satiro Júnior (2019), Alves (2017) e Jesus (2016), observa-se que os valores obtidos estão dentro das diretrizes

legais estabelecidas. Pereira (2019) relatou uma eficiência de remoção de 99,03% para DBO e uma concentração de 0,78 mg/L de nitrogênio amoniacal, ambos dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Satiro Júnior e João (2019) obteve uma eficiência de remoção de 91% para DBO, também em conformidade com a legislação. Alves (2017) relatou uma eficiência de remoção de 97,15% para DBO, uma concentração de 7,20 mg/L de óleos e graxas e AD de 0,24 mg/L, todos dentro dos limites estabelecidos pelas resoluções. Jesus (2016) relatou uma concentração de 0,43 mg/L de AD, também conforme esperado pelas diretrizes legais.

Para AD, de acordo com as resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005, o efluente final é considerado dentro do padrão se a concentração de surfactantes (AD) for igual ou inferior a 0,5 mg/L (Tabela 2). Além disso, essas resoluções também estabelecem que os materiais flutuantes, incluindo espumas não naturais, devem estar virtualmente ausentes no efluente final. Como mostrado na Figura 11, o efluente final não apresentou formação de espuma artificial, atendendo assim aos requisitos estabelecidos pelas resoluções.

Figura 11 – Efluente final com ausência de espumas artificiais (AD).



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Sobre o resultado de SD/30 é importante destacar que, apesar da eficiência alcançada ter sido de 66,4% (Tabela 1), este valor pode ser considerado satisfatório. Isso ocorre porque a concentração final de SD/30 no efluente

tratado foi de 304 mg/L (Tabela 2), que está dentro dos limites permitidos pela legislação. Essa observação é relevante, pois demonstra que, mesmo com uma eficiência de remoção não muito alta, o processo de tratamento foi capaz de reduzir a concentração de SD/30 a níveis aceitáveis, garantindo a conformidade com as normas legais.

Em geral, os resultados mostraram que o efluente final atendeu aos padrões de qualidade estabelecidos pelas resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005, para classe 2. Isso é um indicador importante de que o processo de tratamento utilizado foi eficaz em remover os poluentes e melhorar a qualidade do efluente, para lançamento no Rio Tabatinga/PE (corpo receptor).

## CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou a eficiência da Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) de uma empresa localizada no Polo Industrial de Suape, considerando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos efluentes tratados. Os resultados obtidos demonstraram que a ETEI removeu significativamente os poluentes presentes no esgoto bruto, alcançando eficiências de remoção superiores a 90% para a maioria dos parâmetros avaliados. Além disso, o efluente final atendeu aos padrões de qualidade de emissão estabelecidos pelas resoluções CONAMA 430/2011 e CONAMA 357/2005, para a classe 2 denotando a eficácia do processo de tratamento adotado.

