



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

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**ÍNDICE DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS DE
LAVANDERIAS DE *JEANS* NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

**RECIFE/PE
2020**

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**ÍNDICE DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS DE
LAVANDERIAS DE *JEANS* NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

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

Orientador: Prof. Dr.^o. Romildo Morant de Holanda
Co-orientador (a): Prof. Dr.^a Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo

**RECIFE/PE
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A474 ALVES, MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS DE LAVANDERIAS DE JEANS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO / MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES. - 2020.
126 f. : il.
- Orientador: Romildo Morant de Holanda.
Coorientadora: Fernanda Wanderley Correa de Araujo.
Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, 2020.
1. Escassez de água. 2. Beneficiamento de jeans. 3. Indústrias. I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Araujo,
Fernanda Wanderley Correa de, coorient. III. Título

CDD 620.8

MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES

**ÍNDICE DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS DE
LAVANDERIAS DE JEANS NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

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

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Dra^a. Maria Monize de Moraes
Membro Externo - IFPE

Prof. Dr^o. Alex Souza Moraes
Membro Interno – PPEAMB

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

RESUMO

O setor industrial têxtil do Agreste Pernambucano vem se tornando, cada vez mais, um campo amplo e atrativo para pesquisas acadêmicas, devido ao fato de ocorrer na área uma quantidade significativa de recursos hídricos e, ao mesmo tempo, sua localização contrasta com uma região que sofre periodicamente com déficits hídricos. Objetiva-se com esse trabalho estabelecer um índice de eficiência hídrica, para edificações industriais de lavanderias de *jeans*, no agreste pernambucano. Como meios metodológicos serão quantificado as lavanderias industriais de beneficiamento de jeans da região do arranjo produtivo local do agreste pernambucano, verificado a disponibilidade hídrica da região por meio da rede hidrográfica superficial, subterrânea e do balanço hídrico, foi verificado pegada hídrica, observado a capacidade de captação de águas de chuvas e de reuso de efluente e analisado a eficiência hídrica. Contatou-se a presença de 134 lavanderias, localizadas na região com disponibilidade hídrica avaliada em 72,40m³/km. Em relação a lavanderia estudada têm-se que a pegada hídrica foi estimada em 530803,2 m³/mês e a mesma tem capacidade de captação de água da chuva em torno de 164206, 24L no mês de maior precipitação. A mesma possui uma ETE e faz reuso de água para as lavagens iniciais dos jeans. Também foi possível verificar que a lavanderia possui uma eficiência de uso da água de 40%, mas desperdiça 60% da água utilizada por peça nos meses de baixa demanda.

Palavras chave: Escassez de água. Beneficiamento de *jeans*. Indústrias.

ABSTRACT

The textile industrial sector of Agreste Pernambucano has increasingly become a broad and attractive field for academic research, due to the fact that a significant amount of water resources occurs in the area and, at the same time, its location contrasts region that periodically suffers from water deficits. The objective of this work is to establish an index of water efficiency, for industrial buildings of jeans laundries, in the wild of Pernambuco. As methodological means, the industrial laundries of denim processing of the region of the local productive arrangement of the pernambuco agreste will be quantified, verified the water availability of the region through the surface, groundwater and water balance, water footprint was observed, observing the ability to capture rainwater and effluent reuse and analyzed water efficiency. In relation to the laundry studied, the water footprint was estimated at 530803.2 m³/month and the region has the capacity to capture rainwater around 164206, 24L in the month of higher precipitation. It has an ETE and makes water reuse for the initial washes of jeans. It was also possible to verify that laundry has a water efficiency of 40%, but wastes 60% of the water used per piece.

Keywords: Water scarcity. Denim processing. Industries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Municípios do pólo têxtil do Agreste de Pernambuco	29
Figura 2-Localização de Caruaru no Estado do Pernambuco	30
Figura 3. Etapas do estudo de caso.....	31
Figura 4. Fluxograma das etapas do projeto	33
Figura 5. Localização das lavanderias do APL no agreste pernambucano	41
Figura 6-Localização espacial de parte das lavanderias irregulares em Toritama.....	44
Figura 7- Localização das lavanderias em Caruaru	46
Figura 8. Localização das lavanderias em Santa Cruz do Capibaribe.....	47
Figura 9. Localização das lavanderias em Toritama.....	48
Figura 10. Esquema do percurso da água nas lavagem das peças.....	50
Figura 11-Tampas de garrafas Pets em substituição a pedras pomes.....	52
Figura 12- Trecho do Rio Capibaribe na zona rural de Toritama	57
Figura 13-Lavanderia na APP do Rio Ipojuca em Caruaru	60
Figura 14. Lavanderia em APP do Rio Capibaribe em Toritama	61
Figura 15. Bacias hidrográficas que banham a região do APL	63
Figura 16. Rede de Drenagem do APL do setor têxtil do Agreste Pernambucano.....	64
Figura 17. Disponibilidade hídrica superficial do APL	65
Figura 18. Produção de peças nas lavanderias de Toritama.....	67
Figura 19. Fonte de abastecimento de água das lavanderias de Toritama.....	68
Figura 20. Fonte de abastecimento de água das lavanderias de Toritama.....	69
Figura 21- Riacho Exu e poço Amazonas em uma lavanderia de Toritama	70
Figura 22-Riacho Exu e poço escavado as suas margens	70
Figura 23.Disponibilidade e demanda hídrica no APL.....	75
Figura 24. Poços cadastrados nos municípios do APL do Agreste Pernambucano.....	78
Figura 25.Vazão total dos poços no APL do agreste pernambucano	79
Figura 26. Comportamento da pluviometria de 1913 a 2016.....	79
Figura 27-Balanço hídrico de Caruaru	80
Figura 28-Balanço hídrico de Surubim.....	81
Figura 29-Período chuvoso e seco do APL	83
Figura 30- Lavanderia do estudo de caso	84
Figura 31. Mapeamento do processo do beneficiamento de jeans na lavanderia	86
Figura 32. Recepção das peças confeccionadas na lavanderia.....	87
Figura 33. Setor da lavanderia.....	88
Figura 34-Registro da capacidade das máquinas	90
Figura 35- Pegada hídrica da lavanderia	99
Figura 36-Precipitação pluviométrica de 1972 a 2017	100
Figura 37. Telhado de captação de água de Chuva de Caruaru	100
Figura 38- Representação esquemática da ETE da lavanderia.....	103
Figura 39. Máquina lavadora com canalização para água de reuso e água potável.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Série pluviométrica do período de 1972 a 2017 de Caruaru	36
Tabela 2- Lavanderias industriais.....	45
Tabela 3-Matriz de interação dos impactos ambientais do processo produtivo das lavanderias.....	53
Tabela 4-Ações, aspectos e efeitos ambientais.....	55
Tabela 5-Disponibilidade hídrica no APL.....	66
Tabela 6-Volume de água demandado pelas indústrias.....	71
Tabela 7-Informações dos reservatórios artificiais de água do APL.....	73
Tabela 8-Disponibilidade de águas superficiais (m ³ /ano) e demandas das regiões da UA1 e UA2.....	74
Tabela 9-Disponibilidade, demanda e retorno hídrico	76
Tabela 10- Vazão de poços cadastrados na região do APL no Agreste Pernambucano	77
Tabela 11-Capacidade das lavadoras da lavanderia	89
Tabela 12-Consumo e tipo de água utilizado em uma lavagem na lavanderia.....	90
Tabela 13- Dados de consumo de água da lavanderia.....	91
Tabela 14-Informações para a pegada hídrica azul	93
Tabela 15-Concentrações dos efluentes industriais depois de tratados	96
Tabela 16-Valor de η utilizado na pesquisa	101
Tabela 17-Capacidade de captar água	101
Tabela 18- Demanda total da lavanderia e volume captado.....	102
Tabela 19-Resultados das análises dos parâmetros	105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 GERAL	19
2.2 ESPECÍFICOS	19
3.REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO AGRESTE PERNAMBUCANO	20
3.2 INTERFERÊNCIAS URBANAS E AMBIENTAIS DAS LAVANDERIAS DE <i>JEANS</i>	21
3.3 PEGADA HÍDRICA DAS LAVANDERIAS DE <i>JEANS</i> COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	23
3.4 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E REUSO DE EFLUENTE DAS LAVANDERIAS DE <i>JEANS</i>	25
3.5 INDICADOR DE EFICIÊNCIA HÍDRICA PARA AS INSTALAÇÕES DE LAVANDERIAS DE <i>JEANS</i>	27
3.6 ESTADO DA ARTE DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO AGRESTE PERNAMBUCANO	28
4. METODOLOGIA	29
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
4.2.1 Estudo de caso	31
4.2.2 Pesquisa	32
4.2.2.1 Pesquisa bibliográfica e documental	32
4.2.3 Etapas da pesquisa	32
4.2.3.1 Mapeamento das lavanderias e suas interferências ambientais	33
4. 2.3.2 Interferências urbanas das lavanderias	34
4.2.3.2 Verificação da disponibilidade hídrica do agreste	35
4.2.3.3 Cálculo da pegada hídrica	37
4.2.3.4 Capacidade de captação de água de chuvas	39
4.2.3.5 Capacidade de reuso de efluentes	39
4.2.3.6 Índice de eficiência hídrica	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 MAPEAMENTO DAS LAVANDERIAS DE <i>JEANS</i> NO AGRESTE PERNAMBUCANO	41

5.1.1 Interferências urbanas das lavanderias industriais de <i>jeans</i>	46
5.1.1.1 Interferências urbanas das lavanderias de Caruaru.....	46
5.1.1.2 Interferências urbanas das lavanderias de Santa Cruz do Capibaribe	47
5.1.1.3 Interferências urbanas das lavanderias de Toritama.....	48
5.1.2 Interferências ambientais das lavanderias industriais de <i>jeans</i>	49
5.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO AGRESTE PERNAMBUCANO.....	62
5.2.1 Disponibilidade hídrica dos rios e canais	62
5.2.2 Disponibilidade dos reservatórios artificiais	72
5.2.3 Identificação de poços artesianos	77
5.2.4 Balanço hídrico de Caruaru	79
5.3 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA DA LAVANDERIA DE CARUARU	84
5.3.1 Caracterização da lavanderia e do consumo de água	84
5.3.2 Pegada hídrica azul	92
5.3.3. Pegada hídrica verde	95
5.3.4. Pegada hídrica cinza	96
5.4 CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	99
5.5 CAPACIDADE DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO	103
5.5.1. Eficiência hídrica	109
6. CONCLUSÃO	111
REFERÊNCIAS	113

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água potável é um problema que merece ser mais discutido, pois é uma realidade que deve ser considerada, de modo a preservar este recurso e continuar a beneficiar os serviços que nos pode oferecer, pois envolve direta ou indiretamente toda a população mundial, influenciada em grande parte pelo seu próprio crescimento e desenvolvimento econômico (JACOBI; EMPINOTTI; SCHMIDT, 2016).

Apesar de existir inúmeros trabalhos e discussões acerca do conceito de preservação deste recurso (RIBEIRO e ROLIM, 2017), bem como medidas que atuam a respeito da conscientização da água, é preciso ainda que haja um incentivo para esclarecer que cada vez mais é necessário conservá-lo. Isso porque este recurso é um bem finito e que a sobrevivência das futuras gerações depende do mesmo. Portanto, é necessário estimular uma utilização mais eficiente, reduzindo os consumos e contribuindo para a sustentabilidade das presentes e futuras gerações (JACOBI; EMPINOTTI; SCHMIDT, 2016).

O Brasil, apesar de ser um país com grandes reservas hídricas, possui regiões com baixa disponibilidade de água doce, a exemplo do Agreste de Pernambuco, que sofre com a ocorrência de secas. Nessa região, está localizado o Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco, o qual possui um segmento de fabricação de vestuário em *jeans*, que produz mensalmente aproximadamente 4,8 milhões de peças (VIANA *et al.* 2018).

O setor apresenta elevado potencial poluidor, gera efluentes quimicamente complexos e demanda grande volume de água em seus processos, o que caracteriza um grave problema diante das condições hídricas locais (DILARRI *et al.* 2016). Sendo assim, é importante implementar técnicas e ferramentas voltadas ao gerenciamento do uso sustentável da água, como por exemplo, a aplicação da metodologia do conceito Pegada Hídrica (PH), criado por A. Y. Hoesktra na Holanda, e de A. K. Chapagain, da ONG WWF do Reino Unido, em 2002. Essas ferramentas consistem no cálculo do volume total de água consumida de forma direta e indireta pelos seres humanos e pelos processos de produção (CÂNDIDO *et al.* 2018).

Nesse contexto, essa metodologia é aplicada para ter conhecimento acerca do volume de água gasto e como ferramenta de conscientização ambiental relacionada ao consumo dos recursos hídricos e sendo utilizada em conjunto com metodologias que visem o funcionamento eficiente de sistemas de captação de água de chuva e reuso do efluente tratado, permitirão o estabelecimento de um índice de eficiência hídrica, o qual

refere-se ao resultado da necessidade do recurso água em comparação com o resultado da capacidade de reuso de água do efluente e da captação de água de chuva, considerando a disponibilidade de infraestrutura da edificação (ANDRADA *et al.* 2018).

O presente estudo é importante, porque além de contribuir para a realização de futuras pesquisas, irá beneficiar as lavanderias de *jeans* do pólo do agreste pernambucano na redução do consumo de água local. Dessa forma, haverá contribuição com a qualidade ambiental e o desenvolvimento econômico da região tendo em vista que o local sofre com secas. O cálculo da Pegada Hídrica local será relevante, pois a indústria terá conhecimento da quantidade de água consumida (PIRES *et al.* 2018) e será incentivada a reduzir o consumo, contribuindo assim para alcançar o índice de eficiência hídrico ótimo estabelecido.

A indústria têxtil do agreste pernambucano vem se tornando, cada vez mais, um campo amplo e atrativo para pesquisas acadêmicas, pois a literatura ainda é escassa nesse sentido. Por ser um setor industrial que tem grandes demandas hídricas, e ao mesmo tempo está localizado em uma região que sofre com falta de água, surgiu assim à necessidade e curiosidade de investigar as condições de consumo e desperdício da água no local. E dessa forma contribuir, para mudar o quadro do pólo industrial do agreste pernambucano, quanto a sua crise hídrica por meio da utilização de ferramentas de gestão ambiental.

Sendo assim, fica clara a necessidade e importância de investigar o quadro hídrico atual e estabelecer um índice de eficiência ótimo para as lavanderias de *jeans* do agreste pernambucano, principalmente diante dos recentes episódios relacionados à crise hídrica no estado do Pernambuco.

2. OBJETIVOS

Para a realização deste trabalho foram definidos os objetivos gerais e específicos.

2.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo geral estabelecer o índice de eficiência hídrica para edificações industriais de lavanderias de *jeans* no agreste pernambucano.

2.2 Específicos

De forma a atender o objetivo geral proposto neste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear as lavanderias de *jeans* e suas interferências urbanas e ambientais no Agreste Pernambucano;
- Calcular a disponibilidade de recursos hídricos no Agreste Pernambucano;
- Calcular a pegada hídrica das lavanderias de *jeans*;
- Calcular a capacidade de captação de água da chuva e de reuso de efluente das lavanderias de *jeans*.

3.REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer desse tópico foram abordados temas de embasamento teórico para dar subsidio ao desenvolvimento do trabalho.

3.1 Disponibilidade hídrica no agreste pernambucano

As formas de gestão adequada dos recursos hídricos devem ser estudadas e aplicadas com atenção e cuidado, principalmente na região Nordeste do Brasil. Tal região, possui baixa disponibilidade de água doce, devido à influência direta na distribuição da disponibilidade hídrica por fatores como a elevada extensão territorial, as condições climáticas e a diversificada configuração. No território do país passam cerca de 260.000 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ de água, porém a bacia do Rio Amazonas concentra grande parte dessa vazão (cerca de 205.000 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$), restando para as bacias das demais regiões apenas 55.000 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ de vazão média (ANA, 2016).

No Brasil, o estado de Pernambuco é considerado um dos mais secos. Conforme notícias divulgadas pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) em 2017, a disponibilidade média de água per capita no Estado do Pernambuco equivale a 3,5% da média nacional. Esse baixo registro hídrico se deve à ocorrência de secas periódicas, o que tem gerado investimentos por parte do governo do referido Estado em relação à infraestrutura e boas práticas de gestão dos recursos hídricos com o objetivo de ampliar a disponibilidade hídrica no estado e promover o acesso democrático a água, para os múltiplos usos sociais e econômicos. O fortalecimento da Política Estadual de Recursos Hídricos é uma ação prioritária do governo para garantir o desenvolvimento do estado e a convivência com as adversidades climáticas (APAC, 2017).

No tocante às medidas legais adotadas por órgãos competentes no estado, destaca-se a Política Estadual de Recursos Hídricos-PERH, instituída em 1997, a qual fundamenta e direciona as ações relacionadas à gestão dos recursos hídricos no estado (APAC, 2017).

Em 2016, as notícias divulgadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), revelavam a grave crise hídrica no agreste pernambucano. Para minimizar os efeitos da falta de água, o Governo e a Companhia não mediram esforços, por meio de obras que visam à regularização da distribuição de água nas cidades atingidas pela estiagem prolongada (COMPESA, 2016).

Estudos realizados por Rodrigues *et al.* (2017) mostram que períodos secos e chuvosos do agreste pernambucano são irregulares e estão associados aos eventos El Nino

e La Nina. Ainda de com os pesquisadores, é importante destacar que o período seco no agreste pernambucano ocorre de agosto a fevereiro, com valores de precipitação inferiores a 300 mm, sendo possível observar que 55% de um total de 20 eventos de El Niño com intensidade muito forte coincidiram com anos secos. Em relação aos eventos de La Nina, os autores da pesquisa observaram que 56% de um total de 18 episódios estiveram associados há anos com chuvas acima da média na região, as quais ocorrem principalmente nos meses de março a julho, com valores de precipitação oscilando entre 300 e 600 mm,

Ainda discorrendo sobre os períodos irregulares do agreste pernambucano, é possível identificar que nos últimos anos as estações chuvosas apresentam baixa precipitação média anual, o que compromete significativamente a capacidade produtiva da região, em virtude da caracterização de sucessões de anos considerados secos. Ainda vale salientar que os anos secos resultam em baixas nos reservatórios hídricos que disponibilizam água para a região (ANDRADA *et al.* 2018).

O agreste pernambucano, apesar de apresentar baixa disponibilidade hídrica, se encontra em pleno desenvolvimento econômico, sendo observado um aumento de indústrias têxteis por toda região, o que gera uma grande demanda de água, como exemplo, temos o Arranjo Produtivo Local (APL) da confecção do agreste pernambucano, como é conhecido, é um importante pólo de confecções de tecido do agreste especializado em *jeans* (VIANA *et al.*, 2018).

3.2 Interferências urbanas e ambientais das lavanderias de *jeans*

De acordo com Silva *et al.* (2016), o *jeans* é caracterizado por ser um tecido robusto e durável, cuja sua utilização era voltada para os homens como roupa de trabalho. O mesmo autor comenta que no século XX, a moda criou novos ritmos de mudanças, influencias e estruturações de mercado que contribuiu para o surgimento de diversas indústrias ligadas a este tipo de produção, destacando as lavanderias industriais, as quais correspondem ao beneficiamento do tecido e a diversos processos que preparam o tecido para serem disponibilizados aos fornecedores e posteriormente para os usuários finais.

O processo de beneficiamento do *jeans* é composto pelas etapas: tingimento, amaciamento, alvejamento, envelhecimento, entre outros. Tais processos são desenvolvidos em lavanderias industriais têxteis e geram uma série de impactos ao meio ambiente (TONACO, 2014). O Conama (1986) define impacto ambiental, como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente

causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam: I - a saúde, a segurança e o bem estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais.

Os estudos realizados por Guimarães *et al.* (2018) apontam que a maioria das empresas do Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco está localizada nos municípios de Caruaru, Cupira, Toritama, Riacho das Almas, Vertentes, Surubim, Frei Miguelinho e Santa Cruz do Capibaribe. No entanto, a concentração de lavanderias industriais de beneficiamento de *jeans* verificada nas cidades de Caruaru concentra 33% do total, Toritama 30%, Riacho das Almas 18%, Vertentes e Surubim 15 e 4%, respectivamente.

Os mesmos autores ainda destacam que a fabricação de vestuário em *jeans* constitui um segmento importante desse polo de desenvolvimento, produzindo mensalmente aproximadamente 4,8 milhões de peças, que são processadas em 175 lavanderias industriais de beneficiamento têxtil. Esta produção de vestuário corresponde a uma quantidade mensal de 5.300 toneladas de tecido de *jeans*.

Os processos de produção e beneficiamento do *jeans* realizado em lavanderias têxteis tratam de uma atividade que requer muita cautela, e uma gestão eficiente do uso da água, pois são grandes usuárias de água, como também, geradoras de resíduos químicos (ITABORAHY e SILVA, 2006).

Silva *et al.* (2016) ressaltam em seu trabalho que o Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções e de Lavanderia do Agreste de Pernambuco apresenta uma série de interferências positivas à sociedade, principalmente no que diz respeito à geração de renda e de empregos para a região. Ainda de acordo com os autores, a cadeia produtiva têxtil e de confecções de Pernambuco em 2007 tinha crescido R\$ 274 milhões, em 2010 chegou a cerca de R\$ 329 milhões, com previsão de R\$ 869 milhões, em 2020. Fica evidenciado o potencial econômico deste polo de confecções da região (SILVA *et al.* 2016).

Segundo Ribeiro (2016), além de interferências urbanas como os transtornos que as lavanderias causam se instaladas em zonas urbanas residenciais, como ruídos, por exemplo, as lavanderias de *jeans* possuem serviços e processos que causam impactos negativos ao meio ambiente, a exemplo da degradação do solo, pois o descarte inadequado do efluente no solo gera uma contaminação tanto no solo como nos lençóis freáticos.

