

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

**MIRELLA ALEXANDRE VIANA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTE DE LAVANDERIA DE BENEFICIAMENTO DE JEANS NO  
ARRANJO PRODUTIVO LOCAL TÊXTIL DO AGRESTE  
PERNAMBUCANO – UM ESTUDO DE CASO**

**RECIFE**

**2019**

**MIRELLA ALEXANDRE VIANA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTE DE LAVANDERIA DE BENEFICIAMENTO DE JEANS NO  
ARRANJO PRODUTIVO LOCAL TÊXTIL DO AGRESTE  
PERNAMBUCANO – UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Ambiental, da  
Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
como requisito parcial para a obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de  
Holanda

Co-orientador: Raimundo Mainar de Medeiros

**RECIFE**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

V614a

Viana, Mirella Alexandre

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LAVANDERIA DE BENEFICIAMENTO DE JEANS NO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO – UM ESTUDO DE CASO: / Mirella Alexandre Viana. - 2019.

104 f. : il.

Orientador: Romildo Morant de Holanda.

Coorientador: Raimundo Mainar de Medeiros.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2019. Mídia: CD-ROM.

1. Lavanderia . 2. Beneficiamento de jeans. 3. Caruaru. 4. Eficiência de remoção. 5. Legislação Ambiental. I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Medeiros, Raimundo Mainar de, coorient. III. Título

CDD 620.8

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE  
DAS LAVANDERIAS DE BENEFICIAMENTO DE JEANS NO ARRANJO  
PRODUTIVO LOCAL TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO – UM ESTUDO  
DE CASO**

*Mirella Alexandre Viana*

APROVADO EM: 30/08/2019.

Dra. Maria Monize de Moraes  
Membro Externo - IFPE

Prof. Dr. Alex Souza Moraes  
Membro Interno - PPEAMB

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda – UFRPE  
Orientador - PPEAMB

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva – UFRPE  
Membro Interno - PPEAMB

Dedico aos amigos do programa de Pós-  
graduação em Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade do curso e aos professores do programa pelos ensinamentos acadêmicos.

Ao meu querido orientador professor Dr. Romildo Morant de Holanda pelas valiosas orientações, pela paciência, confiança e amizade. Serei eternamente grata.

Ao professor Dr. Alex Moraes pelas importantes e necessárias contribuições ao trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa CITAR – Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais – por proporcionar um ambiente motivador e cheio de oportunidades.

A FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – pelo financiamento da bolsa de pesquisa que contribuiu para a execução deste estudo.

A empresa Lavanderia que foi objeto deste estudo, representado pelo gestor da unidade, Sr. Laércio e também a Sra. Layanna R. Gonçalves. Meu muito obrigada pelas informações fornecidas e por abrirem as portas da empresa para a realização deste trabalho.

Aos queridos amigos que tive o prazer de conhecer, Emmanuelle Lorena, Ana Paula Gondra, Elizabete Buonora, Carla Coelho, Cristiano Silva, Gabriela A. Vasconcelos, Sarah Abreu, Géssica Marinho, Maria de Fátima Araújo e Ana Luiza Cunha, pelos inúmeros conselhos e apoio em cada etapa da pesquisa.

As amigas Maria Carolina da Silva e Symone Falcão agradeço imensamente por suas inestimáveis contribuições, pelo incentivo e por toda a força. O suporte de vocês foi decisivo para a concretização dessa dissertação. Deixo aqui os meus mais sinceros sentimentos de gratidão.

Se a educação sozinha não transforma a  
sociedade, sem ela tampouco a  
sociedade muda”.

Paulo Freire

## RESUMO

Em Pernambuco existe uma significativa quantidade de indústrias têxteis localizadas na região do Agreste, estas compõem o Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste Pernambucano (APLCAPE). Existe uma necessidade de atender de maneira mais eficiente, os critérios e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos exigidos pelos órgãos de fiscalização ambiental. O propósito desta pesquisa surgiu da necessidade de analisar a qualidade dos efluentes bruto (EB) e tratado (ET) oriundos de uma ETE de uma lavanderia de beneficiamento de jeans localizada no agreste pernambucano, a fim de demonstrar a eficiência de seu tratamento. A metodologia consistiu de investigação de campo através de visitas técnicas pontuais a “lavanderias X” para conhecer a estrutura e os processos, elencando características físicas e a sequência de etapas utilizadas em seus processos. Realizou-se por meio de observações, registros fotográficos e consultas com o gestor da unidade fabril um fluxograma para ilustrar as etapas envolvidas no beneficiamento do jeans. O estudo sobre a caracterização da estação de tratamento da “Lavanderia X” ocorreu essencialmente através de dados secundários fornecidos pela própria empresa. Os dados analisados foram de janeiro a dezembro de 2018. Para analisar a eficiência da Estação de Tratamento de Efluente utilizou-se de estudos de parâmetros físico-químicos realizados por laboratório terceirizado. As análises consistiram em avaliar se os parâmetros físico-químicos estavam em conformidade com as exigências que constam nas legislações CONAMA 430/11 e CPRH no 2.001/03. Os parâmetros foram: DBO, DQO, Temperatura, pH, Sólidos Sedimentáveis (SSed), Sólidos suspensos totais (SST) e óleos e graxas (O&G). Como resultado, obteve-se um fluxograma de todas as etapas do beneficiamento do jeans e também foi possível caracterizar fisicamente e funcionalmente todas as operações unitárias que envolvem a estação de tratamento da “lavanderia X”. As médias anuais do efluente tratado para os parâmetros analisados foram: DBO 136,5 mg/L; DQO 409,6 mg/L; Temp. 28,4oC; pH 6,4; SST 47,5 mg/L; SSed 0,25 mL/L; O&G 51,3 mg/L. Foi possível concluir que o valor médio para a eficiência de remoção tanto da DBO quanto da DQO foi de aproximadamente 70%, sendo que o desempenho dos dois parâmetros foi melhor no primeiro semestre de 2018. A eficiência de remoção para a DBO foi razoável visto que o limite exigido pela CPRH é de 70%. Já para DQO o limite é de 80%, somente em setembro/2018 a meta foi atingida.

**Palavras-chave:** Lavanderia, beneficiamento jeans, Caruaru, Eficiência de Remoção, Legislação ambiental.

## ABSTRACT

In Pernambuco there is a significant amount of textile industries located in the region of Agreste, these companies make up the Local Productive Clothing Arrangement of the Agreste of Pernambuco (APLCAPE). There is a need to efficiently meet the criteria and standards for discharging effluents into water bodies required by environmental agencies. The purpose of this research emerged from the need to analyze the quality of raw wastewater (RW) and treated effluent (TE), from an effluent treatment plant from a denim processing laundry located in the Agreste of Pernambuco in order to demonstrate the efficiency of its treatment. The methodology consisted of field investigation through punctual technical visits to the "Laundry X" to acknowledge the structure and processes, listing physical characteristics and the sequence of steps used in their processes. Observations, photographic records and consultations with the manager of the plant were made in order to create a flowchart to illustrate the steps involved in the processing of jeans. The study on the characterization of the "Laundry X" treatment plant took place mainly through secondary data provided by the company itself. The data analyzed were from January to December 2018. To analyze the efficiency of the Effluent Treatment Plant studies of physicochemical parameters were used and were provided by a third party laboratory. The analyzes consisted of assessing whether the physicochemical parameters were in accordance with the requirements of the environmental laws CONAMA 430/11 and CPRH no 2.001/03. The parameters were: BOD, COD, Temperature, pH, Sedimentable Solids (SedS), Total Suspended Solids (TSS) and Oils and Greases (O&G). As a result, we obtained a flowchart of all the jeans processing steps and it was also possible to physically and functionally characterize all unit operations involving the "Laundry X" treatment plant. The annual averages of treated effluent for the analyzed parameters were: BOD 136.5 mg/L; COD 409.6 mg/L; Temp. 28.4 °C; pH 6.4; TSS 47.5 mg/L; SedS 0.25 mL/L; O&G 51.3 mg/L. It was concluded that the average value for removal efficiency of both BOD and COD was approximately 70%, and the performance of both parameters was better in the first half of 2018. The removal efficiency for BOD was reasonable as the limit required by CPRH is 70%. For COD the limit is 80% so only in September/2018 the goal was reached.

**Keywords:** Laundry, denim processing, Caruaru, Removal Efficiency, Environmental Legislation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização do município de Caruaru no APL têxtil do Agreste pernambucano. ....	38
Figura 2. Fluxograma linear das etapas de beneficiamento do jeans .....	45
Figura 3. Recepção das peças na “lavanderia X” .....	46
Figura 4. Recepção e passadoria com expedição de peças (ao fundo) na “lavanderia X” .....	47
Figura 5. Laboratório de Química da “Lavanderia X”. .....	49
Figura 6. Máquinas de lavar de tambores rotativos de porte industrial da “Lavanderia X” .....	50
Figura 7. Valeta de captação do efluente bruto, localizada abaixo da maquina de lavar. ....	51
Figura 8. Máquina centrífuga com valeta localizada logo abaixo da mesma. ....	51
Figura 9. Setor de passagem das peças de jeans. ....	54
Figura 10. Sistema de gradeamento da “ETE X” .....	56
Figura 11. Difusor de ar visão inferior. ....	58
Figura 12. Difusor de ar visão frontal. ....	59
Figura 13. Bombas Estação Elevatória. ....	60
Figura 14. Esquema de tubulação estação elevatória.....	60
Figura 15. Tina de dosagem 1000 litros. ....	63
Figura 16. Tina de dosagem 1000 litros. ....	63
Figura 17. Tina de dosagem 100 litros. ....	64
Figura 18. Decantador da Estação de Tratamento de Efluente da “Lavanderia X”. ..	67
Figura 19. Adensador de Lodo da “ETE X”. ....	70
Figura 20. Planta baixa da área de estação de tratamento de efluentes da “Lavanderia X” .....	74
Figura 21. Planta baixa da área de estação de tratamento de efluentes da “Lavanderia X” .....	75
Figura 22. Temperatura dos efluentes bruto e tratado. ....	79
Figura 23. pH dos Efluentes brutos e dos efluentes tratados. ....	80
Figura 24. Sólidos sedimentáveis dos Efluentes Bruto e Tratados. ....	81
Figura 25. Óleos e Graxas. ....	82

Figura 26. Sólidos suspensos totais para efluente bruto e tratado.....	83
Figura 27. Eficiência de remoção de DBO .....	84
Figura 28. Eficiência de remoção de DQO.....	85
Figura 29. Relação DQO/DBO .....	86

## LISTA DE SIGLAS

BNT.	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ALC.	Associação de Lavanderias de Caruaru;
ANA.	Agência Nacional de Águas;
APL.	Arranjo Produtivo Local;
CF.	Constituição Federal;
APLCAPE.	Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste Pernambucano;
CNPJ.	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica;
CONAMA.	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CPRH.	Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
DBO.	Demanda Bioquímica de Oxigênio;
DQO.	Demanda Química de Oxigênio;
EB.	Efluente Bruto;
EQ.	Equação;
ET.	Efluente tratado;
ETE.	Estação de Tratamento de Efluente;
FISPQs.	Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos;
IBGE.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
MMA.	Ministério do Meio Ambiente;
MPPE.	Ministério Público de Pernambuco;
NBR.	Norma Brasileira;
O&G.	Óleos e Graxas;
OD.	Oxigênio Dissolvido;
pH.	Potencial Hidrogeniônico;
PNMA.	Política Nacional do Meio Ambiente;
PNRH.	Política Nacional dos Recursos Hídricos;
PPAMB.	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental;
SSed.	Sólidos Sedimentáveis;
SST.	Sólidos Sedimentáveis Totais;
T.	Temperatura;
TAC.	Termo de Ajustamento de Conduta;

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1	Indústria Têxtil.....	16
2.2	Recurso Natural: água .....	18
2.3	Reuso de água.....	20
2.4	Efluentes e Estação de Tratamento de lavanderias de jeans .....	21
2.4.1	Etapa de pré – tratamento.....	24
2.4.2	Etapa de tratamento primário .....	24
2.4.3	Etapa de tratamento secundário.....	25
2.4.4	Etapa terciária ou de polimento .....	26
2.5	Parâmetros físico-químicos.....	26
2.6	Legislação .....	31
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>36</b>
2.1	Objetivo Geral .....	36
3.2	Objetivos específicos .....	36
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
4.1	Área de estudo.....	37
4.2	Metodologia aplicada .....	40
4.2.1	Identificação das etapas envolvidas no processo de lavagem das peças de jeans .....	41
4.2.2	Caracterização da Estação de Tratamento de efluente da lavanderia ..	41
4.2.3	Eficiência do tratamento dos efluentes com base nos requisitos legais	42
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>44</b>
5.1	identificar as etapas envolvidas no processo de lavagem das peças de jeans ...	44
5.2	Análise da eficiência do tratamento dos efluentes .....	76
5.2.1	Caracterização dos efluentes brutos e tratados .....	76
5.2.2	Eficiência do tratamento.....	83
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis são responsáveis por um dos principais problemas de poluição ambiental do mundo, porque elas liberam efluentes de corantes indesejáveis (YASEEN, 2019). Segundo a UNESCO (2018), sugere-se que os volumes das águas residuais industriais irão dobrar até 2025. O que poderá vir a causar alguns impactos como a escassez de água, a poluição dos rios entre outros.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2003), as indústrias: química, têxtil, de pesticida, tinta, medicamento, papel e celulose são os setores que apresentam significativo potencial poluidor. A indústria têxtil é um dos maiores setores do mundo, representando até 20% da poluição industrial dos corpos hídricos (COLIN, 2016). Segundo Marin (2015), esse tipo de indústria possui grande impacto ambiental devido ao seu amplo consumo de água e da utilização de diferentes produtos químicos tais como os corantes.

Para Yaseen e Scholz (2018) uns dos problemas associados às fábricas têxteis são os efluentes, especialmente corantes, que são difíceis de degradar. O setor têxtil possui um destaque especial, já que seu grande parque industrial pode produzir grandes volumes de efluentes, se não tratados corretamente, podem gerar sérios impactos ambientais (MAIDANA, 2015).

Os efluentes têxteis possuem alta carga de contaminação e uma forte coloração que impede a penetração da luz no ambiente aquático, dificultando a fotossíntese e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido (TONETTO, 2018).

Os despejos das lavanderias, de maneira geral, contêm impurezas removidas das roupas e substâncias adicionadas na lavagem como sabão, detergentes, insumos químicos, fragmentos de argila e pedaços finos de fibra de tecido (OLIVEIRA, 2008). As lavanderias de jeans estão entre as atividades industriais mais impactantes na área ambiental devido ao seu elevado grau poluidor e complexidade química dos efluentes gerados (KHAN; MALIK, 2014).

Os efluentes são caracterizados por possuir um potencial de contaminação elevado em função dos corantes e outros aditivos, que conferem ao efluente final altos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos, além de coloração acentuada proveniente da etapa de tingimento das peças de jeans (SILVA, 2015).

Para diminuir o impacto desses despejos no meio ambiente, as indústrias devem possuir um sistema de tratamento físico-químico dos efluentes composto basicamente pelas etapas de sedimentação, coagulação e filtração. Após o tratamento, parte desses efluentes é descartada no corpo receptor e parte retorna ao processo para reuso (OLIVEIRA, 2008).

Para que as atividades têxteis do polo têxtil do agreste pernambucano possam continuar a existir de forma competitiva e acarretando no mínimo de impacto ambiental, torna-se indispensável a implantação de ações que visem à adequação das tecnologias usadas nas lavanderias e do tratamento de efluentes gerados (OLIVEIRA, 2008). Dessa forma, além do atendimento aos padrões legais de lançamento de efluentes também será possível o reuso racional das águas do processo.

Diante da crescente crise hídrica, torna-se fundamental a utilização de ferramentas ambientais que buscam auxiliar no uso dos recursos naturais de forma sustentável (SILVA et al., 2015). Há um ganho ambiental relevante, principalmente em regiões de escassez hídrica como o semiárido, devido a implantação de técnicas que promovem o uso racional de água no setor industrial. A adoção de práticas como o uso do efluente industrial tratado na ETE para a lavagem de equipamentos, pisos, uso no filtro prensa, ou mesmo a adequação da qualidade deste efluente para uso na caldeira a fim de gerar vapor, aumentam a eficiência da empresa no âmbito socioeconômico e ambiental (ARAÚJO; FERREIRA; FERREIRA, 2017).

Estudos indicam que o setor industrial possui um grande potencial em realizar atividades produtivas com emprego de águas de reúso (HESPANHOL, 2010). Segundo Lima et al. (2016) as lavanderias têxteis do Pólo de Confecções do Agreste Pernambucano que não adotam práticas sustentáveis também não possuem estação de tratamento de efluentes, além disso quanto maior o nível de reúso de efluente tratado da lavanderia menor é a exposição a multas e sanções.

Diante do exposto, a presente pesquisa justifica-se a partir da necessidade de analisar a qualidade dos efluentes bruto (EB) e tratado (ET) oriundos de uma ETE de lavanderia de beneficiamento de jeans localizada no agreste pernambucano, a fim de avaliar e/ou monitorar a eficiência de seu tratamento. As análises consistem em avaliar os parâmetros físico-químicos em conformidade com as exigências que constam nas legislações ambientais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Indústria Têxtil

A indústria têxtil é uma das principais indústrias do mundo que oferece empregos sem muitas exigências por competências especializadas e desempenham um papel importante na economia de muitos países (GHALY et al., 2014). Para Raichurkar (2015), a indústria têxtil mundial está em contínuas mudanças institucionais todos os dias devido à globalização e à forte concorrência. O segmento têxtil, em nível mundial, tem se revelado um dos segmentos industriais mais dinâmicos (MENEGON, 2018).

Os produtos têxteis e as indústrias de máquinas têxteis são partes vitais da economia mundial, proporcionando emprego a dezenas de milhões de pessoas em mais de duzentos países (RAICHURKAR, 2015). Para Ghaly (2014) as indústrias têxteis afetam positivamente o desenvolvimento econômico no mundo todo.

A produção de produtos têxteis tornou-se a segunda indústria econômica de grande escala, proporcionando empregos consideráveis, próximos à indústria agrícola (RAICHURKAR, 2015).

A produção mundial de têxteis é liderada pela China, que detém 50,2% do montante produzido, além de representar o maior mercado consumidor no mundo (MENEGON et al., 2018). Embora as fábricas de indústrias têxteis estejam localizadas em todo o mundo, a China domina todo o cenário de produtos têxteis e maquinários (RAICHURKAR, 2015). A China é o exportador mais importante de todos os tipos de têxteis, seguido pela União Europeia, a Índia e depois os EUA (GHALY et al. 2014).

A China, Índia, Paquistão e Vietnã são os gigantes tradicionais na fabricação de produtos têxteis e máquinas e sempre competem uns com os outros. A Índia é um dos maiores fabricantes e exportadores de produtos têxteis do mundo e é quem investe mais em equipamentos de fiação e tecelagem perdendo apenas para China (RAICHURKAR, 2015).

As indústrias têxteis constituem fator de grande importância na economia brasileira (GILI et al., 2015). No Brasil as indústrias do setor têxtil empregam cerca de 1,7 milhões de pessoas de forma direta e mais empregos indiretos, resultando em um total de 4 milhões, o que representa 16,7% dos empregos do país (ABIT, 2018). Nesse

contexto, a indústria têxtil é bastante relevante, pois é um dos mais importantes segmentos de transformação industriais do Brasil e do mundo (SEBRAE, 2000).

No Brasil, a indústria têxtil é relevante no que diz respeito à geração de riqueza e de empregos. Essa atividade fabril se consolidou fortemente, tornando o País um importante produtor mundial de artigos têxteis – o 5º maior produtor mundial, com uma produção aproximada de 1,8 milhão de toneladas de artigos confeccionados (IEMI, 2013). Apesar da colocação do Brasil entre os cinco maiores fabricantes mundiais de produtos têxteis manufaturados, sua produção é voltada para atender basicamente ao mercado interno (ZONATTI et al., 2015).

Atualmente, o setor têxtil representa aproximadamente cerca de 5,7% do faturamento da indústria de transformação, produz em média 8,9 bilhões de peças por ano, é o quarto maior produtor e consumidor de denim do mundo e possui a maior cadeia têxtil completa do ocidente (ABIT, 2018). Mais recentemente identificou-se que o saldo da geração de empregos no setor têxtil e de vestuário, no período de Janeiro a Abril de 2019, foi de 16.887 e na indústria de transformação 87.127 (ABIT, 2019).

Fazendo um recorte geográfico para o Nordeste do país, especificamente para o Estado de Pernambuco, a indústria têxtil também vem apresentando uma convincente expressão para o crescimento industrial do Estado (ARAUJO, 2016). Atualmente, no Nordeste, está localizado o segundo maior produtor nacional, conhecido como Polo Têxtil do Agreste Pernambucano (CECI, 2018).

No Agreste pernambucano, existe uma concentração da atividade têxtil em dez municípios, que integram o Arranjo Produtivo Local Têxtil dessa região, são elas: Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga no Norte, Toritama e Vertentes (GALINDO, 2016).

Hoje em dia, em cidades como Caruaru e Toritama, são produzidas milhões de peças para o mercado nacional e internacional. Os números do Polo Têxtil do Agreste Pernambucano são impressionantes: cerca de 800 milhões de peças de vestuário são produzidas todos os anos tanto para o comércio nacional quanto para o internacional. É uma produção tão grande que a região se tornou referência no Nordeste (CECI, 2018). Desta maneira, o setor têxtil do Agreste Pernambucano possui considerável

importância dentro da economia regional, sendo forte gerador de empregos (SOUSA, 2015).

O Estado de Pernambuco é considerado o segundo maior produtor têxtil e de confecção da região Nordeste e Norte e o oitavo principal produtor do Brasil, respondendo por 2,9% do total do faturamento nacional. Também é responsável por 47,5 mil empregos diretos e 1.359 empresas do setor têxtil e de confecção (ABIT, 2018).

As indústrias têxteis se caracterizam como uma das principais atividades industriais e econômicas da cidade de Caruaru no Agreste de Pernambuco, em especial no beneficiamento do jeans (ALMEIDA, 2013).

O processo produtivo da indústria de beneficiamento têxtil tem como principal insumo a água (ALLÈGRE et al., 2006), a perda de água durante o processo industrial nas lavandarias pode chegar a 10,6%, tendo como principais causas os vazamentos nas tubulações, as máquinas com problemas e a evaporação (ALKAYA; DEMIRER, 2014). A fim de combater os problemas de disponibilidade e conservação dos recursos naturais, está ocorrendo um processo de mudança de comportamento, e as empresas, seja por força de lei ou por conscientização, começam a adotar uma postura sustentável (DONAIRE, 2011).

Nos processos das indústrias têxteis e lavanderias, grande parte da água consumida não é incorporada ao produto final e cerca de 80% se torna efluente altamente heterogêneo e poluente (MAIDANA et al., 2015).

Atualmente, essas indústrias têm utilizado seus tratamentos baseados em processos físicos e biológicos que, apesar de apresentarem certa eficiência na remediação de efluentes, apresentam inúmeras limitações (MAIDANA et al., 2015).

## **2.2 Recurso Natural: água**

A água é um elemento de grande importância para a existência da vida na terra, sendo essencial para todos os seres vivos concluírem seus ciclos (CASARIN & SANTOS, 2011). Nesse sentido, a combinação dos fenômenos de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo, têm provocado pressões severas na disponibilidade dos recursos hídricos

(UNESCO, 2018), com aumento do uso da água global que cresce numa taxa de cerca de 1% ao ano.

Apesar de ser uma das substâncias mais abundantes do nosso planeta exige certos cuidados em relação à qualidade e distribuição, de modo que a ampliação e o fortalecimento da infraestrutura hídrica, com adequada gestão, constituem-se requisitos essenciais para o uso racional da água (CIRILO, 2015). Auxilia na condição de equilíbrio dos ecossistemas, tendo este a capacidade de produzir a energia e a matéria para que haja continuidade de vida (BEAL et al., 2014).