Com base nos resultados obtidos durante a avaliação da ETEI, é possível concluir a importância da indústria química investir num sistema eficaz de tratamento de esgoto, monitorando as condições de funcionamento da estação e manutenção dos equipamentos e processos. Dessa forma, sendo possível oferecer à sociedade um serviço que minimiza os impactos ambientais nos recursos hídricos e garante a segurança da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, W. Análise do tratamento de efluentes em uma indústria de produtos alimentícios: um estudo de caso. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 49–62, 31 jul. 2017. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2017a/analise%20do%20tratamento.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes[...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 92, p. 89, 16 maio 2011. Disponível em: [https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA\\_n.430.2011.pdf](https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf). Acesso em: 22 mar. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional 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 [...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, p. 58-63, 18 mar 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_a\\_ltrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 20 mar. 2025.
- DETERMINAÇÃO de Sólidos. São Paulo: Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2012. Disponível em: <https://sistema.ceteclins.com.br/Uploads/Documento/Reproducao/PE%20LACI%2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- CIDREIRA, V. C. DE A. **Impacto do assoreamento sobre o desenvolvimento estrutural do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18922/1/disserta%20a7%20a3o%20VIVIANE.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- JESUS, J. F. **Gestão de processos para redução de surfactantes aniônicos de efluente industrial**: estudo de caso. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172544/343632.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 6 mar. 2025.
- SATIRO JÚNIOR, W; JOÃO, Jair Juarez. Utilization of the Pinus Bark for Tannin Extraction to apply with as Coagulant in the Treatment of Industrial Effluents. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 1044–1053, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/334218146\\_Utilization\\_of\\_the\\_Pinus\\_Bark\\_for\\_Tannin\\_Extraction\\_to\\_apply\\_with\\_as\\_Coagulant\\_in\\_the\\_Treatment\\_of\\_Industrial\\_Effluents](https://www.researchgate.net/publication/334218146_Utilization_of_the_Pinus_Bark_for_Tannin_Extraction_to_apply_with_as_Coagulant_in_the_Treatment_of_Industrial_Effluents). Acesso em: 20 mar. 2025.
- LIPPS, Willian C. (ed.) *et al.* **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 24. ed. Washington, DC: APHA, 2023.
- MALDANER, T. L. **Levantamento das alternativas de minimização de impactos gerados pelos efluentes de abatedouros e frigoríficos**. 2008. 69f. Monografia (Pós-graduação em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) – Universidade Castelo Branco, Brasília, 2008.
- MIHELIC, J. R.; JULIE BETH ZIMMERMAN; AUER, M. **T. Environmental engineering: fundamentals, sustainability, design**. Hoboken, Nj: Wiley, 2014.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 2. ed. rev. Aracaju: Gráfica Editora J Andrade, 1996.

PEREIRA, J. T. S. **Estudo da eficiência de lodos ativados no tratamento de efluentes de uma indústria de bebidas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. 58 f.

Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25367/1/TCC%20JULIANA%20TEOFILO%20-%20FINAL%20-%20O%20CERTO%20.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA *et al.* Nota Técnica 4 - Surfactantes em esgoto sanitário e no meio ambiente: presença, remoção e toxicidade. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 37–51, 1 jan. 2023. Disponível em: [https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2025/01/RESA\\_NTv3n4\\_37-51.pdf](https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2025/01/RESA_NTv3n4_37-51.pdf). Acesso em: 20 mar. 2025.

SOMARIVA, Deiser de Menech. **Estudo de melhoria de eficiência na remoção de poluentes em estação de tratamento de efluentes de uma indústria química visando reuso direto ou lançamento em corpo receptor**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/9834/1/Deiser%20de%20Menech%20Somariva.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Dossiê Água Estudos Avançados**, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?lang=pt>. Acesso em:

20 mar. 2025.

WHARTON TECNOLOGIA AMBIENTAL. **Manual de operações para estação esgoto Wharton**. Recife, PE: Wharton, 2018.

WONGTSCHOWSKI, P. **Indústria Química**. São Paulo: Editora Blucher, 2002.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu a vida, a saúde e a capacidade de realizar este trabalho, e por ter me guiado por toda minha jornada acadêmica. Sua bênção e orientação foram fundamentais para que eu pudesse concluir este projeto e o curso.

Em seguida, quero agradecer ao meu esposo, Gustavo Felix, que foi uma fonte constante de apoio e incentivo ao longo de todo o processo. Sua paciência e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse realizar este trabalho.

Também quero agradecer à meus pais e meus irmãos (Lúcia Salustiano, Elton Alexandre, Émilly Gleicyelly e Daniel Alexandre), que sempre me apoiaram e me incentivaram a perseguir meus objetivos.

Ao meu orientador, Robson Silva, serei eternamente grata, agradeço por sua orientação e apoio ao longo de todo o processo. Sua experiência e conhecimento foram fundamentais para que eu pudesse realizar este trabalho.

E finalmente, quero agradecer a todos funcionários da empresa em estudo que me forneceram disponibilidade e apoio, e todos aqueles que me incentivaram e ajudaram ao longo desse caminho. Toda essa ajuda foi fundamental para que eu pudesse me manter firme ao longo de todo o processo.

Agradeço sinceramente a todos aqueles que contribuíram para a realização de um sonho.