Ainda segundo o mesmo autor, outros impactos estão relacionados à ineficiência do tratamento de efluente e o descarte inadequado dos resíduos sólidos, que aumentam o grau de poluição. Não utilizar filtros nas caldeiras para eliminar os gases tóxicos gera uma série de doenças respiratórias a comunidade.

3.3 Pegada hídrica das lavanderias de *jeans* como indicador de sustentabilidade na gestão de recursos hídricos

O termo “Pegada Hídrica” é relativamente novo, tendo surgido a partir de publicações do professor A. Y. Hoekstra na Holanda, e de A. K. Chapagain, da ONG WWF do Reino Unido, em 2002. Antes de apresentar o conceito de pegada hídrica, é essencial entender o conceito de Água Virtual, o qual foi introduzido por John Anthony Allan em 1993, sendo definida como água incorporada em commodities. Ou seja, a água envolvida no processo produtivo de qualquer bem industrial ou agrícola (BLEININGER; KOTSUKA, 2017). Desse modo, países com escassez de água conseguem suprir as necessidades de sua população por meio da importação de alimentos que têm uso intensivo desse recurso (SANTANA; GRANATO, 2016).

Apesar da escassez nos estudos acerca da pegada hídrica, especialmente no Brasil, o indicador tem recebido atenção a nível mundial, principalmente no que diz respeito à criação da norma ISO 14046 de 2017, a qual pertence ao Comitê de Análise de Ciclo de Vida, e estabelece a forma de realização do cálculo e os princípios, requisitos e diretrizes de avaliação e divulgação do indicador, bem como aponta as exigências e orienta o balanço e a preparação de relatórios de pegada hídrica (BOULAY *et al.* 2015).

A pegada hídrica é calculada pelo uso direto e indireto de água. Para isso utilizam-se três classificações diferentes, codificadas por cores: verde, azul e cinza. Sendo a pegada hídrica verde referente ao consumo de água da chuva armazenada no solo como humidade, enquanto a pegada hídrica azul refere-se ao consumo de água subterrânea e superficial ao longo da cadeia de produção do produto, e por fim a pegada hídrica cinzenta refere-se ao volume de água doce necessária para assimilar a carga de poluentes, com base nos padrões de qualidade de água existentes (SILVESTRI; RIBEIRO, 2017).

O cálculo de pegada hídrica pode ser realizado para um processo, para um produto, para um consumidor ou grupo de consumidores, para um recorte geográfico, para uma bacia hidrográfica ou para uma empresa, depende do contexto e das finalidades (PIRES, 2018).

Para Santiago *et al.* (2017), a pegada hídrica verde é considerada como o volume de água da chuva que é consumido durante o processo de produção. É resultante da precipitação no continente que não escoar ou não repõe a água subterrânea, ficando armazenada no solo ou na superfície do solo ou na vegetação, temporariamente e depois, em alguns casos, essa parte da precipitação evapora ou é transpirada pelas plantas.

A pegada hídrica azul refere-se à água superficial (rios, lagos, córregos, etc) ou subterrânea (aquíferos, lençóis freáticos), utilizada na irrigação, na indústria e nos domicílios, que não retorna ao solo ou a superfície de origem (PIRES, 2018). É importante distinguir as pegadas hídricas azul e verde na cadeia produtiva, pois assim é possível identificar em quais fases ocorre o maior consumo de água e, a partir desse dado, orientar a elaboração de estratégias que minimizem o uso do recurso (PIRES, 2018).

A componente cinza da pegada hídrica é aquela que se tornou poluída durante o processo produtivo, e apesar de não haver necessariamente a entrada de água no sistema, compõe a pegada hídrica por representar o volume de água que seria necessário para a neutralização total da carga ambiental enviada aos corpos hídricos (HOEKSTRA *et al.* 2011).

Conforme aponta Pires (2018), vale ressaltar que o cálculo da pegada hídrica na dimensão industrial permite identificar o volume de água consumido pelas componentes verde, azul e cinza. No entanto, alguns estudos não apresentam distinção entre elas, e consideram apenas o resultado final do indicador ou alguma parte dos referidos componentes.

No âmbito industrial, o cálculo final do indicador é realizado nas etapas dos processos de produção, de forma que se obtenha o volume de água por unidade de produtos que resultam do processo (unidades de produto por unidade de tempo). Pode também ser expressa como o volume de água por unidade de produto. É importante destacar que os diversos passos do processo no sistema podem estar associados às pegadas hídricas e poderão ser totalmente atribuídas ao produto resultante (VIANA *et al.* 2018).

Além da aplicação dos cálculos para se obter o valor da pegada hídrica é importante aplicá-la como metodologia eficiente no uso da água. Alguns autores como Silvestri e Ribeiro (2017), destacam que a metodologia da pegada hídrica pode ser utilizada como ferramenta na gestão de recursos hídricos, uma vez que mede a utilização de água nas atividades humanas e na produção de bens e serviços, considerando o consumo de água e sua contaminação, sendo assim um instrumento de gestão que busca

o uso sustentável da água, promovendo a eficiência no uso e compartilhamento igualitário da limitada disponibilidade hídrica.

Segundo as contribuições de Silva *et al.* (2016), a aplicação da metodologia da pegada hídrica como modelo de gestão dos recursos hídricos auxilia na definição de indicadores de sustentabilidade ambiental, pois diante do crescente problema da crise hídrica, torna-se fundamental a utilização de uma ferramenta como essa, que auxilia no uso dos recursos naturais de forma sustentável.

Para Bleininger e Kotsuka (2017), apesar de ainda não existir muitos estudos na literatura brasileira, a utilização da pegada hídrica como indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, incluindo usos diretos e indiretos, ao longo das cadeias produtivas, vem sendo integrado ao meio científico e empresarial de forma positiva.

Viana *et al.* (2018) afirmam que a adoção de medidas efetivas quanto à gestão dos recursos hídricos é essencial, no sentido da verificação e eficácia de indicadores de sustentabilidade. A aplicação da metodologia da pegada hídrica é destacada como ferramenta capaz de oferecer dados que auxiliam as pessoas a compreenderem, de forma mais ampla, a relação entre escassez e poluição da água, como também as atividades e produtos.

Diante da crise hídrica no agreste pernambucano, a metodologia da pegada hídrica seria uma proposta interessante a ser utilizada na gestão de recursos hídricos, uma vez que abre um vasto potencial de possibilidades de investigação acerca da avaliação sobre a quantidade de água consumida na produção mirando detectar o nível de sustentabilidade hídrica, ou seja, consumindo o necessário para não comprometer a subsistência do ecossistema (MATOS, 2015).

3.4 Captação de água da chuva e reuso de efluente das lavanderias de jeans

Eram poucas as experiências de captação de água de chuva no Brasil até o final dos anos 70, quando em 1990 essa realidade começou a mudar a partir da construção de cisternas para água pluvial feitas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, no semiárido do nordeste brasileiro (ABCMAC, 2000).

Além da construção das cisternas, houve também a necessidade de identificação e implantação de programas educacionais estruturados para incentivar a convivência com o clima semiárido e um melhor gerenciamento da água. Ainda segundo o Abmac (2000) a partir disso, a Embrapa e o Instituto (IRPAA) organizam simpósios brasileiros de

captação e aproveitamento de água de chuva, o que impulsionou no uso mais adequado dessa água na região.

Em relação às exigências legais relacionadas aos reservatórios da água obtida da chuva, a Abmac (2000) destaca que tais reservatórios devem atender à NBR 12217:1994 intitulada norma de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, a qual estabelece que, em um projeto, deve-se considerar extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, bem como evitar a suspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes, minimizando assim o turbilhonamento. E por último, recomenda-se que a retirada de água do reservatório seja feita a 15 cm da superfície do reservatório.

As considerações técnicas e os cuidados que devem ser tomados com todos os componentes destinados a captação e armazenamento de água de chuva, incluindo calhas, tubulações, reservatórios, e também, com o uso posterior estão descritas na NBR 15527: 2007 intitulada água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (SOUSA, 2017).

Estudos realizados por Sousa (2017) mostram que, para armazenar adequadamente a água da chuva, é necessário considerar dois aspectos fundamentais: primeiramente, não se deve utilizar grandes reservatórios, pois é mais adequado o uso de pequenos reservatórios para captação e regularização em períodos chuvosos, conservando outras fontes de água disponíveis. É necessário também desprezar as primeiras águas de chuva, pois a qualidade melhora bastante após o início da precipitação.

Segundo as contribuições de Faria Junior (2017), os efluentes gerados nas indústrias do setor têxtil costumam ser de corantes não fixados nas fibras, os quais não são totalmente degradados em virtude da ineficiência de tratamentos convencionais, porém precisam se adequar ao descarte correto de efluente residual, cumprindo com as legislações vigentes.

Pesquisas realizadas por Coutinho *et al.* (2017) apontam que os efluentes gerados em indústrias de lavanderias de *jeans* podem ser tratados por método de tratamento físico e biológico, com o objetivo de retirar as partículas sólidas presentes nos mesmos e através das bactérias anaeróbicas fazer a clarificação da água.

O reuso de efluentes advindos da fotocatalise com óxido de titânio (TiO₂) nas lavanderias de *jeans* é o mais indicado por Ribeiro e Tavares (2016), uma vez que o referido tratamento além de não provocar danos ao material beneficiado, não apresentará

variação quando comparados aos realizados com água industrial, mostrando que o reuso desse efluente é viável.

3.5 Indicador de eficiência hídrica para as instalações de lavanderias de *jeans*

A utilização de indicador de eficiência hídrica pode ser considerada como uma metodologia eficaz no sentido de aperfeiçoar o consumo de água. Conforme aponta Demanboro *et al.* (2018), diversos países possuem programas de certificação de eficiência hídrica, enquanto o Brasil ainda não adotou.

Os mesmos autores propõem a adoção do selo de eficiência hídrica para torneiras, em todo o país, o que será de colaboração significativa para melhorar a eficiência no uso da água (ALKAYA; DEMIRER, 2014).

Pesquisa realizada por Alves (2015) mostra que o indicador de eficiência hídrica pode ser utilizado nos setores urbano, agrícola e industrial, e que torna direta a comparação entre objetivos e resultados obtidos, sendo definido de acordo com a equação:

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \text{Consumo útil/Procura efetiva} \times 100 \quad (1)$$

Através da definição deste indicador, é possível obter conhecimento do desperdício obtido, por meio da equação:

$$\text{Desperdício (\%)} = 100 - \text{Eficiência (\%)} \quad (2)$$

A eficácia da utilização do indicador acontece quando se considera que o “consumo útil” corresponde ao mínimo necessário num determinado setor, sendo que o valor deste mínimo depende de um referencial de utilização, que seja sustentável, sendo que para a situação atual, o volume efetivamente utilizado pode ser estimado com base nos registros existentes para cenários futuros. Dessa forma, a situação de melhor eficiência de utilização da água atinge-se quanto mais próximo estiver à procura efetiva do consumo útil (ALVES, 2015).

Diante desse contexto, apesar dos Programas de eficiência hídrica no Brasil serem escassos, o relevante tema abre um leque de possibilidades para novas pesquisas no país, onde é necessário investir em metodologias adequadas aplicáveis, como por exemplo, nas instalações de lavanderias de *jeans* do agreste pernambucano, contribuindo assim de forma significativa, para o uso eficiente da água (COSTA *et al.* 2016).

O índice de eficiência hídrica nas instalações de lavanderias de *jeans* do agreste pernambucano será o resultado da necessidade do recurso de água em comparação com o resultado da capacidade de reuso de água do efluente e da captação de água de chuva, considerando a disponibilidade de infraestrutura das edificações (COSTA *et al.* 2016).

3.6 Estado da arte da gestão de recursos hídricos no agreste pernambucano

Apesar de ser um tema novo com algumas limitações, é possível destacar alguns trabalhos encontrados na literatura no que se refere à avaliação de pegada hídrica e recursos hídricos no agreste pernambucano, dentre eles, Viana *et al.* em 2018 que avalia a pegada hídrica azul do processo de beneficiamento do *jeans* em quatro lavanderias têxtil localizadas no Pólo de Confecções do Agreste de Pernambuco. Os resultados indicaram que a avaliação da pegada hídrica do processo de beneficiamento têxtil mostrou um grande potencial poluidor em virtude da enorme demanda de água.

Sousa (2017) realizou um trabalho no agreste pernambucano sobre formas atuais de abordagem de gestão da demanda de água, caracterizando e identificando três alternativas tecnológicas de gerenciamento – equipamentos economizadores; captação de água de chuva; e reuso de águas cinzas – como possíveis medidas voltadas para a redução da demanda de água do setor residência.

Lima *et al.* (2016) elaboraram um estudo nas lavanderias de *jeans* em Riacho das Almas e verificaram que as lavanderias selecionadas não possuíam estação de tratamento de água. Embora, de acordo com os autores, existam no município indústrias que reutilizam água. Ainda de acordo com o estudo, as lavanderias que tem sistema de reuso da água de forma inadequada são eventualmente multadas pelos órgãos fiscalizadores.

Andrade *et al.* (2018) concluíram, por meio de pesquisas, que nas últimas décadas a região do Agreste de Pernambuco teve seus registros pluviométricos reduzidos.

Silva *et al.* (2012) deixa clara a necessidade de se tomar medidas de conservação do meio ambiente, como o tratamento dos efluentes industriais; reutilização e redução de consumo da água.

Silva e Neto (2017) reconhecem que a falta de um tratamento correto da água, proveniente da lavagem dos *jeans*, acaba por se tornar um agente poluidor capaz de poluir não apenas o rio, mas também o solo e o lençol freático da região, afetando animais, plantas e toda comunidade.

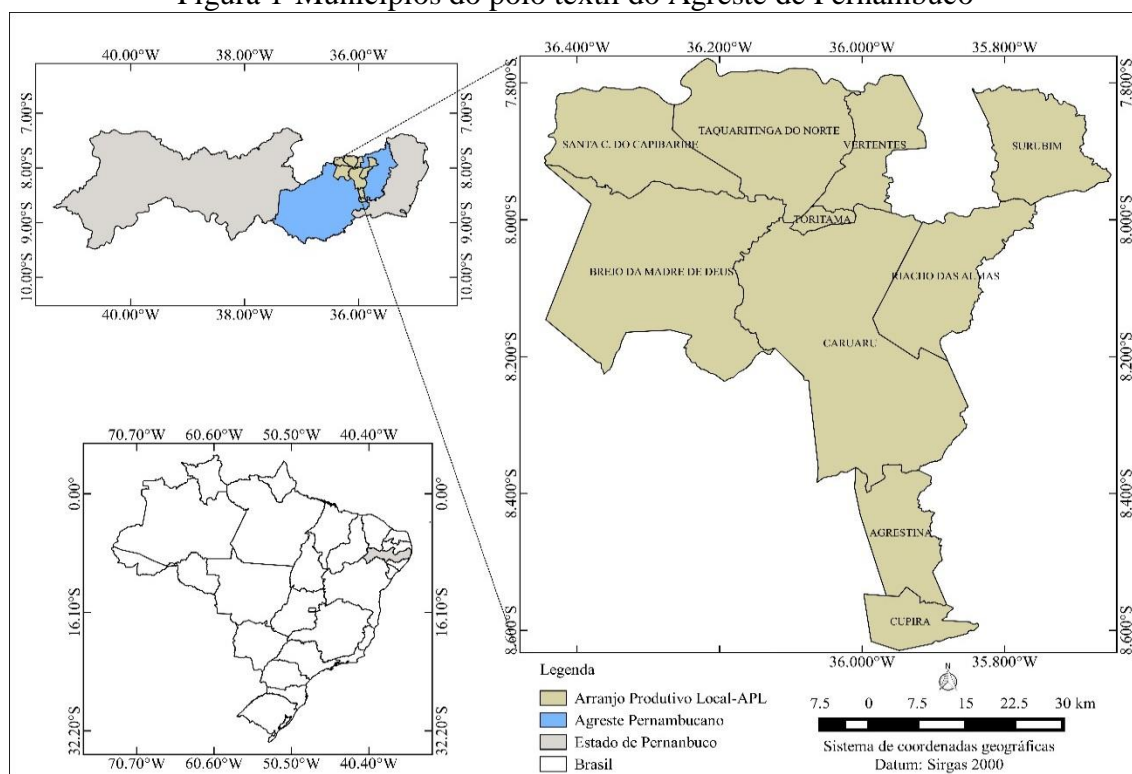
4. METODOLOGIA

Neste tópico é apresentado a área de estudo, o método de pesquisa utilizado e os procedimentos de como a referida pesquisa foi realizada.

4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na região do Arranjo Produtivo Local – APL de confecção de *jeans* do Agreste de Pernambuco (Figura 1). Segundo Santos *et al.* (2004) APL são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais – com foco em um conjunto específico de atividades econômicas –, que mantêm entre si vínculos tangíveis e/ou intangíveis, mesmo que incipientes.

Figura 1-Municípios do pólo têxtil do Agreste de Pernambuco



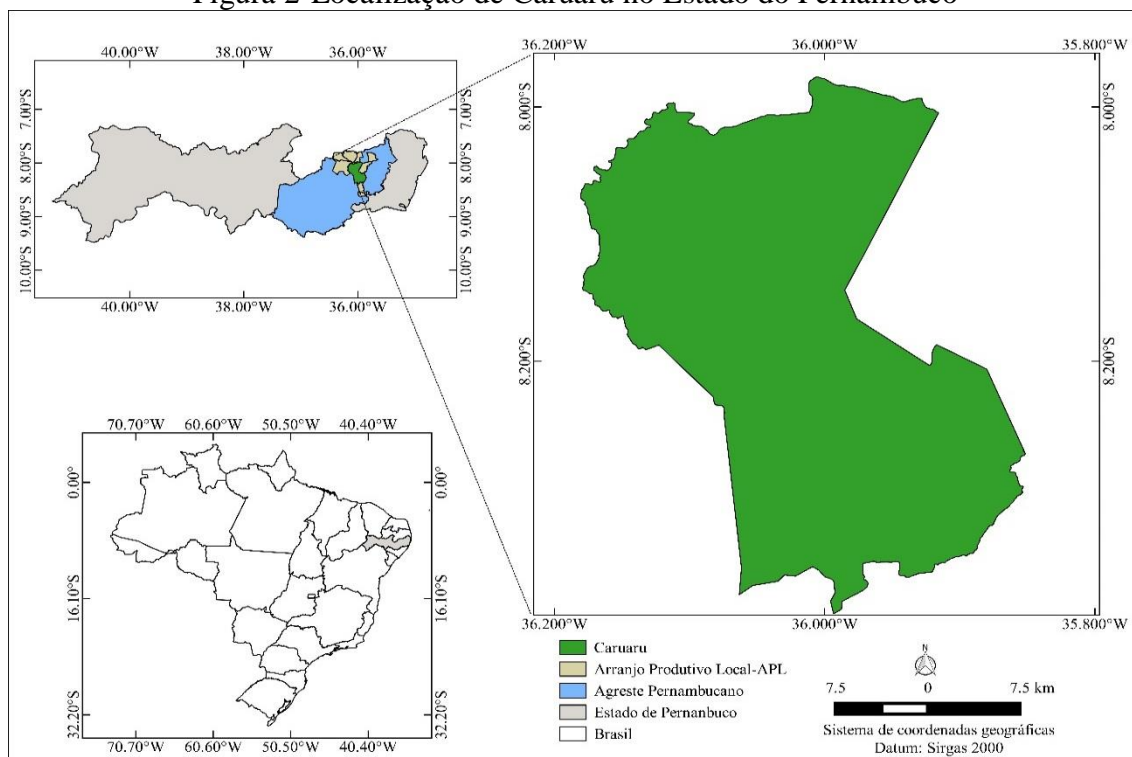
Fonte: Autor (2020).

O agreste pernambucano é a área que se localiza entre a Zona da Mata e o Sertão, no Nordeste do Brasil. O agreste possui o solo essencialmente pedregoso, rios temporários, vegetação rala e pequena (mirtáceas, combretáceas, leguminosas e cactáceas). O regime pluviométrico é baixo e se concentra principalmente entre os meses de junho e julho. Em algumas regiões é possível encontrar pequenas áreas úmidas e também brejos, onde são desenvolvidas áreas agrícolas.

Conforme o Sebrae (2013), o APL de confecção de têxtil do agreste pernambucano é composto pelos municípios Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes.

O Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos – DIEESE (2010), afirma que mais de 80% das lavanderias do agreste de Pernambuco, estão localizadas em Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. Amorim, Prazeres e Santo (2016) afirmam que Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama são considerados o triângulo do polo de confecções por apresentar um fluxo de produção maior que nos outros municípios. E ainda Alves, Xavier e Campos (2016) confirmam que esses são os principais municípios do polo. Porém, essa pesquisa foi desenvolvida especialmente em Caruaru (Figura 2), distante em média 166 km de Recife.

Figura 2-Localização de Caruaru no Estado do Pernambuco



Fonte: Autor (2020).

4.2 Procedimentos metodológicos

Como meios metodológicos foram realizados pesquisa bibliográfica a trabalhos já publicados, consulta a dados secundários e documentos disponibilizados por órgãos públicos, e dados coletados por meio visitas de campo.