A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas e sociais, portanto, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997). No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins (SOUZA, et al., 2014).

A água, apesar de ser um recurso natural abundante no planeta, ocupando, aproximadamente, 70% da superfície, tornou-se uma condicionante no crescimento mundial (FAO, 2007). A baixa disponibilidade de água doce, o correspondente a apenas 2,5% desse volume, se reflete no problema da escassez hídrica, que ocorre quando a oferta desse recurso em uma região é inferior à sua demanda (FAO, 2011).

Com a concepção do ambiente, em grande parte, exterior à existência humana, os recursos hídricos são apreendidos somente como um recurso natural a ser explorado (FLORES; MIZOCZKY, 2015; FRACALANZA; FREIRE, 2015). Entretanto, há sinais de degradação que ameaçam a segurança hídrica em diversos territórios, no que se refere à escassez da água doce, principalmente associada às vicissitudes climáticas (CIRILO, 2015). Isso indica a necessidade de se mudar o padrão de vida de agrupamentos sociais que beira a exaustão (NASCIMENTO, 2011).

Quando um país dispõe de menos de 1.000 m<sup>3</sup>/pessoa/ano de água fica caracterizada a escassez hídrica, caso esta disponibilidade seja entre 1.000 e 1.700 m<sup>3</sup>. pessoa-1ano-1 fica indicada uma “tensão hídrica” (OPAS/CEPIS, 2002). Conforme estudos das Organizações das Nações Unidas (ONU), o problema da escassez hídrica é encontrado em grande parte dos países. Estima-se que a condição de escassez absoluta de água estará atingindo cerca de 1.800 milhões de pessoas até o ano 2025 (UN-WATER, 2006).

O Brasil, apesar de ser um país que possui grandes reservas hídricas, possui regiões com baixa disponibilidade de água doce, pois fatores como a elevada extensão territorial, as condições climáticas e a diversificada configuração geográfica exercem influência direta na distribuição da disponibilidade hídrica. No território do país passam cerca de 260.000 m<sup>3</sup>.s-1 de água, porém a bacia do Rio Amazonas concentra grande parte dessa vazão (cerca de 205.000 m<sup>3</sup>.s-1), restando para as bacias das demais regiões apenas 55.000 m<sup>3</sup>.s-1 de vazão média (ANA, 2016).

Na região Nordeste, além da reduzida concentração dos recursos hídricos, correspondente a um pouco mais de 3% do país (SUASSUNA, 2004), aspectos hidrogeológicos associados aos reduzidos índices pluviométricos e aos elevados índices de evapotranspiração, decorrentes das elevadas temperaturas e baixas precipitação e umidade do solo, resultam em baixos valores de disponibilidade hídrica para essa região (ANA, 2016). A redução da disponibilidade de água possui como principais fatores o crescimento populacional, a mudança global do clima e o aumento da demanda de água decorrente da mudança de estilo de vida das pessoas (PETERS, 2006).

Devido à grande relevância no papel industrial, principalmente em alguns setores, a água assume uma condição de ampla necessidade de oferta adequada, sendo assim, empresas tornam-se demandantes do recurso e buscam fixar-se em regiões com oferta adequada (BEAL et al., 2014).

### **2.3 Reuso de água**

Atualmente, o crescimento da demanda comercial e a alteração do perfil do consumidor poderão vir a ser os maiores influenciadores no aumento de consumo de água nas indústrias têxtil. A UNESCO (2017) prevê que a demanda por água vai aumentar nas próximas décadas, principalmente nos setores agrícolas, nas indústrias e na produção de energia. Com isso pode-se concluir que o aumento dos efluentes e rejeitos nos processos de produção também irá crescer. Conforme Barros (2012, p 213), “o estabelecimento de tecnologias disponíveis para reduzir a contaminação e extensão da contaminação não pode ser descartada”. A partir deste pressuposto, o estabelecimento de estratégias sustentáveis para a redução do consumo e o reuso se

tornam necessários, além de planejamento e operações corretas de reuso, que podem contribuir para a diminuição da poluição ambiental.

O lançamento de efluentes domésticos ou industriais sem o tratamento adequado nos corpos receptores afeta diretamente a disponibilidade de água doce, pois resulta na sua poluição, podendo ser capaz de afetar a qualidade da água ao ponto de impedir o seu uso para diversas atividades, principalmente para consumo humano (UNESCO, 2017).

Para Binati (2017) fatores como o crescimento da população e seu consequente adensamento em determinadas regiões juntamente com as mudanças climáticas acabam por intensificar o aumento pela demanda de água contribuindo para reduzir a disponibilidade e qualidade desse importante recurso.

Devido ao grande crescimento da industrialização, aliado ao problema da escassez de água potável, há um aumento na demanda do consumo de água tratada para uso nas indústrias, provocando também um aumento da necessidade de seu reúso (GUERRA FILHO, 2006). Por conta da desordenada exploração dos recursos hídricos torna-se forçoso reduzir a poluição hídrica e buscar medidas alternativas viáveis de aumento da oferta de água. Assim, as águas de reuso surgem como alternativa eficaz de racionalização desse bem natural (DANTAS; SALES, 2009).

Para que a produção industrial seja integrada ambientalmente, ela deverá possuir dois aspectos: um ecológico que relaciona o trabalho com a natureza, e um econômico, que trata do trabalho com a sociedade (GUERRA FILHO, 2006). Para tanto, deve-se criar estratégias e opções técnicas, desenvolvendo e selecionando alternativas de reúso dos efluentes, implementando planos de reúso, bem como medindo os sucessos alcançados (GUERRA FILHO, 2006).

Para Dantas & Sales (2009), os efluentes industriais que serão reutilizados pela própria indústria, ou descartados em corpos de água, devem antes se submeter a processos físico-químicos e microbiológicos de tratamento.

## **2.4 Efluentes e Estação de Tratamento de lavanderias de jeans**

As águas residuais provenientes das indústrias têxteis impõem sérios problemas ambientais e correspondem a uma das principais fontes de contaminação aquosa. O tingimento e as operações de acabamento da indústria têxtil produzem

grandes quantidades de resíduos com elevadas cargas orgânica e inorgânica, além de coloração (GILI et al., 2015).

Grande parte do problema ambiental nos efluentes de lavanderias é decorrente dos insumos químicos empregados nos processos de lavagem de roupas, em especial os detergentes (BUSS, 2015).

A indústria têxtil apresenta grande variedade de combinações de processos produtivos, alto consumo de produtos químicos, diversidade de equipamentos e matérias-primas. Por isso, as características do efluente gerado apresentam alta variabilidade (SILVA, 2016).

Conforme Zanoni e Carneiro (2001), os compostos presentes nos efluentes provenientes da indústria têxtil podem diminuir a transparência da água, impedindo a penetração da radiação solar. Os rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética e provocam distúrbios na solubilidade dos gases, causando danos aos organismos aquáticos.

Esses compostos podem permanecer por cerca de 50 anos em ambientes aquáticos, pondo em risco a estabilidade dos ecossistemas e a vida em seu entorno. Os produtos da degradação de grande parte dos corantes nesses ambientes e no homem podem ser ainda mais nocivos que os próprios pigmentos (SILVA, 2016).

Os efluentes líquidos produzidos pela atividade têxtil se caracterizam por apresentar flutuações em vários parâmetros como a Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pH, cor, salinidade e temperatura, e sua composição química depende de diferentes compostos orgânicos e corantes utilizados nos processos têxteis (SANTOS, 2005).

Os valores limites dos parâmetros controlados são ajustados para proteger o meio ambiente. Normalmente os padrões quantitativos se estabelecem no setor têxtil para os seguintes parâmetros: vazão de corrente efluente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS), pH, e temperaturas. Em alguns casos também a cor e o cromo (SANIN,1997).

O beneficiamento têxtil do jeans consiste na aplicação de tratamentos que valorizem sua aparência e/ou melhorar sua utilidade, ou ainda, aumentar sua durabilidade (COMETTI et al., 2016). À frente da realização desses processos, estão as lavanderias industriais, que são centros qualificados no acabamento de jeans. Para

isso, são utilizados métodos químicos com o uso de corantes sintéticos e/ou físico pelo atrito com outros materiais (COMETTI et al., 2016).

A aplicação de técnicas de mitigação de impactos ambientais aos ecossistemas cresceu consideravelmente nos últimos anos, tendo em vista o aumento da pressão exercida pela legislação sobre as empresas, bem como o a redução do capital de investimento para o emprego de tais técnicas. Dentre essas medidas destacam-se o reuso da água, o reaproveitamento do lodo gerado e o tratamento de efluentes, além do nível secundário (ZOLIN et al., 2014).

Segundo Vellani e Ribeiro (2009), programas direcionados ao tratamento dos efluentes são exemplos de ações ecológicas e as quais podem ser executadas para transformar resíduos em insumo ou em produto, anular a consequência tóxica dos mesmos, ou diminuir o lançamento de resíduos no meio ambiente.

A remoção dos corantes nos efluentes têxteis deve ocorrer antes do lançamento em corpos aquáticos para evitar a contaminação de reservatórios e elevação do custo em estações de tratamento de água destinadas ao atendimento da população em geral (QUEIROZ, 2016). O tratamento de efluentes implica basicamente na aplicação de técnicas para atingir eficiência de remoção de poluentes e reduzir custos operacionais com confiabilidade técnica (GARRIDO-BARSEBA et al., 2012).

A principal razão para tratar os efluentes industriais é objetivando eliminar os excessos de substâncias orgânicas e inorgânicas oriundas dos processos no intuito de proteger a integridade dos equipamentos, qualidade dos produtos e para que a indústria possa se enquadrar aos padrões legais ao lançar seus efluentes no corpo receptor (SANTOS; SANTOS; BERETTA, 2010).

Tendo em vista o tratamento desses poluentes antes do reuso ou lançamento dos efluentes em cursos hídricos, segundo as normas estabelecidas pela resolução nº 430/2011 do CONAMA (CONAMA, 2011), é necessária a aplicação de técnicas de tratamento, tais como a coagulação, decantação e floculação (COSTA, 2008).

As estações de tratamento de efluentes (ETE) têm por objetivo a remoção dos poluentes, nutrientes e matéria orgânica presentes nas águas residuárias antes que retornem ao meio ambiente (PEREIRA, 2017).

Na indústria têxtil, os processos de tratamento mais utilizados são os primários e secundários, ou seja, o físico-químico seguido pelo biológico por lodo ativado. Os

tratamentos terciários e avançados envolvem maior tecnologia e custos, portanto ainda são pouco utilizados (BELTRAME, 2000).

Genericamente os processos de tratamento de efluentes são divididos em 4 etapas: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário ou polimento da água (COSTA; CANGERANA, 2016).

Cada operação unitária do sistema de tratamento de efluentes tem por objetivo a remoção de determinados poluentes, variando de sólidos grosseiros a micropartículas em suspensão, agentes químicos ou patogênicos causadores de doenças, fazendo uso de processos físicos, físico-químicos, químicos ou biológicos para o controle das cargas emitidas junto com a água final no corpo receptor (COSTA; CANGERANA, 2016).

#### **2.4.1 Etapa de pré – tratamento**

O pré-tratamento convencional consiste nas etapas de diluição, retirada de resíduos e retirada de graxas e óleos. O objetivo dessas etapas é de separar e reter os sólidos mais volumosos, evitando as obstruções nos equipamentos mecânicos da planta e facilitar a eficácia dos tratamentos posteriores (PACHECO, 2011).

Nesta etapa ocorre a remoção dos sólidos grosseiros, através de métodos exclusivamente físicos, como o gradeamento e a desarenação. Também nesta etapa todos os sólidos com dimensões elevadas e areia em suspensão são retidos, com o intuito de proteger os equipamentos de transporte de fluído, como as tubulações e as bombas, e também de preservar demais etapas, como a filtração ou os reatores biológicos (MATOS, 2010).

#### **2.4.2 Etapa de tratamento primário**

O tratamento primário é composto quase que exclusivamente por processos físico-químicos, onde os contaminantes são tratados por agentes químicos, com o intuito de neutralização das cargas ou elevação do pH para auxiliar no processo de coagulação e floculação. E seguidamente passam por processos físicos de decantação, filtração, etc, (COSTA; CANGERANA, 2016).

No tratamento primário de efluentes têxteis, consiste em remover materiais flutuantes e sedimentáveis, isto é, sólidos em suspensão, matéria orgânica,

quantidades excessivas de óleo e graxa e materiais arenosos (físicos e químicos) não retidas no pré-tratamento. Nesse tratamento, o efluente têxtil é submetido ao rastreio de partículas grandes em suspensão, como fio, peças de tecido, fibras, usando barras e telas finas (PACHECO, 2011).

O processo de triagem é realizado por decantação, que usa a gravidade para sedimentar partículas em suspensão. Além disso, os efluentes das indústrias têxteis sofrem mistura e equalização. O valor de pH do efluente é um ponto importante no processo de tratamento; deve ser na faixa de 5 a 12, devido a natureza ácida dos corantes e alcalina das águas de lavagem (PACHECO, 2011).

As principais etapas que compõem os tratamentos primários são a equalização, floculação e sedimentação, podendo haver variáveis dentro delas, ajustando cada processo em si para o tipo de efluente (COSTA; CANGERANA, 2016). Esses processos constituem diversas etapas. Primeiro, são inseridos produtos químicos nos efluentes para neutralização da carga. Em seguida, ocorre a floculação do efluente (EOS, 2019).

A floculação mecânica é outro processo físico que ajuda a misturar o efluente. Ao misturar, as partículas pequenas aglomeram-se e são convertidas em partículas mais pesadas e se decantam. As partículas formadas são coletadas como lodo (CAMPOS, 2018).

Após a floculação, tem-se a decantação primária que separa o sólido (lodo) e o líquido (efluente bruto). Os efluentes passam por decantadores que fazem o lodo ficar no fundo do tanque (EOS, 2019).

### **2.4.3 Etapa de tratamento secundário**

Essa etapa é constituída por processos bioquímicos que podem ser aeróbicos ou anaeróbicos. Esse processo objetiva remover a matéria orgânica que não foi removida no tratamento anterior. Se bem feito, o tratamento permite obter um efluente em conformidade com a legislação ambiental (EOS, 2019).

Nesta etapa, os processos correspondem a reações bioquímicas de oxidação/degradação a remoção da carga orgânica (COSTA; CANGERANA, 2016). Bactérias aeróbias (realizam seus processos oxidativos celular na presença de oxigênio), anaeróbias (realizam seus processos celulares na ausência de oxigênio) e facultativas (utilizam ou não o oxigênio para seus processos celulares) realizam a

degradação e a conversão do material orgânico em substâncias menos poluentes, como o CO<sub>2</sub>, removendo-os da água, simulando e otimizando o processo que ocorre na natureza. (CAVALCANTI, 2009).

Os processos aeróbicos e anaeróbicos trabalham na composição da matéria orgânica suspensa e a dissolvida na água que resultam em gás carbônico, material celular e água. O efluente ao final desse processo sai com até excelente percentual livre de poluentes. Em seguida, há uma decantação secundária que clarifica a água e separa o lodo restante do processo (EOS, 2019).

O tratamento secundário basicamente compõe-se de processos oxidativos/degrativos biológicos e decantação secundária para remoção do lodo final formado pelos flocos biológicos (COSTA; CANGERANA, 2016). Depois desta etapa do tratamento, o efluente já pode ser descartado diretamente nos corpos d'água caso esteja dentro das especificações.

#### ***2.4.4 Etapa terciária ou de polimento***

Os processos mais usuais nesta etapa são a filtração, a cloração, a ozonização, adsorção em carvão ativado, adsorção química, redução de espuma, eletrodialise, osmose inversa, troca iônica e processos biológicos de remoção de nitrogênio e fósforo (DEZOTTI, 2008).

Assim todos os materiais que não foram retirados durante as etapas iniciais e durante as digestões biológicas, são removidos ou ao menos diminuídos a níveis adequados as normas e a sua reutilização nos processos industriais ao qual será empregado (COSTA; CANGERANA, 2016).

Para Silva (2016), caso ocorra liberação dos efluentes sem o devido tratamento poderá acarretar em diversos prejuízos aos corpos d'água receptores, tais como a diminuição da penetração de iluminação solar, diminuindo assim a capacidade de fotossíntese de algas provocando uma diminuição do oxigênio dissolvido.

## **2.5 Parâmetros físico-químicos**

A principal razão para tratar os efluentes industriais é objetivando eliminar os excessos de substâncias orgânicas e inorgânicas oriundas dos processos no intuito de proteger a integridade dos equipamentos, qualidade dos produtos e para que a

indústria possa se enquadrar aos padrões legais ao lançar seus efluentes no corpo receptor (SANTOS; SANTOS; BERETTA, 2010).

Os processos de tratamento de efluentes são dimensionados para atender os padrões de exigência da legislação aplicada e/ou normas da própria empresa geradora do efluente (BUSS et al., 2015). Diversos métodos ou etapas podem ser empregados para atingir tais padrões, sendo que uma subdivisão usual de etapas é feita de acordo com o chamado nível de tratamento empregado para se atingir os padrões de lançamento do efluente (Tchobanoglous et al., 2003).

Os despejos das lavanderias são geralmente alcalinos, altamente coloridos, contém grandes quantidades de sabões e detergentes sintéticos, óleos e graxas, sujidades e corantes, além disso apresentam uma DBO 2 a 5 vezes maior que a apresentada pelos esgotos domésticos (BUSS et al., 2015). Os efluentes da indústria têxtil caracterizam-se por sua coloração excessiva, proveniente de corantes que não se fixam durante o processo de tingimento do tecido (CAVANCANTI et al., 2014). Aproximadamente 10 a 20% de corantes são perdidos durante a etapa de lavagem (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os compostos orgânicos como aminas, dextrinas, gomas, graxas, pectinas, álcoois, ácido acético, sabões e detergentes e os compostos inorgânicos como hidróxido de sódio, carbonato, sulfato e cloreto conferem aos efluentes elevados níveis de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos em Suspensão Totais (SST) e baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD), afetando a biota aquática (GUARATINI; ZANONI, 2000; CISNEROS et al., 2002).

De acordo com Pereira (2002), o conhecimento da composição do efluente líquido possibilita a determinação das cargas de poluição e/ou contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor.

Entre as determinações mais comuns para caracterizar a massa líquida estão os parâmetros físicos (temperatura, cor, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, etc.) os químicos (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, etc.) e os biológicos (bactérias, protozoários, etc.) A medida da matéria orgânica total é feita indiretamente como DQO e DBO (OLIVEIRA, 2008).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) consiste em uma análise que verifica indiretamente através do oxigênio dissolvido e ajuda de microrganismos a quantidade de matéria orgânica biodegradável (oxidável por microrganismos) (SILVA, 2016). A DBO é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração. A DBO é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de incubação também fixo, 5 dias (VALENTE et al., 2018).

De acordo com a norma técnica 2.001/03 da CPRH as fontes poluidoras com carga orgânica igual ou superior a 100 kg/dia, deverão remover no mínimo 90% de DBO. Já para cargas inferior a 100 kg/dia, deverão remover no mínimo 70% de DBO. Este parâmetro é expresso em termos de concentração em mg O<sub>2</sub>/L.

O oxigênio dissolvido permite que ocorra a vida aquática, pois a fauna precisa do oxigênio para sobrevivência (respiração), com a poluição a taxa de oxigênio dissolvido tende de ser baixa, principalmente por que a o oxigênio é consumido pelas bactérias aeróbias para o consumo de matéria orgânica (SILVA, 2016). O oxigênio é um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão (altitude), temperatura e sais dissolvidos, normalmente a concentração de saturação está em torno de 8 mg L<sup>-1</sup> a 25°C entre 0 e 1.000 m de altitude (VALENTE et al., 2018). O valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 5,0 mg/L, mas existe uma variação na tolerância de espécie para espécie.

Em efluentes industriais devido ao processo, o oxigênio dissolvido tende a ser baixo chegando próximo a zero, sendo necessário em alguns casos a aeração para ação das bactérias aeróbios nas estações de tratamento secundário (SILVA, 2016).

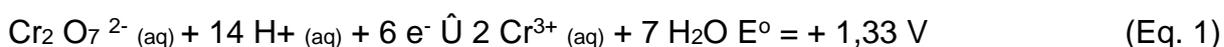
A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um indicador global de matéria orgânica presente em águas residuais e superficiais, sendo amplamente utilizada em efluentes líquidos que monitoram a descarga de efluentes líquidos (RADTKE et al., 2019). É a quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, medida em teste específico (CPRH 2001, 2003). Ou seja, a DQO equivalente à matéria orgânica contida na amostra onde é possível ocorrer oxidação por uma substância química fortemente oxidante, a análise verifica toda a matéria orgânica biodegradável e não biodegradável (SILVA, 2016).

Com relação às exigências de controle, de acordo com a norma técnica 2.001/03 da CPRH, as fontes poluidoras deverão remover a carga orgânica não biodegradável segundo a tipologia industrial. No caso das lavanderias de jeans, o enquadramento encontra-se sob a tipologia “Indústria Têxtil” e o percentual limite de redução de DQO não deve ultrapassar 80%.

A DQO é expressa em termos de concentração mg O<sub>2</sub>/L. Quanto maior for à relação DQO/DBO, menos biodegradável será um efluente. A redução de matéria orgânica não biodegradável será exigida em termos de redução de DQO (CPRH 2001, 2003).

Esta técnica (DQO) estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido já que nos corpos d’águas as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas - como hidrocarbonetos aromáticos, compostos alifáticos de cadeia aberta e piridinas - não são oxidadas (VALENTE et al., 2018).

As substâncias químicas utilizadas como agentes oxidantes são: dicromato de potássio e sulfato de alumínio estes em meio ácido (ácido sulfúrico) tendo o sulfato de prata como catalisador. Quando ocorre a reação íon dicromato oxida a matéria orgânica na amostra, modificando o cromo hexavalente para cromo trivalente (SILVA, 2016). Embora a demanda química do oxigênio possa ser medida com vários oxidantes, o mais comum é com o dicromato (Eq. 1) (VALENTE et al., 2018):



Óleos e graxas (O&G) são substâncias orgânicas de origem animal, mineral ou vegetal. Geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros (ORSSATTO; HERMES; BOAS, 2010). Os óleos e graxas, em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido elevando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) causando alterações negativas no ecossistema aquático (METCALF & EDDY. Inc., 1991). Os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (VON SPERLING, 2014).

Miotto (2013), afirma que o filme insolúvel na superfície da água, dificulta a aeração e iluminação adequada, prejudicando a fauna e flora local. Isso se dá, pois a camada oleosa bloqueia tanto a absorção dos raios ultravioletas pelos organismos presentes na água, bem como as trocas gasosas que mantêm o nível de oxigênio dissolvido apropriado para a manutenção do equilíbrio.

A importância da determinação do teor de óleos e graxas deve-se ao fato que, quando concentrações elevadas estão presentes em águas residuárias, estas promovem problemas operacionais à etapa do tratamento primário, podendo interferir no tratamento biológico (secundário) (MELO, et al., 2002).

Segundo Jordão e Pessoa (2005) e Von Sperling (2005), os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e estado (sólidos em suspensão ou dissolvidos), características químicas (sólidos fixos ou voláteis) e pela sedimentabilidade (em suspensão sedimentáveis e não sedimentáveis).

Os sólidos são constituídos de todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos. Estes podem ser de origem orgânica e inorgânica e vão desde pequenas partículas até os coloides (VON SPERLING, 2005).

Os sólidos sedimentáveis (SSed) das águas de efluentes industriais podem ser determinados e expressos em função de um volume (ml/L) ou de um peso (mg/L). (NUNES et al., 2015). A designação de sólidos sedimentáveis é aplicada a sólidos em suspensão na água que decantam em certas condições, devido a ação da gravidade. Somente os sólidos em suspensão de maiores sedimentações, que tem um peso específico maior do que da água, decantarão. A acumulação dos sólidos sedimentáveis formam o lodo (NUNES et al., 2015).