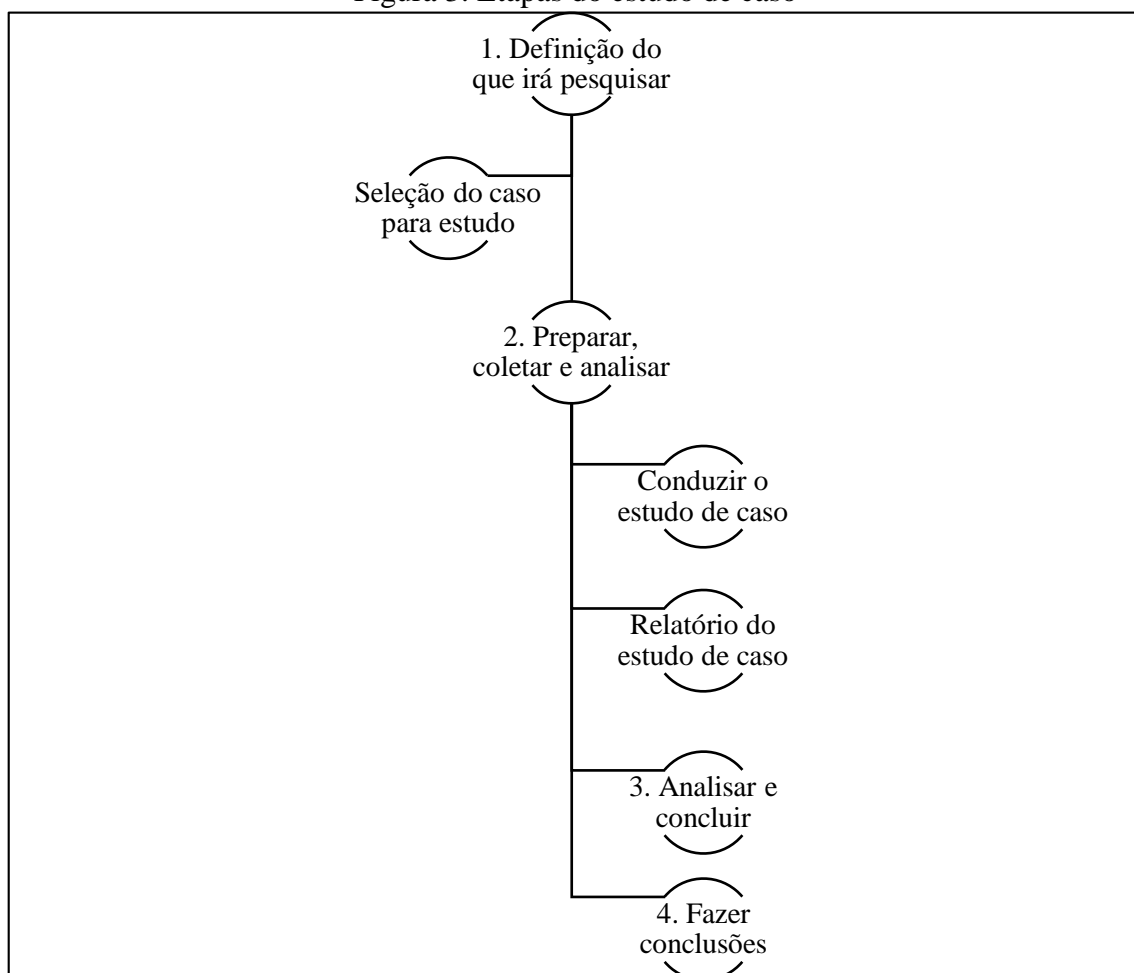
4.2.1 Estudo de caso

O estudo de caso, segundo Gil (2008), é o estudo de forma bastante aprofundada sobre determinado objeto, de maneira que se possa conhecê-lo detalhadamente.

Assim como experimentos científicos, tal metodologia também contribui com a academia e demonstra que para iniciar uma pesquisa, o pesquisador deve definir o objetivo e a abordagem. Para Gil (2007), o estudo de caso proporciona ao pesquisador maior familiaridade com o problema e a grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Tal estudo é capaz de investigar 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 (YIN,2015). O esquema de desenvolvimento de um estudo de caso se encontra melhor apresentado na figura 3.

Figura 3. Etapas do estudo de caso



Fonte: Adaptado de Silva e Mercês (2018).

Afigura anteriormente mostrou que um estudo de caso é desenvolvido em 4 etapas de modo a investigar um caso e estudá-lo cientificamente. Estudos de caso vêm sendo usados há muito tempo em diferentes áreas de conhecimento, tais como na sociologia, geografia, engenharias, etc, sempre sendo realizado como estratégia de investigação.

A compreensão deste método, enquanto estratégia de investigação emergente, pode revelar-se para investigadores que queiram estudar e inovar no campo educativo.

Nessa pesquisa, devido à dificuldade de acesso a coleta de dados, em todo o APLI o objeto de estudo foi uma lavanderia de beneficiamento de jeans em Caruaru.

A escolha para desenvolvimento do trabalho nessa lavanderia, é justificada pela disponibilidade da empresa em contribuir com a pesquisa e além disso, outras pesquisas já foram desenvolvidas nesse mesmo ambiente.

4.2.2 Pesquisa

A pesquisa foi realizada com base em trabalhos acadêmicos já publicados e consultas a dados secundários disponibilizados para a consulta pública, bem como a documentos com informações sobre o referido tema.

4.2.2.1 Pesquisa bibliográfica e documental

A pesquisa bibliográfica utilizada consistiu inicialmente na revisão de literatura publicadas em artigos científicos internacionais e nacionais, teses, dissertações, trabalhos publicados em eventos e legislações ambientais vigentes.

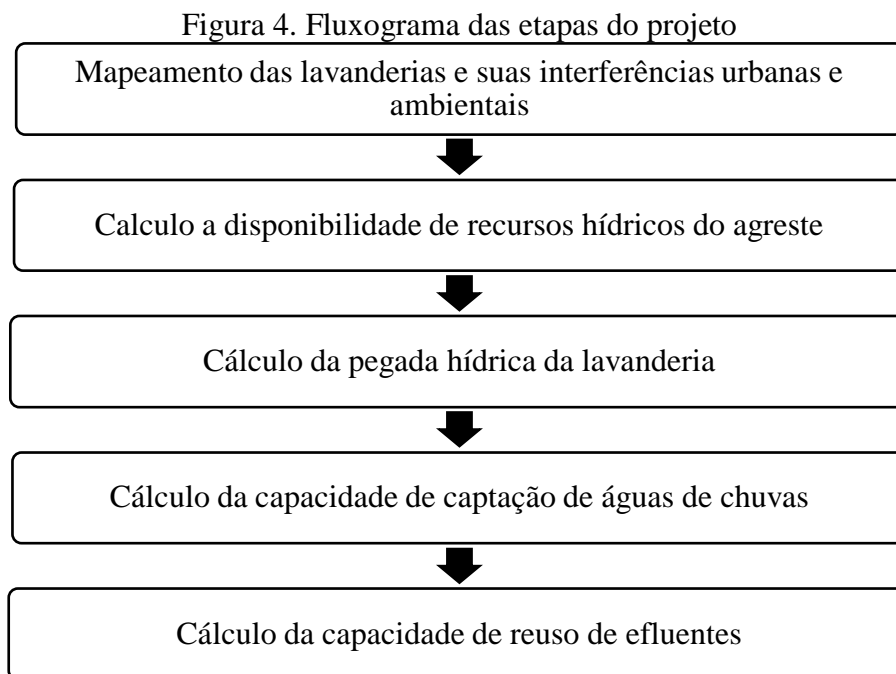
Os artigos científicos consultados nos periódicos da Capes Science Direct, Scopus (Elsevier), Mendeley, e também diretamente da internet.

A prioridade para a seleção dos trabalhos publicados obedeceu a seguinte ordem: artigos científicos internacionais e nacionais publicados em revistas; artigos científicos publicados em jornais, dissertações, teses e trabalhos publicados em eventos.

A pesquisa documental consistiu em consultas à documentos relacionados as lavanderias, tais como a lista das empresas do estado, fornecida pela Junta Comercial de Pernambuco-JUCEPE e situação cadastral das empresas no site da Receita Federal, bem como informações do licenciamento ambiental na CPRH.

4.2.3 Etapas da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em etapas, conforme o fluxograma (Figura 4) a seguir.



Fonte: Autor (2020).

4.2.3.1 Mapeamento das lavanderias e suas interferências ambientais

Para o mapeamento das lavanderias foi obtida uma listagem da na Junta Comercial de Pernambuco-JUCEPE, com 2316 indústrias disponibilizada em planilha do Excel. Tal planilha apresentava duas colunas, das quais uma continha o CNPJ das indústrias e a outra o nome delas. Nessa listagem, o objetivo foi filtrar entre as indústrias, as lavanderias que prestam serviços de beneficiamento de *jeans* enquadradas e para isso foram realizados vários levantamentos para restringir os dados para essa classificação.

O levantamento se estendeu para identificar as seguintes variáveis: nome fantasia; status das ativações; certificações ambientais; alvará de funcionamento; licença de operação na CPRH; produção de peças (unid/mês); fonte de abastecimento de água; tipo de combustível da caldeira e o endereço completo. Este último foi encontrado utilizando o Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas-CNPJ disponível no site da Receita Federal. Tais variáveis foram digitadas nas colunas seguintes, dando continuidade à planilha, a fim de obter o máximo de informações disponíveis e fornecer subsídios para os resultados.

Com o total de lavanderias conhecido e o preenchimento de todas as colunas, a planilha foi importada para o Qgis 2.18, software de geoprocessamento de licença gratuita, transformando-os endereços em coordenadas geográficas por meio da ferramenta de geocodificação reversa MMQGIS. Tal ferramenta é capaz de geocodificar

vários endereços ao mesmo tempo, através de uma planilha do excel em formato CSV com a codificação UTF-8, transformando os endereços em coordenadas.

4. 2.3.2 *Interferências urbanas das lavanderias*

Para avaliação das interferências urbanas, foram observadas as legislações municipais e os planos diretores dos municípios para verificar se as lavanderias estão localizadas em áreas de acordo com o zoneamento do município.

Para os municípios que ainda não apresentam plano diretor, foram apenas delimitados os bairros e verificado a presença de residências no entorno das lavanderias por imagens de satélites.

Para tal etapa, foi delimitada no Qgis as zonas do zoneamento de acordo com o plano diretor das cidades e posteriormente sobreposto a camada de coordenadas das lavanderias. Para as interferências ambientais das lavanderias adaptou-se a metodologia de Leopold *et al.* (1971). Os pesquisadores fizeram uso de uma ferramenta para avaliação de impactos ambientais em formato de matriz, utilizada pela primeira vez no serviço Geológico dos Estados Unidos. Essa metodologia implica numa matriz de interação onde é possível analisar as ações humanas que podem causar impactos ambientais, e os componentes ambientais que podem ser afetados por essas ações humanas, além de poder aplicado em diversos empreendimentos, em todas as suas fases.

A estrutura da matriz foi composta por linhas e colunas, descrevendo cada atividade e suas respectivas etapas de acordo com os fatores ambientais. A decisão por utilizar matrizes de interação viabiliza uma boa disposição visual do conjunto de impactos diretos e permite comparações simples (PONTES; LIMA; SILVA, 2016).

Nas lavanderias essa metodologia foi aplicada na fase de operação, observando as ações de cada etapa do processo de produção e seus impactos ambientais sobre o meio biótico, abiótico e antrópico.

Também foram observadas as interferências ambientais nas Áreas de Preservação Permanente-APP dos rios da região com o objetivo de verificar se as lavanderias estão localizadas em Áreas de Preservação Permanente-APPs.

Para identificar essas interferências, foram delimitados e confeccionados mapas da rede hidrográfica da região, e gerado um *buffer* das áreas de Preservação Permanente-APP dos rios no Qgis e com as coordenadas obtidas da etapa anterior, verificou-se quais estão em APP.

4.2.3.3 Verificação da disponibilidade hídrica do agreste

A disponibilidade hídrica foi avaliada, através da quantificação dos rios, canais, reservatórios artificiais, poços artesianos e do balanço hídrico.

a) Identificação dos rios e canais

Os dados secundários utilizados nessa etapa foram extraídos de 4 bandas (imagens) de satélites que cobrem o território dos municípios de estudo. Tais imagens são os Modelos Digitais de Elevações - MDE obtidos gratuitamente do site da Topodata com resolução espacial de 30 m, disponibilizadas pelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Realizou-se o tratamento das imagens em software de geoprocessamento para eliminar erros atmosféricos que podiam interferir nos resultados e posteriormente, foram extraídas a rede de drenagem (rios e canais) utilizando a ferramenta *r. watershed* do *Grass* do software e a conversão do vector por meio da ferramenta *r.to.vect*.

Para essa etapa também foram realizadas pesquisas sobre a disponibilidade hídrica superficial do APL disponibilizada para consulta pública no site da ANA para download de arquivos vetoriais e informações das vazões dos cursos de água, disponível em http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e5d055953d9c4663aee602d293553445_0.

b) Reservatórios artificiais

Para quantificar os reservatórios artificiais foram utilizados dados vetoriais secundários, disponíveis na Agência Nacional de Águas – ANA, órgão federal.

c) Identificação de poços artesianos

Os poços artesianos foram obtidos por meio de dados secundários disponibilizados na plataforma do CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) do Serviço Geológico Brasileiro, disponível no link <http://siagasweb.cprm.gov.br>, e no site do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA) disponível no link <http://www.ipa.br/scriptcase/sistemas/pocos/menu/menu.php>, fazendo o download de planilhas do excel com as informações dos poços e de *shapefiles* no formato vetorial Kml.

Esse procedimento resultou em um número de poços cadastrados em todo o estado de Pernambuco. Após esse procedimento, foi executado um filtro na planilha com apenas os poços dos 10 municípios do APL já citados anteriormente.

d) Balanço hídrico

O balanço hídrico do APL foi estimado com base no de Caruaru publicado no trabalho de França *et al.* (2018) e Medeiros (2018). Devido a indisponibilidade de dados, para as demais regiões. Também foi analisado o período chuvoso e seco com base nos dados da APAC de um período de 44 anos (1972 a 2017) por meio do software Excel e o software estatístico Microsolt Excel XLSTAT (version 2019.3.1) para gerar as médias mensais do período seco e chuvoso de cada município do APL. Os dados de precipitação pluviométrica estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1-Série pluviométrica do período de 1972 a 2017 de Caruaru

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1972	28,2	135	94,9	83,7	74,3	100,2	29,4	66,2	17,7	19,4	0,8	46,3
1973	76	22,7	86,5	131,1	33	97,1	85,3	23,1	48,2	32	6,7	14
1974	65,1	129,7	124,3	221,6	57,4	95,4	115,2	26	31,9	0,8	6,4	32,3
1975	20	16,4	62,4	90,3	92,4	75,9	255	33,8	29,9	3	2,5	70,7
1976	5,1	54	123,2	87	62,6	41	46,7	24,9	2,5	77,1	82,3	21,7
1977	72,2	24,5	28,3	230,7	149,2	175,6	204,4	33,6	47,3	22,1	1,7	13,6
1978	0,2	79,7	149,3	152,1	107,7	110,6	140,4	58,5	62,3	7,7	12,4	18,1
1979	35,2	68,3	40,6	33	74,9	53,3	77,1	16	38	8,3	20,4	0,9
1980	9,6	138,2	135,2	47	52,8	100,9	38,5	25,2	25,2	35,7	4,8	23,4
1981	68,9	14,3	303,6	25,6	29,4	25,5	37,1	25,5	21,1	3,5	39,6	57,1
1982	34,8	39,7	40,3	124,4	153,9	91,9	53,5	51,2	22,3	0,5	1,4	18,1
1983	27,6	128,8	57,8	12,9	73,9	64,3	49,8	61,5	10,5	28	2,6	6,3
1984	5,3	0,8	82,2	104,5	126,5	71	124,3	100,6	25,7	31,4	9,2	3,8
1985	36,9	202	191,8	189,5	36,2	79,4	91,9	84,4	10,2	2,5	8,7	6,2
1986	41,6	39,1	158,3	138,2	127	94,6	117,8	91,7	35,2	29,2	42,6	16,8
1987	92	55,7	47,1	88,5	33,8	85,7	92,8	22,3	18,8	8,1	2,8	0
1988	8,9	23	102,8	131,2	52,4	72,1	161,4	35,6	24,9	13,1	21	57,2
1989	55,1	3,1	35,6	157,5	159,6	49	135,9	65	12,2	34,9	24,8	136,5
1990	18,2	10,9	5,2	118,1	71,6	135	135,7	53,5	17	15,5	3	9
1991	4	11,4	100,5	79,8	88,2	52,6	59,6	71,6	13,2	4,6	4,8	11
1992	54	117,4	160,8	65,6	47,4	93,4	121,4	30,6	98	5	17	
1993	12,4	1,6	25,2	11,4	34,4	46,2	109,6	25,8	1,8	15	15,8	30
1994	57,6	59,2	19	39	220,4	145,2	163	50	55,2	16	3,6	12
1995	30,6	85,6	11,4	45,4	63,2	76,4	121	38	9	0,8	20,6	0,2
1996	25,6	30,8	81	61	62,6	68,4	82,2	70,8	31	15,4	19,2	9,8
1997	49,4	60,9	99,4	69,4	160,6	44,2	91,4	62,4	4,6	15,6	0	13,6
1998	12,2	1,6	27	81,6	42,4	32,4	51,4	63,2	18,2	9,8	1,8	0,6
1999	9,2	26,2	47,4	9,4	56,2	52,4	117,8	32,1	16,3	28,9	1,1	27,4
2000	62	177,4	30,3	97,5	61	134	131,8	132,5	67,4	17,7	4,8	58,2
2001	20,3	3,8	96	68,3	8,4	164,8	81,7	65,9	24,8	36,2	8	8
2002	134,3	103,5	120,3	31,8	125,1	115,4	69,3	62,8	12,9	14,9	25,3	2,7
2003	5,7	61,6	57,8	43,7	48	78	45,2	32	35,3	20,6	8,2	7,5
2004	238,5	200,4	46,6	115,8	85,7	130,8	108,9	31,8	40,4	3	3,8	17
2005	6,2	16,9	92,2	41,5	173,6	203,8	61	75,5	11,8	4,6	1,4	61,5
2006	10,2	50,6	25,7	95,8	88,2	123,3	73,9	31,3	15,1	2,4	17,4	13,2
2007	23,2	108,2	88,1	70	67,2	142,5	49,4	81,3	42,3	3,2	7,7	23,6
2008	50,8	34	144,3	85,6	84,9	59,3	102	75,3	10	2,3	0	15,4
2009	44,2	85,2	47,3	107,8	138	70,7	86,8	102,3	5,7	1,7	17,6	52
2010	48,1	84,2	114,7	104,4	8,7	314,1	45,2	35,2	40,8	4,1	0	17,7
2011	154,7	75,6	40,3	143,8	224,9	70,1	139,4	72,8	18	4,1	33,6	0
2012	55,5	60,1	6,2	21,3	33,2	62,8	51,1	45,7	3,7	3,2	1,8	5,8
2013	12,8	16	35,1	144,3	42,1	122,3	122,2	58,6	9,7	29,8	40,1	10,5
2014	10,6	52,5	51,8	16,2	81,4	54,3	58,8	44,5	51,3	52,1	25,1	4,5
2015	3,2	5,5	44,1	9,8	19,5	0	136,2	128,6	0	0	0	53,5
2016	63,9	44,8	98,3	54,1	74,8	49,2	36,2	19,7	29,6	2	0	4
2017	3,1	53,2	16,1	32,9	228,7	109,7	151,9	41,4	51,6	0	2,3	38,2

Fonte: APAC, 2018.

4.2.3.3 Cálculo da pegada hídrica

Nessa etapa, foram anotados, o quanto de água que entra e o quanto de efluente que é gerado (água que sai), da lavanderia. Foi observado o histórico do consumo de água da lavanderia por meio de um acompanhamento do processo produtivo, anotando-se todas as etapas em que há consumo de água. Foi registrado o número de equipamentos, o consumo de água dos equipamentos, a quantidade de água usada na limpeza do prédio e a estimativa da quantidade de efluentes sanitários. Além dessas informações, também foram registrado o quanto de água que é consumido para produzir uma peça de *jeans*, o peso da peça e qual a produção mensal.

O somatório de todos os usos de água foi o consumo total. Tais dados foram obtidos por meio de entrevistas com os responsáveis pelas lavanderias e digitados em planilha do excel.

Com esses dados, foi calculada a pegada hídrica (PH) da empresa selecionada de acordo com o manual de Hoesktra *et al.* (2011), considerando o consumo pelo abastecimento de entrada de água na lavanderia.

O cálculo da PH foi feito de acordo com as fórmulas das pegadas hídricas determinadas a seguir. Onde a pegada hídrica azul está exposta na equação 3, pegada hídrica verde expressa na equação 4e da pegada hídrica cinza exposta na equação 5.

i) a pegada hídrica azul que mede a quantidade de água superficial ou subterrânea num determinado período.

$$PH_{proc,azul} = \text{evaporação água azul} + \text{incorporação água azul} + \text{caudal retorno perdida} \quad (3)$$

Onde: o caudal de retorno perdido refere-se ao volume de água que não está disponível para reutilização na mesma bacia hidrográfica, no período de tempo considerado.

(ii) a pegada hídrica verde ($PH_{proc,verde}$) A pegada hídrica verde se refere ao uso humano do fluxo que se evapora da superfície terrestre, resultado, em sua maior parte, do cultivo agrícola ou da produção florestal. Sendo assim, lavanderia não possui pegada hídrica verde. Entretanto, a fórmula para o cálculo pode ser utilizada a equação 4:

$$PH_{proc,verd} = \text{evaporação de água verde} + \text{incorporação de água verde} \quad (4)$$

(iii) apegada hídrica cinza (PH_{cinza}) é um indicador do grau de poluição da água de uma etapa do processo. Define-se como o volume de água necessário para assimilar a

carga de poluentes gerados, com base nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes.