Os elevados teores de sólidos sedimentáveis presentes no efluente têxtil são resultantes da presença de material particulado oriundo de pedaços de tecidos, jeans e abrasivos manipulados ao longo do processo (PIZATO et al., 2017).

A análise de sólidos suspensos determina o teor de sólidos totais, fixos e voláteis em amostras de água e efluente. O método utilizado é o gravimétrico. A análise de sólidos deve ser realizada o quanto antes for possível realizar, sendo recomendado realizar até no máximo sete dias (SILVA, 2016).

Das características físicas, o teor de sólidos é o de maior importância. Além disso, sua análise é importante no controle físico e biológico do processo de

tratamento de efluentes, bem como, de forma a estar dentro dos limites estabelecidos órgãos competentes (CASSINI, 2008).

A temperatura (T) é um dos mais importantes parâmetros de controle, pois ela afeta na eficiência do sistema de tratamento de efluentes, uma vez que elevações da temperatura aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas (CASSINI, 2008), diminuem a solubilidade dos gases, além de aumentar a taxa de transferências de gases, podendo gerar mau cheiro (VON SPERLING, 2005).

O pH é um parâmetro importante pois este exerce influência direta nas operações unitárias envolvidos no sistema de tratamento de efluentes. Isso porque o pH age diretamente nas principais características da solução, influenciando também no potencial corrosivo do efluente, quando o pH é baixo (CASSINI, 2008).

O potencial hidrogeniônico (pH), define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, é definido como o logaritmo decimal negativo da concentração molar de íons hidrogênio, isto é, é uma função antilogarítmica onde uma variação de uma unidade de pH significa uma variação de 10 vezes na concentração de íons hidrogênio (SILVA, 2016).

O pH é utilizado como parâmetro de controle e operação, onde seus valores influenciam no tratamento, como, o indicativo de elevadas variações prejudicam a realização do tratamento biológico, afetando as taxas de crescimento dos microrganismos (VON SPERLING, 2005).

## **2.6 Legislação**

No âmbito das políticas públicas nacionais relativas ao objeto de estudo tem-se o decreto-lei nº 1.413/1975, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais, regulamentando a prevenção ou remediação da poluição e contaminação do meio ambiente (BRASIL, 1975).

O Art. 225 da Constituição Federal - CF, prevê o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, visto que se trata de um bem de uso comum de toda a nação e essencial a manutenção sadia de sua qualidade de vida (BRASIL, 1988). No caso de pessoas físicas ou jurídicas exercerem ações ou condutas lesivas ao meio ambiente, estarão sujeitas a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados (BRASIL, 1988).

O Art.170 da CF, que trata da ordem econômica do país, traz como um de seus princípios a defesa do meio ambiente. Para isso, deve-se apresentar tratamento diferenciado considerando os impactos ambientais na elaboração de produtos e fornecimento de serviços (BRASIL, 1988).

Já com relação às políticas públicas, tem-se a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) lei nº 6.938/1981. A PNMA determina os instrumentos de defesa do meio ambiente, estabelecem normas, critérios e padrões relativos ao controle e gerencia a manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais e proteção ambiental (BRASIL, 1981).

A referida lei estabelece o potencial de poluição e grau de utilização de recursos naturais da indústria têxtil como médio de uma forma geral entre as diversas atividades nessa indústria, porém não são observados nessa lei os impactos que setores produtivos podem ocasionar diretamente em um corpo-hídrico (BRASIL, 1981).

A lei nº 9605/1998 dispõe as sanções penais e administrativas acerca de crimes ambientais, e em seu Art. nº 54 prevê pena com caráter de detenção, no período de seis meses a um ano além de multa, no caso de provocar, pelo lançamento de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras (BRASIL, 1998).

Seguindo os princípios da legislação federal, a lei estadual nº 14.249/2010 dispõe acerca do licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Em seu Art. 40º, a lei considera dentre as infrações administrativas ambientais a poluição ou degradação ambiental (PERNAMBUCO, 2010).

A partir da criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, e instituição da Resolução nº 20/1986, foi apresentada a classificação das águas segundo seus usos preponderantes, e níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades das comunidades e não ao seu estado atual.

A definição da qualidade da água atualmente faz referência ao tipo de uso ao qual o recurso será destinado, a resolução nº 20 foi revogada pelas condições padrões de lançamento de efluentes apresentados na resolução 357 do CONAMA de 2005 que traz a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais.

Tal resolução determina, ainda, que na ausência da determinação dos padrões de qualidade para um determinado corpo d'água, ele deve ser enquadrado como classe 2 (CONAMA, 2005). Segundo a resolução do CONAMA nº 430 de 2011, o efluente de qualquer fonte poluidora somente poderá ser lançado, direta ou indiretamente, nos rios, lagos e outros, desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

“§Art. 3º - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis. Art. 5º - Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento. § 1º As metas obrigatórias para corpos receptores serão estabelecidas por parâmetros específicos. § 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado” (CONAMA, 2011, p. 02).

Ainda no tocante ao uso racional dos recursos hídricos tem-se a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), lei nº 9.433/1997. A água conforme essa legislação é considerada como um recurso limitado, e assim a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997).

As lavanderias devem cumprir com diversas leis ambientais, como por exemplo, a Lei ambiental nº 9.0605/98, que dispõe das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (LIMA, 2014). De acordo com o Art. 33 desta lei, as empresas que não tratarem seus efluentes antes do despejo ou reuso podem sofrer multa ou detenção de um a três anos, principalmente se essa emissão de efluentes ocasionar “o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras”.

No estado de Pernambuco, a gestão dos recursos hídricos baseia-se na Lei Estadual nº 12.984 de 2005 (PERNAMBUCO, 2005), que dispõe sobre a Política

Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O estado não possui em efetividade o instrumento de gestão denominado outorga de lançamento de efluentes. Nesse sentido, a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH na intenção de preservar os recursos hídricos locais, solicita das empresas que têm efluentes com potencial poluidor, que além de atenderem a legislação federal (CONAMA, 2005), obedecem às determinações das Normas Técnicas referente aos efluentes sujeitos a lançamento nos corpos hídricos estaduais (CPRH N.2001, CPRH N.2003, CPRH N.2004, CPRH N.2005, CPRH N.2006 e CPRH N.2007).

A lei municipal de Caruaru n. 5.058, de 25 de novembro de 2010, trata do licenciamento ambiental e as infrações municipais, determinando que o licenciamento ambiental e a fiscalização ambiental devem ser de competência da Secretaria Municipal de Infraestrutura e Políticas Ambientais Municipais. E estabelece que todas as atividades industriais fossem sujeitas a licenciamento ambiental (CARUARU, 2010).

Um ponto significativo quanto às lavanderias de beneficiamento de jeans de Caruaru, deu-se em 2012, por meio do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) firmado entre as lavanderias e o Ministério Público de Pernambuco (MPPE), no qual o ministério (Diário Oficial nº 187 de Outubro de 2012) convocou as lavanderias industriais para a celebração do documento para adequação as leis ambientais vigentes, visando minimização da poluição (SILVA, 2016).

Em 2014 foi assinado termo aditivo do TAC, complementando outros já firmados em 2012. Foram disponibilizados 4 tipos e/ou categorias de TAC. Os empresários puderam escolher entre: permanecer onde estão, porém se adequando a todas as normas exigidas; mudar para o Polo de Desenvolvimento Sustentável do Agreste (PDSA) ou simplesmente Distrito Têxtil, mudar para outro lugar, desde que dentro das prerrogativas da lei ou encerrar as atividades (MPPE, 2015).

Entre as obrigações que as empresas se comprometeram a continuar cumprindo estão não lançar efluentes líquidos industriais sem o devido tratamento primário em corpos hídricos, em canais, no solo, na rede pública de saneamento ou em qualquer meio natural e manter o sistema de tratamento físico-químico dos resíduos em correta operação (MPPE, 2015).

Em 2012, 77 empresas assinaram o TAC nas quais 22 empresas decidiram mudar as instalações para o Distrito Têxtil, 15 decidiram por manter as atuais instalações, 06 resolveram mudar para local distinto, 13 optaram por encerrar as atividades e 21 empresas estavam em processo de fechamento. Após fiscalizações realizadas em setembro de 2014 verificou-se que o número de empresários que decidiram mudar para o Distrito têxtil aumentou para 24, o quantitativo de empresas que optaram por manter as instalações diminuiu para 7. As indústrias que decidiram ir para um local diferente aumentaram para 17 e as empresas que estão em processo de encerramento somam 29. Esses dados foram fornecidos ao portal G1 através do analista jurídico da Promotoria de Meio Ambiente de Pernambuco, Sérgio de Castro.

Ainda de acordo com o TAC, deverão ser apresentados à Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), anualmente, cópias mensais de notas fiscais de aquisição dos produtos químicos usados no sistema de tratamento de efluentes, especificando os nomes comerciais e as composições químicas dos produtos além de relatórios mensais do automonitoramento dos efluentes da lavanderia elaborado por laboratório competente, além de outros documentos (MPPE, 2015).

Quanto à fiscalização e monitoramento dessas ações, foi formado um grupo coordenado pelo Ministério Público com a participação da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), Vigilância Sanitária e Prefeitura de Caruaru através da Secretaria municipal de Desenvolvimento Econômico (PORTAL G1, 2015). Caso as obrigações previstas no TAC não sejam cumpridas, estão previstas multas diárias no valor de mil reais para os proprietários das lavanderias e de dois mil reais para a Prefeitura de Caruaru (PORTAL G1, 2015).

O compromisso do município com o meio ambiente também é estabelecido na Lei Orgânica do Município de Caruaru, publicada em 17 de julho de 2014, instituindo a licença ambiental para o funcionamento ambiental (CARUARU, 2014). É importante destacar que tal lei define como área de Preservação Permanente (APP) o rio Ipojuca em sua Seção V, Política Ambiental (CARUARU, 2014). O que reforça o estabelecido pelo Plano Diretor municipal, lei complementar nº 005 de 2004, por meio de delimitações das Zonas de preservação Ambiental (CARUARU, 2004).

### **3 OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivo Geral**

Demonstrar a eficiência e o desempenho de uma Estação de Tratamento de efluentes a partir da análise comparativa de parâmetros e indicadores físico-químicos em uma lavanderia têxtil situada no Agreste pernambucano.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar as etapas envolvidas no processo de lavagem das peças de jeans;
- Caracterizar a estação de tratamento de efluente da lavanderia em questão;
- Avaliar a eficiência do tratamento dos efluentes com base nos requisitos legais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

A cidade de Caruaru está localizada no Agreste pernambucano a uma distância de aproximadamente 135 km da capital, Recife. O município está situado na microrregião do Vale do Ipojuca, tendo como limites ao norte a cidade de Toritama, Vertentes, Frei Miguelinho e Taquaritinga do Norte, ao sul Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste as cidades de Brejo da Madre de Deus e São Caetano (BDE/PE, 2019).

As bacias hidrográficas que servem ao município de Caruaru são as bacias do rio Capibaribe e a do rio Ipojuca, sendo que a segunda corta a sede do município, tendo vários locais de acumulação hídrica como os açudes Taquara, Serra dos Cavalos, Jaime Nejaim e Jucazinho (CPRM, 2005). É importante salientar que o curso destes corpos de água na cidade de Caruaru tem regime de escoamento intermitente e padrão de drenagem é o dendritico (SILVA, 2016).

A sede do município possui altitude média de 545 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35° 58'W de longitude (CPRM, 2005). A cidade possui uma população estimada em 2018 de aproximadamente 356.872 habitantes e extensão territorial de 920,610 km<sup>2</sup> fazendo de Caruaru o quarto município do estado de Pernambuco em termos de densidade demográfica (IBGE, 2017).

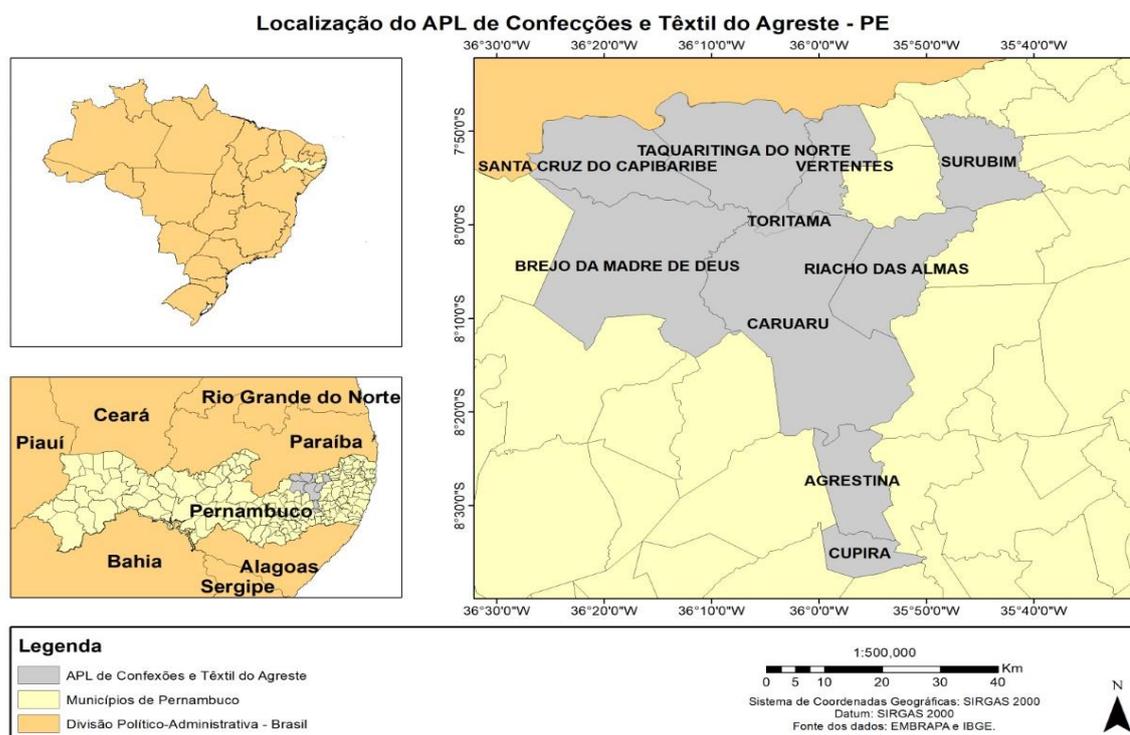
O clima de Caruaru, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo semiárido (BSh), com verões quentes e secos e invernos a menos e chuvosos, de acordo com Alvares et al. (2013). A quadra chuvosa se inicia em fevereiro, com chuvas de pré-estação e término ocorrendo no final do mês de agosto, podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os meses mais secos ocorrem entre outubro e dezembro (FRANÇA et al., 2018). A média anual de precipitação é de 573,8mm de acordo com Medeiros (2017).

Com relação às temperaturas médias do município, França et al. (2018) coloca que as temperaturas oscilaram entre 20,6°C, em julho, a 24,7°C, em novembro, com valor anual médio de 22,9°C.

Em 2017, o salário médio mensal era de 1.7 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 22.7% (IBGE, 2017). Ainda de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o PIB per capita da cidade de Caruaru é de R\$17.880,19 sendo a referência o ano de 2016. Do ponto de vista econômico, a cidade possui certa vantagem por receber duas rodovias importantes, a BR 232 de leste/oeste e a BR 104 de norte a sul, facilitando assim o escoamento da produção têxtil para as demais regiões.

A cidade de Caruaru está inserida dentro de um arranjo produtivo localizado no agreste pernambucano (Figura 01). O termo APL nada mais é do que Aglomerações de empresas localizadas em um mesmo território que apresentam especialização produtiva e mantêm algum vínculo de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si e com outros atores locais tais como governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa (ITEP, 2019).

Figura 1. Localização do município de Caruaru no APL têxtil do Agreste pernambucano.



Fonte: autor (2018).

O objetivo principal de um Arranjo Produtivo Local é dinamizar as estruturas empresariais gerando renda e emprego (ITEP, 2019). Juntamente com as cidades de Toritama, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Cupira, Agrestina, Brejo da Madre de

Deus, Riacho das Almas, Vertentes e Taquaritinga do Norte, Caruaru integra o Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste Pernambucano (APLCAPE). Ainda de acordo com o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (2019), o APLCAPE pode ser definido como sendo um negócio de “confecções de produtos de vestuário que atendam ao mercado regional, em evolução para fornecimento ao mercado de moda e qualidade em âmbito regional, nacional e internacional”.

A escolha pela cidade de Caruaru deu-se devido à acessibilidade do programa de pós-graduação em engenharia ambiental da UFRPE com as empresas desse polo têxtil.

O delineamento do espaço amostral das lavanderias de Caruaru ocorreu a partir de pesquisa junto a Associação das Lavanderias de Caruaru (ALC). A ALC é um órgão de apoio aos proprietários de lavanderias industriais no Agreste Pernambucano que atua como parceira destes importantes estabelecimentos. A instituição ajuda na fomentação de projetos de melhorias nas instalações de seus associados, além de promover reuniões regulares para debater assuntos de grande relevância para a sociedade, como preservação do meio ambiente, segurança no trabalho entre outros.

Foi solicitado junto a ALC, na pessoa de seu diretor-presidente, o Sr. Joanício Joaquim de Melo listagem de todos os seus associados. Uma listagem com cerca de 48 lavanderias localizadas na cidade de Caruaru, com concentração maior de empresas no bairro do Salgado, foi então encaminhada. Em seguida, a partir de pesquisa investigativa, essencialmente através da internet, foi possível identificar o CNPJ das empresas ativas junto a Receita Federal.

Todas as empresas foram contatadas e apenas 11 mostraram-se receptivas. Na sequência, foi aplicado questionário com os gestores dessas unidades fabris contendo 12 perguntas (via e-mail e via telefônica). Como resultado, das 11 empresas apenas 1 mostrou interesse em colaborar com a pesquisa. Portanto, a escolha da lavanderia foi motivada pelo índice de colaboração e receptividade das empresas avaliadas. A escolha é justificada pela disponibilidade da empresa em contribuir com a pesquisa.

Desse modo, a seleção da empresa que representa o universo amostral corrobora com a colocação de Gil (2008) em que o autor sinaliza que neste tipo de amostragem (por acessibilidade ou conveniência), o pesquisador apenas seleciona os

elementos a que tem maior facilidade de acesso, admitindo-se que eles possam efetivamente representar de maneira adequada os níveis de saturação da pesquisa.

Para fins de confidencialidade das informações da lavanderia de beneficiamento têxtil selecionada, esta será identificada como “Lavanderia X” ou “Empresa X” e a estação de tratamento de efluente têxtil que será estudada será identificada como “ETE X” apenas.

A “empresa X” encontra-se localizada e ativa no município de Caruaru, estado de Pernambuco desde 23 de maio de 2013. Considerada como sendo uma empresa de pequeno porte pelo CNPJ, possui quadro funcional composto de 31 funcionários.

Quanto a sua documentação legal, a “lavanderia X” possui alvará de funcionamento da vigilância sanitária e licença de operação vigente no órgão ambiental CPRH. Funcionando 9 horas por dia, produz cerca de 40 mil peças por mês.

Quando há aumento de demanda dos produtos é necessário o incremento de 2 horas extras no horário de trabalho habitual fazendo com que a produção aumente para 60 mil peças por mês. Situação considerada normal para os meses finais do ano como, por exemplo, na época natalina.

Quanto aos insumos, a “lavanderia X” utiliza tecido jeans, produtos químicos, água, energia elétrica e biomassa para atender as caldeiras. Com relação apenas a água, o estabelecimento consome cerca 1500 m<sup>3</sup> por mês.

A fonte de abastecimento principal é realizada por meio de carro pipa. Esta água é acondicionada em 06 tanques/reservatórios de armazenamento de 40 mil litros cada, ou seja, o consumo é de 100 carros pipa de 15 m<sup>3</sup> de água. Em épocas de chuvas, a empresa utiliza como fonte alternativa de água (para complementar o reservatório de armazenamento trazido pelos caminhões pipas), um sistema de captação de chuva por meio de calhas coletoras.

## **4.2 Metodologia aplicada**

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado (GIL, 2008). De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

O estudo de caso é um procedimento metodológico que enfatiza entendimentos contextuais, sem esquecer-se da representatividade (LLEWELLYN; NORTHCOTT, 2007), centrando-se na compreensão da dinâmica do contexto real (EISENHARDT, 1989) e envolvendo-se num estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2008).

Em geral o estudo de caso se iniciou como uma metodologia qualitativa e que se expandiu para investigações quantitativas (PEREIRA et al. 2018) e como mencionou Yin (2015), os estudos quantitativos e os qualitativos podem se complementar de modo a fornecer um melhor entendimento sobre um fenômeno em estudo.

Portanto, o estudo de caso foi utilizado como estratégia de pesquisa qualitativa.

#### ***4.2.1 Identificação das etapas envolvidas no processo de lavagem das peças de jeans***

A pesquisa consistiu de estudo descritivo conforme sinalizado por Gil (2002), onde o autor coloca que as pesquisas dessa natureza têm como objetivo primordial descrever as características de fenômenos e/ou processos e também estabelecer relações entre variáveis.

O estudo teve início a partir da investigação de campo através de visitas técnicas pontuais a “lavanderias X” para conhecer a estrutura e os processos, elencando características físicas e a sequência de etapas utilizadas em seus processos.

Realizou-se por meio de observação, registros fotográficos e entrevistas com o gestor da unidade fabril um fluxograma para ilustrar as etapas envolvidas no beneficiamento do jeans. O fluxograma é uma tentativa de visualizarmos holisticamente determinada atividade e, por definição, é a representação gráfica das diversas tarefas deste processo (BEHR; MORO; ESTABEL, 2008). O mapeamento dos processos foi elaborado a partir do software CorelDRAW.

#### ***4.2.2 Caracterização da Estação de Tratamento de efluente da lavanderia***

O estudo sobre a caracterização da estação de tratamento da “Lavanderia X” ocorreu essencialmente através da coleta de dados secundários fornecidos pela

própria empresa do estudo de caso em questão. Os dados fornecidos consistiram de um conjunto de projetos de plantas baixas em corte transversal e longitudinal juntamente com o memorial de cálculos da estação.

Os dados dos projetos executivos foram analisados e serviram como base para o processo de descrição das diversas fases que envolvem o tratamento do efluente de uma estação de indústria de beneficiamento jeans.

#### **4.2.3 Eficiência do tratamento dos efluentes com base nos requisitos legais**

Para a avaliação da eficiência do tratamento dos efluentes foram realizadas análises físico-químicas de parâmetros que devem assegurar a qualidade do efluente. As coletas para as análises foram realizadas por laboratório terceirizado contratado pela “lavanderia x” para atender aos limites de lançamentos delimitados pela Agencia Estadual de Meio Ambiente (CPRH).

Foram coletadas amostras do efluente bruto e tratado, ou seja, na entrada e saída da “ETE X”, mensalmente durante o período de janeiro a dezembro de 2018. A metodologia de análise dos parâmetros é a que consta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) (ALPHA, 2012). Os dados foram tabulados e representados em gráficos com a utilização do software Excel.

Os parâmetros analisados foram: **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO) (SMEWW5210B/ABNT NBR 12614:92), **Demanda Química de Oxigênio** (DQO) (SMEWW 5220D), **temperatura** (SMEWW 2550B), **pH** (SMEWW 4500-H+B), **Sólidos Suspensos Totais** (SST) (SMEWW 2540D), **Sólidos Sedimentáveis** (SS) (SMEWW 2540F) e **Óleos e Graxas** (SMEWW 5220D).