O cálculo da Pegada Hídrica Cinza foi realizado dividindo a carga do poluente desejado (C, em massa/tempo) pela diferença entre o padrão de qualidade de água para esse poluente (concentração máxima aceitável C_{max} , em massa/volume) e sua concentração natural no corpo hídrico receptor (C_{nat} , em massa/volume).

$$PH_{cinza} = \frac{L}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}} \quad (5)$$

Onde: PH cinza é a pegada hídrica cinza dada em volume por unidade de tempo; L é a carga do poluente em unidade de massa por unidade de tempo; ($C_{m\acute{a}x}$) é concentração padronizada de qualidade ambiental do poluente aceitável pelas legislações ambientais dada em unidade de massa por unidade de volume e (C_{nat}), é a concentração natural do poluente na água receptora dada em unidade de massa por unidade de volume.

Hoekstra *et al.* (2012) sugerem que o valor de C_{max} seja obtido através das legislações nacionais, entretanto, se a legislação em vigor não conter dados de C_{max} relacionados à determinada substância, pode-se utilizar legislações internacionais para este fim.

A concentração natural (C_{nat}) do poluente em um corpo d'água receptor corresponde àquela que ocorreria se não houvesse intervenções humanas na bacia hidrográfica (HOEKSTRA *et al.* 2011). Segundo esses autores, para substâncias de origem humana que naturalmente não ocorrem na água, o C_{nat} é igual à zero. Na pesquisa o C_{nat} será considerado nulo.

As cargas médias de poluentes (C) geradas no processo de beneficiamento de *jeans* na lavanderia foram obtidas no trabalho de mestrado de Viana (2019) em que analisou a eficiência do sistema de tratamento na mesma lavanderia. As concentrações dos poluentes analisadas foram as médias referente aos parâmetros em que mesmo depois de tratadas, seus valores foram os superiores ao máximo permitido.

A concentração máxima (C_{max}) dos parâmetros analisados foi baseada na Resolução CONAMA n° 357 de 2005.

Foi calculada a Pegada Hídrica Cinza para cada parâmetro com valor superior ao máximo permitido, a fim de verificar qual está associado à maior Pegada Hídrica Cinza específica dos poluentes, conforme aconselha o manual de Hoekstra *et al.* (2011).

4.2.3.4 Capacidade de captação de água de chuvas

A norma Brasileira da ABNT NBR 15527:2007, que regulamenta as diretrizes para aproveitamento de água de chuva, disponibiliza um método para cálculo do volume potencial de captação (conforme equação 6). E no caso de cobertura é calculada conforme definido pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$V \text{ pot. Capt.} = P \times A \times C \times \eta \quad (6)$$

Onde P: Precipitação média anual, mensal ou diária, expressa em milímetros (mm);

A: Área de coleta, expressa em metros quadrados (m²);

C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*); Tal valor é tabelado e varia de 0,70 a 0,95, porém Tomaz (2010) ressalta que, para efeito de cálculo, seja adotado o coeficiente de *runoff* de 0,95.

η : eficiência do sistema de captação considerando o dispositivo de descarte das águas iniciais (caso seja utilizado).

O valor de η será calculado pela equação 7:

$$\eta = \frac{P - \text{Perdas do sistema}}{100} \quad (7)$$

As perdas do sistema, serão avaliadas pela perda de água no tanque de descarte para retirada de sujeiras e na evaporação, de acordo com Braga (2017) é equivalente a 3mm.

O levantamento dos dados para essa etapa consistiu na obtenção da área de cobertura da lavanderia, obtenção de dados pluviométricos e do consumo da lavanderia.

A área do telhado da lavanderia foi obtida por meio de imagens de satélite do *Google Earth Pro*, e na planta baixa da lavanderia fornecida pela lavanderia nas visitas *in loco*. Os dados pluviométricos foram obtidos da estação de monitoramento IPA da APAC-Agência Pernambucana de Águas e Clima. O consumo assim como a área do telhado, também foi coletada por meio de visitas técnicas *in loco*.

4.2.3.5 Capacidade de reuso de efluentes

Para verificar a capacidade de reuso do efluente da lavanderia foi observado se o tratamento atende às exigências da Resolução Conama de nº 430 de 2011 e à norma técnica da CPRH de nº 2001 de 2003, verificando a real eficiência desse tratamento e sua capacidade de reuso. Se o tratamento atende às exigências das legislações, entende-se que há disponibilidade de água tratada para ser utilizada em processos menos exigentes, para o processo do beneficiamento de *jeans*, seria importante ver as exigências da água para tal processo e verificar se o tratamento atende as exigências.

4.2.3.6 Índice de eficiência hídrica

O índice de eficiência hídrica é a otimização do consumo de água (eficiência de utilização), onde com o uso do volume mínimo possível (consumo útil) se consiga realizar eficazmente à função na qual é utilizada (APAA, 2012).

Alves (2015) apresenta que esse indicador tanto pode ser utilizado no setor urbano, como nos setores agrícola e industrial. Tal eficiência de utilização da água será calculada de acordo com a equação 8.

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \text{Consumo útil/Procura efetiva} \times 100 \quad (8)$$

Onde: O consumo útil corresponde ao consumo mínimo necessário num determinado setor para garantir a eficácia da utilização;

A procura efetiva corresponde ao volume efetivamente utilizado (pode ser estimado para a situação atual com base nos registros existentes e para cenários futuros com base nos referenciais históricos).

Essa etapa foi feita, utilizando os dados da demanda de água necessários para a produção de uma peça *jeans*. Esse dado será encontrado na literatura e o volume de água que é gasto será na empresa (obtido por visitas *in loco*).

A eficiência hídrica é o valor resultado da razão anterior, mais próximo do volume útil.

Após encontrar, a eficiência hídrica foi feito o cálculo do desperdício:

$$\text{Desperdício " (\%)" } = 100 - \text{Eficiência " (\%)" } \quad (9)$$

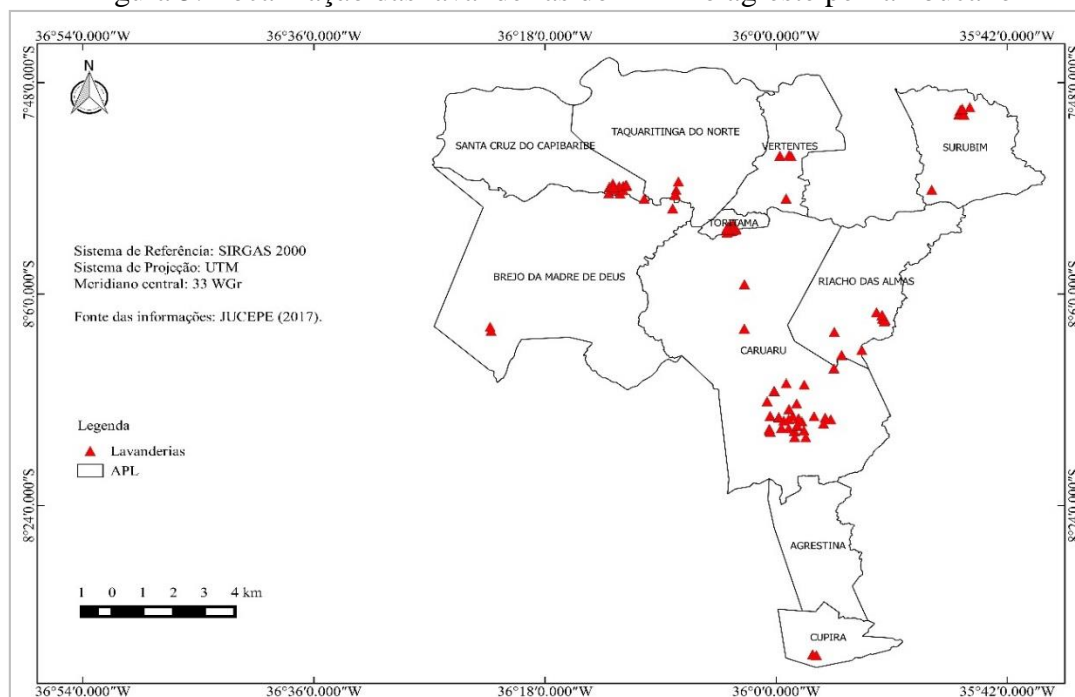
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente tópico foram abordados os resultados obtidos na pesquisa, e sua discussão foi realizada de forma a atingir os objetivos específicos propostos.

5.1 Mapeamento das lavanderias de *jeans* no Agreste Pernambucano

Os resultados obtidos através do levantamento de informações da JUCEPE indicam a existência de 2316 (dois mil trezentos e dezesseis) empreendimentos industriais em todo o território pernambucano. Desse total, 235 (duzentos e trinta e cinco) são lavanderias de jeans distribuídas no estado de Pernambuco. Porém, apenas 134 (cento e trinta e quatro) estão localizadas no APL (Figura 5) das regiões de desenvolvimento do agreste, possuem diferentes tipos de atividades, incluindo as lavanderias de beneficiamento de *jeans* (industriais) e as lavanderias de outros segmentos de atividades, listadas no Apêndice A. Tal quantitativo, se aproxima do valor encontrado por Lima *et al.* (2016), o qual encontrou 145 (cento e quarenta e cinco) lavanderias cadastradas no sinditêxtil de Caruaru/PE.

Figura 5. Localização das lavanderias do APL no agreste pernambucano



Fonte: autor (2020).

Das lavanderias localizadas no APL, 51(cinquenta e uma), ou seja 38,05%, possuem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 1340-5/02, executando como atividade principal o alvejamento, tingimento e torção em fios, tecidos,

artefatos têxteis e peças do vestuário. Enquanto 1 (uma) possui CNAE 9601-7/02, executando atividades de tinturarias como atividade principal. Do total, 20 (vinte) possuem código 1412-6/01 realizando atividades de confecção de peças do vestuário, exceto roupas íntimas e as confeccionadas sob medida, e o restante desenvolve atividades de estamparia e texturização em fios, tecidos, artefatos têxteis e peças do vestuário. Entretanto, vale salientar que todas as lavanderias estudadas, desenvolvem suas atividades utilizando as peças jeans como matéria prima.

Ao verificar as informações obtidas no site da Receita federal em 2019, em relação ao status de funcionamento, notou-se que 94 (noventa e quatro) das lavanderias do APL, o que corresponde 70,14%, estão ativas. Porém, de acordo com visitas de campo realizadas *in loco*, algumas já encerraram suas atividades. As quais, 20 (vinte), compondo 14,92% do total, estão inaptas, 8 (oito), equivalentes a 2,2%, estão baixadas/canceladas e 12 (doze), correspondendo a 8,95%, não apresentam status de funcionamento. Isso mostra a necessidade de atualização dos estados de funcionamento das lavanderias na Jucepe.

Em relação ao porte, 108 (cento e oito) (80,59%) são avaliadas como sendo Microempresas (ME), 11 (onze) (8,20%) são Empresas de Pequeno Porte (EPP) e 2 (duas) (1,49%) são avaliadas como demais portes.

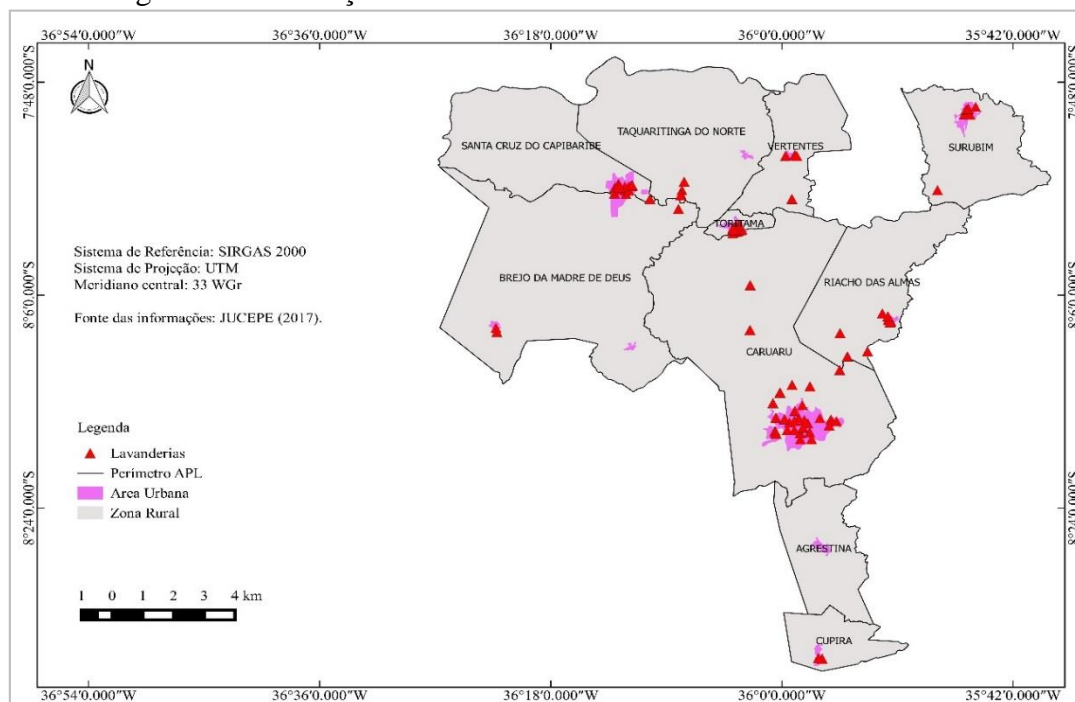
Quanto ao licenciamento ambiental no site do CPRH, foi possível observar que 34 (trinta e quatro) lavanderias, fazendo 25,37% do total, possuem licenças ambientais, enquanto que a maioria, 100 (cem), completando 74,62%, não foi possível encontrar registro de licença ambiental.

Quanto a localização, as lavanderias estão distribuídas nas áreas urbanas próximas a residências e corpos de águas e nas zonas rurais em áreas consolidadas. Áreas consolidadas, segundo a Lei 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal), são áreas antropizadas desde 2008.

Nota-se que na zona urbana e nas vilas se concentram o maior número de lavanderias 120 (cento e vinte), o que corresponde a 89,55% das lavanderias, enquanto 14 (quatorze), correspondendo a 10,44%, são localizadas na zona rural. Muitas das lavanderias localizadas nas vilas e áreas rurais, funcionam fora dos padrões das legislações ambientais, não sendo encontradas licenças ambientais na CPRH, nem cadastro na Jucepe e nem no site da Receita Federal.

É possível observar essa distribuição na figura 6, a qual fornece a visualização espacial da localização e distribuição das lavanderias encontradas por geocodificação reversa nos municípios.

Figura 6. Localização das lavanderias na zona urbana e rural do APL



Fonte: Autores (2020).

Quanto à localização por municípios, percebe-se que o maior número de lavanderias está situado em Toritama com 61 (sessenta e um), compondo 45,52% das indústrias. Tal número condiz com o trabalho de Siqueira *et al.* (2017) que encontraram mais de 50 lavanderias em Toritama.

Vale salientar que Toritama possui em torno de 2000 lavanderias, porém estas funcionam irregulares e de forma primitiva e portanto não se encontram na listagem da JUCEPE. As lavanderias com funcionamento irregulares estão localizadas nas áreas mais distante de fiscalização em residências nas comunidades rurais e funcionam de forma precária, oferecendo riscos aos funcionários e ao meio ambiente, principalmente no quesito água e ar, pois nenhuma ação foi desenvolvida no intuito de minimizar tais impactos. Segundo Silva e Santos (2007) as lavanderias pequenas não cumprem as leis ambientais, trabalhistas e tributárias, alegando vários motivos, entre as quais, a falta de recursos econômicos, a falta de resolução dos problemas relacionados a água, os altos custos com a compra do líquido, dentre outros.

No município de Toritama, segundo Lima *et al.* (2016) a CPRH em 2005 registraram um total de 46 lavanderias localizadas na zona urbana e 5 localizadas na zona rural. Sendo que dessas 46, existem 15 que tem alvará de funcionamento, mas não foram encontradas licença de operação junto a CPRH e licenciamento da vigilância sanitária.

A figura 6 apresenta de forma espacial a localização geográfica das lavanderias de *jeans* irregulares na zona rural.

Figura 6-Localização espacial de parte das lavanderias irregulares em Toritama



Fonte: Autor (2020).

Em seguida vem Caruaru com 30 (trinta) lavanderias industriais perfazendo 22,38%, mas assim como em Toritama, Caruaru também apresenta residências na zona rural e vilas com lavanderias de *jeans* funcionando de forma irregular. Santa Cruz de Capibaribe conta com 16 (dezesesseis) resultando em 11,94% do total, concentrando esses três municípios 79,85% de todas as lavanderias do APL. Na sequência, Riacho das Almas, aparece com 8 (oito) registrando 5,98% de todas as lavanderias na região, seguido de Surubim com 7 (sete) perfazendo 5,22% das indústrias e Vertentes e Taquaritinga do Norte com 5 (lavanderias) e 3 (três), totalizando 3,73 e 2,23% respectivamente. Os municípios com o menor número de lavanderias industriais são Cupira e Brejo da Madre de Deus, abrigando 2 (duas) lavanderias, reunindo 1,49% em ambos.

Um município importante a destacar é Agrestina, que apesar de estar na lista dos municípios do polo de confecções, não consta na listagem com nenhuma lavanderia, isso porque concentra grandes quantidades de fábricas de tecidos, como também muitas lavanderias informais.

Para melhor visualização da distribuição espacial das lavanderias no APL a tabela 2 a seguir representa a localização das lavanderias por municípios e suas quantidades.

Tabela 2- Lavanderias industriais

Municípios	Nº de lavanderias	Percentual (%)
Agrestina	0	0,0
Brejo da Madre de Deus	2	1,5
Caruaru	30	22,4
Cupira	2	1,5
Riacho das Almas	8	6,0
Santa Cruz do Capibaribe	16	11,9
Surubim	7	5,2
Taquaritinga do Norte	3	2,2
Toritama	61	45,5
Vertentes	5	3,7
TOTAL	134	100

Fonte: Autor (2020).

Conforme já foi discutido, o município com maior número de lavanderias é Toritama. Em 2017 a população de Toritama foi estimada em 44.189 habitantes, sendo a 6º maior densidade demográfica do estado. Em comparação com o último censo, realizado em 2010, até 2017 houve um crescimento de 19,55% na população do município (LIRA, 2018). Tal aumento de população pode estar associado ao maior número de lavanderias, ao qual pode ser justificado pelos dados do Sebrae (2019). O estudo citado, aborda ainda que faz 20 anos, que em Toritama o *jeans* significa uma alternativa para quem tem dificuldades de plantar e colher, devido ao clima seco da região, sendo assim uma opção de sobrevivência, são as lavanderias de jeans, uma vez que Toritama já foi sinônimo de trabalho duro no século 20.

No entanto, segundo o Sebrae/PE (2013) esses municípios apresentam um número bem maior quando contabilizados todos os setores de produção têxtil, incluindo os não formais, os que trabalham com beneficiamento *jeans* e os setores de confecção, quantificando em Agrestina 261 unidades produtivas informais, em Brejo da Madre de Deus com 1173, Caruaru 3568, Cupira 113, Riacho das Almas 339, Santa Cruz do Capibaribe 5820, Surubim 304, Taquaritinga do Norte 1057, Toritama 2174 e Vertentes com 329 perfazendo um total de 15138 unidades produtivas informais de fabricação e beneficiamento de jeans.

Segundo Alves, Xavier e Campo (2016) o aumento dessas indústrias tem apresentado um relevante crescimento nos últimos anos. A referida região tem superado não somente a média de crescimento do próprio Estado, mas também as médias regional e nacional.

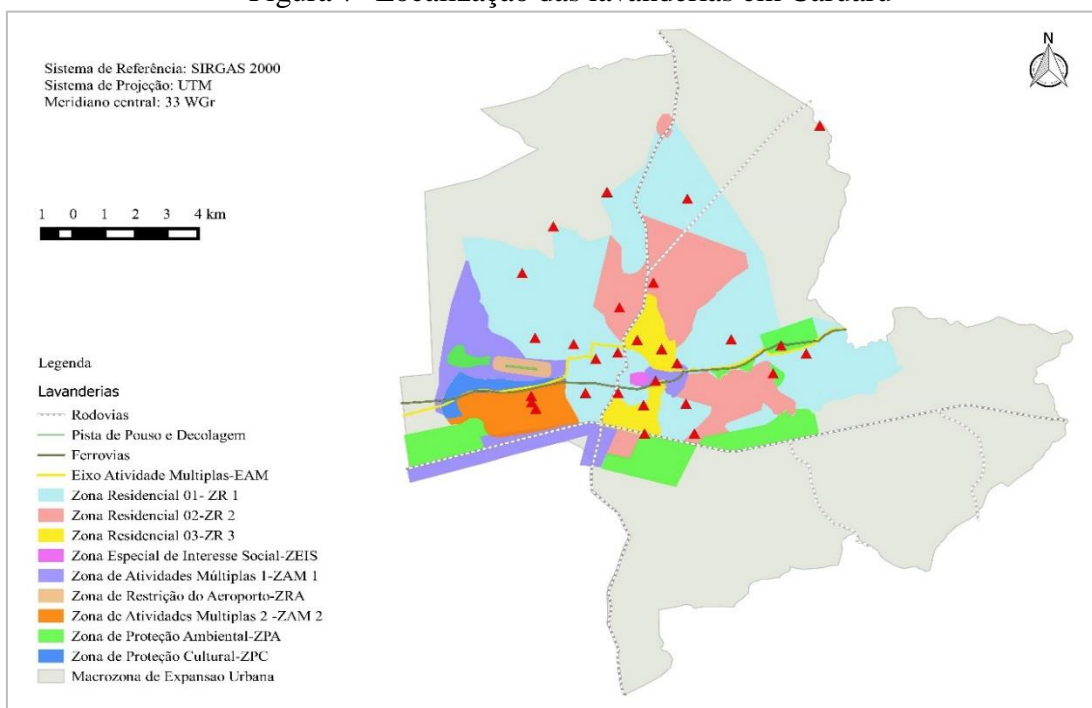
5.1.1 Interferências urbanas das lavanderias industriais de *jeans*

Nesta etapa da pesquisa foi discutido apenas sobre as lavanderias de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, pois do total das 134 lavanderias encontradas por geocodificação reversa, são responsáveis por 79,5% das lavanderias distribuídas no agreste pernambucano. Logo, a maioria das interferências urbanas estão concentradas nestes municípios, uma vez que, em virtude do grande número de lavanderias consequentemente há também maior geração de impactos ambientais positivos (como por exemplo a melhor qualidade de vida e economia do município através da geração de empregos) e negativos, como por exemplo o maior consumo de água, geração de efluentes e resíduos, etc.

5.1.1.1 Interferências urbanas das lavanderias de Caruaru

A figura 7 apresenta os dados de localização das lavanderias e as macrozonas de estruturação e consolidação urbana no município de Caruaru.

Figura 7- Localização das lavanderias em Caruaru



Fonte: Autor (2020).

Conforme visualizado é possível verificar que a maioria das lavanderias estão localizadas em zonas residenciais. Observa-se que 14 (catorze) lavanderias estão na Zona Residencial 01, enquanto 3 (três) estão nas Zonas Residencial 02 e 6 (seis) estão na Zona

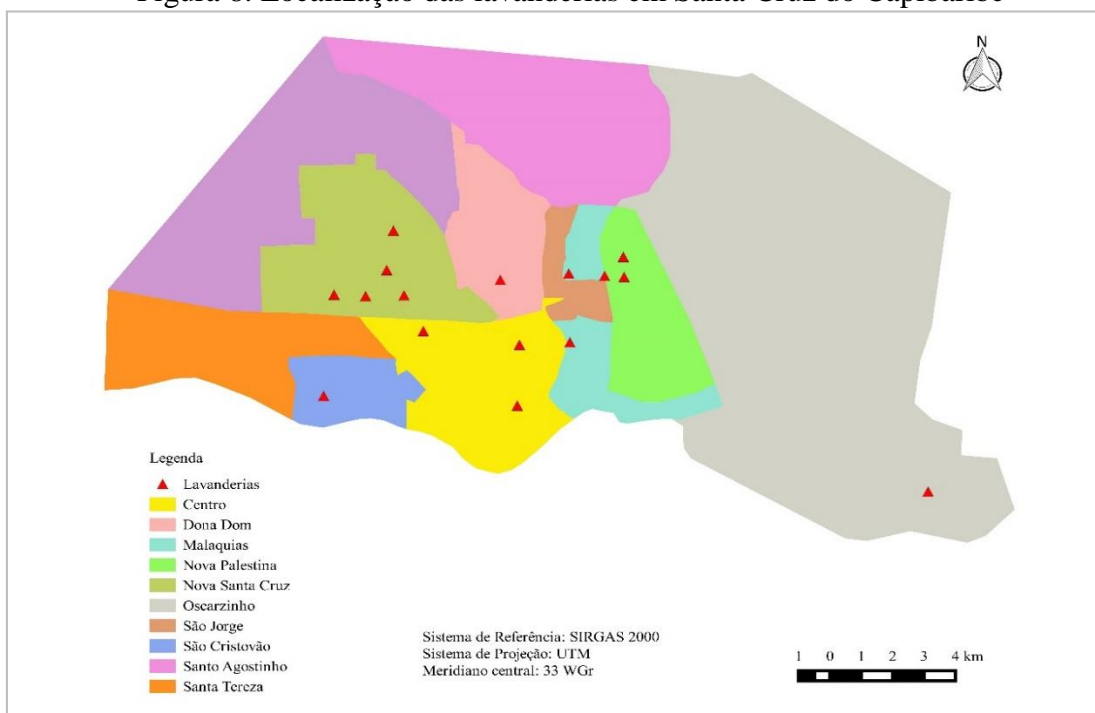
Residencial 03. Na Zona de Preservação Ambiental-ZPA estão localizadas 2 (duas) lavanderias e 3 (três) estão na Zona de Atividades Múltiplas-ZAM onde está inserido o Distrito Industrial, e 2 (duas) estão localizadas na zona rural do município.

As localizações das lavanderias nas zonas residenciais provocam incômodos a população, onde as principais estão relacionadas com as emissões de material particulado e fumaças originadas nas chaminés das caldeiras que ao queimar a lenha, libera gases, odores e partículas para o ar (SANTO, 2018). Tal fato ocorre pela ausência de filtros nas suas chaminés, o que provoca a passagem de um forte odor, por conta da queima de madeira. As embalagens utilizadas são descartadas no meio ambiente, sem qualquer cuidado com a preservação ambiental.

5.1.1.2 Interferências urbanas das lavanderias de Santa Cruz do Capibaribe

Para Santa Cruz do Capibaribe, foi verificado a presença de lavanderias próximas a residências, por meio de imagens de satélites (Figura 8).

Figura 8. Localização das lavanderias em Santa Cruz do Capibaribe



Fonte: Autor (2020).

Conforme visualizado, as 18 (dezoito) lavanderias de Santa Cruz do Capibaribe estão localizadas na área urbana do município. Sendo que o maior número das lavanderias estão localizadas no bairro Nova Santa Cruz, com 5 (cinco) 27,77% do total. No centro e

em Nova Palestina, se concentram 3 (três) lavanderias em cada bairro, compondo 16,66% do total. Em Malaquias 2 (duas) lavanderias, perfazendo 11,11% do total e por último, os bairros com a menor quantidade de lavanderias são Cristovão, Dona Dom e Oscarzinho com apenas 1 (uma), 5,5 % das lavanderias.

Em relação, as interferências urbanas, é possível visualizar na imagem de satélite que tais bairros, são bairros residenciais e o funcionamento dos empreendimentos podem provocar incômodos a população. As lavanderias de Santa Cruz do Capibaribe favoreceu uma maior frota de veículos na zona urbana, o que pode aumentar a poluição do ar por meio veicular. Contudo isso, segundo Silva *et al.* (2017) o pólo de confecção de roupa desse local apresenta importância econômica para o Pernambuco e todo o Brasil.

5.1.1.3 Interferências urbanas das lavanderias de Toritama

Assim, como Santa Cruz do Capibaribe, a proximidade das lavanderias em relação a residências em Toritama também foram verificado por meio de imagens de satélites (Figura 9).

Figura 9. Localização das lavanderias em Toritama



Fonte: Autor (2020).

Conforme visualizado, das 61 (sessenta e uma) das lavanderias de Toritama, 57 (cinquenta e sete) estão localizadas na área urbana do município. Esse número é um dos motivos para o aumento da população em Toritama. Toritama foi a cidade da região do

polo têxtil que teve o maior aumento de população entre 2015 e 2016, aumentou 2,5% em um ano, passando de 42,1 mil para 43,1 mil. Foi confirmado que o aumento desse percentual está relacionado ao ato de surgirem pessoas de fora para trabalhar na produção e comercialização de roupas em *jeans*, que é a principal atividade econômica do município, que concentra mais de 3 mil empresas de confecções e mais de 50 lavanderias industriais, de onde saem aproximadamente 15% da produção nacional de confecções em *jeans*, cerca de 60 milhões de peças por ano (SEBRAE, 2019).

Em relação aos impactos provocados na área urbana, têm-se que são muitos os danos que podem ser provocados; como esgotos industriais lançados sem tratamento diretamente no rio Capibaribe e no rio Ipojuca lançados a céu aberto ou nas canalizações de água pluvial, fumaças das chaminés, restos de fios de tecidos, descarte de embalagens na zona urbana etc. Em 2004a CPRH, citou que 70% dos esgotos das lavanderias de *jeans* são lançados na rede pluvial, 16% a céu aberto, 5% em riachos que cortam a zona urbana, 3% em terrenos particulares, 3% em vias públicas e 3% em outros destinos (ALMEIDA e MÁRCIA, 2013).

Tais impactos ambientais podem afetar a saúde da população como por exemplo a fumaça liberada nas chaminés, além de poder causar danos à saúde dos funcionários, pode também provocar danos na saúde dos moradores das proximidades, dependendo da concentração no ambiente e do tempo de exposição (SANTOS, 2018).

Outro ponto a ser destacado, é em relação ao mau cheiro dos rios e a coloração que eles recebem dentro da área urbana, pois devido aos efluentes com poluentes tóxicos, o corpo hídrico adquire características que lhe são nocivas e se degradam. Segundo Fernandes (2010) de 15 a 50% da carga de corantes utilizados nos processos de lavagens das peças são perdidas e encaminhadas com os efluentes para os corpos receptores.

De forma geral, um dos impactos ambientais mais graves no perímetro urbano é a contaminação do ar pelas indústrias. Uma série de gases tóxicos são respirados pelos habitantes urbanos, o que tem refletido no aumento de enfermidades respiratórias e da mortalidade infantil.

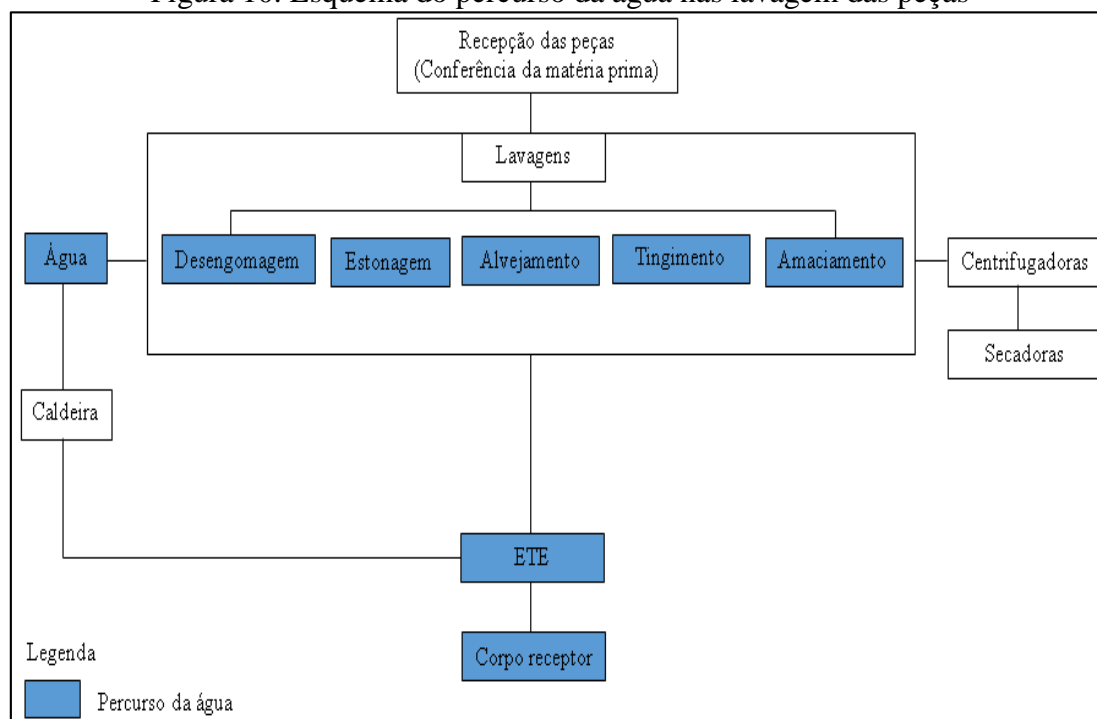
5.1.2 Interferências ambientais das lavanderias industriais de *jeans*

As lavanderias industriais de *jeans* são responsáveis por provocar a diferenciação das peças por meio do processo de beneficiamento, considerado o mais importante quando se fala em transformação da melhoria da qualidade. Como todas as indústrias as

lavanderias de *jeans*, consome energia, emite gases, utiliza produtos químicos, descarta resíduos, consome de água, entre outros.

O processo do beneficiamento do *jeans* passa por uma série de etapas, nas quais a maioria são lavagens de diferentes tipos (Figura 10) com produtos químicos e processos secos, como, os acabamentos, as quais promovem a incorporação do valor às peças.

Figura 10. Esquema do percurso da água nas lavagem das peças



Fonte: Autor2020.

Conforme visto no diagrama, a maioria das etapas são constituídas de lavagens. Tais lavagens consomem grandes volumes de água, o que causa sérios danos ambientais. O líquido está presente em quase todas as etapas e de acordo com Santos *et al.* (2017), e acaba sendo veículo para eliminar produtos químicos usados nas lavagens, possuindo composição extremamente heterogênea e elevada DQO (Demanda Química de Oxigênio (SOUTO, 2017). Para Berlim (2012), a água é um dos principais recursos que vêm sendo explorados de maneira imprópria pelo setor têxtil. Isso remete desde o consumo para a irrigação de plantações de algodão, como também a água poluída nos processos de beneficiamentos têxteis e consumida nos setores de acabamentos.

Queiroz *et al.* (2017) citam que essas águas de lavagens carregam corantes que ao serem despejados nos rios, mesmo em baixas concentrações são visualizados. No sudeste da China, segundo Bernolt *et al.* (2019), as indústrias têxteis são responsáveis pela poluição de 70% dos recursos hídricos. Silva *et al.* (2012) citam também que o processo

de lavagem do jeans apresenta um alto consumo de água e gera efluentes altamente contaminados com produtos químicos.

O processo de beneficiamento do *jeans* geralmente é dividido em processos físicos e químicos. Os processos físicos envolvem atrito e manipulação, como os puídos, lixas, jatos de resina, aplicação do permanganato com pistolas de ar comprimido, aplicação de pigmentos (LUIZ; VALETIM, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2012) o próprio processo produtivo de uma lavanderia gera grandes impactos ambientais, pois utiliza produtos e resíduos tóxicos; emite poluentes; tem o potencial de alterar os cursos d'água e de modificar o ecossistema de pequenas áreas. Conseqüentemente, quando não são implementados os recursos necessários à minimização da degradação ambiental promovida por este setor, o resultado é uma parcela significativa de poluição dos cursos d'água da localidade onde estes empreendimentos estão instalados.

Os processos químicos são onde adicionam-se produtos químicos, constituídos das lavagens, desengomagem, estonagem, alvejamento, tingimento e amaciamento, porém, vale salientar que nem todas as peças passam pelas mesmas lavagens (SANTOS, 2016).

As etapas de desengomagem, estonagem, alvejamento, amaciamento e tingimento utilizam produtos químicos para sua realização. A desengomagem é a lavagem realizada com desengomantes e sabões a temperatura de 45° por 20 minutos, para eliminar das peças produtos adicionados aos fios como as gomas, óleos graxas, amaciantes e ceras naturais, ou seja, é a limpeza das peças, eliminando os produtos utilizados nos processos de tecelagem para confecção das peças brutas (PEREIRA, 2017). Essa é a primeira lavagem a ser realizada nas lavanderias.

A estonagem (*Stone Washed*) é o processo que dar um aspecto envelhecido a roupa, dependendo do tempo pode ser chamado de *Destroyed Stone* realizado com pedras pomes para desgastar as peças favorecendo o contraste do azul (fios do urdume) com o branco (fio da trama), mas também podem ser realizada com enzimas que corroem levemente a fibra, provocando o desgaste da peça. Nessa lavagem, são introduzidas nas máquinas de lavar as pedras pomes juntamente com as roupas confeccionadas. Tais pedras possuem um efeito abrasivo sobre o denim, tirando parte da camada de tinta azul da peça. Mas nem todas as peças passam por esse tipo de lavagem.

Em Toritama as pedras pomes de algumas lavanderias são substituídas por tampas de garrafas pets, conforme mostra a figura 11. Essas tampas, terminam chegando nos rios, haja visto serem despejadas com os efluentes das máquinas de lavar.

Figura 11-Tampas de garrafas Pets em substituição a pedras pomes.



Fonte: Autor (2020).

O alvejamento é a lavagem onde são colocados produtos químicos como peróxido de hidrogênio ou alcalizante nas peças para a retirada de corantes e sujeiras das mesmas.

Em relação à etapa de tingimento, Silva e Neto (2017), citam que esta provoca uma série de impactos ambientais e sociais, tais como contaminação das águas, odores provocados pelo despejo de efluentes e estes efeitos respondem na saúde da população com problemas respiratórios devido ao forte odor, náuseas e vômitos.

A etapa de tingimento é uma das responsáveis pela utilização de grandes volumes de água, conforme discorre Queiroz *et al.* (2019), a respeito das consequências da utilização do recurso, uma vez que reflete na geração de volumes elevados de efluentes contendo corantes, surfactantes, íons inorgânicos, agentes umectantes, entre outros. O principal impacto ambiental desses efluentes está relacionado com a absorção de luz no meio aquático, o que interfere na fotossíntese de plantas e algas. Sendo assim, é relevante um planejamento ambiental propiciando o aumento da remoção dos corantes, redução das perdas no tingimento e reuso da água.

Silva *et al.* (2012) citam que durante essa etapa, a tinta, que é utilizada no processo produtivo, acaba alterando a cor da água, impedindo a infiltração da luz solar, alterando a base da cadeia alimentar e a quantidade de oxigênio na água do Rio em Caruaru.

A lavagem para o amaciamento das peças consiste em proporcionar um toque macio e agradável à peça, com a adição de amaciantes à água nas máquinas lavadoras.

Nesse contexto, Monteiro (2019), ressalta que os efluentes têxteis são caracterizados por serem altamente coloridos devido à presença de corantes que não são fixados à fibra durante o processo de tingimento. Uma possível medida mitigadora a ser utilizada é apresentada por Silva (2015), o qual comenta que antes do descarte, os efluentes precisariam passar por tratamento preliminar, ou por tratamento físico-químico, seguido de tratamento biológico.

Após todo o processo de lavagem, são realizados os processos de secagem e centrifugação, sendo estes responsáveis pela retirada da umidade, tornando a peça seca para a execução do acabamento. Em seguida, são realizados os acabamentos, como a lixa e o efeito *used*, que permite a descoloração de parte da peça, utilizando componentes químicos, dando o efeito de envelhecimento às peças. Após esse efeito, o produto segue novamente para a lavagem, neutralizando os produtos químicos e acrescentando amaciantes. No momento em que as peças são consideradas acabadas, seguem para a passagem com o ferro à vapor (oriundo das produções das caldeiras) (LORENA *et al.* 2018).

A Tabela 3 apresenta as etapas e onde o processo produtivo das lavanderias interferem no meio abiótico, biótico e antrópico

Tabela 3-Matriz de interação dos impactos ambientais do processo produtivo das lavanderias

Etapas	Meio Abiótico			Meio Biótico		Meio Antrópico	
	Ar	Água	Solo	Fauna	Flora	Economia	População
Desengomagem		X					
Estonagem		X					
Alvejamento		X	X	X	X	X	X
Amaciamento		X				X	
Tingimento		X	X	X	X		X
Centrifugação	X				X		
Secagem	X				X		
Used						X	X

Fonte: Autor (2020).

Analisando os dados apresentados na Tabela anteriormente, percebe-se que o meio mais afetado é o abiótico, onde a maioria das interferências é sobre à água, conforme corrobora Pizato *et al.* (2017). Os pesquisadores destacam que a água se encontra em quase todas as etapas do processo de beneficiamento têxtil como uso de grandes volumes durante as etapas de lavagem e tingimento dos tecidos, resultando em efluentes com enorme diversidade e complexidade química. A presença de corantes dissolvidos é bastante visível e problemático.

Longhin e Silva (2016) citam que os efluentes de lavanderias industriais de beneficiamento do *jeans* promovem o desequilíbrio do sistema aquático dos corpos hídricos que recebem os efluentes desses empreendimentos. Isso ocorre devido as altas cargas de substâncias químicas dos efluentes.

Segundo Morita *et al.*(2017), as etapas de produção de um produto têxtil envolve vários processos que causam uma parte significativa dos impactos ambientais globais, pois são grandes consumidores de água, energia e produtos químicos. Nos processos de tingimento, estamparia e acabamento, a água é utilizada em grande escala como solvente e como fonte de energia na geração de vapor.

Além do consumo de água, há também o consumo de grandes volumes de combustível (lenha, gás ou óleo) nos setores de produção da fibra, beneficiamento e acabamento. A queima da lenha nas caldeiras denunciam as lavanderias ao chegar no bairro Salgado de Caruaru de acordo com Santos (2018).

Os aspectos e efeitos ambientais caracterizam-se positivos quando trazem benefícios ao meio ambiente e negativos quando representam uma quebra no equilíbrio ecológico, provocando graves prejuízos no meio ambiente e trazendo consequências a todos os seres vivos (FREITAS, 2017).

Cada etapa desenvolvida no beneficiamento do *jeans* da empresa, desencadeia uma série de impactos ambientais no solo, no ar e/ou na água que refletem diretamente na qualidade de vida da população (BARROS, 2016). Devido a esses danos, as lavanderias têm sido alvo de discussão no Governo Estadual de Pernambuco, que realiza fiscalizações e é auxiliado pelo Ministério Público do Estado (MPPE), o qual implanta medidas corretivas sobre as lavanderias para minimizar os impactos ambientais e oferecer melhor qualidade de vida para os funcionários das lavanderias industriais de jeans e a população.

O MPPE pode até vetar a instalação de novas lavanderias nas cidades pertencentes ao Polo, caso as demais, já instaladas ainda não estejam devidamente regulamentadas (LIMA *et al.* 2016).

De acordo com Silva *et al.* (2012), em Caruaru as lavanderias clandestinas apresentam ETE-Estação de Tratamento de Esgoto, mas não as utilizam para evitar gastos com produtos químicos para tratar a água e fazem tubulações clandestina para desviar os efluentes, tornando a situação difícil de ser controlada.

A Tabela 4 apresenta as ações, os aspectos ambientais e os efeitos sobre os recursos ambientais e sociais analisados.