Para fins de verificação da efetividade do tratamento, os resultados foram comparados com o que demanda a legislação pertinente, resolução nº 430/2011 do CONAMA que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores e a Norma Técnica 2.001/03 da CPRH que diz respeito ao controle de carga orgânica em efluentes líquidos industriais onde estabelece critérios e padrões de emissão que resultem na redução da carga orgânica industrial lançada direta ou indiretamente nos recursos hídricos do estado de Pernambuco.

Esses resultados também devem estar dentro dos padrões estabelecidos pelo TAC, visto o acordo firmado em 2012, as lavanderias devem demonstrar

trimestralmente os resultados de redução em pelo menos 40% do DBO e DQO por resultados das coletas mensais (CONAMA, 2011; MPPE, 2015).

Para o estudo da eficiência da estação de tratamento da “lavanderia X”, determinou-se em percentual a partir dos valores de entrada (Efluente Bruto) menos os valores de saída (Efluente tratado) da ETE dividido pelo valor de saída, multiplicado por 100, para os parâmetros DBO e DQO (Eq. 2). De acordo com Anzzolini e Fabro (2013), a equação para o desenvolvimento da eficiência é a seguinte:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Parâmetro Entrada} - \text{Parâmetro Saída}}{\text{Parâmetro Saída}} * 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

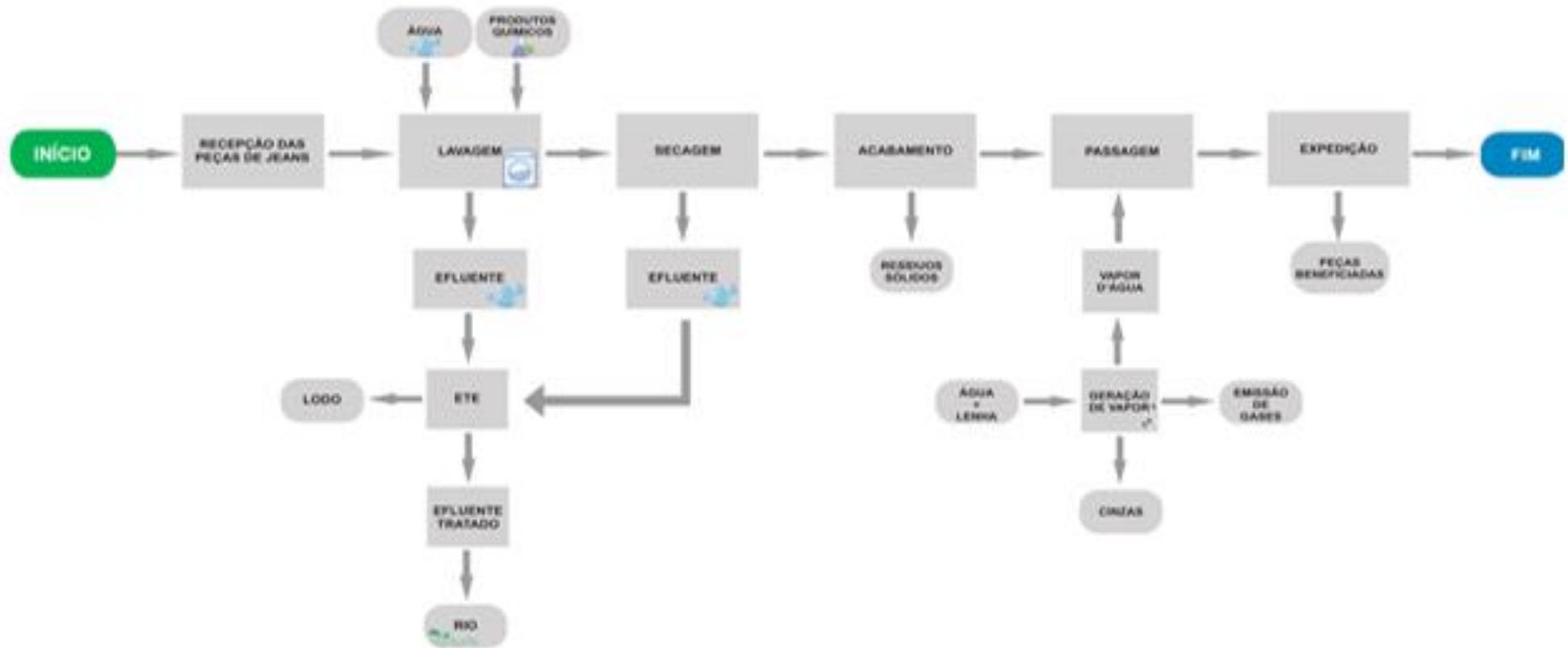
### **5.1 identificar as etapas envolvidas no processo de lavagem das peças de jeans**

As lavanderias de beneficiamento têxtil do jeans são estruturas físicas dotadas de maquinários e operários que realizam o beneficiamento de peças cruas de jeans em peças acabadas visando atender às tendências de moda (BRITO, 2013). De acordo com Jerônimo (2016), nessa indústria, as peças de jeans passam por processos físicos e químicos, como lavagem, tingimento, customização, para promover as características necessárias às solicitações dos clientes.

A partir das visitas técnicas, observações, anotações e registros fotográficos, foi possível reunir e interpretar dados que geraram um fluxograma linear (figura 02), no qual são representadas as etapas do beneficiamento das peças de jeans.

No processo de lavagem, em termos gerais, há cinco grandes processos: desengomagem, alvejamento, tingimento, amaciamento e centrifugação. O fluxograma gerado representa as etapas do processo, porém, nem todas as peças passam pelo mesmo tratamento, pois para o beneficiamento do vestuário de jeans há vários tratamentos que podem mudar de acordo com o resultado desejado. Os resultados podem variar desde uma lavagem para amaciamento até a mudança da cor da peça, através da utilização de vários produtos químicos.

Figura 2. Fluxograma linear das etapas de beneficiamento do jeans



Fonte: Autor (2018)

As peças de jeans chegam do fornecedor em pilhas que são organizadas na área central da “lavanderia X”, conforme pode ser verificado nas figuras 03 e 04. O beneficiamento de jeans se inicia a partir da recepção das peças cruas (denim), que seguem para a etapa de lavagem composta pelo o processo de desengomagem, a fim de que ela esteja adequada para o alvejamento (Lorena et al., 2018). Este último consiste no clareamento da tonalidade do jeans a partir da utilização de produtos como o permanganato de potássio, cloro ou redutor dependendo do tecido e do resultado que deseja-se atingir.

Figura 3. Recepção das peças na “lavanderia X”



Fonte: Autor (2018).

Figura 4. Recepção e passadoria com expedição de peças (ao fundo) na “lavanderia X”.



Fonte: Autor (2018).

As peças seguem para a produção de acordo com a peça piloto previamente aprovado pelo cliente. O processo de reprodução da peça piloto para a linha de produção dar-se através da elaboração, por parte a área técnica da lavanderia, de uma ficha de serviço, ou simplesmente receita. Na ficha de serviço descrevem-se todos os processos indicando a temperatura correta da lavagem, o tempo correto da operação, a forma como será realizada a lavagem bem como os produtos químicos que deverão ser utilizados. Para Fernandes (2010), a lavagem é desenvolvida através de sequências de processos que determinam a receita elaborada pelos técnicos têxteis e utilizada para a produção em larga escala após a aprovação das peças modelos.

Para fins de melhorar o entendimento, as lavagens podem ser divididas em dois tipos de processos: o primeiro por esgotamento e o segundo caracteriza-se por ser realizado a seco (FERNANDES, 2010). Este último refere-se aos efeitos que as peças de jeans podem receber, no caso da “lavanderia X” incluem-se: pinado (fix-pin), destroyed, used, bigode, puído, lixado entre outras. A etapa seca consiste em tudo o que é feito manualmente em um jeans antes que ele seja enviado à lavagem. Já os processos por esgotamento compreendem: enxágue, desengomagem, estonagem, alveamento, desbotamento, neutralização, tingimento e amaciamento, conforme

pode ser verificado no quadro 01 abaixo. Ou seja, é tudo o que é realizado nas peças de jeans com o uso de água e produtos químicos.

Uma infinidade de técnicas dão ao jeans características exclusivas que dependem apenas da criatividade de cada cliente e de cada equipe de lavagem.

Quadro 1. Alguns exemplos de processos e efeitos da “Lavanderia X”.

Processos		Descrição	Produtos
<b>Esgotamento</b>	<b>Enxágue</b>	É realizado após todos os processos para retirar o excesso dos efeitos intencionados.	Água, sabão, carbonato de sódio
<b>Esgotamento</b>	<b>Desengomagem</b>	Processo aplicado para retirar a goma das peças de jeans.	Enzimas
<b>Esgotamento</b>	<b>Estonagem</b>	É um processo de lavagem que utiliza o atrito causado entre pedras e as peças que promovem o desgaste do tom azul e o efeito de envelhecimento. O processo pode ser realizado usando diferentes materiais. Só com pedras, só com argilas expandidas ou em conjunto e ainda pode ser aliado a diversos produtos químicos, como as enzimas celulósicas, que potencializam o efeito de envelhecimento. O tipo de pedra mais usado para esse processo é a cinasita.	Pedras e enzimas celulósicas
<b>Esgotamento</b>	<b>Alvejamento</b>	Remove a cor amarelada do tecido, abrindo a cor do jeans.	Soda cáustica, peróxido de hidrogênio, matassilicato,
<b>Esgotamento</b>	<b>Desbotamento</b>	Retira substancialmente a cor da peça através da utilização do cloro.	Cloro, hipoclorito de sódio
<b>Esgotamento</b>	<b>Neutralização</b>	Normalmente é uma lavagem que tem por objetivo neutralizar as peças que receberam efeitos a base de permanganato de potássio e cloro. O metabissulfito irá revelar o efeito do permanganato aplicado anteriormente, por exemplo.	Metabissulfito de sódio
<b>Esgotamento</b>	<b>Tingimento</b>	As peças recebem os corantes sob os fios.	Cloreto de sódio, corantes
<b>Esgotamento</b>	<b>Amaciamento</b>	Finalização das peças de jeans que proporciona maciez ao tecido.	Amaciante
<b>Seco</b>	<b>fix-pin</b>	É uma técnica manual que consiste em prender pinos de plástico no denim e aplicação de permanganato para a marcação das dobras para depois submetê-las a uma lavagem com atrito. No final os pinos são soltos revelando rugas e dobras acentuadas.	-
<b>Seco</b>	<b>Bigode</b>	Efeitos que parecem as marcas do tempo dando aparência de marcações de lavagens em tanque. É um processo manual que pode ser feito com grampos, prensa ou natural.	-
<b>Seco</b>	<b>Puído</b>	É um processo de desgaste das peças que utiliza o esmeril em lugares como barras e pernas dando efeito desfiado e/ou rasgado.	-
<b>Seco</b>	<b>Laser</b>	As máquinas de laser proporcionam corte e efeitos puídos as peças de jeans de maneira precisa e rápida.	-
<b>Seco</b>	<b>Lixado</b>	Processo de abrasão manual. Proporciona um desgaste a peça de jeans através de uma lixa. Também pode ser realizado de forma mecânica.	-

Fonte: Adaptado pelo Autor (2019).

Durante as etapas de lavagem são utilizados diversos insumos como água e produtos químicos. Este último pode ser verificado no laboratório de Química da “Lavanderia X” na figura 05. No laboratório de Química são realizadas as dosagens e o armazenamento de alguns produtos químicos como por exemplo, os corantes.

No tingimento das peças são usados corantes para alterar ou colorir o jeans proporcionando efeitos como o “*dirty*”, por exemplo, ou ainda efeitos como o “*Destroyed*” e o “*Used*”. Este último objetiva proporcionar um efeito de peça usada e caracteriza-se a partir da fixação do permanganato de potássio no denim através de uma pistola de compressão.

Figura 5. Laboratório de Química da “Lavanderia X”.



Fonte: Autor (2018).

Nas etapas de tingimento, os corantes são aplicados na forma de solução com inserção direta nas máquinas de lavar de tambores rotativos (Figura 06) de porte industrial (com capacidade para processar cerca de 120 peças), para que em seguida

o processo de tingimento seja otimizado, visto que as cores são regidas pela moda da temporada.

Figura 6. Máquinas de lavar de tambores rotativos de porte industrial da “Lavanderia X”.



Fonte: Autor (2019).

O efluente da etapa de lavagem é coletado através de valetas localizadas no chão do setor, logo abaixo das máquinas de lavar e centrifuga, conforme pode ser verificado nas figuras 07 e 08. O principal *output* é a geração de efluente bruto que segue para Estação de Tratamento.

Figura 7. Valeta de captação do efluente bruto, localizada abaixo da máquina de lavar.



Fonte: Autor (2018).

Figura 8. Máquina centrífuga com valeta localizada logo abaixo da mesma.



Fonte: Lorena (2018).

Todo o processamento por via úmida que visa o tingimento da peça crua, gera um efluente de composição complexa que apresenta substâncias orgânicas e inorgânicas como ácidos, álcalis, amido, surfactantes, catalíticos, e sais inorgânicos como NaCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Paul, Chavan; Khambe, 2012). A “lavanderia X” gera efluentes com níveis de compostos orgânicos tais como: gomas, enzimas, amido, e corantes.

Também gera efluentes inorgânicos como, permanganato de potássio, hidróxido de sódio, sulfetos, cloretos e carbonatos. Portanto há necessidade de redução drástica da DQO e DBQ desse efluente e eliminação de substâncias recalcitrantes.

De acordo com Lorena (2018), a indústria em estudo faz uso de cerca de 100 produtos químicos contabilizados a partir das Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). Segue abaixo lista fornecida pela “Lavanderia X” de alguns dos principais produtos químicos utilizados e o consumo médio diário da empresa em questão (Quadro 02).

Quadro 2. Produtos Químicos utilizados pela “Lavanderia X” (valores aproximados).

<b>PRODUTO QUÍMICO (valores estimados)</b>	<b>Kg/dia</b>
Amaciante	186,40
Desengomante	21,40
Antimigrante	30,00
Enzima neutra	10,80
Branqueador ótico	12,00
Peróxido	11,00
Hipoclorito de Cálcio	12,00
Enzima Ácida	20,80
Acido Acético	16,80
Hipoclorito de Sódio	12,40
Metabissulfito de Sódio	46,00
Barrilha leve	17,20
Poeker white	29,00
Solução fixadora	20,80
Cloreto de Sódio	24,00
Permanganato de potássio	3,00
Soda Cáustica a 70%	18,00
Ácido cítrico	15,20
Corante	4,60
<b>TOTAL</b>	<b>511,40</b>

Fonte: Lavanderia X, 2018.

Dentre as substâncias químicas utilizadas, há uma em especial que apresenta potencial de danos à saúde humana, o permanganato de potássio. De acordo com Vargas (2016), assim como o percloroetileno, a rota de entrada do solvente permanganato de potássio também ocorre por vias respiratórias. A exposição ao permanganato de potássio gera efeitos nocivos ao homem, que vão desde irritação nos olhos até sintomas que afetam o Sistema Nervoso Central, como dor de cabeça, vertigem, sonolência. Além disso, apresentam potencial carcinogênico em humanos.

Conforme relata Lopes (2011), a aplicação do permanganato nas peças de jeans pode ocorrer na forma de giz que é passado nas áreas de desgaste tais como costuras, bolsos e detalhes. Ou ainda, por meio de pistola industrial com a finalidade de obter um clareamento localizado. É comum que nas áreas desbotadas seja aplicada previamente uma lixa d'água para uma definição otimizada. Na "lavanderia X", o permanganato de potássio é utilizado em várias receitas para proporcionar efeitos diversos.

Há cerca de 30 anos atrás a remoção dos corantes e os íons metálicos no tratamento dos efluentes têxteis, foi objeto de preocupação devido a sua toxicidade e nocividade ao meio ambiente. Atualmente o desenvolvimento de tecnologias está voltado à mineralização de compostos aromáticos, eliminação da toxicidade dos efluentes e do lodo, recuperação de sais e reuso de água residual (Holkar et al., 2016).

Na "lavanderia X", há um composto químico que é bastante utilizado na etapa de lavagens para fins de neutralização do permanganato de potássio e dos cloros, o sal metabissulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ). Este composto confere as águas tratadas um forte odor impedindo maior utilização das águas de reuso no processo das lavagens, pois, quando misturado com água libera dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). Corroborando assim com Katheresan; Kansedo e Lau (2018), que afirma que de fato há um forte odor característico que advém da manipulação desses compostos, isso pode causar desconforto operacional e conseqüentemente danos à saúde dos trabalhadores.

Após a lavagem, ocorre a etapa de secagem das peças por meio de centrifugação com objetivo de retirar a umidade residual, portanto nessa etapa também há geração de efluentes que são coletados através das valetas no chão do setor e seguem para a estação de tratamento de efluente.

De acordo com Castilho e Garcia (2001), o beneficiamento de jeans é o resultado de processos de lavanderia e acabamentos, realizados para conferir às roupas novas, um aspecto de roupas usadas. Com relação à fase de acabamento, esta etapa refere-se ao momento em que as peças passam a receber os efeitos manuais e mecânicos e também adquirem características como a impermeabilidade e acertos nas dimensões do produto final. Esta etapa gera alguns resíduos sólidos como, por exemplo, os retalhos. Na sequência as peças devem seguir para o processo de passadoria que pode ser ilustrado na figura 09.

Figura 9. Setor de passagem das peças de jeans.



Fonte: Autor (2018).

Posteriormente as peças acabadas são encaminhadas para etapa de passagem em que é utilizada vapor d'água (advinda das caldeiras) nos ferros para engomar as peças de jeans. Por fim, seguem para a separação e expedição.

O tratamento empregado para os efluentes embora seja mais acessível à realidade econômica das lavanderias do APL Agreste, gera enormes quantidades de lodo concentrado de acordo com Katheresan; Kansedo e Lau (2018). Tal lodo contribui para o aumento dos custos dessa indústria, pelo fato de possuir elevada umidade e ser encaminhado para tratamento em aterros sanitários. A destinação periódica desse resíduo implica no impacto de diminuição de vida útil do aterro.

Além do lodo, há geração dos seguintes resíduos sólidos; embalagens de sacos plásticos e papelão, sacos de rafia de embalagem do sal comum e de agregados leves; cinzas das caldeiras; bombonas e outras embalagens plásticas dos produtos químicos.

### **5.2 Caracterização da estação de tratamento de efluente da “lavanderia X”.**

Os efluentes da indústria de beneficiamento de jeans apresentam uma composição bastante vasta e complexa devido as suas características físico-químicas variadas e a um extenso número de corantes utilizados em seus diferentes processos.

Os procesos de lavagem e tingimento da indústria do jeans envolvem grandes volumes de águas que, se não receberem o devido tratamento, são altamente prejudiciais para o meio ambiente, em especial o meio aquático, pois as águas residuárias desses processos são despejadas diretamente no Rio Ipojuca (para o caso da lavanderia em estudo).

Devido a esses impactos ao meio natural causados por esses efluentes de lavanderias fez-se necessário implementar meios e técnicas para alcançar uma melhor eficiência no tratamento desses efluentes.

Contudo, somente em 2012 na forma de um acordo celebrado entre as empresas desse ramo de atividade localizadas na cidade de Caruaru e o Ministério Público de Pernambuco que as lavanderias foram convidadas a adotarem medidas para tornarem seus efluentes menos nocivos ao rio sob pena de multa e/ou fechamento de suas empresas. Foi a partir desse entendimento que as lavanderias de beneficiamento de jeans de Caruaru direcionaram seus esforços mais incisivamente no sentido de adequar os processos de tratamento de seus efluentes.

A empresa “Lavanderia X”, objeto desse estudo, possui em suas dependências uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) compacta onde realiza um tratamento primário essencialmente físico-químico com o objetivo de atender as normas e padrões da instituição ambiental reguladora, a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco - CPRH. Dessa forma, viabilizou-se o seu enquadramento aos níveis exigidos de parâmetros de lançamento dos efluentes no Rio Ipojuca.

Abaixo apresenta-se as diferentes etapas e operações que envolvem o tratamento de efluentes da “empresa X”.

A Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos – ETE da “lavanderia X” é constituída de várias operações unitárias de tratamento conforme pode ser verificada abaixo:

- 1 – Tanque de Equalização;
- 2 – Estação Elevatória de Efluente Bruto;
- 3 – Casa de Química;
- 4 – Tanque Floculador Hidráulico;
- 5 – Tanque de Decantação;
- 6 – Filtro de Areia e Carvão Ativado;
- 7 – Adensador de Lodo;

8 – Leito de Secagem;

9 – Área de Estocagem de Lodo.

O processo inicia-se a partir da entrada do efluente bruto (EB) através do gradeamento com 10mm de espaçamento entre as grades e vazão média de entrada de aproximadamente 323 m<sup>3</sup> por dia. A vazão de entrada pode variar de acordo com a demanda do dia.

A principal função da unidade de gradeamento é reter os sólidos de dimensões superiores ao espaçamento das barras, tais como aglomerados de fiapos, trapos, madeira, plásticos, retalhos e qualquer outro acúmulo de produtos. O gradeamento serve como uma primeira filtragem que ajudará a conduzir o efluente por meio das tubulações. As grades, conforme pode ser visualizado na figura 10, devem permitir o escoamento do efluente sem produzir grandes perdas de cargas. Por meio da remoção dos sólidos grosseiros evita-se obstruções e danos aos equipamentos da estação.

Figura 10. Sistema de gradeamento da “ETE X”.



Fonte: Autor (2019).

Após a etapa física de gradeamento, o efluente segue para a caixa de areia. O objetivo da caixa de areia é a retenção de sólidos menores, ela possui velocidade baixa de fluxo o que permite a deposição no fundo através da sedimentação, sem que ocorra remoção conjunta de sólidos orgânicos. A caixa de areia da “ETE X” é do tipo que já vem incorporada à Calha Parshall e padronizada pelo fabricante com largura

de 0,30 m. Uma outra importante função da caixa de areia é garantir que não ocorra assoreamento e abrasão das etapas que vem na sequência.

## 1 – Tanque de Equalização

De acordo com FAVARETTO (2011), o tanque de equalização tem cinco objetivos básicos:

- a) Neutralizar despejos ácidos e alcalinos através da mistura deles;
- b) Minimizar variações de vazão;
- c) Minimizar variações de concentração;
- d) Diluir compostos tóxicos;
- e) Fornecer alimentação contínua aos processos de tratamento posteriores.

A finalidade principal do tanque de equalização é homogeneizar o efluente líquido promovendo um intenso contato das inúmeras características do efluente proveniente do processo de beneficiamento do jeans, tornando-o uniforme em relação a temperatura e pH. Além de ter a função de proteger as bombas, fazendo com que estas não operem a seco.

Para Oliveira (2008), o tanque de equalização é indicado para atenuar as variações das características do efluente, em particular da vazão, das variações de concentração de compostos orgânicos e da concentração de sólidos em suspensão. As vazões bruscas impossibilitam o bom funcionamento das operações subsequentes como floculação, decantação, etc.

O tanque de equalização da “ETE X” é composto de aerador no seu interior de forma a ajudar na oxidação dos compostos orgânicos e inorgânicos aumentando assim a eficácia do tratamento. Com o intuito de regular a vazão de saída constante, o tanque de equalização viabiliza a distribuição igualitária do efluente líquido e assim contribui para sua homogeneização.

As dimensões do tanque de equalização da estação de tratamento são: largura 8m, comprimento 10m, altura 2m e volume útil 160m<sup>3</sup>.

No início do ano de 2019, os gestores da “Lavanderia X” com o intuito de melhorar a qualidade do efluente tratado, optaram pela aquisição e instalação de

difusores de ar (figuras 11 e 12) instalados no fundo da unidade do tanque de equalização e ligados por compressores.

A aeração por ar difuso apresenta alta capacidade de transferência de oxigênio (microbolhas) para a massa líquida. Algumas das principais vantagens são: é anti-corrosivo, fica submerso no fundo evitando zonas mortas e não resfria o efluente favorecendo atividade biológica. Os aeradores por ar difuso favorecem o consumo da carga orgânica presente nos efluentes, e assim contribuem para acelerar a decomposição.