Tabela 4-Ações, aspectos e efeitos ambientais

Ações	Aspectos ambientais	Efeitos
Extração de Água subterrânea	Consumo de água	Redução do nível do lençol freático
Extração de Águas superficiais	Consumo de água	Redução da disponibilidade das águas superficiais
Extração e queima de Lenha na caldeira	Consumo de Lenha Emissão de material particulado; Emissão de monóxido de carbono;	Redução na disponibilidade de recursos madeireiros; Alteração da qualidade do ar;
Operação das máquinas	Ruído	Incômodo a população vizinha
Estonagem	Resíduos sólidos	Contaminação do solo
Lavagens das peças	Descarte de efluentes	Contaminações das águas e alteração dos ecossistemas aquáticos

Fonte: Autor (2020).

De acordo com as informações disponíveis na Tabela anterior foi possível observar que as lavanderias consomem lenha, energia elétrica e muita água conforme já foi explanado. Tal consumo provoca redução da disponibilidade desses recursos na natureza.

Estudos realizados por Luiz e Valentim (2019), mostram que em processos industriais de lavanderias de *jeans*, em pesquisa realizada pela empresa Levi's no ano de 2009, são emitidos 32,5 kg de CO₂, o equivalente ao carbono sequestrado por seis árvores ao ano; ou pela energia gasta para assistir a uma televisão de plasma por 318 horas; ou pela água consumida é suficiente para 53 banhos de sete minutos cada (3.480,6 litros); ou ainda o consumo equivalente a 400,2 mega joules de energia.

Ainda neste sentido, Monteiro (2019) enfatiza que, nos Estados Unidos, as lavanderias são responsáveis por 10% do total de emissões de gás carbônico em todo o planeta e consomem anualmente 1 trilhão de quilowatts/hora em energia e os resíduos da indústria têxtil correspondem a 5% do total de resíduos produzidos pelo país.

Diante desse quadro fica evidente a magnitude dos impactos ambientais causados através de ações executadas em processos industriais nas lavanderias de *jeans* e a necessidade de implementar medidas mitigatórias para esses danos ambientais.

Os diversos tipos de beneficiamento provocam um aumento do consumo de água e, com isso, a maior geração de efluentes industriais. A discussão sobre sustentabilidade e meio ambiente é algo novo em nossa sociedade em relação aos processos industriais, de modo que as empresas, os processos de produção e as tecnologias empregadas ainda não estão de acordo com as normas ambientais (MONTEIRO, 2019) e o consumo e a produção são avaliados como insustentável a longo prazo.

O descarte dos efluentes têxteis sem tratamento nos ambientes aquáticos podem levar a sua degradação, esgotando o oxigênio dissolvido, tendo como consequência o desequilíbrio desse ecossistema. A presença dos corantes nas águas, impede a penetração da luz solar nas camadas mais profundas, alterando a atividade fotossintética do meio, resultando em deterioração da qualidade dessa água, diminuindo a solubilidade de oxigênio, e resultando em efeitos tóxicos sobre a fauna e flora aquática (LALNUNHLIMI; KRISHNASWAMY, 2016).

Estudos realizados por Fonseca (2017), em uma lavanderia do município de Caruaru PE, fornecem dados que possibilitam visualizar os aspectos e impactos em cada processo, sendo que no processo de lavagem e secagem os aspectos e impactos são similares, sendo dois de consumo de materiais e um de consumo de energia. No segundo processo, referente à Estação de Tratamento de Efluente (ETE), foi somente vislumbrado um grupo de aspecto, referente à gestão de resíduos, afetando principalmente o solo. O terceiro aspecto, geração de vapor, foi o processo com maior quantidade de aspectos inseridos, o que o eleva a processo mais impactante; dentre os aspectos dois são referentes à condição do ar, um deles relacionados à consumo de materiais e gestão de resíduos. Os dois últimos processos, possuem apenas um aspecto cada, sendo disposição inadequada de resíduos sólidos e destinação de efluente contaminado, respectivamente nos rios. Sobretudo, tais impactos podem ser mitigados e seus efeitos menos impactantes no ambiente.

Em relação as lavanderias de Toritama, o impacto ambiental mais visível é o visual, costumam-se dizer “a cor do rio é a cor da moda”, infelizmente a situação é de fato caótica. Quando se depara com o rio no trecho que corta a cidade de Toritama, pode-se encontrar a água com cores diversas, sendo azul, vermelho, roxo ou marrom as cores mais comuns (Figura 12), esse contraste de cor varia conforme a utilização das tintas pelas lavanderias têxteis que após a lavagem são despejados no Rio Capibaribe (SILVA e NETO, 2017).

De forma geral, Silva (2019) descreve que esse tipo de empreendimento industrial polui o ar, o solo, a água, contribuem para a formação de chuvas ácidas, efeito estufa, comprometimento dos ecossistemas aquáticos e afeta a saúde dos trabalhadores envolvidos ou das pessoas que trafegam próximos e que tem contato com um certo tempo de permanência com a poluição.

Figura 12- Trecho do Rio Capibaribe na zona rural de Toritama



Fonte: Autor (2020).

As contribuições de Viana *et al.* (2018) revelam que as lavanderias de *jeans* configuram uma série de interferências ambientais, uma vez que contemplam as atividades industriais mais impactantes devido ao seu elevado potencial poluidor e complexidade química dos efluentes gerados.

Para controle das interferências ambientais, os efluentes atmosféricos (emitidos pela chaminé da caldeira), deverão ser observados as Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011, para o monitoramento do ruído deverão verificar o atendimento às condições da Resolução CONAMA nº 01/1990.

Para os efluentes líquidos industriais deve ser observado a Resolução CONAMA nº 430/2011 e Norma Técnica CPRH 2001 e realizado monitoramento por meio de análises efetuadas por laboratórios na entrada e na saída do tratamento dos parâmetros temperatura, pH, materiais sedimentáveis, óleos minerais, óleos vegetais e gorduras animais, DBO (Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Determinação da Demanda Química de Oxigênio), substâncias tensoativas e sólidos em suspensão.

Quanto aos resíduos sólidos as lavanderias devem atender às diretrizes da Política Estadual de Resíduos Sólidos, conforme a Lei Estadual de Pernambuco de nº 14.236/2010, sendo que os resíduos sólidos, Classes IIA e IIB, deverão atender os padrões da NBR 11.174 da ABNT e os resíduos classificados como perigosos deverão ser armazenados e acondicionados de acordo com a NBR 12.235 da ABNT, devendo ainda o gerador solicitar à CPRH autorização para transporte e disposição final dos mesmos.

Nesse contexto, Stein *et al.* (2018) garantem que a implantação e operação de empreendimentos industriais provocam impactos negativos, por menor que sejam, e que medidas de prevenção devem ser traçadas para diminuir os efeitos desses impactos. Além disso, em relação ao recurso ambiental água, os autores destacam que o principal aspecto para evitar a contaminação hídrica proveniente das atividade industriais é o uso racional da água, uma vez que, quanto menor o volume de água utilizado e descartado pelas empresas, menores serão os investimentos em tratamento. Soma-se a isso duas condições: reutilizar a água antes de ser descartada e a separação das águas pluviais dos esgotos sanitários e efluentes industriais.

Analisando de forma geral, as principais interferências ambientais estão descritas a seguir:

Efluentes líquidos Industriais: são provenientes do processo produtivo (lavadoras, secadoras, compressor) e da limpeza dos equipamentos. Para mitigar esse impacto, as lavanderias com licença ambiental dispõem de sistema de tratamento de efluentes líquidos industriais constituído pelas seguintes etapas:

Gradeamento: O efluente líquido gerado no processo produtivo passa pelas grades, onde são retirados os sólidos grosseiros.

Tanque de homogeneização: Após passar pela grade, o efluente é direcionado para o tanque equalizador, onde todo o efluente proveniente da lavagem é misturado.

Tanque de tratamento químico: Sistema de clarificação e neutralização do efluente, através da adição de produtos químicos, principalmente o hidróxido de sódio, que promoverão a decantação dos sólidos existentes. Após decantado, o mesmo será filtrado e disposto no tanque secador (leito de secagem). O local do tratamento químico é impermeabilizado e com bacia de contenção que em caso de vazamentos direciona os efluentes para o tanque de homogeneização. O efluente tratado é lançado no rio Ipojuca.

Leito de secagem: Onde se processará a redução de umidade, com drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem. Os resíduos do leito de secagem serão armazenados e depois transportados para o aterro sanitário.

Efluentes Líquidos Sanitários: Proveniente dos banheiros existentes nas lavanderias. Para tratar tais efluentes as lavanderias utilizam fossa séptica, filtro e sumidouro. Cabe ressaltar que a rede de coleta de efluente sanitário não interliga com a rede coletora dos efluentes industriais.

Resíduos sólidos: os resíduos sólidos gerados nas lavanderias são constituídos por embalagens plásticas de produtos químicos, cinza da caldeira, papel/papelão, lixo comum (característica domiciliar) e lodo das estações de tratamento. A cinza da caldeira e o lodo das estações de tratamento de efluentes líquidos são armazenados e transportados para o aterro sanitário.

As embalagens de produtos químicos ficam estocadas até serem devolvidas para os fornecedores, sendo armazenadas em local fechado, com piso impermeabilizado até o recolhimento. Segundo Pereira *et al.* (2017) independente do segmento industrial, as indústrias são o meio que mais agride ao meio ambiente.

Efluentes atmosféricos: os efluentes atmosféricos são gerados em fonte estacionária, nas chaminés das caldeiras. Os principais efluentes são o material particulado e monóxido de carbono (CO).

Ruídos: os ruídos são provenientes dos equipamentos utilizados nas lavanderias, principalmente das máquinas lavadoras.

O Sebrae (2013) relata como alternativas consideradas sustentáveis à gestão ambiental nas indústrias desse ramo de atividade, descrevendo a reutilização da água das lavagens em processos menos importantes; reduzir a quantidade de água realizando várias lavagens pequenas; lançar os efluentes de acordo com a legislação passando os efluentes brutos por ETEs, minimizar o uso dos produtos químicos no processo do beneficiamento; adotar tecnologias que permitem a utilização mais eficiente da água; fazer monitoramento constante nas caldeiras. Ainda segundo o mesmo autor é importante utilizar compressores de ar adequados às necessidades dos processos produtivos; Investir em iluminação e ventilação natural viabilizada pela estrutura da indústria; Usar lâmpadas fluorescentes de maior rendimento e Privilegiar fontes renováveis de energia sempre que possível.

Em relação às interferências das lavanderias nas Áreas de Preservação Permanente-APP dos rios, foi gerado um *buffer* de 30 metros das áreas de restrição ambiental.

É possível observar trecho das APPs dos rios Capibaribe e Ipojuca em Caruaru com lavanderias localizadas na APP. É mais um problema encontrado na região do Agreste de Pernambuco e um desrespeito ao limite mínimo de 30 metros da APP para

cursos d'água com menos de 10 metros de largura, exigidos pela Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012).

A figura 13 destaca a ocupação em um ponto da APP do rio Capibaribe em Caruaru por uma lavanderia industrial.

Figura 13-Lavanderia na APP do Rio Ipojuca em Caruaru

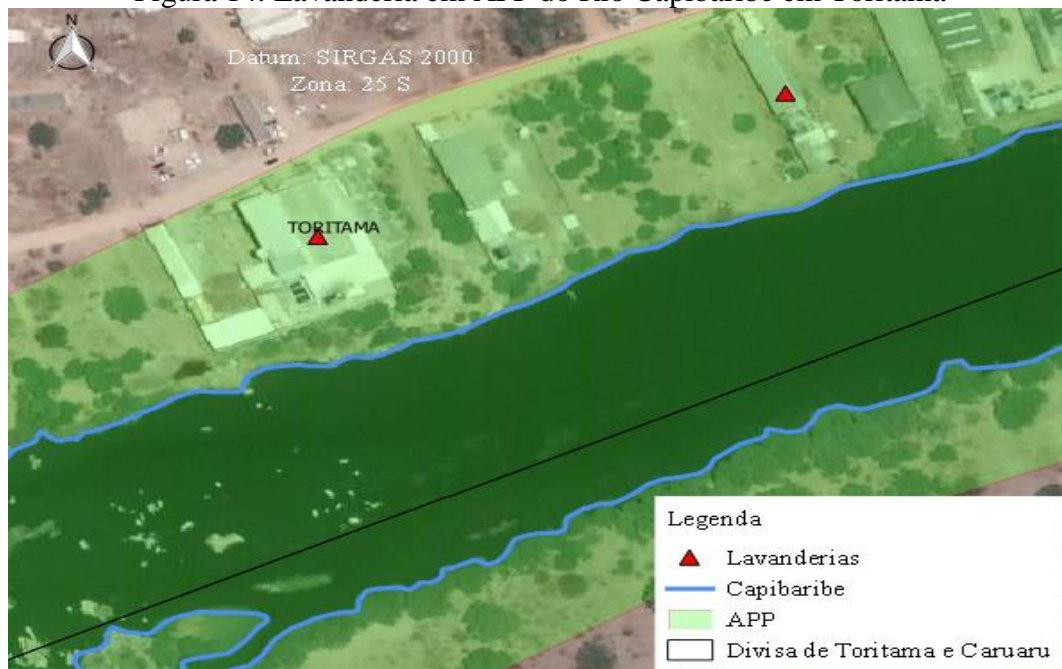


Fonte: Autor (2020).

A figura anterior apresenta em Caruaru uma lavanderia com sua estrutura construída dentro da APP do rio Ipojuca. Tais construções descaracterizam a paisagem, ocupam o lugar da vegetação nativa, diminuem o habitat das espécies locais que se abriga das sombras das árvores, a exemplos de pássaros, impactando diretamente nas funções ambientais da APP. Tal lavanderia assim como as demais, também é responsável pelo maior uso consultivo das águas dos rios Capibaribe e rio Una em Caruaru.

Em Toritama também existem lavanderias localizadas em áreas de APPs, conforme mostra a figura 14.

Figura 14. Lavanderia em APP do Rio Capibaribe em Toritama



Fonte: Autor (2020).

Na figura 6, conforme visualizado duas lavanderias estão implantadas em APPs. Beltrame *et al.* (2016), afirmam que a presença dessas áreas próximas a corpos hídricos causa grandes preocupações no que diz respeito a perda da vegetação que protege os cursos de água e quanto a lançamento de efluentes industriais, visto que, durante as atividades industriais a geração destes é inevitável.

A importância de se prezar por instalar empresas afastado das margens dos cursos hídricos é devido as exigências ambientais visando a proteção dos recursos hídricos, pois segundo Diniz e Callado (2018) as atividades das empresas repercutem no meio ambiente. De acordo com Silva e Serra (2017), metodologias para minimizar o uso da água e a implantação do reuso de efluentes devem ser estudados. Outro ponto relevante, nesse sentido é de que preservando as matas ciliares, também se está preservando a qualidade das águas.

Tais empreendimentos, conforme já citado anteriormente apresentam elevado consumo de água, principalmente nas etapas de lavagem, tingimento e amaciamento. Sendo que nesses processos, a água é utilizada para transportar os produtos químicos necessários aos processos, assim como para remover excessos de produtos indesejáveis no produto (COURA *et al.* 2018).

A instalação e operação de empreendimentos industriais geram impactos negativos, por menor que sejam, e necessitam que medidas de prevenção sejam implantadas a fim de dificultar a ocorrência desses impactos. Além disso, Coura *et al.*

(2018) destacam que o principal aspecto para evitar a contaminação hídrica proveniente das atividades industriais é o uso racional da água, uma vez que quanto menor o volume de água utilizado e descartado pelas empresas, menores serão os investimentos em tratamento. Soma-se a isso duas condições: reutilizar a água antes de ser descartada e a separação das águas pluviais dos esgotos sanitários e efluentes industriais (STEIN *et al.* 2018).

5.2 Disponibilidade hídrica no Agreste Pernambucano

A disponibilidade hídrica foi avaliada através da vazão Q95% da rede hidrográfica superficial que corta os municípios nos quais estão inseridos o setor têxtil de Pernambuco, águas subterrâneas por meio dos poços cadastrados no CPRM e IPA, da pluviometria média local de acordo com séries históricas da APAC, fornecendo subsídios para ações dos órgãos gestores, e os reservatórios de água construídos (artificiais). Segundo a ANA (2019), a segurança hídrica de uma dada região é avaliada pelo o somatório dos volumes de água disponíveis tanto nos estoques de água naturais como nos artificiais.

5.2.1 Disponibilidade hídrica dos rios e canais

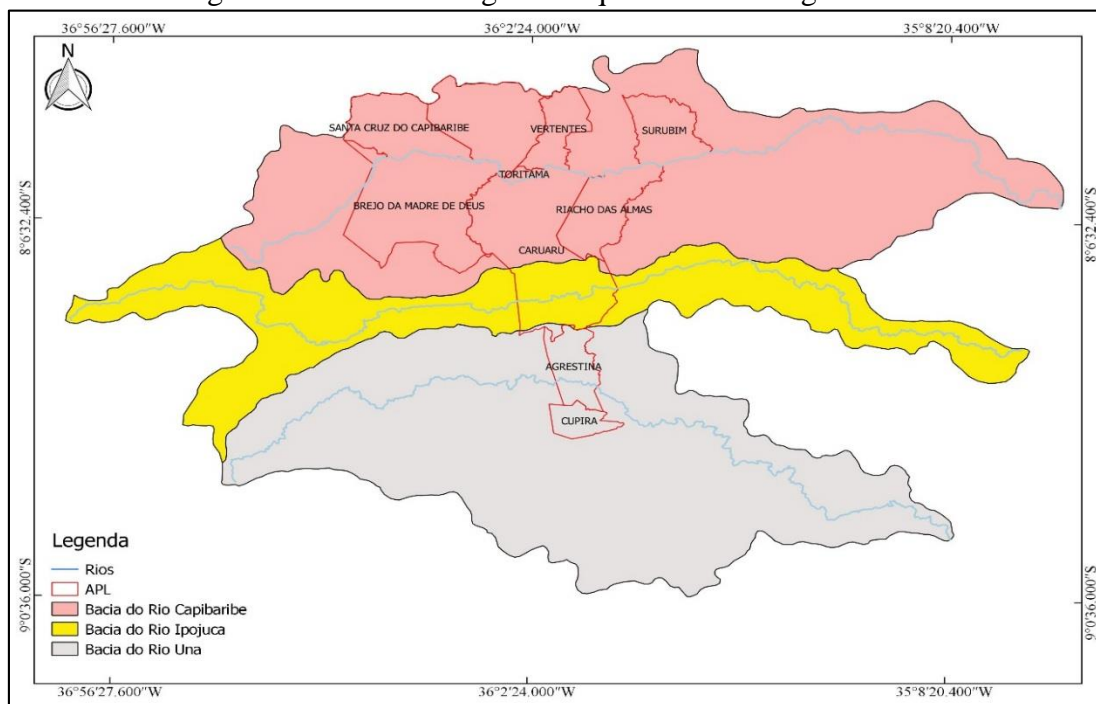
Observa-se que a região do polo têxtil é banhada por 3 (três) bacias hidrográficas, a do Rio Capibaribe, a do Rio Ipojuca e a do Rio Una. Tais rios fornecem água para uma grande parte dos municípios de Pernambuco. O rio Capibaribe nasce na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, percorre por vários centros urbanos e serve de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. Sua bacia apresenta uma área de 7.454,88 km² (7,58% da área do estado), é composta por 42 municípios pernambucanos.

Segundo Silva *et al.* (2019), a bacia do Rio Ipojuca abrange uma área de 3.435,34 km², correspondendo a 3,49% da área do Estado, sendo que 25 municípios estão inseridos nessa bacia e os riachos: Liberal, Taquara e do Mel são seus principais afluentes, pela margem direita, enquanto pela esquerda, os riachos do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca.

O rio Una tem um comprimento de 290 km com a sua fonte localizada no município de Capoeiras, apresenta fluxo intermitente até aproximadamente a cidade de Altinho, onde se torna perene. A bacia do rio Una possui área total de 6.740,31 km², abrangendo partes dos estados de Pernambuco e Alagoas (APAC 2019).

A figura 15 apresenta as bacias hidrográficas que são responsáveis por drenar o território do APL.

Figura 15. Bacias hidrográficas que banham a região do APL



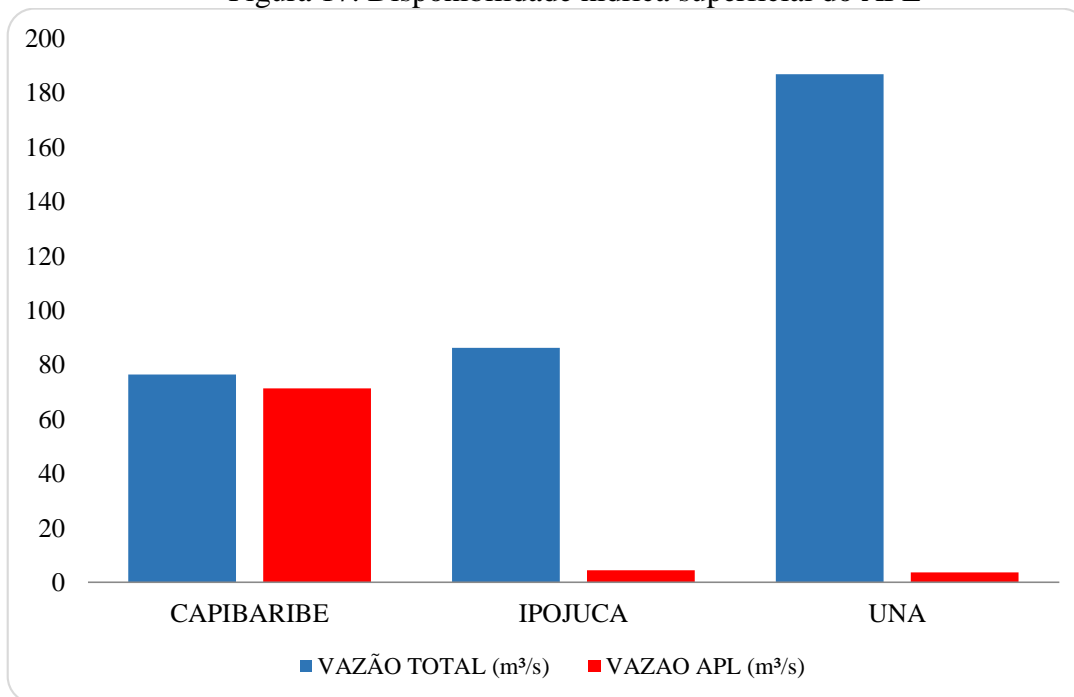
Fonte: Autor (2019).

Conforme visto na Figura 17, estão inseridos na bacia do Rio Capibaribe os municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Vertentes, Surubim, Brejo da Madre de Deus, Toritama, Riacho das Almas e Caruaru.

Na bacia do Rio Ipojuca, está inserido apenas o município de Caruaru, assim como também na bacia do Rio Una. Vale salientar que em todos esses municípios os 3 (três) rios apresentam regime hídrico temporário, apresentando grandes déficits de água principalmente em períodos de estiagem. Para Filho (2019), tal regime hídrico para o agreste de Pernambuco, reduz drasticamente seus volumes de água principalmente na época seca que é a maior parte do ano.

Observando a região do APL e a área da bacia do rio Capibaribe, que é o rio que corta a maior parte de todos os municípios, pode se perceber, segundo a CPRH (2018), que o rio ocupa a maior área dentro do território de Brejo da Madre de Deus com 10,19% de toda a sua extensão, enquanto que em Caruaru ela cobre 7,13% do território do respectivo município. Em Riacho das Almas o rio Capibaribe ocupa 4,11% de toda a terra e em Santa Cruz do Capibaribe ela ocupa 4,55%. Já em Surubim, representa 3,44% e em Taquaritinga do Norte a bacia do rio Capibaribe banha 5,96%, seguido de Vertentes com 2,62%, enquanto que em Toritama ocupa a menor área, 0,41%.

Figura 17. Disponibilidade hídrica superficial do APL



Fonte: Autores, adaptado da ANA (2017).

A figura anterior, permitiu verificar que o rio Capibaribe apresenta disponibilidade hídrica total de $76,29\text{m}^3/\text{s}$ e na região do APL disponibiliza $64,26\text{m}^3/\text{s}$, o que equivale a 88,75% da disponibilidade de todo o rio, tal fato se deve a imensa área de contribuição de $7.557,41\text{km}^2$ (CPRH, 2018).

O segundo maior curso hídrico em termo de disponibilidade hídrica para o setor têxtil é o rio Ipojuca, com $86,25\text{ m}^3/\text{s}$ de vazão média e apenas $4,41\text{m}^3/\text{s}$ no APL, isso implica em 6,09% de toda água superficial da região do polo têxtil.

O rio com maior disponibilidade hídrica total é o rio Una com $186,77\text{ m}^3/\text{s}$, porém no APL, este possui a menor vazão, com $3,72\text{ m}^3/\text{s}$ o que corresponde apenas a 5,14% do total. Tal rio corta apenas o município de Caruaru. Vale ressaltar que tais dados foram baseados na vazão de referência de Q95.

Analisando a disponibilidade hídrica total da região em estudo verificou-se que a potencialidade de água total é de $72,49\text{ m}^3/\text{s}$. O município com maior vazão disponível é Riacho das Almas com $35,70\text{m}^3/\text{s}$, seguido de Surubim com $25,50\text{ m}^3/\text{s}$, enquanto a menor vazão foi observada no município de Taquaritinga do Norte com $0,20\text{m}^3/\text{s}$, seguido de Toritama com $0,24\text{ m}^3/\text{s}$. Vale salientar que a disponibilidade hídrica foi analisada por município, somando as vazões Q95% quando um município é cortado por mais de um rio. Tais informações fornecidas pela ANA (2017) estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5-Disponibilidade hídrica no APL

Municípios	Disponibilidade (m³/s)
Agrestina	3,73
Brejo da Madre de Deus	0,65
Caruaru	5,64
Riacho das Almas	35,70
Santa Cruz do Capibaribe	0,33
Surubim	25,50
Taquaritinga do Norte	0,20
Toritama	0,24
Vertentes	0,42
Total	72,41

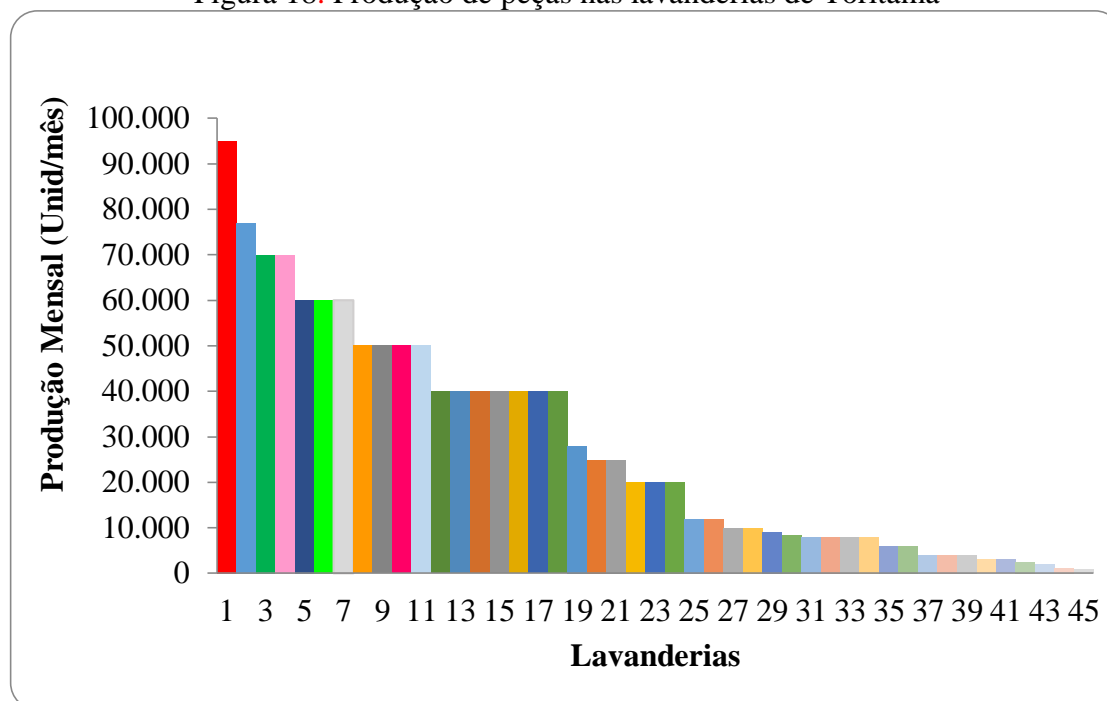
Fonte: ANA, (2017).

Comparando a potencialidade hídrica, com o número de lavanderias é possível perceber que dos 3 (três) municípios que representam o setor têxtil do polo do agreste, Toritama apresenta a menor disponibilidade hídrica e a maior concentração de lavanderias. Essa situação pode ser avaliada como insustentável, uma vez que as lavanderias são grandes consumidoras de água. Além disso, a CPRH (2018) cita que os usos da água do rio Capibaribe nessa região são basicamente para a recepção de efluentes domésticos, industrial e agroindustrial. Tal problema, gera incompatibilidade com a região e medidas são necessárias serem tomadas para suprir o consumo hídrico das lavanderias, pois a água é um dos recursos naturais mais valiosos e insubstituível (CHANWALA, 2019).

Vários motivos podem contribuir para diminuir ainda mais a disponibilidade hídrica de um dado local, como por exemplo as perdas de água no abastecimento humano, tais como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados.

Para relacionar a disponibilidade hídrica com o consumo de água das lavanderias de Toritama, foi feita uma pesquisa observando a produção de peças com o consumo de água. Foi possível perceber que a faixa de produção mensal de peças é de 800 (unid/mês) para as lavanderias de menor porte, e de 70.000 (unid/mês) para as de maiores (Figura 18).

Figura 18. Produção de peças nas lavanderias de Toritama



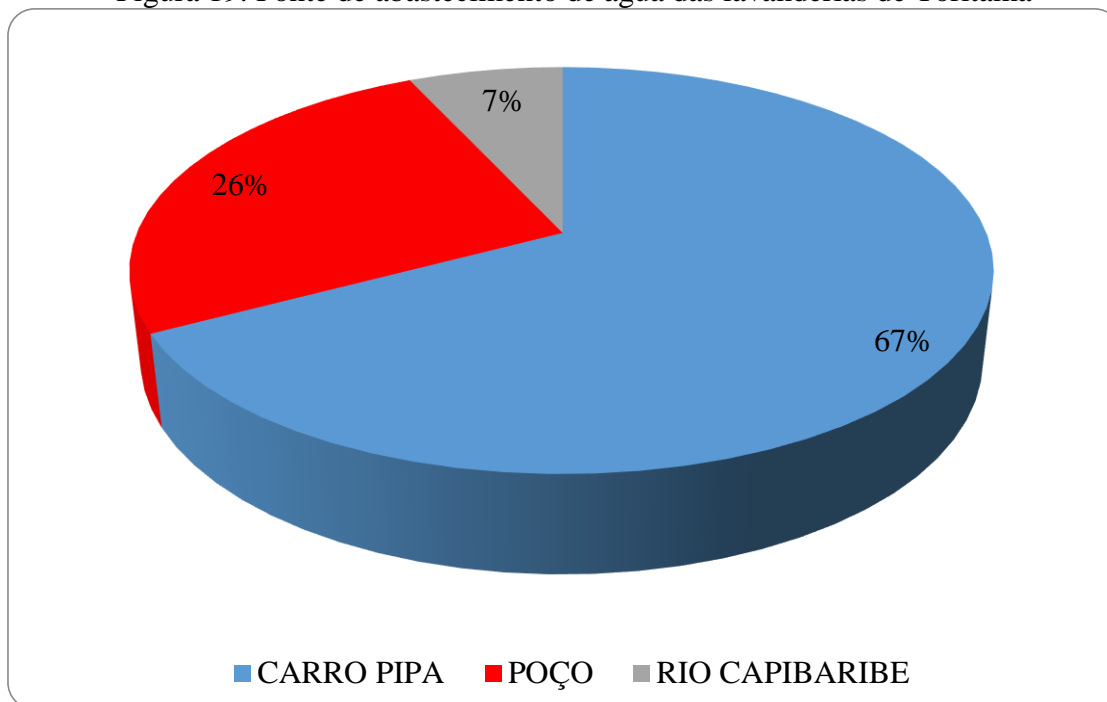
Fonte: Autor, 2019 (adaptado de CPRH, 2005).

Analisando os dados de produção das lavanderias do município de Toritama através da figura anterior, é possível observar que 20 delas produzem mais de 20.000 peças por mês. Em relação à quantidade de peças produzidas, Lira (2018), afirma que a produção se associa diretamente a época do ano, em meses de produção baixa ou normal, por exemplo, a quantidade de peças costuradas semanalmente é em torno de 500 a 1.000 peças, em relação ao período de pico na produção a distribuição muda, produzindo de 500 a 2000 peças, o que corresponde a aproximadamente 8.000 peças por mês.

Os processos de produção geram um grande consumo de água, a qual é fornecida através de poços tubulares profundos com vazões variando de 6 a 1200m³/mês para 15 lavanderias, sendo que também a maioria dessas são abastecidas por água de carro pipa e ainda vale destacar que apenas 4 lavanderias utilizam água do Rio Capibaribe (CPRH, 2005). O percentual de lavanderias abastecidas pela as fontes citadas acima se encontra sintetizado na figura 19.

Além de verificar o grande consumo de água Siqueira *et al.* (2017) citam que os impactos ambientais, ocasionado pela poluição e contaminação da lavanderia no ambiente, mostra a falta da gestão pública e dos órgãos de controle ambiental que deveriam ser responsáveis pela fiscalização e direcionar a criação de novas alternativas de manejo das águas contaminadas.

Figura 19. Fonte de abastecimento de água das lavanderias de Toritama

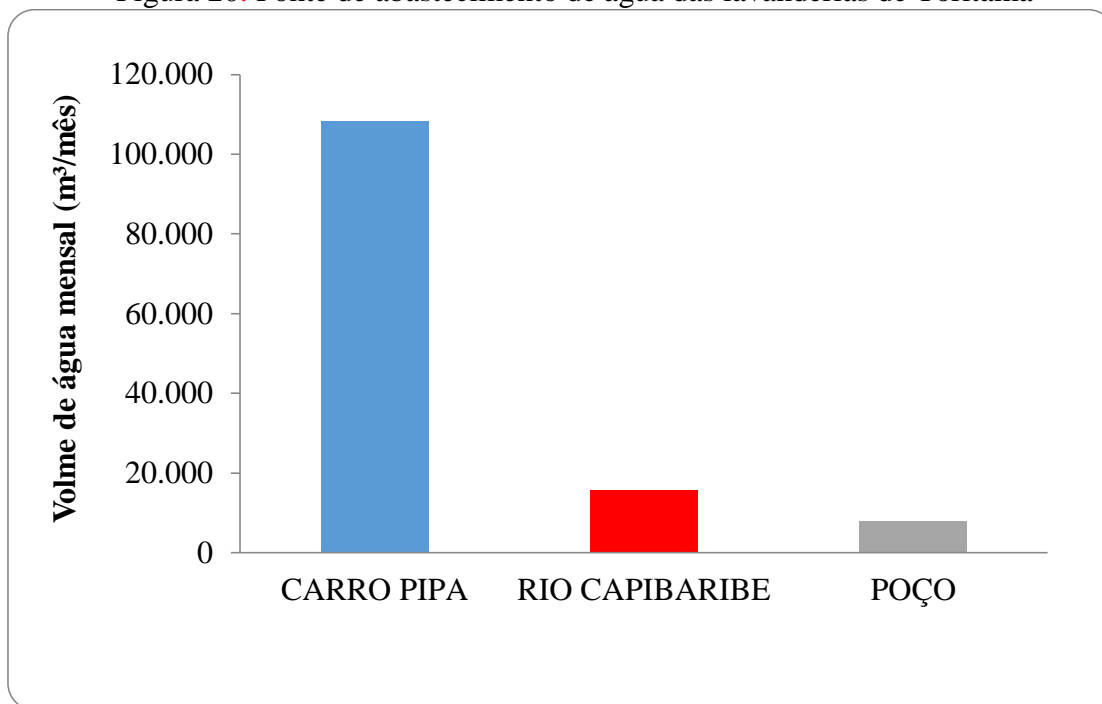


Fonte: Autor, 2019 (adaptado de CPRH, 2005)

Através das informações visualizadas na figura 21 foi possível observar que apenas 7% das lavanderias são abastecidas com água do Rio Capibaribe. Porém, o volume de água fornecido para as lavanderias é de 15.750 m³ por mês. Enquanto 26% das lavanderias extraem 7.870 m³/mês de água dos poços e a maioria das lavanderias 67% são abastecidas por caminhões pipas, consumindo 108.226 m³ de água por mês, totalizando em um volume mensal de água de 131.846 m³. Villar (2016) cita que uma das causas para o uso das águas subterrâneas é a degradação das águas superficiais e as mudanças climáticas. O volume de água consumido pelas lavanderias é considerado significativo considerando a situação hídrica da região. Neste sentido, Viana *et al.* (2018), corroboram afirmando que o consumo da água representa um desafio para as indústrias, visto que os recursos hídricos são um bem limitado. A Figura 20 ilustra a relação do volume de água fornecido por cada fonte.

Uma contribuição para esse desafio, pode ser obtida com o uso da educação ambiental, no que se refere ao uso racional da água pelos funcionários. Segundo Sousa, Gomes e Brito (2017), a educação ambiental é um procedimento coletivo de mudanças de hábitos que ajuda na solução dos problemas ambientais. O engajamento coletivo das pessoas com o objetivo de amenizar os problemas ambientais e poupar recursos naturais são um passo de fundamental importância para completar os objetivos da educação ambiental (PATRICIO; LIMA, 2018).

Figura 20. Fonte de abastecimento de água das lavanderias de Toritama



Fonte: Autor, 2019 (adaptado de CPRH, 2005).

Diante das informações apresentadas sobre a disponibilidade hídrica e o volume de água fica evidente que a oferta e a demanda é insuficiente, haja visto a disponibilidade do Rio Capibaribe ser de 0,24 m³/s e o consumo das lavanderias ser 15.750 m³/mês ou 630m³/dia.

Nativos da região comentaram que ultimamente a situação é extrema, a exemplo do secretário de infraestrutura da cidade, que relatou que o Rio Capibaribe fica sem água na maior parte do ano e os moradores que se encontram nas margens do rio, represam a água que se acumulam nas partes mais fundas pra vender para os proprietários das lavanderias de *jeans*. Esse fato, é de fato caótico. Na zona urbana, as lavanderias perfuram poços Amazonas próximos do riacho do Exu que serve de captação para os esgotos domésticos e industriais no intuito de captar água para a realização das suas atividades (Figura 21).

Pereira *et al.* (2016) comentam que a escassez dos recursos hídricos foram fatores motivacionais para que as lavanderias de *jeans* de Toritama investissem em projetos para a instalação, de reservatórios e de estações de tratamento próprios com reaproveitamento da água num processo inovador e sustentável, evitando, assim, o desperdício e reduzindo a carga poluidora dos recursos hídricos locais.

Figura 21- Riacho Exu e poço Amazonas em uma lavanderia de Toritama



Fonte: Autores, (2020).

De acordo com o cidadão, os poços perfurados (Figura 22) na proximidade do riacho, minam as suas águas filtrando-as, as quais aparentam visualmente uma aparência limpa. Porém, estas são bombeadas e por meio de canalizações são transportadas para a ETE, para serem tratadas e utilizadas normalmente.

Figura 22-Riacho Exu e poço escavado as suas margens



Fonte: Autor (2020).

Por causa do riacho, várias lavanderias se instalaram nas suas margens, perfurando poços e reciclando a água. Porém, mesmo com essa opção e o reuso do efluentes tratado, a quantidade de água ainda é insuficiente, pois o principal insumo das atividade é a água.

Sendo assim a situação não é amenizada, haja visto acontecer grandes perdas de água na formação dos lodos e evaporação na estação de tratamento. Tal necessidade, obriga as lavanderias a comprar água por meio de caminhões pipa que buscam o líquido nos brejos de altitude, ou próximo as fontes de água no município de Gravatá, também no estado de Pernambuco, distante de Toritama cerca de 89,2 Km para suprir a água perdida por evaporação.

Diante desse quadro de escassez hídrica e com base nas exigências legais do CPRH, as lavanderias de *jeans* do polo de confecções de Toritama tiveram que buscar essas alternativas consideradas sustentáveis, reciclando, tratando e reaproveitamento a água. Isso minimiza os impactos ao meio ambiente e resulta na redução dos custos e na geração de lucro e de emprego no arranjo produtivo (PEREIRA, 2016).

Cirilo (2008) aponta como uma alternativa para suprir a baixa disponibilidade hídricas das cidades vulneráveis a seca, a construção de adutoras por meio de reservatórios de maior porte, ou por meio de poços subterrâneos, ou mesmo a partir de rios e reservatórios mais distantes, mesmo em outras bacias hidrográficas, configurando-se as chamadas transposições de água entre bacias.

Já em relação a disponibilidade hídrica de Caruaru e a demanda pelas lavanderias, foram realizadas pesquisas em 4 (quatro) lavanderias de Caruaru, a fim de identificar o volume de água demandado pelas lavanderias. Para fins de visualização e análise, os dados observados se encontram listados na Tabela 6.

Tabela 6-Volume de água demandado pelas indústrias

Lavanderias	Peças (mês)	Consumo de água (L/mês)	Consumo de água por peça/mês
1	35.000	882.000	25,2
2	100.000	2.000.000	20
3	20.000	160.000	8
4	40.000	1,5 000.000	37,5

Fonte: Auto (2020).

Analisando os dados da tabela 9 foi possível observar que a lavanderia 2 (dois) é a que apresenta o maior consumo de água, enquanto a lavanderia 3 (três) apresenta o menor consumo hídrico e a menor quantidade de peças quando comparada às demais. O que fica evidente é que o volume de água consumido mensalmente é alto, o que é confirmado por Ferreira (2019), quando enfatiza que o processo produtivo do denim que é a matéria prima do *jeans*, utiliza uma quantidade muito elevada de recursos hídricos, especificamente na

etapa de tingimento com o corante índigo, pois o processo só acontece com a utilização desse recurso natural, o qual é consumido em aproximadamente 10.000 litros de água na produção do *jeans*.

Bernolt *et al.* (2019) ressaltam que o volume de água é grande, além de que o processo é complexo e que metais como cádmio, cromo, chumbo, cobre, e mercúrio podem ser encontrados na água, e tal fato pode ser justificado porque a obtenção da textura denim partícula é resultante do desenvolvimento dos referidos metais. Em seguida, as fábricas descarregam suas águas residuais nos rios chineses. Ainda vale ressaltar que, além de realçar o processo de fabricação do *jeans*, é importante conscientizar a população sobre o uso pessoal, pois o modo como as pessoas lavam o *jeans* consomem um grande volume de água. Na França são utilizados 619 litros de água para lavar os *jeans*, os americanos usam 1049l de água.