Assim, o difusor possui excelente durabilidade essencialmente por não conferir deposições, entupimentos ou incrustações mesmo sob grande stress.

Figura 11. Difusor de ar visão inferior.



Fonte: Autor (2019).

Figura 12. Difusor de ar visão frontal.



Fonte: Autor (2019).

## 2 – Estação Elevatória de Efluente Bruto

Os efluentes da “lavanderia X” possuem características distintas em cada etapa do processo de beneficiamento que envolve a água, bem como, vazões e volumes diferenciados pelo fato do regime ser intermitente. A estação elevatória foi criada para prover energia hidráulica suficiente para produzir a vazão necessária e constante ao processo de tratamento.

Segundo Buda (2004), as estações elevatórias são geralmente utilizadas para vencer gradientes hidráulicos verificados no processo devido as especificidades na construção da estação. Para CHERNICHARO (2008), as estações elevatórias nascem a partir da necessidade de se transpor uma elevação e quando a declividade do terreno é baixa.

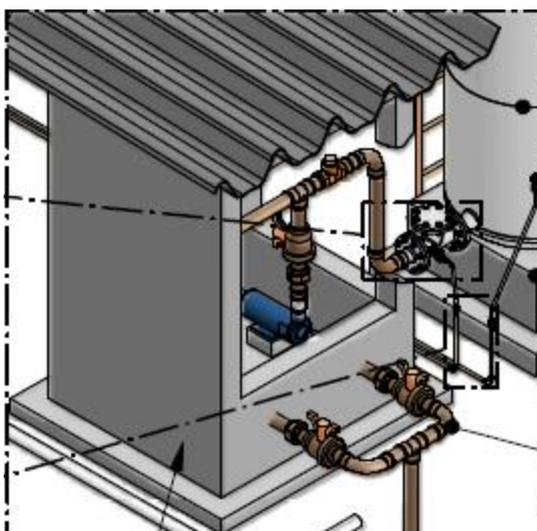
Ainda de acordo com Buda (2004), a elevatória de efluente bruto em uma estação de tratamento é o sistema que transporta o efluente de um ponto a outro por meio do conjunto motor-bomba. O sistema de bombas da estação elevatória da “ETE X” pode ser verificado na figura 13, juntamente com o esquema de tubulações que seguem para dentro do tanque de equalização e também para o tanque flutuador. (figura 14).

Figura 13. Bombas Estação Elevatória.



Fonte: Autor (2019).

Figura 14. Esquema de tubulação estação elevatória.



Fonte: "Lavanderia X", (2018).

Segundo Gurgel (2006), devido ao maior rendimento associado ao menor custo de instalação bem como a melhor operação e manutenção, as bombas centrífugas são as mais encontradas em estações elevatórias, pois leva em consideração também o fornecimento da eletricidade para o motor elétrico.

A Estação Elevatória da "ETE X" é comandada por sensores elétricos e funciona automaticamente através de dispositivos de controle de nível máximo e mínimo instalados no tanque de equalização e no reservatório do tanque de efluente tratado. Para Chernicharo (2008), a variação de nível do líquido é detectada através de sensores de níveis que são ajustados, principalmente, para comandar os pontos de acionamento e desligamento das bombas. Por isso, é de fundamental importância

a frequente verificação do funcionamento elétrico-mecânico das bombas, e dos indicadores de nível da estação elevatória, pois contribuem para o equilíbrio e uniformização da vazão da ETE. A vazão média da estação elevatória da “lavanderia X” é de 24 m<sup>3</sup>/h e é aferida de acordo com a medição do tempo de enchimento do tanque floculador que é de aproximadamente de 12 a 15 minutos.

### **3 – Casa de Química**

De acordo com a CAEMA (2002), a casa de Química constitui-se numa edificação na qual são preparados, dosados e distribuídos os produtos químicos a serem utilizados no tratamento de efluente bruto. De uma maneira mais simples, o local da casa de química diz respeito às instalações para mistura e dosagem e, portanto trata da aplicação dos produtos em solução. Assim, a principal função dessa unidade é a preparação e dosagem dos produtos químicos que são usados na estação de tratamento a partir da agitação e homogeneização dessas soluções.

Para Bavanesco (2018), a casa de química contém no seu interior áreas destinada aos tanques para preparação de soluções químicas, aos equipamentos utilizados na aplicação das soluções e ao armazenamento dos produtos químicos para determinado período de operação da estação de tratamento.

No que diz respeito ao armazenamento dos produtos químicos, a “ETE X” não armazena seus produtos na casa de química. O local de armazenagem desses produtos é no laboratório de química. Os compostos químicos são retirados do laboratório na dosagem correta para inserção nas tinas dosadoras.

A casa de química da “ETE X” é composta de duas tinas de 1.000 litros cada confeccionadas de fibras de vidro e uma bomba dosadora de dois cabeçotes. A vazão nominal por cabeçote é de 0 a 120 L/h de regulagem individual e pressão de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>. Há também na casa de química uma outra tina, um pouco menor, com capacidade de 100 litros dotada de uma bomba dosadora de 01 cabeçote com ajuste independente promovendo a aplicação individual de cada produto conforme pode ser verificado nas figuras 15, 16 e 17).

Os produtos que são utilizados e dosados por meio da Casa de Química da “ETE X” constituem-se em um coagulante orgânico que pode ser o tanino (Tanato Quartenário de Amônio), o Sulfato de Alumínio [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>], a Cal (CaO) e um polímero aniônico. A preparação dessas soluções pode ocorrer da seguinte maneira:

\_para o sulfato de alumínio, coloca-se 500 litros de água limpa na tina de capacidade de 1.000 litros, deposita-se 100 kg de  $Al_2(SO_4)_3$ , completa-se o volume com água e em seguida agita-se por 30 min. ou até a dissolução.

\_para o coagulante orgânico, coloca-se 500 litros de água limpa na tina de capacidade de 1.000 litros, deposita-se 25 kg do tanino, completa-se o volume com água em seguida agita-se por 30 min. No caso da utilização de coagulante orgânico não é necessário a correção do pH para floculação, pois como o tanino é eficaz em uma ampla faixa de pH, torna-se dispensável alcalinizar o efluente com Cal, por exemplo.

\_para a Cal, coloca-se 500 litros de água limpa na tina de capacidade de 1.000 litros, deposita-se 50 kg de Cal granulada, completa-se o volume com água em seguida agita-se por 30 min ou até a dissolução. O óxido de cálcio é utilizado para correção do pH do efluente.

\_e para o polímero aniônico, coloca-se 50 litros de água limpa na tina de capacidade de 100 litros, liga-se o agitador e adiciona-se gradativamente 1.000g do polímero. Completa-se o volume com água e continua com o agitador ligado por uma hora.

A vazão total das dosagens da casa de química é de aproximadamente 202 litros/h. Há alimentação de água limpa do reservatório diretamente para a casa de química. A mistura desses produtos é encaminhada para o floculador por meio de uma placa de orifício montada na tubulação de alimentação do tanque floculador.

Figura 15. Tina de dosagem 1000 litros.



Fonte: Autor (2019).

Figura 16. Tina de dosagem 1000 litros.



Fonte: Autor (2019).

Figura 17. Tina de dosagem 100 litros.



Fonte: Autor (2019).

#### **4 – Tanque Floculador Hidráulico**

Para CAEMA (2002), floculadores têm por finalidade proporcionar a boa formação e desenvolvimento de “flocos” (aglomerados de partículas de coagulantes e matéria em suspensão existente na água), através de processos que produzem agitação na água. Devido ao seu tamanho e densidade, os “flocos” sedimentam-se ou decantam-se facilmente. Os floculadores podem ser mecanizados ou não.

Conforme Júnior (2009), os floculadores hidráulicos são dispositivos que utilizam a energia hidráulica dissipada em forma de perda de carga no fluxo da água através de um tanque, canal ou canalização para promover a formação dos flocos.

De acordo com Santos (2019), nos floculadores hidráulicos a agitação da água é feita pela mudança de direção da mesma, na horizontal ou na vertical, sendo que esse deslocamento pode ser feito por meio de tubulações com mudanças de direção ou utilizando chicanas.

Rubim (2013) coloca que a unidade de floculação recebe a água coagulada e nela é continuado o processo de aglutinação das impurezas. Enquanto a finalidade dos coagulantes é gerar os flocos através da desestabilização das partículas, os agentes floculantes, adicionados na unidade de floculação, tem função de aumentar o diâmetro e peso desses flocos. Esse aumento ocorre nos floculadores por meio de tubulações (ou chicanas) que apresentam baixos gradientes de velocidade, já que flocos maiores não suportam grandes agitações.

O tanque de floculação é onde ocorre a coagulação e a floculação química, a partir da formação e crescimento de partículas (flocos) que favorecem a decantação dos mesmos reduzindo substancialmente a cor do efluente.

A “ETE X” possui apenas uma unidade de tanque de floculação. O tanque possui dreno de limpeza que é usado periodicamente nas paradas programadas de manutenção. Possui também ponto de amostra de efluente para a verificação dos níveis de floculação.

O tanque da lavanderia em questão, é provido com 4 bandejas perfuradas com fluxo vertical ascendente. Foi confeccionada a partir de fibras de vidro e possui as seguintes dimensões:

\_diâmetro = 1m;

\_altura útil = 5m;

\_altura total = 5.20m;

\_volume útil = 3.927 m<sup>3</sup>;

\_tempo de detenção de aproximadamente 12 a 15 min.

## **5 – Tanque de Decantação**

De acordo com CAEMA (2002), os decantadores constituem-se em unidades de tratamento onde se processa a sedimentação das partículas em suspensão, existentes no efluente. A sedimentação num processo de tratamento de efluente pode ser dos tipos:

– simples: realizada através de tanques de decantação que promovam a diminuição da velocidade de escoamento das águas e assim forçando o movimento descendente das partículas em suspensão;

– com coagulação: feita com o auxílio de coagulantes, como sulfato de alumínio e cal.

Os tanques de decantação tem por objetivo decantar as partículas coloidais e/ou aglomeradas em flocos provenientes do tanque floculador hidráulico. Os tanques de decantação da “ETE X” operaram em regime contínuo e com baixa velocidade de fluxo que por um lado favorece a formação de lodo (que é encaminhado através de dreno localizado no fundo do tanque) e por outro lado entrega um efluente relativamente límpido e com baixa turbidez que seguirá para o tanque de efluente tratado.

O volume de lodo que se acumula no fundo do tanque é encaminhado para o adensador de lodo por meio de descargas periódicas. Na “ETE X” a operação de descarga do lodo ocorre por batelada várias vezes por semana, de acordo com a demanda. A abertura do dreno é realizada de forma lenta e gradual para não causar agitação ao lodo assentado, podendo o nível de lodo ser monitorado pelo ponto de amostra localizada no final da parte cônica do decantador (figura18).

O efluente decantado já clarificado segue para o filtro de areia para a remoção das partículas em suspensão não sedimentáveis que ainda persistirem.

A “ETE X” possui dois Tanques de Decantação de Fluxo Ascendente confeccionados em Fibra de Vidro, com as seguintes características:

- ✓ Diâmetro = 3,00 m;
- ✓ Altura Cilíndrica = 2,22 m, espaço vazio = 0,10 m;
- ✓ Altura do Fundo Cônico = 0,62 m;
- ✓ Altura Total = 2,84 m;
- ✓ Tubulação de Entrada = 150 mm;
- ✓ Tubulação de Saída = 75 mm;
- ✓ Dreno de Lodo = 150 mm;
- ✓ Tempo de Detenção = 80 min.;
- ✓ Volume Total: 16,61 m<sup>3</sup>.

Figura 18. Decantador da Estação de Tratamento de Efluente da “Lavanderia X”.



Fonte: Autor (2019).

## 6 – Filtro de Areia e Carvão Ativado

O filtro de areia pode ser utilizado quando se deseja um sistema de tratamento também simplificado. Seu funcionamento baseia-se na aplicação intermitente de afluente sobre a superfície de um leito de areia por meio de uma tubulação de distribuição. Durante a infiltração do líquido incide a purificação por mecanismos físicos, químicos e biológicos (AUSLAND et al., 2002). Para Júnior (2010) o filtro de areia consiste em fazer a água passar por um meio granular de areia grossa, areia fina e brita com a finalidade de reter nesses materiais seus resíduos sólidos.

De acordo com a NBR 13969:1997, os filtros de areia são leitos preenchidos por areia e outros materiais filtrantes, onde a depuração ocorre por mecanismos físicos e químicos, e por microorganismos que se desenvolvem no meio granular, cuja

alimentação poderá ser realizada por fluxo intermitente descendente e o efluente tratado captado pelo fundo drenante.

O filtro de areia da “ETE X” foi projetado para reter no seu meio poroso as partículas em suspensão, micro-flocos remanescente do tanque de decantação e matéria orgânica, proporcionando a reutilização da água no processo. Os filtros de areia são bastante eficazes na contenção de partículas sólidas em suspensão como silte e areias finas operando no fluxo descendente a baixa taxa de filtração.

A operação unitária referente ao filtro de areia da “ETE X” funciona de forma contínua, recebendo efluente proveniente do tanque de decantação. É construído de alvenaria e possui as seguintes características:

- Vazão Nominal = 20,202 m<sup>3</sup>/h
- Taxa de Filtração = 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h
- Superfície de filtração = 4,04 m<sup>2</sup>
- Comprimento = 2,70 m
- Largura = 1,50 m
- Área adotada = 4,05 m.

Gomes (2015) afirma que os filtros são capazes de remover o material particulado suspenso (orgânico e inorgânico, bem como DBO particulada) por processos de tratamento químico, físico e biológico. Segundo Imhoff (1996), a eficiência dos filtros de areia é muito elevada, a redução da DBO pode atingir valores em torno de 90% e da contagem de bactérias de 95%.

Com relação ao meio filtrante do filtro de areia da ETE X, é composta por camadas de sustentação de seixo e cascalho da camada principal que é a areia de quartzo com tamanho efetivo de 0,50 mm. Para Júnior (2010) é necessário levar em conta o tamanho das partículas de areia na construção deste filtro, pois é o meio granular que afetará a vazão. Já Pizarro (1996), trabalhando com filtros de areia, recomendou espessura de camada entre 0,4mm e 0,6 mm. O autor afirma que existe um valor crítico para a espessura do meio filtrante a partir do qual a qualidade do efluente filtrado não apresenta melhora, mas somente aumenta o tempo de contaminação total, requerendo limpezas mais frequentes.

Granulometria do filtro de areia da “ETE X”:

1ª Camada: Seixo de 25 a 38 mm com altura de 0,20 m

2ª Camada: Seixo de 13 a 25 mm com altura de 0,20 m

3ª Camada: Seixo de 6 a 13 mm com altura de 0,20 m

4ª Camada: Cascalho de 3 a 6 mm com altura de 0,20 m

5ª Camada: Cascalho de 1 a 3 mm com altura de 0,20 m

6ª Camada: Areia Fina de 0,50 e 1,8 com altura de 0,40 m

Altura Total do Meio Filtrante = 0,925 m

Altura da Lâmina d'água sobre o meio filtrante = 0,10 m

Altura Total do Filtro = 1,50 m

Vermerein & Jobling (1984) recomendam que a altura da camada filtrante dentro do filtro não deve exceder de 0,5 a 1,0 m, de forma a impedir a formação de espaços com agregados de maior tamanho reduzindo a eficiência de remoção das impurezas do filtro.

Para Page et al. (1996), a introdução de uma camada de carvão ativado granular no leito de areia nos filtros tem sido utilizada com o objetivo de adequar a filtração na remoção de orgânicos. De acordo com Dussert e Tramposch (1996), o carvão ativado granular, devido a sua porosidade, área superficial e rugosidade, tem a capacidade de servir como suporte para uma densidade alta de microrganismos, quando comparado com os materiais filtrantes, como areia e antracito.

Na "ETE X", após a sedimentação do leito filtrante, o lodo formado em sua superfície é removido e encaminhado para os leitos de secagem. Essa operação é efetuada numa parada programada para manutenção do sistema.

## **7 - Adensador de Lodo**

A estação compacta de tratamento de efluentes da "Lavanderia X" possui um tanque adensador, conforme pode ser verificado na figura 19, construído a partir de fibras de vidro com formato cilíndrico vertical e fundo em tronco de cone. Seu principal objetivo é reter e adensar no seu meio, todo o lodo proveniente do tanque de decantação que na sequência é encaminhado para os leitos de secagem.

Figura 19. Adensador de Lodo da “ETE X”.



Fonte: Autor (2019).

Para Alves (2019) o adensamento de lodos oriundo de estações de tratamento busca objetivamente reduzir consideravelmente o máximo de água dos resíduos (lodo), ou seja, aumentando sua concentração para diminuir custos e operações no leito de secagem.

O adensamento por gravidade é um método de pré - tratamento mecânico do lodo gerado em ETEs, visando melhorar as condições operacionais na etapa seguinte de tratamento (ALVES, 2019).

O Tanque Adensador de Lodo da “ETE X” possui sistema de operação contínuo, sendo abastecido por gravidade a partir de descargas periódicas advindas do fundo do Tanque de Decantação, operando por regime de batelada. Segundo Richter (2001), o adensamento por gravidade é normalmente um processo contínuo e

os adensadores contínuos são geralmente circulares, assemelhando-se aos clarificadores ou decantadores de manto de lodos, o que de fato são.

Na “lavanderia X”, o lodo é descartado periodicamente sendo a descarga também realizada por batelada. A periodicidade de descarga depende da demanda semanal. A descarga dar-se de maneira lenta e gradual e segue através do canal de lodo que posteriormente encaminha-se aos leitos de secagem.

Seguem abaixo algumas das principais dimensões do equipamento:

Diâmetro = 3,00 m

Altura cilíndrica = 0,70 m onde 0,1m é livre

Altura do fundo em tronco de cone = 1,23 m

Inclinação do fundo = 55,30°

Diâmetro da base menor do fundo do tronco de cone = 0,30 m

Altura total = 1,93 m

Volume da parte cilíndrica = 4,24116 m<sup>3</sup>

Volume do fundo em tronco de cone = 3,21692 m<sup>3</sup>

Volume total = 7,45808 m<sup>3</sup>

Diâmetro do dreno de lodo = 150 mm

## **8 – Leito de Secagem**

O IBGE (2015) relata que apesar do uso das tecnologias mecanizadas terem aumentado nos últimos anos, ainda existe a tendência de se optar pelo leito de secagem para o desaguamento de lodo em estações de tratamento de efluentes, visto que o clima do país é propício a secagem natural.

Os leitos de secagem são constituídos por tanques rasos e o processo de desaguamento consiste em sedimentação, drenagem e evaporação (CAETANO, 2018). Tem como finalidade a retenção do lodo proveniente do adensador com o objetivo de desidratá-lo a partir da incidência solar direta. A parte líquida é direcionada para a o corpo receptor (neste caso é o Rio Ipojuca) e a parte sólida é removida para a área de estocagem. Vale salientar que a “lavanderia X” possui um filtro instalado no final do leito de secagem para que a parte líquida que é descartada possua qualidade ainda melhor.

O leito de secagem que é parte integrante da estação de tratamento da “lavanderia X” opera por batelada recebendo todo o lodo adensado advindo do tanque

adensador. É construído de alvenaria e dispõe de leito fixo de areia e tijolo. A área de construção do leito de secagem possui 12,50 m<sup>2</sup> distribuídos em quatro leitos. Cada leito possui as seguintes dimensões:

- Largura = 2,50 m;
- Comprimento = 5,00 m;
- Altura total do leito de secagem = 1,35 m.

A vazão média de saída do leito de secagem é de 14 a 16 m<sup>3</sup>/d, e o período de exposição é de aproximadamente 3 dias.

De acordo com a ABNT (2011), o leito de secagem é caracterizado por um tanque retangular e possui uma camada filtrante que pode ser areia ou brita que viabiliza a drenagem da água. No caso do leito da “ETE X”, o meio filtrante é composto por cinco camadas dispostas da seguinte maneira:

- 1ª Camada: brita de 25 a 38 mm com altura de 0,015 m;
- 2ª Camada: brita de 13 a 25 mm com altura de 0,20 m;
- 3ª Camada: brita de 6 a 13 mm com altura de 0,10 m;
- 4ª Camada: areia Grossa de 1 a 3 mm com altura de 0,05 m;
- 5ª Camada: tijolo de 7 cm x 10 cm x 22 cm;
- Altura total do leito filtrante = 0,57 m.

## **9 – Área de Estocagem de Lodo**

A área de estocagem de lodo da “lavanderia X” está localizada na parte externa da empresa próxima aos leitos de secagem. É construída de alvenaria e forrada com telhas brasilit, pois evita molhar o lodo em períodos de chuva. Possui área de estocagem de aproximadamente 30 m<sup>2</sup>.

A área é destinada ao armazenamento do lodo proveniente do leito de secagem e também tem a finalidade de completar a desidratação do lodo formando uma “torta” seca. O lodo é armazenado em sacos de ráfia e a capacidade de estocagem é de aproximadamente 5 dias. Uma vez seco, o lodo é removido manualmente por empresa especializada, contratada pela lavanderia, que encaminha esse resíduo devidamente.

Segue esquema do balanço hídrico e planta baixa da ETE (Figura 20 e 21):

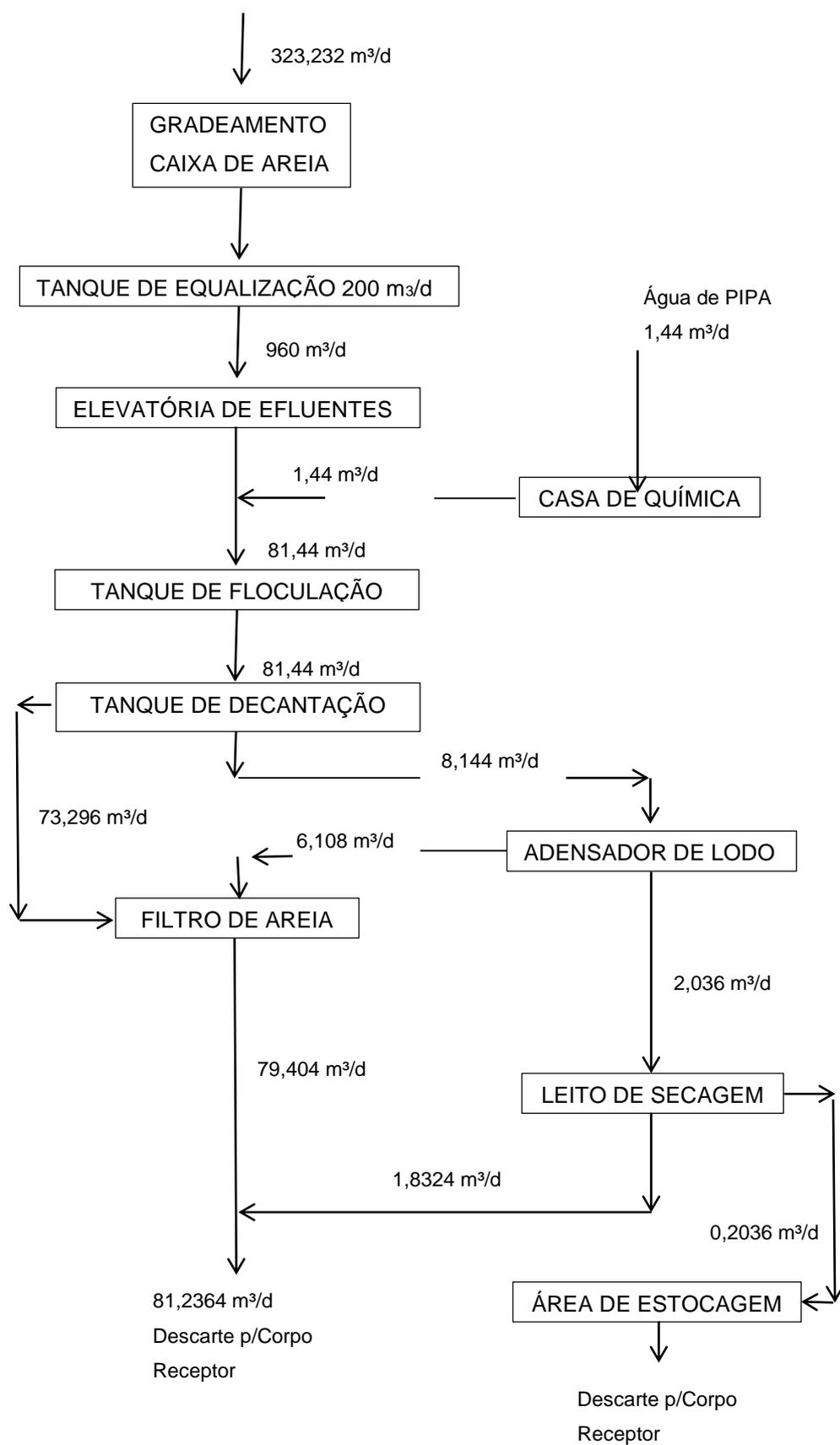


Figura 20. Planta baixa da área de estação de tratamento de efluentes da “Lavanderia X”.

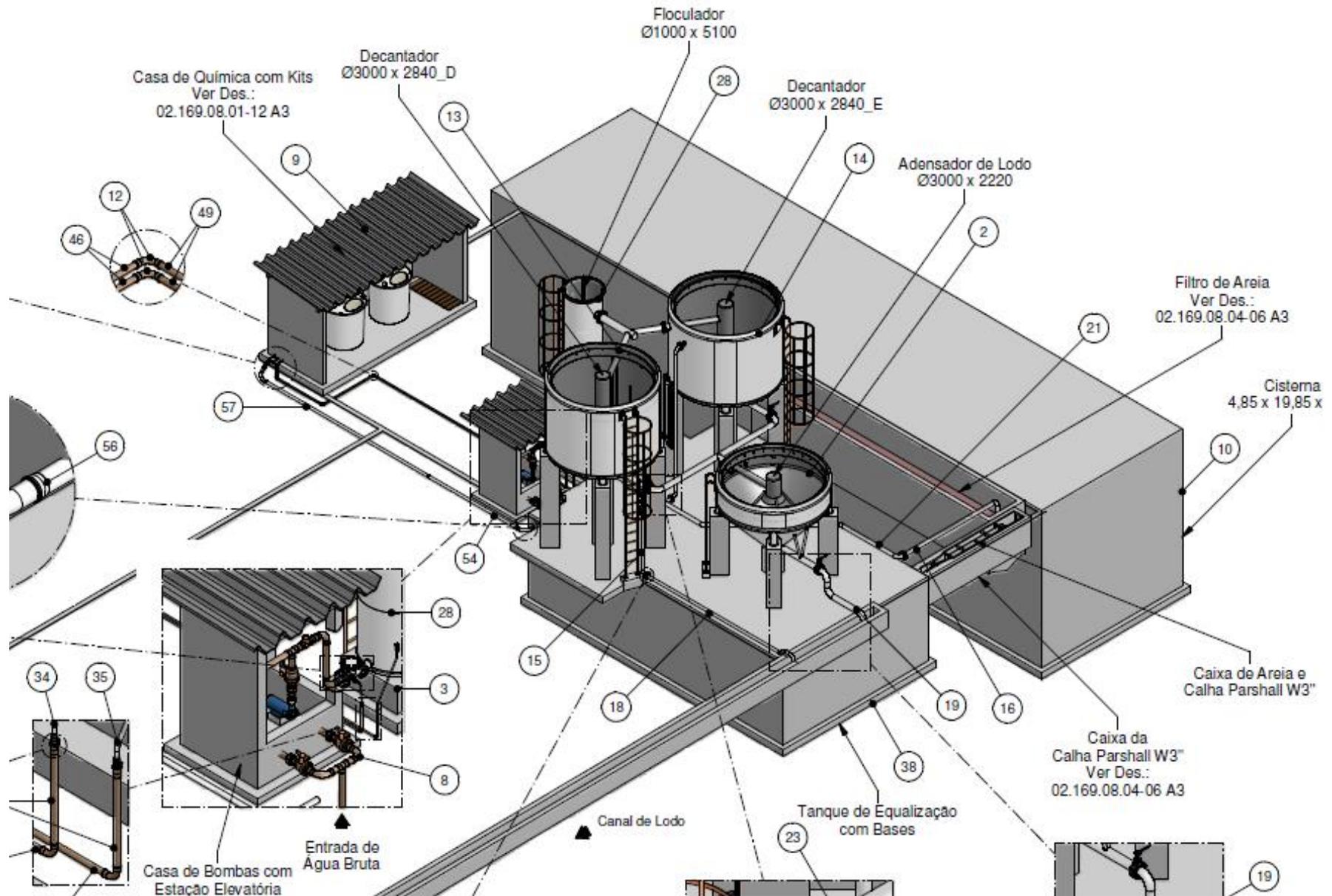
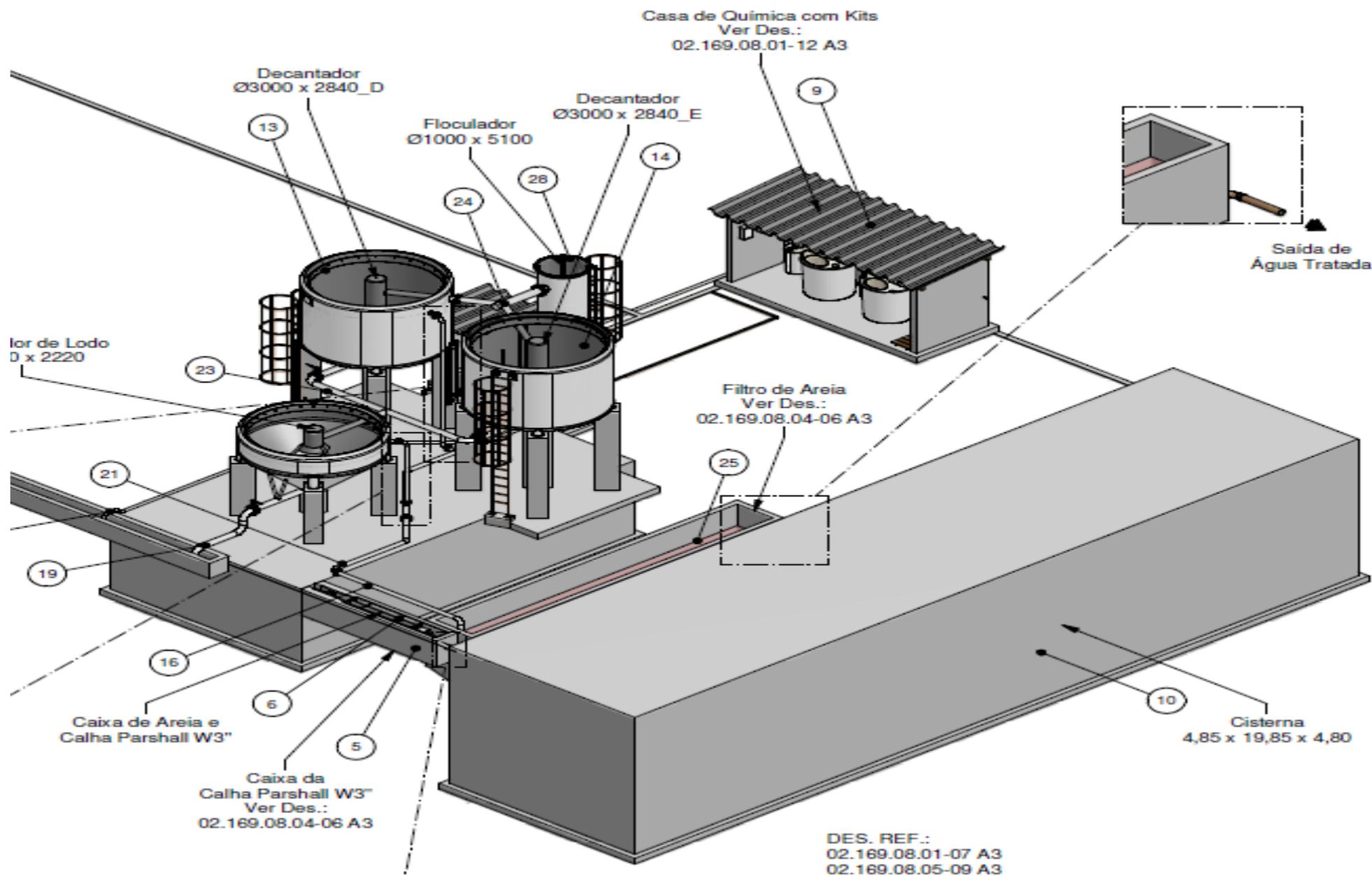


Figura 21. Planta baixa da área de estação de tratamento de efluentes da "Lavanderia X".



Fonte: "Lavanderia X" (2018).

## 5.2 Análise da eficiência do tratamento dos efluentes

### 5.2.1 Caracterização dos efluentes brutos e tratados

Para fins de simplificação serão utilizadas algumas abreviações para os seguintes termos:

- Efluente Bruto – EB;
- Efluente Tratado – ET
- Temperatura – T;
- Sólidos Suspensos Totais – SST;
- Sólidos Sedimentáveis – SSed;
- Óleos e Graxas – O&G.

O objetivo dessa seção consistiu em analisar os resultados finais dos parâmetros citados a seguir com os padrões de lançamentos de efluentes permitidos pela legislação CONAMA 430/2011 e a norma técnica nº 2.001/03 emitida pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH).

Para caracterizar os efluentes foram utilizados os resultados das análises físico-químicas e a compilação desses dados encontra-se na tabela 01. Os resultados são pontuados para os meses de janeiro a dezembro de 2018 sendo os parâmetros analisadas: DBO (EB, ET e Eficiência), DQO (EB, ET e Eficiência), SSed, SST, T, pH e O&G (EB e ET).

As médias de um ano das análises para todos os parâmetros também foram realizadas. Conforme consta na tabela 1, a DBO registrou média de 535,3 mg/L para o EB e 136,5 mg/L para o ET. A autora Zagonel (2015) encontrou em seu trabalho desenvolvido em uma estação de tratamento de águas residuárias de uma lavanderia de beneficiamento de jeans no estado de Santa Catarina, médias de DBO de 206,9 mg/L para EB e 116,1 mg/L para ET, apresentando valores próximos aos do estudo para o efluente tratado.

A média anual para a DQO foi de 1542,7 mg/L para EB e 409,6 mg/L para ET. Zagonel (2015) encontrou valores com diferença significativa sendo 689,65 mg/L para EB e 121,37 para ET, indicando que há necessidade de alterações no processo pois os valores estão muito elevados. Já Hassemer e Sens (2002) em seus experimentos sobre tratamento de efluentes têxteis, encontraram o seguinte valor médio para o

efluente bruto 961 mg/L, estando este valor um pouco mais próximo do encontrado para a “lavanderia X”.

Tabela 1. Resultados obtidos das análises físico-químicas.

MESES	DBO – EB	DBO – ET	DBO – Eficiên cia	DQO – EB	DQO – ET	DQO – Eficiên cia	SSED- EB	SSED - ET	SST – EB	SST - ET	T - EB	T - ET	pH - EB	pH - ET	O&G - EB	O&G - ET
<b>JAN</b>	874	172	80	2175	476	78	12,00	0,00	2675	45	29	27	5,3	6,9	97	10
<b>FEV</b>	775	158	79	2150	475	77	10,00	0,00	7330	73	29	27	6,3	7	251	43
<b>MAR</b>	704	162	76	2165	482	77	12,00	0,00	7380	69	29	27	6,5	6,9	252	42
<b>ABR</b>	723	165	77	2145	487	77	8,00	0,00	6035	28	29	27	4,9	5,9	109	100
<b>MAI</b>	751	157	79	2115	475	77	4,00	0,00	457	120	30	28	5,1	5,7	233	13
<b>JUN</b>	642	137	78	1900	412	78	6,00	2,00	184	66	30	28	5,7	5,8	101	33
<b>JUL</b>	371	138	62	1100	427	61	6,00	0,00	138	11	32,9	31,4	6,5	6,1	191	31
<b>AGO</b>	268	132	50	804	392	51	96,00	1,00	1180	56	29,4	27,3	6,2	6,1	260	36
<b>SET</b>	421	82	80	1243	248	80	8,00	0,00	146	14	29	28	6,6	6,9	82	17
<b>OUT</b>	222	85	61	646	278	56	7,00	0,00	56	11	31	28,9	5,3	5,6	102	47
<b>NOV</b>	317	130	58	969	383	60	47,00	0,00	437	29	33,2	31,2	6,4	6,4	364	173
<b>DEZ</b>	355	120	66	1100	380	65	45,00	0,00	400	48	32	30	6,8	7,5	300	71
<b>MÉDIA</b>	535,3	136,5	70,5	1542,7	409,6	69,8	21,8	0,25	2201,5	47,5	30,3	28,4	5,9	6,4	195,2	51,3

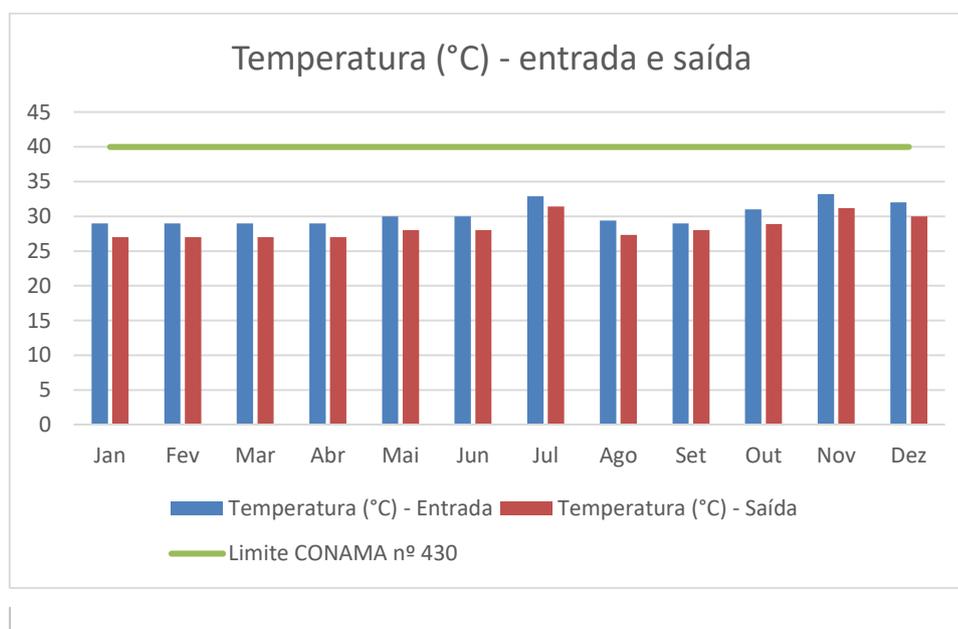
Fonte: Autor (2019).

Obs: Unidade de medida: mg/L, exceto sólidos sedimentáveis (SSED) que é mL/L; temperatura em °C.

Os valores de Temperatura dos EB e ET mais elevados foram registrados no mês de novembro, correspondendo a 33,2°C e 31,2°C, atendendo ainda assim ao limite exigido pela Legislação. Resultados semelhantes obtidos por Zagonel (2015) mostram que a temperatura de descarte de águas residuárias tratadas em lavanderias de Santa Catarina também respeitam os níveis requeridos pela Resolução CONAMA nº. 430/11 e pela Lei nº 14.675/2009 (SC).

Para a “ETE X”, os resultados para a temperatura dos efluentes brutos e tratados estão em compatibilidade com a legislação federal, CONAMA nº 430/11, mantendo durante o ano os valores dentro do limite estabelecido de 40°C (Figura 22). A norma técnica nº 2.001/03 da CPRH não faz menção a este parâmetro.

Figura 22. Temperatura dos efluentes bruto e tratado.



Fonte: Autor (2019).

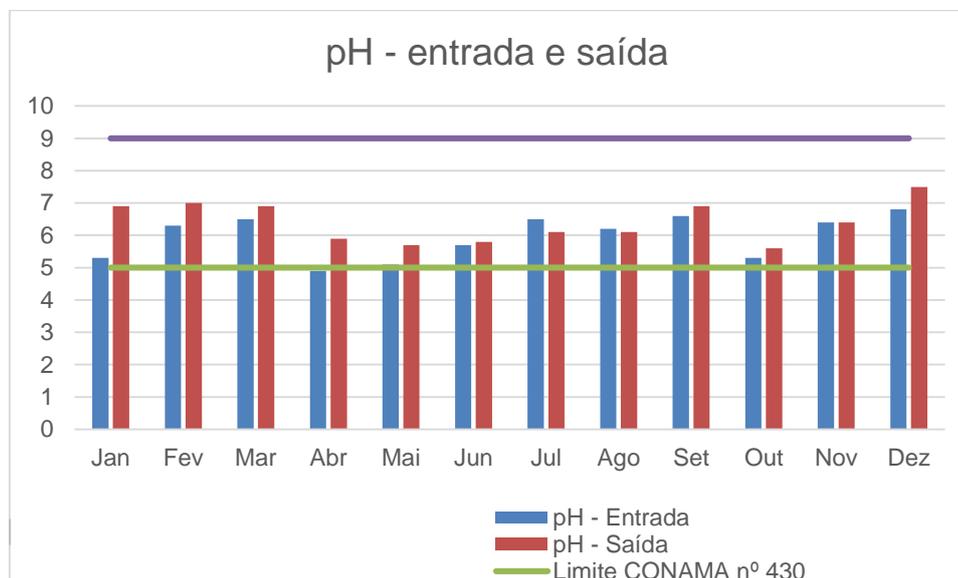
Em algumas pesquisas, a Temperatura não é monitorada em estudos sobre o tratamento dos efluentes de lavanderias industriais, em virtude do efluente sempre ser descartado a temperatura ambiente (BUSS et al., 2015).

O pH influencia o ecossistema aquático, porque causa efeitos a fisiologia das diversas espécies (CESTEB, 2015). Por isso a importância e necessidade de monitoramento desse parâmetro.

Os valores registrados para o pH na “ETE X” encontram-se dentro dos limites da resolução CONAMA nº 430/11 que estabelece valores entre 5 e 9. A média do pH

de entrada foi de 5,9 e a média da saída foi 6,4 (Figura 23). A norma técnica nº 2.001/03 da CPRH não faz menção a este parâmetro.

Figura 23. pH dos Efluentes brutos e dos efluentes tratados.

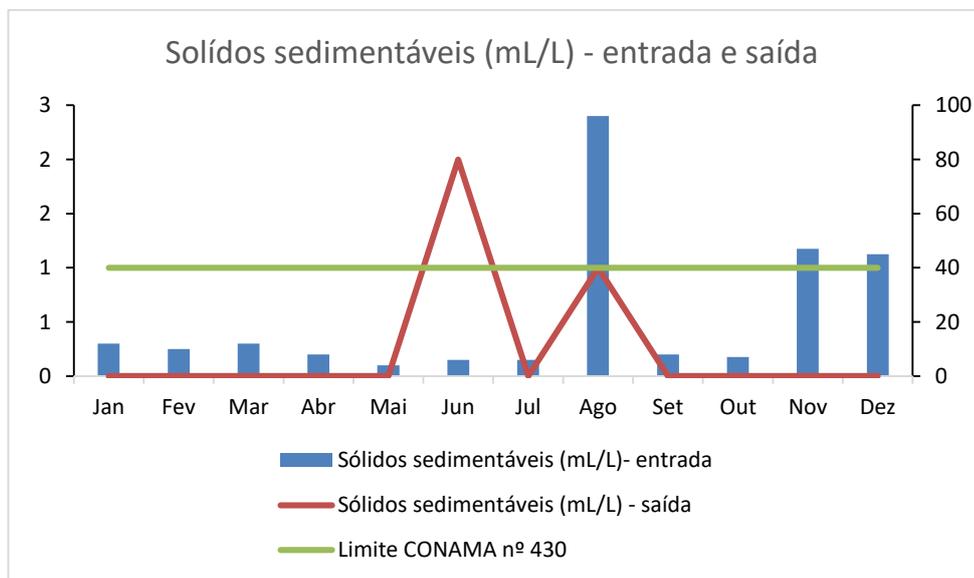


Fonte: Autor (2019).

A média de pH do ET é 6,4. Este valor se assemelha aos dados encontrados por Ntulli et al., (2009) que observaram valores de pH entre 5,2 e 11,8. Os dados de Zagonel (2015) mostram média de 6,56 para EB e 5,7 para ET o que corrobora para os resultados encontrados

Para a concentração dos sólidos sedimentáveis foram encontradas médias de 21,8 mL/L para o EB e 0,25 mL/L para o ET (Figura 24). A legislação federal, CONAMA nº 430/11 estabelece o limite de até 1 mL/L, portanto a média da concentração de sólidos sedimentáveis do ET está em compatibilidade com a legislação.

Figura 24. Sólidos sedimentáveis dos Efluentes Bruto e Tratados.

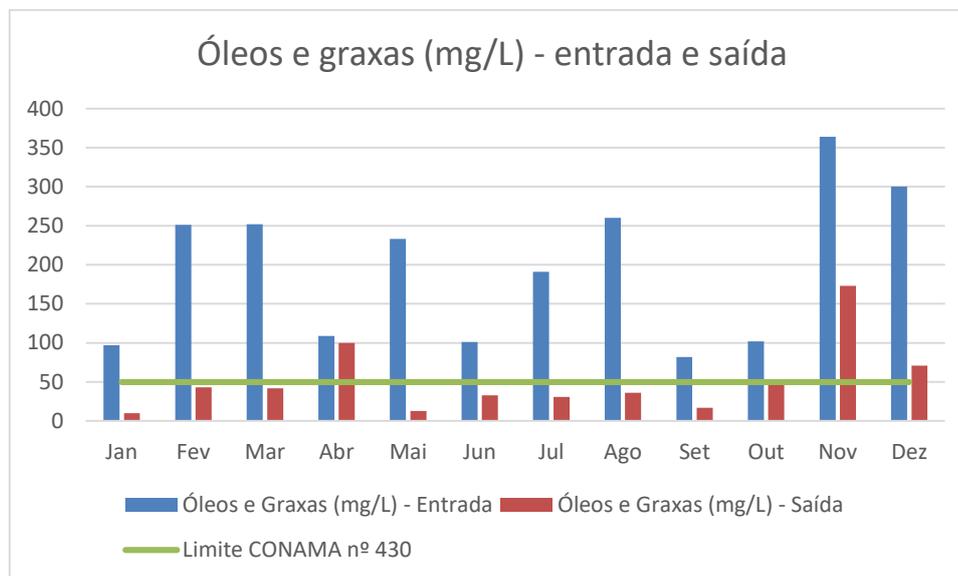


Fonte: Autor (2019).

É possível identificar que apenas no mês de junho/18 ultrapassou-se o limite, pois o resultado foi 2 mL/L. Isso ocorreu porque no referido mês houve uma demanda maior de processamento de peças. A correção da quantidade de coagulantes/floculantes utilizada na “ETE X” para o mês de junho/18 não foi congruente com o aumento de demanda, portanto as partículas de sólidos que apresentaram maior densidade que a massa líquida não sedimentaram como deveriam. A norma técnica nº 2.001/03 da CPRH não faz menção a este parâmetro.

De acordo com a figura 25, é possível observar que nos meses de abril, novembro e dezembro os valores referentes ao efluente tratado para óleos e graxas não conseguiram atender aos padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 430/11. O limite definido para tal parâmetro é de 50 mg/L e os valores para os meses citados foram 100 mg/L, 173 mg/L e 71 mg/L respectivamente. Ribeiro (2017) em seu experimento com tanino (tanato quaternário de amônio) no tratamento de efluentes de lavanderia industrial conseguiu atingir um percentual considerável de redução de óleos e graxas de suas amostras, de 39.500 mg/L para 18 mg/L.

Figura 25. Óleos e Graxas.



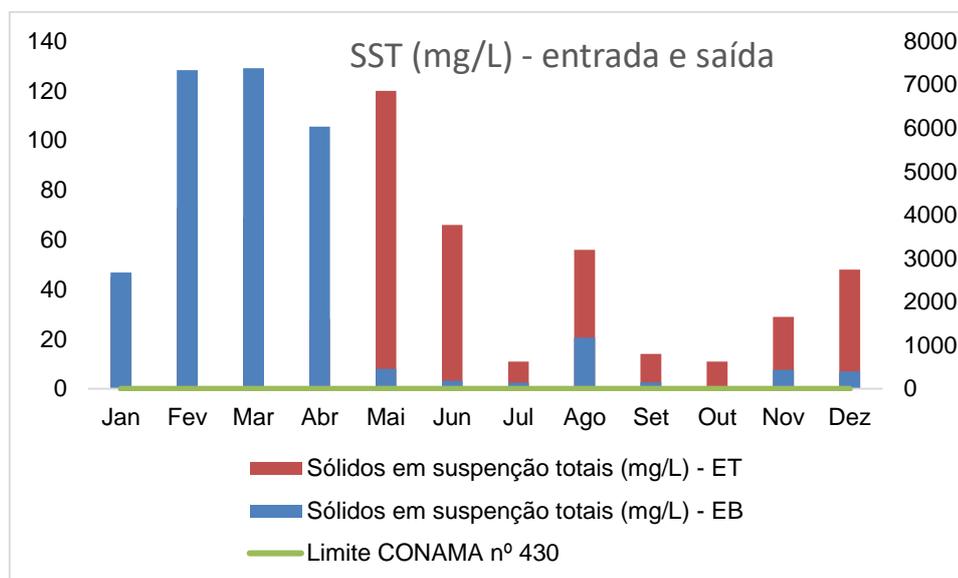
Fonte: Autor (2019).

A “ETE X” faz uso de polímero (coagulante) em sua operação na estação, contudo sugere-se a avaliação da escolha do tipo de produto. O ajuste no produto pode aumentar o percentual de eficiência de remoção de óleos e graxas do efluente.

Por fim, verificou-se que a média anual foi relativamente satisfatória atingindo 51,3 mg/L para o efluente tratado, aproximando-se bem do valor máximo solicitado pelo CONAMA 430/11.

Como pode ser observado na figura 26, em nenhum dos meses do ano de 2018 a “ETE X” conseguiu alcançar os padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 430/2011. De acordo com a resolução mencionada, o limite máximo tolerável para o parâmetro Sólidos Suspensos Totais é zero, ou seja, ausência de matérias flutuantes. A norma técnica nº 2.001/03 da CPRH não faz menção a este parâmetro.

Figura 26. Sólidos suspensos totais para efluente bruto e tratado.



Fonte: Autor (2019).

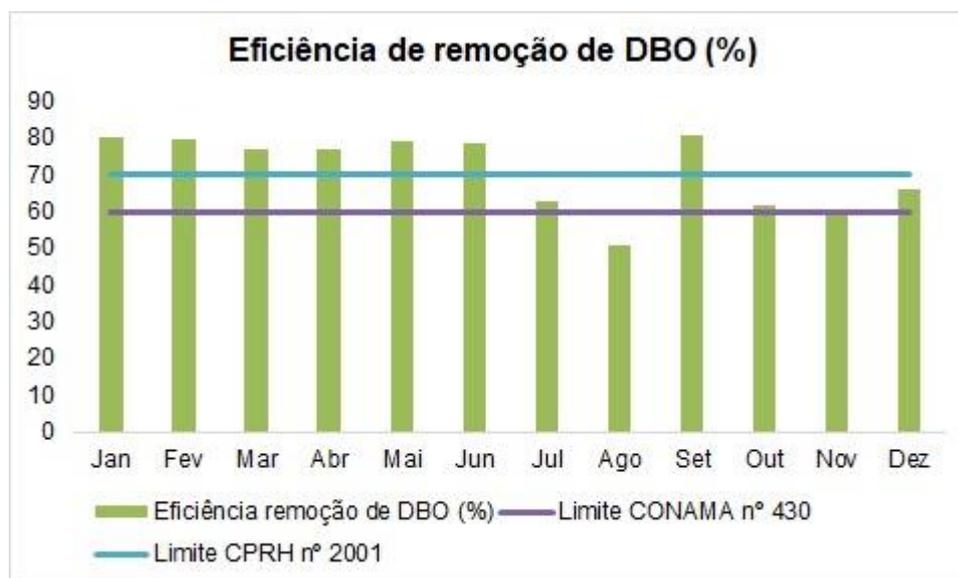
A estação de tratamento da “lavanderia X” obteve as seguintes médias: 2201,5 mg/L para o efluente bruto e 47,5 mg/L para o efluente tratado. Os autores abaixo também obtiveram valores elevados.

Zagonel (2015) em seu trabalho investiga a eficiência de uma estação de tratamento de uma lavanderia de beneficiamento de jeans em SC e obteve os seguintes resultados médios para esse parâmetro: 488,40 mg/L para o efluente bruto e 6,63 mg/L para o efluente tratado. Ribeiro (2017) encontrou os seguintes valores para os sólidos suspensos totais: 3,250 mg/L para o efluente bruto e valores entre 65 a 80 mg/L para o efluente tratado. O autor ainda coloca que esses valores altos de sólidos suspensos totais sugerem elevadas cargas de contaminantes inorgânicos.

### 5.2.2 Eficiência do tratamento

A eficiência da remoção de DBO (%) para o período de janeiro a dezembro de 2018 é apresentada na figura 27.

Figura 27. Eficiência de remoção de DBO



Fonte: Autor (2019).

O limite estabelecido pela legislação federal (CONAMA nº430/11) de remoção mínima de 60% é atingindo na maioria dos meses exceto para os meses de agosto e novembro que obteve 50% e 58% respectivamente.

A legislação estadual (CPRH nº 2.001/03) estabelece padrões mais rígidos, pois o percentual de remoção mínimo exigido é de 70% para empresas com carga orgânica bruta (biodegradável) inferior a 100 kg por dia e é ainda mais incisiva quando as fontes poluidoras produzem carga orgânica igual ou superior a 100 kg por dia, pois a eficiência mínima de remoção deve ser de 90%.

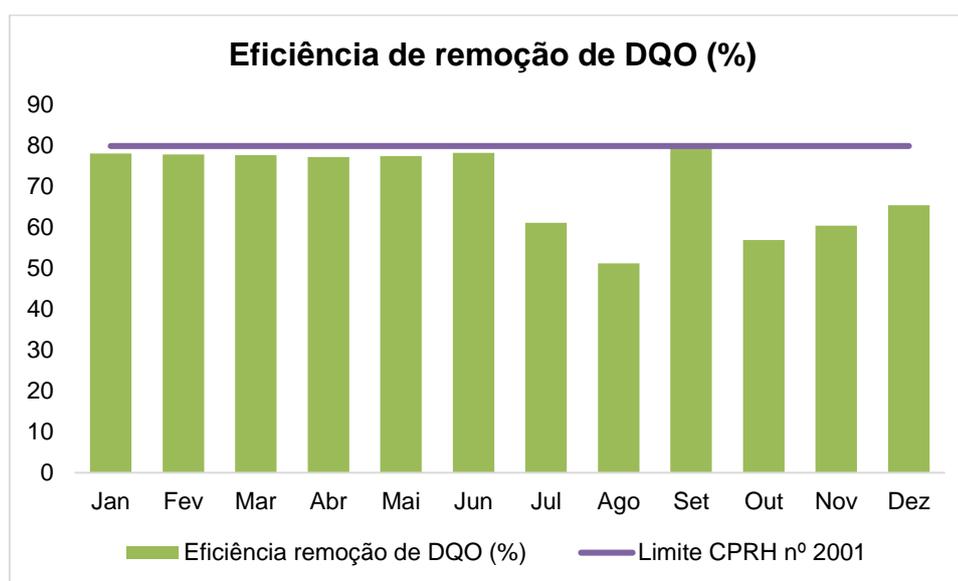
A produção de carga orgânica bruta da “lavanderia X” é inferior a 100 kg/dia, portanto enquadra-se no percentual de remoção de 70%. A empresa X, não conseguiu atingir a meta mínima nos meses de julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2018. Isso se deu essencialmente devido a um aumento de demanda e consequentemente ao fato da estação não comportar eficientemente esse aumento. Contudo, ao perceber esse déficit, os gestores da empresa X providenciaram intervenção na ETE. Introduziram no fundo do tanque de equalização discos difusores de ar. Essa ação ajudou substancialmente a elevar a eficiência de remoção no ano de 2019.

Zagonel (2015) encontrou em sua pesquisa valores médios de DBO<sub>5</sub> muito parecidos com os da “lavanderia X”. Para o efluente bruto foi 206,89 mg/L e para o

efluente tratado foi 116,10 mg/L enquanto a “ETE X” obteve 535,3 mg/L para o efluente bruto e 136,5 para o efluente tratado.

A eficiência da remoção de DQO (%) para o período de janeiro a dezembro de 2018 é apresentada na figura 28.

Figura 28. Eficiência de remoção de DQO.



Fonte: Autor (2019).

A resolução do CONAMA 430/11 não estipula índices mínimos de eficiência de remoção para o parâmetro DQO. Contudo, é na norma técnica da CPRH nº 2.001/03 que se estabelece o valor de 80% de redução de DQO para efluentes da indústria têxtil. As lavanderias de beneficiamento de jeans enquadram-se nesse contexto.

Os valores indicam que apenas no mês de setembro o limite da CPRH nº 2.001/03 foi atendido, sendo necessárias mudanças no processo produtivo ou no controle de efluentes.

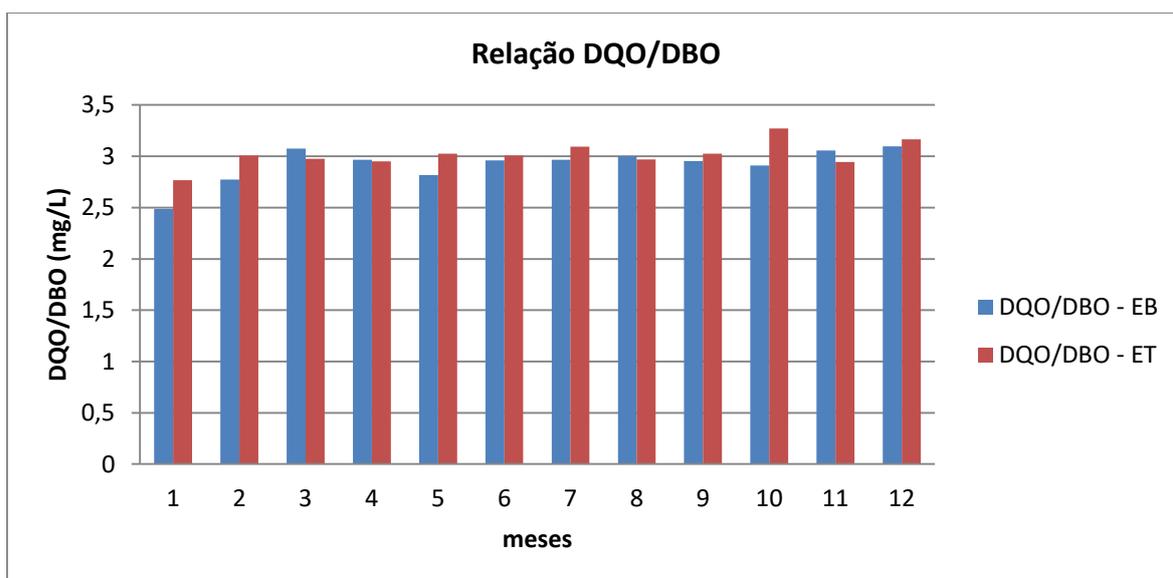
De acordo com o estudo de Zagonel (2015), os valores médios obtidos para o efluente bruto foi 690 mg/L e 126,63 mg/L enquanto que os valores médios da “lavanderia X” foram 1542,7 mg/L para o efluente bruto e 409,6 mg/L para o efluente tratado. Os valores elevados de DQO referente aos processos da estação de tratamento evidenciam que as atuais operações unitárias não estão sendo suficientemente eficazes em atender os critérios exigidos pelo órgão ambiental fiscalizador. Sugere-se intervenções pontuais ou uma combinação de ações pontuais para a melhoria da eficiência de remoção.

Ribeiro (2017) em seu trabalho sobre tratamento de efluentes têxteis com tanino e hemiceluloses catiônicas obteve os seguintes valores médios de DQO: 81,100 mg/L para o efluente bruto e 300 mg/L para o efluente tratado com percentual de redução da ordem de 99,63%. Já Ribeiro (2018) em seu estudo sobre Análise do reuso de efluente de lavanderia de jeans tratado por fotocatalise heterogênea obteve índices de remoção bem próximos dos valores exigidos pela CPRH. Os resultados de remoção média dos tratamentos realizados utilizando o  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  como fotocatalisadores são 80,18% e 80,11

%, respectivamente.

Avaliou-se ainda a relação DQO/DBO, que pode ser observada na figura 29, para os efluentes brutos e tratados do período de janeiro a dezembro de 2018.

Figura 29. Relação DQO/DBO



Fonte: Autora (2019).

De acordo com Ribeiro (2018), a relação entre a DBO e DQO é um dos parâmetros utilizados para indicar a biodegradabilidade de resíduos líquidos e pode ser um dos indicativos da eficiência de um sistema de tratamento de efluente, ou seja, se o efluente tratado, realmente foi degradado ou se o processo levou a formação de subprodutos tóxicos.

Observa-se que a razão entre as concentrações de DQO e DBO nos efluentes brutos possuem valores entre 2,48 a 3,10 e os efluentes tratados possuem valores entre 2,7 a 3,9. Tais resultados são semelhantes aos obtidos por Vieira (2017) (3,04

e 3,44) e, situam-se na faixa considerada crítica para biodegradabilidade (entre 2,5 e 5,0). A autora relata ainda sobre os riscos da implantação de um tratamento biológico, pois os referidos valores mostram que a maior parte da matéria orgânica presente no efluente não é biodegradável.

## **6 CONCLUSÃO**

Através do estudo realizado foi possível evidenciar o potencial poluidor dessa atividade industrial principalmente a partir da avaliação dos parâmetros físico-químicos por meio de suas respectivas análises.

A identificação das etapas envolvidas nos processo de beneficiamento de peças de jeans foi essencialmente importante para ilustrar e ajudar no entendimento dos diferentes momentos de uso dos mais diversificados produtos químicos. Foi possível perceber que o quantitativo do consumo de água nas etapas de lavagem das peças de jeans é bastante elevado e que a correta gestão da água utilizada deve ser levada em consideração pelos gestores dessas indústrias principalmente em cidades com escassez de água como é o caso de Caruaru.

Sobre a estação de tratamento de efluente compacta que a “lavanderia X” possui em suas dependências, foi essencial a caracterização das diferentes operações unitárias e seus equipamentos envolvidos no processo de clarificação do efluente, pois é a partir de um claro entendimento dessas operações que torna-se possível realizar intervenções de melhoria do processo e assim melhorar efetivamente a qualidade do efluente entregue e/ou despejado no rio Ipojuca. Como sugestão indica-se um controle operacional mais engajado juntamente com um monitoramento mais comprometido.

A avaliação da eficiência da ETE deu-se através da análise de parâmetros físico-químicos em especial a DBO e DQO com o objetivo de atingir o percentual mínimo de remoção exigido pelos órgãos ambientais. Foi possível concluir que o valor médio para a eficiência de remoção tanto da DBO quanto da DQO foi de aproximadamente 70%, sendo que o desempenho dos dois parâmetros foi melhor no primeiro semestre de 2018. A eficiência de remoção para a DBO foi razoável visto que o limite exigido pela CPRH é de 70%. Já para DQO o limite é de 80%, somente em setembro/2018 a meta foi atingida.

## REFERÊNCIAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil de Confecções. 4º Modavil leva informações sobre negócios da moda de Caruaru. 2009. Disponível em: <http://www.abit.org.br>. Acesso em 11 de dezembro de 2018.

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Perfil do Setor. 2018. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>> Acesso em 28 mai 2019.

ABIT – associação brasileira da Indústria Textil e de Confecção. **Pernambuco recebe Circuito Abit/Texbrasil, 2015.** Disponível em:< <https://www.abit.org.br/noticias/pernambuco-recebe-circuito-abitexbrasil>>. Acesso em 06 de agosto de 2019.

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Relatório Análise de dados conjunturais da cadeia têxtil e confecção ano 2019.** Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/dados-economia>> Acesso em: 13 de mai. 2019.

ALKAYA, E.; DEMIRER, G. N. 2014. Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. *Journal of Cleaner Production*. V. 65, p. 595-603.

ALLEGRE, C. et al. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. **Journal of Membrane Science**, v. 269, n. 1-2, p. 15-34, 2006.

ALVES, Carlos Lima. Estimativa de geração de lodo e água descartada nas operações de limpeza da estação de tratamento de água da Vila Residencial da Eletronorte–UHE Tucuruí. 70p. TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal Pará, Campus Universitário Tucuruí – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, Para, 2019.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

ALMEIDA, A. M. B. Roupas sujas se lava em casa: A seca no agreste Pernambucano e a gestão ambiental na lavanderia água limpa. **Administração Pública e Gestão Social**. v. 5, p. 134-138. 2013.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, M. V. et. al. 2012. A Questão Ambiental no Pólo de Confecções de Caruaru: Um Primeiro Ensaio à Luz dos Instrumentos Econômicos de Proteção Ambiental. *Estudos do CEPE*, n. 35, p. 108-132.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2016**. 97f. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR) Brasília: ANA, 2016. Disponível em:<

de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>  
Acesso em: 20 dez 2018.

ANDRADE, Bruno Alves de. **Distribuição espacial da indústria têxtil e de confecção em Pernambuco: qual a influência dos fatores locais.** 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em 24 de maio 2019.

ARAUJO, A. R. M.; FERREIRA, L. F.; FERREIRA, D. D. M. Gestão dos recursos hídricos: estudo sobre práticas ambientais adotadas por uma indústria têxtil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.2, p.99-109, 2017.

ARAUJO, Wanderbeg Correia de; FONTANA, Marcele Elisa. Proposta do uso da metodologia soft para a estruturação do problema da destinação dos efluentes do polo têxtil Pernambucano – 2016. Anais do IV Simpósio de Engenharia de Produção - ISSN: 2318-9258. Disponível em: <<https://even3.azureedge.net/anais/27637.pdf>> Acesso em 06 ago 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Brasília, 2011.

AUSLAND, G., STEVIK, T.K., HANSSEN, J.F., KOHLER, J.C., JENSSEN, P.D. (2002) Intermittent filtration of wastewater – removal of fecal coliforms and fecal streptococci. **Water Research**, v. 36, n. 14, p. 3507-3516.

AZZOLINI, José Carlos; FABRO, Lucas Fernando. Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina. **Unoesc & ciência** – ACET, v. 1, n. 4, p. 43.60. 2013.

BARROS, R. M. 2012. Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Interciência, pp. 213.

BDE. Base de Dados do Estado de Pernambuco. Governo de Pernambuco. <[http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao\\_formato2.aspx?CodInformacao=884&Cod=1](http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=884&Cod=1)>. Acesso em 01 mai 2019.

BAVARESCO, Carlos Roberto. **Análise preliminar de riscos em uma estação de tratamento de água: estudo de caso.** 2018. 62f. Monografia (Especialização em Engenharia Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

BEAL, Daniele Aline; FERREIRA, Suzane Cordeiro; RAUBER, Denise. Recursos Hídricos: uso de água na indústria-o caso de Dois Vizinhos no Paraná-PR. In: **III Congresso Nacional De Pesquisa Em Ciências Sociais Aplicadas–III CONAPE.** 2014. p. 01-03.

BEHR, Ariel; MORO, Eliane Lourdes da Silva; ESTABEL, Lizandra Brasil. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e

serviços de biblioteca. **Ciência da informação**. Brasília. Vol. 37, n. 2 (maio/ago. 2008), p. 32-42, 2008.

BELTRAME, L.T.C. Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento. 2000. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BINATI, Camila Rockembach Apollaro. **Mudança climática e recursos hídricos: desafios e contribuições dos planos diretores dos municípios da bacia hidrográfica Billings na região metropolitana de São Paulo**. 2017. 308f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.html)> . Acesso em: 15 jan. 2019.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1413, de 14 de agosto de 1975**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Brasília, DF: Presidência da República, [1975] Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1970-1979/decreto-lei-1413-14-agosto-1975-378171-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: 16 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1981] Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)> Acesso em: 15 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Presidência da República, [1997] Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)> Acesso em: 15 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.. Brasília, DF: Presidência da República, [1998] Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm)> Acesso em: 15 jan. 2019.

BUDA, José Francisco. Segurança e higiene no trabalho em estação de tratamento de esgoto. 2004. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2001.

BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. S. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil - IMED**, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

BUSS, Marta Verônica et al. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. Caderno de Encargos. **Especificações Técnicas, Critérios de Medição e Estrutura de Preços**. Volume III. Tomo IV. Grupo 220000 – Estações de Tratamento de Água e Esgoto. Fev 2002.

CAETANO, Cíntia Raquel Silva. Alternativas de aplicação de lodo gerado em estações de tratamento de água. 53f. TCC (Graduação em Engenharia Química) - Centro Universitário de Formiga Unifor – Formiga, Minas Gerais. 2018.

CAMPOS, Laíse Giovanna Carvalho (2018). Questões ambientais relacionadas ao processo de produção na Indústria Têxtil. (Monografia) Bacharelado em Química. Coordenadoria do Curso de Química. Universidade Federal de São João Del-Rei. Minas Gerais. 2017.

CARUARU - Prefeitura Municipal de Caruaru. **Lei complementar nº 005, de 27 de julho de 2004**. Estabelece Diretrizes Gerais de Desenvolvimento, institui o Plano diretor municipal de Caruaru, cria o Sistema de Planejamento da Cidade e dá outras providências. Caruaru, PE: Poder Executivo [2014]. Disponível em: <<https://caruaru.pe.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/Plano-Diretor-Lei-Complementar-005-27.07.2004.pdf>> Acesso em: 01 fev. 2019.

CARUARU - Prefeitura Municipal de Caruaru. **Lei complementar nº 5.058, de 25 de novembro de 2010**. Dispõe sobre o licenciamento, as infrações ambientais, no Município de Caruaru e dá outras providências. Caruaru, PE: Poder Executivo [2010]. Disponível em: <[http://caruaru.alfaconsultoria.digital/wp-content/uploads/2018/04/URB\\_-\\_LEI\\_5058\\_-\\_CONSOLIDADA\\_2011-1-1.pdf](http://caruaru.alfaconsultoria.digital/wp-content/uploads/2018/04/URB_-_LEI_5058_-_CONSOLIDADA_2011-1-1.pdf)> Acesso em: 01 fev. 2019.

CARUARU - Prefeitura Municipal de Caruaru. **Lei orgânica do município de Caruaru de 17 de julho de 2014**. Caruaru, PE: Poder Executivo [2014]. Disponível em: <<https://caruaru.pe.gov.br/lei-organica-do-municipio/>> Acesso em: 01 fev. 2019.

CASSINI, A. S. **Estudo de Processos Alternativos no Pré-Tratamento de Efluentes Provenientes da Produção de Isolados Proteicos**. 2008. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CASARIN, F.; SANTOS, M. **Água: ouro azul e abusos dos recursos hídricos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. 120 p.

CAVALCANTI, Giseli Lopes Correia; LAGO, Eliane Maria Gorga; JUNIOR, Béda Barkokébas. Sistemática para análise de risco de saúde e segurança do trabalho em estações elevatórias de água. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 108-132, 2017.

CAVALCANTI, J.E.W.A.; **Manual de tratamento de efluentes industriais**. 1ª ed. SP: J.E. CAVALCANTI, 2009.

CECI, Mariana. Tribuna do Norte. **Com incentivos, indústria têxtil se consolida no nordeste**. 2018. Disponível em <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/com->

incentivos-industria-ta-xtil-se-consolida-no-nordeste/404095> Acesso em: 23 de abr 2019.

CETESB. *Apêndice D: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade*. São Paulo, CETESB, 2015. 48 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

CHERNICHARO, C. A. de L. et al. **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 1 /** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 48 p. Disponível em:<<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-OMEE.1.pdf>> Acesso em: 02 fev 2019.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 45-58, 2015.

CISNEROS, R. L.; ESPINOZA, A. G.; LITTER, M. I. photo degradation of an azo dye of the textile industry. **Chemosphere**, v. 48, p. 393, 2002.

COLIN, Nicole et al. Ecological impact and recovery of a Mediterranean river after receiving the effluent from a textile dyeing industry. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 132, p. 295-303, 2016.

COMETTI, José Luís Said et al. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COMPARATIVO ENTRE 2014 E 2015 DAS INDÚSTRIAS TÊXTEIS (LAVANDERIA DE JEANS) DO MUNICÍPIO DE TORITAMA-PE. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande/PB, 2016.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicada no D.O.F. em 30 de julho de 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> Acesso em: 15 jan. 2019.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Revoga a Resolução nº 020, de 18 de jun. de 1986. 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. Publicada no D.O.F, n. 53, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 05 fev. de 2019.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicada no D.O.F, n. 92, 16 de mai. de 2011, p. 89. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 05 fev. de 2019.

COSTA, GABRIELA; CANGERANA, F. Estudo do processo oxidativo avançado como uma alternativa tecnológica e eficaz no tratamento de efluentes. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, v. 19, p. 63-84, 2016.

COSTA, A. F. S.; PAIVA, S. C.; ALBUQUERQUE, C. D. C. SALGUEIRO, A. A.

**Tratamento biológico de efluentes de lavanderias e tinturarias industriais de Toritama, Pernambuco.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 24., 2004. Belo Horizonte. Anais ... CD-rom, II-073, 2008.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2001:** Controle de carga orgânica de efluentes líquidos industriais. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2003:** Autocontrole de efluentes líquidos industriais. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2004:** Medição de vazão de efluentes líquidos – escoamento livre. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2005:** Instruções para apresentação de Projeto de sistema de tratamento de efluentes líquidos. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2006:** Parâmetros de monitoramento por tipologia industrial. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Norma CPRH N.2007:** Coliformes Fecais – padrão de lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais. Pernambuco: CPRH, 2003. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas\\_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/Normas_Tecnicas/41173%3B35493%3B1419%3B0%3B0.asp)> Acesso em: 15 de jan de 2019.

CPRM. Serviço geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea -Diagnóstico do município de Caruaru**, 24 p. Recife, 2005.

DANTAS, Danielly Luz; SALES, Alessandro Wilckson Cabral. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e ambiental**, v. 3, n. 3, p. 04-19, 2009.

DEZOTTI, M.; Processo e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos. 1ed. RJ: E-PAPERS, 2008.

DONAIRE, D. 2011. Gestão Ambiental na Empresa. 2ª ed. São Paulo: Atlas.

DUSSERT, B.W. E TRAMPOSCH, W.G. Impact of Support Media and Properties on the Biological Treatment of drinking Water. In: GRAHAM, N., COLLINS, R. eds. Advances in Slow Sand and Alternatives Biological Filtration. 1<sup>st</sup> Ed. England: John Wiley & Sons, p.168-176, 1996.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

EOS - EOS Organização e Sistemas. Como funciona o tratamento de Efluentes no Brasil. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/eos/>>. Acesso em 06 ago 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Land & Water. Water Scarcity. Disponível em: <http://www.fao.org/landwater/water/waterscarcity/en/>. Acesso em: 9 de julho de 2017.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World's Land and Water resources for Food and Agriculture. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i1688e.pdf>>. Acesso em 02 fev 2019.

FARIA, F.; PACHECO, E. 2011. Experiências com Produção Mais Limpa no Setor Têxtil. Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica (REDIGE), v. 2, n. 1, 2011. p. 63 – 82.

FAVARETTO, Danúbia Paula Cadore et al. ANÁLISE TÉCNICA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE EMPRESA DE LATICÍNIOS DA REGIÃO DE PASSO FUNDO/RS. **Revista CIATEC-UPF**, v. 7, n. 2, 2015.

FAVARETTO, D. P. C. Avaliação da eficiência do processo de tratamento de efluentes na empresa de laticínios LBR. 2011. Tese (Doutorado). Passo Fundo: Universidade Passo Fundo, 2011.

FERNANDES, Alinne Kadidja de Sousa. **Reuso de Água no Processamento de Jeans na Indústria Têxtil**. 2010. 101f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2010.

FLORES, R. K.; MISOCZKY, M. C. Dos antagonismos na apropriação capitalista da água à sua concepção como bem comum. **Organizações & Sociedade**, v. 22, n. 73, p. 237-250, 2015.

FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: a injustiça ambiental e a privatização de um bem comum. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 464-478, 2015.

FRANÇA, Manoel Vieira de et al. Aptidão climática para o cultivo da banana em Caruaru-PE, Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 3, p. 265-274, 2018.

GALINDO, Heitor Vitor Chaves. **Relacionamento da gestão de processos na cadeia de suprimentos: uma análise nas empresas situadas no polo têxtil do Agreste de Pernambuco**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

GARRIDO-BARSEBA, M. REIF, R. HERNANDEZ, F. PONCH, M. Implementation of a knowledge-based methodology in a decision support system for the design of suitable wastewater treatment process flow diagrams. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p. 384-391. 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILI, Itamar et al. Tratamento de efluentes por eletrólise: estudo de caso para efluentes têxteis. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

GHALY, A. E. et al. Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. **J Chem Eng Process Technol**, v. 5, n. 1, p. 1-19, 2014.

GOMES, Bianca Graziella Lento Araujo. Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia. 138p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2015.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-77, 2000.

GUERRA FILHO, D. Águas Residuárias: uma Alternativa Racional de Reúso. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, ano 1, nº 1. jul. 2006. Disponível em 74 <http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/01/17.pdf> . Acesso em: 15 abr. 2017.

GUIMARÃES, Bárbara Andressa.; MARTINS, Suzana Barreto. Proposta de metodologia de prevenção de resíduos e otimização de produção aplicada à indústria de confecção de pequeno e médio porte. **Projetica**, v. 1, n. 1, p. 184-200, 2010.

GURGEL, B. B. F. A. **Proposição de uma metodologia para avaliação de inversores de frequência em estações elevatórias de água, estudo de casos no sistema de abastecimento de água de São José dos Campos**. São Paulo, 2006, 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica de São Paulo. Universidade de São Paulo.

HASSEMER, M. E. N.; SENS, M. L. Tratamento do Efluente de uma Indústria Têxtil. Processo Físico-Químico com Ozônio e Coagulação/Floculação. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** 7, 1, 2002.

HESPANHOL, I. Conservação e Reúso como Instrumentos de Gestão para Atenuar os Custos de Cobrança pelo Uso da Água no Setor Industrial. *In*: C. E. M. Bicudo; J. G. Tundisi; M. C. B. Scheuenstuhl (org.). **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências e Instituto de Botânica, 2010, pp. 57-78. ISBN: 978-85-85761-32-5.

HOLKAR, C. R.; DIPAK, A. J.; DIPAK, J.; NARESH, V. P.; ANIRUDDHA, M. M.; PANDIT, B. A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches. **Journal of environmental management**, v. 182, p. 351-366, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama da Cidade de Caruaru. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/panorama>> Acesso em: 22 de maio de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm)> .Acesso em: 12 jan 2019.

IEMI. Instituto de Estudos e Marketing Industrial Ltda. Brasil têxtil: relatório setorial da indústria têxtil brasileira 2013. São Paulo, IEMI, v.13, nr. 13, ago. 2013.

IEMI – INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira – Brasil Têxtil 2015**. 15ª edição. São Paulo, 2015.

IMHOF, K. R. Manual de tratamento de águas residuárias. Tradutor: Max Lothar Hess. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda, 1996.

ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Arranjos Produtivos Locais. Disponível em: <<http://www.itep.br/arranjos-produtivos-locais>>. Acesso em: 12 de jun 2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7º ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.1087 p.

JÚNIOR, Gilberto José da Paz. **Uso de floculador hidráulico de manta de lodo acoplado a flotador por ar dissolvido no tratamento de água de abastecimento**. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2009. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Ilha Solteira, 2009.

JUNIOR, Hilton Ruoso et al. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2010.

KATHERESAN, V.; KANSEDO, J.; LAU, S. Y. Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: a review. **Journal of environmental chemical engineering**, v. 6, n. 4, p. 4676-4697, 2018.

KICH, Marina; BÖCKEL, Wolmir José. Análise de óleos e graxas em efluentes por espectrofotometria. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 3, p. 61-69, 2017.

KIM, S. C. Application of response surface method as an experimental design to optimize coagulation–flocculation process for pre-treating paper wastewater. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 38, p. 93-102, 2016.

KHAN, Sana; MALIK, Abdul. Environmental and health effects of textile industry wastewater. In: **Environmental deterioration and human health**. Springer, Dordrecht, 2014. p. 55-71.

LEDAKOWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. Biodegradation, decolourization and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. **Journal of Biotechnology**, v. 89, p. 175-184, 2001.

LIMA, L. R.; SAMPAIO, Y. S. B.; FREITAS, M. A. L.; LIGIOIA, U. C. T. Um Estudo Inferencial dos Custos Ambientais e das Estações de Tratamento de Água nas Lavanderias do Pólo de Confeções do Agreste de Pernambuco. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, 2016.

LIMA, Lavoisiene Rodrigues de. **Custos ambientais e a externalidade negativa das lavanderias têxteis do Polo de Confeções do Agreste de Pernambuco**. 2014. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis). Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2014.

LLEWELLYN, S.; NORTHCOTT, D. The “singular view” in management case studies qualitative research in organizations and management. **An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 194-207, 2007.

LOPES, C. S. D. Análise ambiental da fase de acabamento do jeans. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 87 - 102, 2011.

LORENA, E. M. G.; LORENA, C. M. G.; MEDEIROS, R. M.; EL-DEIR, S. G.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, V. D. Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no arranjo produtivo local (APL) têxtil e de confeções de Pernambuco, Brasil. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 620-640, 2018.

MAIDANA, W.; KREUTZ, C.; BERNARDI, R. Análise de clarificação de efluentes industriais utilizando gerador eletrônico de ozônio. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014. Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 6940-6947, 2015.

MARIN, Sandra Liliana Albornoz. **Remoção dos corantes têxteis C.I. Reactive Blue 203 e C.I. Reactive Red 195 mediante o uso de bagaço de maçã como adsorvente**. 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

MATOS, Jackson C.; de. Tratamento de esgoto sanitário. Manaus, 2010.

MEDEIROS, R. M. 2017. Estudo agrometeorológico e balanço hídrico para o Estado do Pernambuco. 125p., Divulgação avulsa.

MELO, H. N. S.; MELO, J. J. S.; NETO, C. O. A.; GUIMARÃES, A. K. V. Avaliação estatística da determinação do teor de óleos e graxas em efluente doméstico. SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. Anais... Vitória, 2002.

MENEGON, Elizangela Maria Pas; POLI, Odilon Luiz; MAZZIONI, Sady. Inovação na indústria do segmento têxtil: um estudo sobre o perfil da produção científica nacional e internacional/Innovation in the textile industry: a study on the profile of national and international scientific production. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 4, p. 1093-1115, 2018.

METCALF & EDDY. Inc. Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. McGraw-Hill. 1991. 1334p.

MIOTTO, N. Hidrotalcita hidrofóbica e magnética aplicada no tratamento de efluentes oleosos. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

MMA. 2003. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Documento Base de Referência. Novembro. Brasília, 383p.

MPPE. Ministério Público Estadual de Pernambuco. 2015. Disponível em: <http://www.mppe.mp.br/mppe/index.php/comunicacao/noticias/ultimas-noticias-noticias/4688-mppe-acompanha-de-perto-situacao-das-lavanderias-de-jeans-de-caruaru>. Acesso em: 17 fev. 2019.

MPPE. Ministério Público Estadual de Pernambuco. Caruaru: lavanderias devem se adequar a legislação ambiental. 2015. Disponível em: <https://mppe.mp.br/mppe/index.php/comunicacao/noticias/ultimas-noticias-noticias/3595-caruaru-lavanderias-devem-se-adequar-a-legislacao-ambiental>> Acesso em: 20 fev. 2019.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 01, p. 81-97, 2011.

NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, ABNT. 1997.

NÚCLEO GESTOR DA CADEIA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES DE PERNAMBUCO - NTCPE. Disponível em: <http://www.ntcpe.org.br/about/>>. Acesso em 10/06/2019.

NUNES, Ronison Inocencio et al. Análise dos Parâmetros Físicos: Sólidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos Suspensos nas Águas do Vale do Açu. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 746-754, 2015.

NTULI *et al.*; Characterization of effluent from textile wet finishing operations. **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**. v. 1, 2009.

OLIVEIRA, Rosana Gondim de. **Caracterização das águas e efluentes em lavanderias de jeans no agreste pernambucano**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia e Geociências. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

OPA/CEPIS. 2002. Água: Não ao desperdício, não à escassez! Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. ABES. 50p.

ORSSATTO, Fabio; HERMES, Eliane; VILAS BOAS, Marco Antonio. Eficiência de remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel-Paraná. **Artigo publicado na Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 4, p. 249-256, 2010.

PACHECO, S. A. A biotecnologia aplicada na depuração. Revista de Química Têxtil, Espanha, N°102, Ano XXXIV, p. 3- 10, Março, 2011. Disponível em: <[https://www.abqct.com.br/wp-content/uploads/2019/05/QT\\_102.pdf](https://www.abqct.com.br/wp-content/uploads/2019/05/QT_102.pdf)> Acesso em 05 de mai 2019.

PAGE, R.G; COLLINS, M.R.; BAUER, M.J.; RACHWAL, A.J. NOM removals by “CAG SandwichTN” Modification to Slow Sand Filtration. In: GRAHAM, N. J. D. eds. Slow Sand Filtration: Recent Developments in Water Treatment Technology, Chichester, England: Ellis Horwood Limited, p. 267-276. 1996.

PAUL, S. A. ,CHAVAN, S. K.; KHAMBE, S. D. Studies on Characterization of Textile Industrial Waste Water in Solapur City. **International Journal of Chemical Sciences**, v. 10, n. 2, p. 635-642, 2012.

PEREIRA, Adriana Soares et al. **Metodologia da pesquisa científica**. 1ª. ed. [e-book] Santa Maria, RS : UFSM, NTE, 2018.

PEREIRA, Ana Carolina Amaral; GARCIA, Marcelo Loureiro. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de caso. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 531-538, 2017.

PERNAMBUCO. **Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Recife: Assembléia Legislativa de Pernambuco, [2005]. Disponível em: <<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=12984&complemento=0&ano=2005&tipo=&url=>> Acesso em: 01 de fev. 2019.

PERNAMBUCO. **Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Recife, PE: Governo do estado de Pernambuco, [2010a] Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/Lei%20Est%2014249;141010;20101228.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%20Est%2014249;141010;20101228.pdf)> Acesso em: 16 jan. 2019.

PETERS, M. R. 2006. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

PIZARRO CABELO, F. Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 511, 1996.

PIZATO, Everton et al. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.

**PORTAL G1. Caruaru e Região.** Mais de 37% das lavanderias de jeans encerram atividades em Caruaru, PE. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2015/09/mais-de-37-das-lavanderias-de-jeans-encerram-atividades-em-caruaru-pe.html>> Acesso em 15 de mar 2019.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: estudo de caso. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.

RADTKE, Julia Fernanda; MARTINS, Jefferson Santana; MACHADO, Ênio Leandro. Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) em efluentes a partir da aquisição de imagens digitais utilizando smartphone. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 9, n. 1, p. 21-34, 2019.

RAICHURKAR, Pramod; RAMACHANDRAN, M. Recent trends and developments in textile industry in India. **International Journal on Textile Engineering & Processes**, v. 1, n. 4, p. 47-50, 2015.

RIBEIRO, Elaine Angélica Mundim et al. Utilization of cationic hemicelluloses, obtained from the corn husk, in association with tannin for use in wastewater treatment of industrial laundry. **Química Nova**, v. 40, n. 1, p. 17-24, 2017.

RIBEIRO, Valquíria Aparecida dos Santos; TAVARES, Célia Regina Granhen. Análise do reuso de efluente de lavanderia de jeans tratado por fotocatalise heterogênea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 2, p. 395-404, 2018.

RICHTER, C. A. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. 1 ed., São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 112 p., 2001.

RUBIM, C. Revista Meio Filtrante. Ação dos floculadores. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=14450&link=noticias>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

SALGADO, Bruno César Barroso et al. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2009.

SANIN, L. B. B. A Indústria Têxtil e o meio Ambiente. **Química Têxtil**, p. 13-34, março 1997.

SANTOS, A.B. (2005). Reductive Decolourisation of Dyes by Thermophilic Anaerobic Granular Sludge, PhD-Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 176 p

SANTOS, Paulo Henrique Visconde. **Dimensionamento hidráulico de uma estação de tratamento de água de Ciclo Completo com sistemas de mistura rápida e floculação constituídos de trechos de canalizações em conduto forçado**. 2019. 55f. TCC (Graduação Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

SANTOS, M. F., SANTOS, R. S., BERETTA, M. Reuso de Efluentes em Atividades Industriais, Escola Politécnica-UFBA, **RQI**. n. 4, 2010.

SCHROEDER, L. H. **Tratamento físico-químico por coagulação-floculação-sedimentação de efluente de indústria de celulose**. 60f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Química Tecnológica com ênfase Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Curitiba, 2016.

SEBRAE. 2000. Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e pequenas empresas: Eficiência da economia e a competitividade da cadeia têxtil brasileira, 2000. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/br/cooperecrescer/cadeiaprodutivas>. Acesso em 15 de agosto 2017.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cortez editora, 2017.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CUNHA-CAMPOS, J. H. B.; ARAUJO, L. E. 2015. Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o monitoramento da pressão humana sobre o planeta. *Revista Ambiente*, v. 11 n. 3 p. 639-649.

SILVA, Lilian Danielli da et al. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista Geama**, v. 5, n. 1, p. 36-40, 2019.

SILVA Gonzaga da, Liliane da Silva; MENDES, Francisca Dantas Dantas. **DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE MODA COM PROCESSO SUSTENTÁVEL E ECONOMIA CRIATIVA: estudo de caso no Estado de Pernambuco**. 5<sup>o</sup> **CONTEXMOD**, v. 1, n. 5, p. 551-560, 2017.

SILVA, J. F. Avaliação do processo oxidativo avançado UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no pós-tratamento de efluentes industriais. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2015. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC. 2015.

SILVA, M.A.; SANTANA, C.G. Reuso da água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. *Revista do CEDS: Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*, São Luís, v.1, n.1, ago./dez. 2014.

SILVA, Rivaldo Antônio Jerônimo da. **Modelo de gestão ambiental para reúso de águas de lavanderias do agreste de Pernambuco**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE.

SILVA, Rogério Ferreira da. Degradação de corante de efluente têxtil por processo oxidativo avançado. 2015. 106f. Tese (Doutorado em Química) – Centro de Ciências

Exatas e da Natureza. Departamento de Química Fundamental .Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CUNHA-CAMPOS, J. H. B.; ARAUJO, L. E. 2015. Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o monitoramento da pressão humana sobre o planeta. Revista

Ambiência, v. 11 n. 3 p. 639-649.

SINDITÊXTIL. 2012. Sindicato das Indústrias Têxteis do Estado de São Paulo. Têxtil e confecção: inovar, desenvolver e sustentar / Confederação Nacional da Indústria Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Brasília: CNI/ABIT. Disponível em:< <http://www.sinditextilsp.org.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

SOUSA, Cícero Marcolino Pessoa de. **Análise e estruturação de um modelo de gestão de processos de negócios nas pequenas e médias empresas situadas no polo têxtil do agreste de Pernambuco**. 2015. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

SOUTO, Thais Jeruzza Maciel Póvoas. Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do pólo têxtil no agreste pernambucano. 2017. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SOUZA, Ítala Tainá. 2019. 49f. **Análise da influência da sazonalidade na eficiência da estação de tratamento de esgoto do município de caldas novas-go**. TCC (Graduação Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Campus Rio verde, 2019.

SOUZA, José Andro de. **Aplicação de ferramentas de gestão ambiental em empresas do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano (APLCAPE)**. 2015. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, 2014.

SUASSUNA. J. O gerenciamento da água no nordeste. 2004. Repórter Brasil. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2004/05/b-artigo-b-o-gerenciamento-da-agua-no-nordeste/>>. Acesso em 23 de Nov 2018.

TONETTI, Adriano Luiz et al. O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio. **Sanare–Revista Técnica da Sanepar**, v. 21, n. 21, p. 42-52, 2004.

TONETTO, Maria Luísa. **Tratamento de águas residuais da indústria têxtil utilizando celulose bacteriana**. 2018. 43f. TCC (graduação em Engenharia de Energia) – Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

UNESCO. 2017. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Fatos e Números. 12p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475247552por.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2017.

UNESCO. 2018. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, resumo executivo. 12p. Disponível em: <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_por)> Acesso em: 21 jan. 2019.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química Journal**, v. 22, n. 1, 2018.

VARGAS, J. L. **Caracterización y control de la exposición personal a percloroetileno en trabajadores de lavasecos**: Antecedentes para una propuesta de prevención y control de la exposición laboral. Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile (Tese de Doutorado). 59 p. 2016.

VELLANI, C. L; RIBEIRO, M. S. Sistema Contábil para Gestão da Ecoeficiência Empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças**. v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009.

VERMEREIN, L.; JOBLING, G. A. Localized irrigation (Irrigation and Drainage) - Paper 36. Rome: FAO, 1984. 203 p.

VIÑOLAS, J. M. **Diseño ecológico**: hacia un diseño y una producción en armonía con la naturaleza. 1. ed. Barcelona: Art. Blume, 2005.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. In: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 4ª Edição, 2014.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. 3ª ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 470 p.

WATER, U. N. 2006. Coping with Water Scarcity. A Strategic Issue and Priority for System - Wide Action. UN-Water: Geneva, Switzerland. 12p. Disponível em: [http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/2006\\_unwater\\_coping\\_with\\_water\\_scarcity\\_eng.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/2006_unwater_coping_with_water_scarcity_eng.pdf). Acesso em 15 de ago 2017.

WWAP - United Nations World Water Assessment Programme/UN-Water. 2018. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris: UNESCO, 2018. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>> Acesso em: 15 de mai 2019.

YASEEN, D. A.; SCHOLZ, M. I. J. Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. **International journal of environmental science and technology**, v. 16, n. 2, p. 1193-1226, 2019.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, R. K. **O Estudo de caso**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAGONEL, Jéssica Talita. Avaliação da eficiência da estação de tratamento de águas residuárias de uma lavanderia de jeans. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, n. 3, p. 5-14, 2015.

ZONATTI, Welton Fernando et al. Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 3, 2015.

ZANONI, M.V.B.; CARNEIRO, P.A. O descarte dos corantes têxteis. *Ciência Hoje*. v.29, n. 174, p. 61-64, 2001.

ZOLIN, C. A. et al. The first Brazilian municipal initiative of payments for environmental services and its potential for soil conservation. **Agricultural Water Management (Print)**, v. 137, p. 75-83, 2014.