Considerando os dados da Lavanderia 2, a qual apresentou maior consumo de água, registrado em 2.000.000 litros por mês, podemos obter a quantidade de água consumida por peça:

$$\text{Consumo de água por peça} = \frac{\text{Quantidade de água (l)}}{\text{quantidade de peças (pç)}} = \frac{2.000.000l}{100.000pç} = \frac{20l}{pç} \quad (9)$$

Os resultados indicam que a lavanderia 2 consome cerca de 20 litros de água para produzir uma peça. Tal resultado é semelhante ao encontrado por Lima (2006) em que sua pesquisa, sobre o consumo demandado de água das lavanderias de Toritama, encontrou de 21 a 40 litros para cada peça. Tal resultado, também corrobora com estudos realizados por Fonseca (2017), o qual registrou em uma lavanderia de Caruaru, o consumo de 37,5 litros de água por peça, sendo que a lavanderia apresentava um consumo mensal de 1.500.000 litros de água adquiridos por caminhão-pipa para produzir 40.000 peças.

Analisando o consumo de água de forma geral, observou-se que, conforme apresentado anteriormente, todas as lavanderias apresentaram um consumo inferior a 100 litros de água por peça, o que caracteriza que o consumo de água está coerente com a produção, verificou-se também que as 4 lavanderias visitadas tratam o efluente, e tratam a água conforme o padrão estabelecido pelo órgão ambiental competente.

5.2.2 Disponibilidade dos reservatórios artificiais

A Tabela 7a seguir, apresenta os principais reservatórios hídricos artificiais da região do APL. Tais reservatórios são constituídos de barragens de alvenaria ou terra (açudes).

Tabela 7-Informações dos reservatórios artificiais de água do APL

Barragens/Açudes	Municípios	Uso da água	Capacidade (m ³ /ano)
Jucazinho	Surubim	Abastecimento de água	327,0358
Poço Fundo	Santa Cruz do Capibaribe	Abastecimento de água	27,7500
Eng. Gercino Pontes	Caruaru	Abastecimento de água	13,6000
Oitis	Brejo da Madre de Deus	Irrigação	3,0202
Antônio Menino-Cipó	Caruaru	Sem Informação	0,5387
Cipo	Caruaru	Sem Informação	0,7558
Guilherme Azevedo	Caruaru	Abastecimento de água	0,7660
Jaime Nejaim	Caruaru	Abastecimento de água	0,6000
Lagoa do Porco	Surubim	Sem Informação	1,0362
Machado	Brejo da Madre de Deus	Sem Informação	1,5970
Malembar	Surubim	Sem Informação	0,5932
Malhada da Pedra	Caruaru	Sem Informação	0,5500
Para	Santa Cruz do Capibaribe	Sem Informação	0,7273
Pinhões	Riacho das Almas	Sem Informação	0,0820
Santana II	Brejo da Madre de Deus	Sem Informação	0,5670
Serra dos Cavalos	Caruaru	Abastecimento de água	0,6120
Taquara	Caruaru	Abastecimento de água	1,3471
Machado	Brejo da Madre de Deus	Abastecimento de água	14,6370
Panelas II*	Cupira	Defesa contra inundações	16,8850

Fonte: Auto, (2020) adaptado da CPRH 2018.

Conforme visualizado, 19 reservatórios de água aumentam a oferta hídrica da região do APL, já que as águas dos rios são contaminadas e não são utilizadas para abastecimento humano. Segundo a APAC (2018), 90% do volume de acumulação total do Rio Capibaribe se encontram em apenas 5 reservatórios (Jucazinho, Carpina, Tapacurá, Goitá e Poço Fundo). Freitas *et al.* (2018) citam que o reservatório Jucazinho e EngenheiroGercino Pontes são monitorados pela APAC para uma boa gestão da água.

Projeteo BRLiem 2010 verificou que a vazão média de captação do açude Poço Fundo era de 30 l/s e no açude Machado era de 50l/s, sendo que o açude Engenheiro Gercino Pontes, apresentava a maior vazão de retirada cerca de 210 l/s, isto porque fornece água tanto para Santa Cruz do Capibaribe, como para Toritama. Tais demandas são para abastecimento e irrigação, controle de enchentes e piscicultura e pesca.

A Projetec-BRLi (2010) dividiu a bacia do Capibaribe em 4 (quatro) Unidades de Análises (UA) para facilitar o planejamento e gestão das águas. A região do APL está inserida na UA1 e UA2. A capacidade de acumulação de água em metros cúbicos por ano nessa região foi estimada em 800 milhões de metros cúbicos (APAC, 2018). Na tabela 8, estão apresentadas a disponibilidade disponível, a demanda consuntiva e a vazão de retorno dos reservatórios para todos os municípios que abrangem as regiões da UA1 e UA2.

Tabela 8-Disponibilidade de águas superficiais (m³/ano) e demandas das regiões da UA1 e UA2

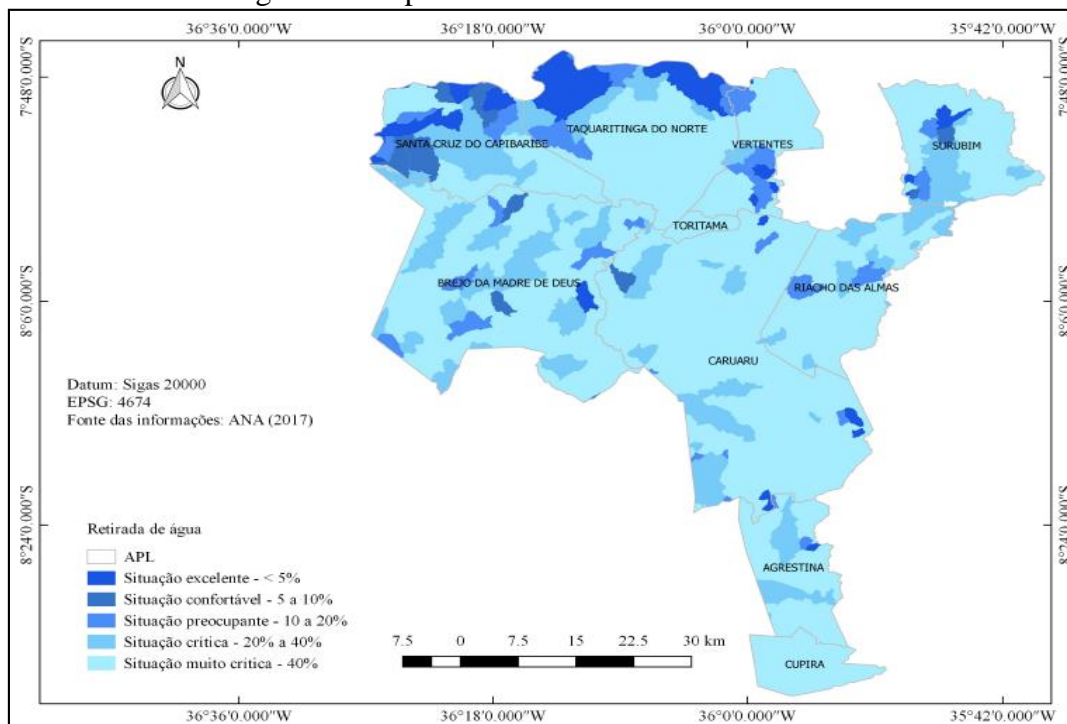
Potencialidade (10 ⁶ m ³)	Destino	Abastecimento humano	Indústria	Pecuária	Irrigação	Total
UA1 - 86,25	Demanda	7.902.517	491.319	1.344.469	12.082.329	21.820.634
	Consumo	6.566.100	98.264	1.344.469	8.457.630	16.466.463
	Retorno	1.336.417	393.055	0	3.624.699	5.354.171
UA2 - 43,26	Demanda	8.632.021	2.394.466	1.204.615	5.978.585	18.209.687
	Consumo	7.369.209	478.893	1.204.615	4.185.010	13.237.727
	Retorno	1.262.812	1.915.573	0	1.793.576	4.971.961

Fonte: Projetec (2010).

De acordo com os dados informados, notou-se que os recursos disponíveis existentes atenderam à demanda em 2010 tanto para UA1 quanto a UA2, a exemplo da demanda total da UA1 que foi de 21.820.634m³/ano e a disponibilidade foi de 86.250.000m³/ano. Para a UA2o consumo foi de 13.237.727 m³/ano e a disponibilidade hídrica foi 43.260.000 m³/ano.

Atualmente, segundo Wada *et al.*(2016), pode-se prever que uma série de fatores contribuem para o aumento das demandas hídricas, com destaque para o crescimento da população, o grau de urbanização e da produção de alimentos e mercadorias. A figura 23 apresenta a situação hídrica do pólo têxtil do agreste pernambucano quanto a retirada de água, classificando os municípios de maior retirada de água, como os de situação mais crítica.

Figura 23. Disponibilidade e demanda hídrica no APL



Fonte: ANA, (2017).

Observando a figura anterior, é possível verificar que atualmente a região do APL apresenta situações variando de muito crítica a excelente. Nota-se que em Toritama a situação é observada como muito crítica e isso se deve a retirada de água. Em seguida aparece Caruaru com situação crítica. Comparando esse fato com a localização das lavanderias, foi visto que esses dois municípios são os que apresentam a maior concentração das lavanderias, conforme já descrito no tópico 5.1 desse estudo.

Diante do contexto é evidente o elevado consumo de água nos processos industriais das lavanderias e conseqüentemente impactos ambientais. Para a redução dos mesmos algumas sugestões vem sendo desenvolvidas, como por exemplo, a FIESP em 2007, citou o desenvolvimento de um sistema no Brasil, criado para remover a cor do tecido a base de tecnologia a ozônio, onde é utilizado nas máquinas lavadoras apenas água ionizada em temperatura ambiente e sem poluentes. As peças são colocadas nas lavadoras, com um nível de água e o tempo de permanência das peças nas máquinas, determinado pelo operador e por meio de um controlador eletrônico o ozônio é transferido para a água, com isso a água ionizada remove a cor do tecido e as peças ficam prontas para a próxima etapa.

Yldirimin *et al.* (2019) sugerem o gerenciamento integrado de recursos hídricos (GIRH), o qual é oferecido como uma ferramenta útil para pesquisas complexas sobre a água usando sistemas de produção em empresas industriais.

Tais dados, mostram que de fato, a disponibilidade de água na região, em quantidade, não é suficiente para atender à demanda crescente do consumo de água das indústrias. A disponibilidade hídrica não é suficiente para atender o abastecimento humano da região do APL. A ANA (2017) fornece a informação de que o abastecimento humano na região do APL é de baixa segurança hídrica e que a disponibilidade de água é insuficiente.

Vale ressaltar que a região não apresenta condições hídricas favoráveis e que o consumo crescente de água, em virtude do aumento populacional e da mudança do estilo de vida das pessoas, gera a necessidade de implantação de intervenções concretas relativas à gestão da água. Tais altitudes são necessárias para que haja o controle da crise hídrica e para garantir a disponibilidade hídrica para os processos produtivos e para as demandas atuais e futuras (VIANA *et al.* 2018).

Na tabela 7 a seguir, estão apresentados a disponibilidade hídrica e a demanda industrial.

Tabela 9-Disponibilidade, demanda e retorno hídrico

Municípios	Disponibilidade (m³/s)	Retirada (m³/s)	QConsumo (m³/s)	QRetorno (m³/s)
Taquaritinga do Norte	0.19903607	0.0067	0.0018	0.0049
Toritama	0.24085484	0.0290	0.0055	0.0235
Vertentes	0.41776372	0.0023	0.0004	0.0019
Caruaru	5.64254544	0.0950	0.0231	0.0718
Agrestina	3.72828214	0.0005	0.0001	0.0004
Cupira	-	0.0049	0.0017	0.0033
Santa Cruz do Capibaribe	0.32599966	0.0332	0.0068	0.0265
Brejo da Madre de Deus	0.65256558	0.0021	0.0007	0.0014
Riacho das Almas	35.7030275	0.0024	0.0005	0.0019
Surubim	25.49519466	0.0058	0.0012	0.0045

Fonte: Ana (2017).

Tais dados, mostram que o município de Caruaru apresenta disponibilidade hídrica de 5,64 m³/s e o consumo hídrico industrial é de 0,0231 m³/s, sendo este o município com o maior disponibilidade hídrica e maior registro de consumo de água

pelas indústrias. O seguinte é o Santa Cruz do Capibaribe com disponibilidade hídrica de 0,325 m³/s e consumo de 0,06m³/s, e na sequência está Toritama com disponibilidade hídrica de 0,240m³/s e o consumo hídrico de Toritama, com 0,055m³/s.

Os valores de consumo industrial estão associados a disponibilidade hídrica, ou seja, quanto maior a disponibilidade de água superficial, maior o consumo pelas indústrias e vice versa.

5.2.3 Identificação de poços artesianos

Os poços artesianos dos município em estudo foram identificados por meio de dados secundários disponibilizados na plataforma do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), onde foi possível observar que o total de poços cadastrados no APL do agreste pernambucano correspondeu a um total de 527 distribuídos nos nove municípios, com seus respectivos valores totais de vazão conforme mostra a tabela 8. Vale ressaltar que os dados correspondem a um período compreendido entre 1965 e 2005, e que aproximadamente 85 poços foram informados como “secos” e alguns não possuíam informação sobre a vazão.

Tabela 10- Vazão de poços cadastrados na região do APL no Agreste Pernambucano

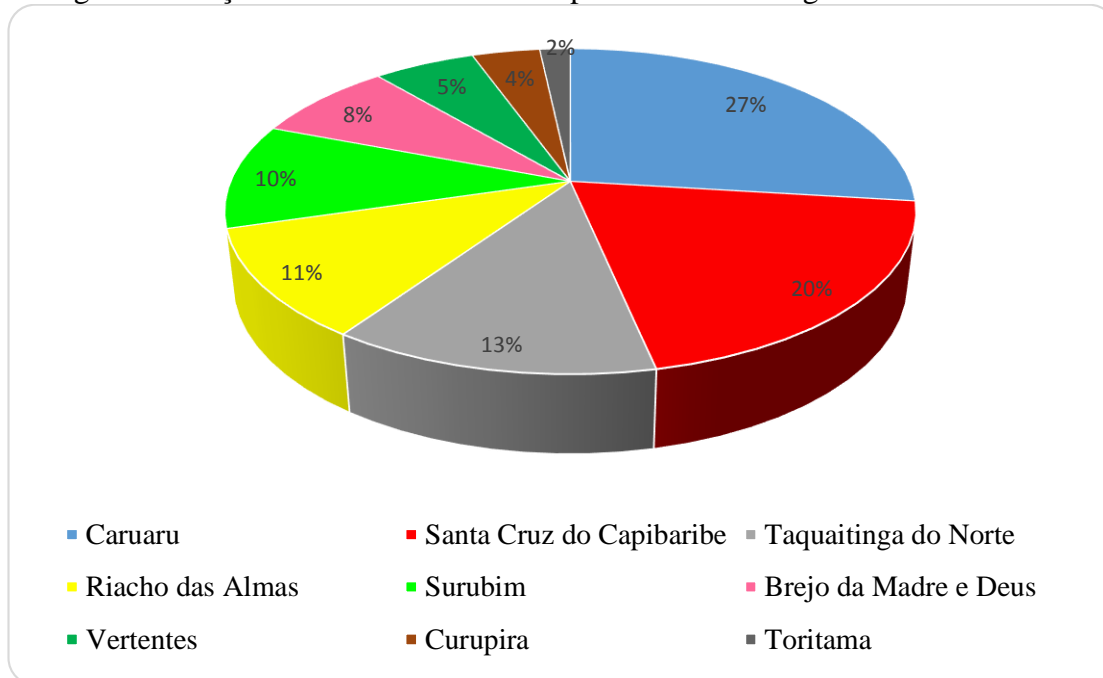
Município	Total de poços cadastrados	Vazão total (l/h)
Caruaru	142	148.316
Santa Cruz do Capibaribe	104	163.091
Taquaritinga do Norte	68	142.352
Riacho das Almas	57	109.540
Surubim	55	79.695
Brejo da Madre de Deus	42	53.568
Vertentes	30	45.660
Curupira	20	18.942
Toritama	9	2.400
	527	763.564

Fonte: Autor, 2019 (Adaptado de IPA, 2019).

As informações apresentadas na tabela anterior também podem ser analisadas quanto aos percentuais de poços cadastrados nos municípios do APL na figura 22, o qual mostra que a maioria dos poços cadastrados (27%) estão localizado em Caruaru, 20% em Santa Cruz do Capibaribe e 13% em Taquaritinga do Norte, (11%) em Riacho das Almas,

(10%) em Surubim, (8%) em Brejo da Madre de Deus, (5%) em Vertentes, (4%) em Cupira apenas 2% dos poços cadastrados estão localizados em Toritama, o que já era esperado em virtude da fonte de abastecimento mais acessível ser por meio de carros pipa, conforme foi apresentado anteriormente. A figura 24 apresenta os percentuais dos poços de cada município do APL.

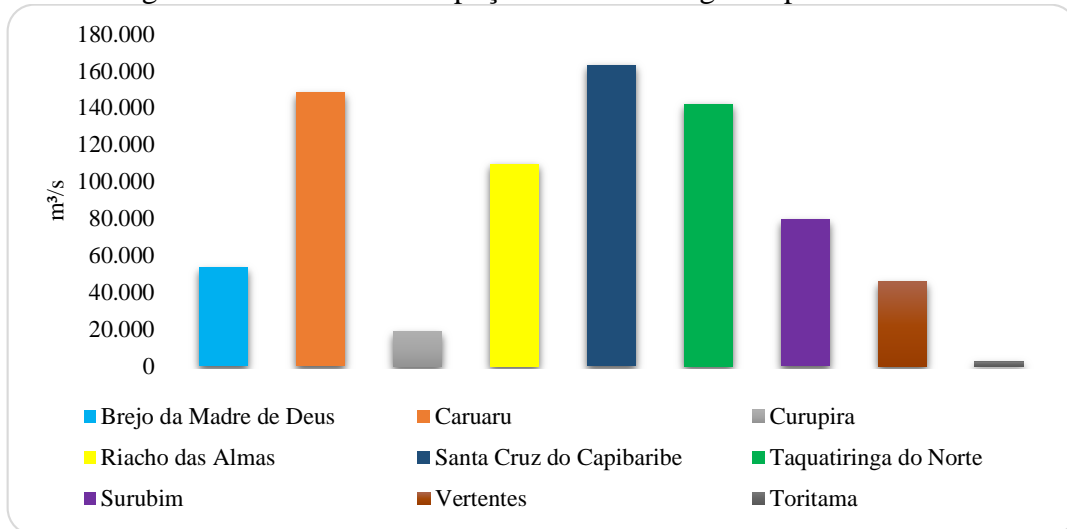
Figura 24. Poços cadastrados nos municípios do APL do Agreste Pernambucano



Fonte: Autor, 2019 (adaptado de CPRH, 2005).

Após analisar o percentual de poços cadastrados por município (Figura anterior), verificou-se que Santa Cruz do Capibaribe foi o município que apresentou maior valor de vazão, conseqüentemente devido aos 104 poços cadastrados (maioria). Já em Toritama, município que apresenta a menor quantidade de poços cadastrados, apresenta também menor valor de vazão. Os valores de vazão total por município se encontram ilustrados na figura 25.

Figura 25. Vazão total dos poços no APL do agreste pernambucano



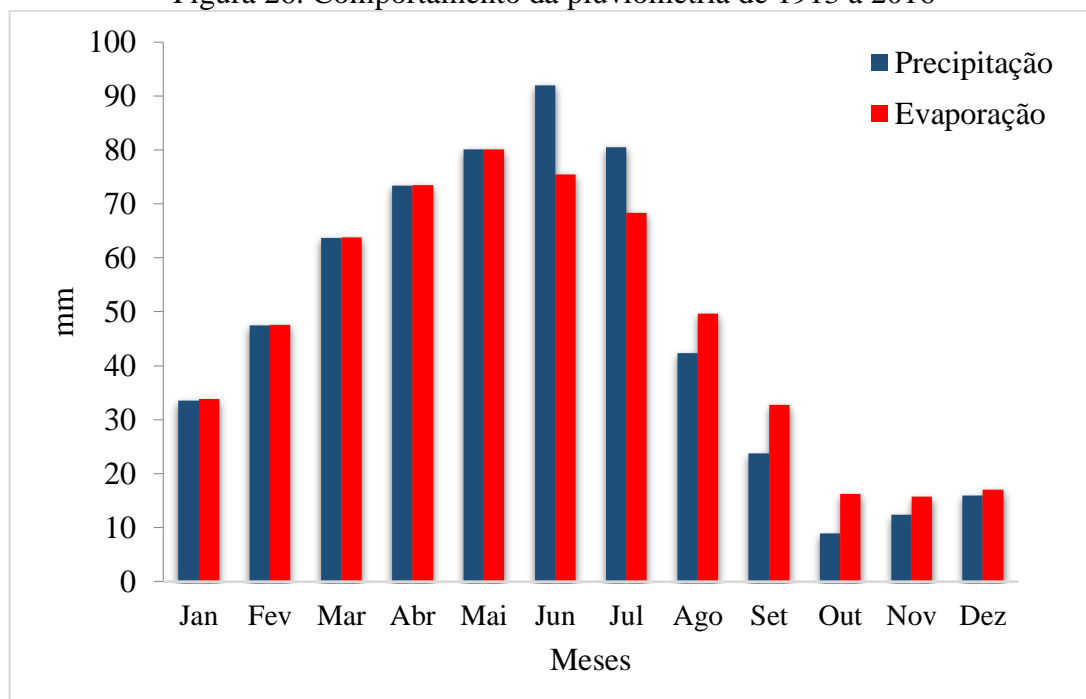
Fonte: Autor, 2019 (adaptado de CPRH, 2005).

5.2.4 Balanço hídrico de Caruaru

O balanço hídrico de Caruaru foi levantado com base em trabalhos publicados e nos dados históricos de precipitação média.

A figura 26 apresenta os dados de precipitação de 1913 a 2016 e a evaporação para o município de Caruaru.

Figura 26. Comportamento da pluviometria de 1913 a 2016



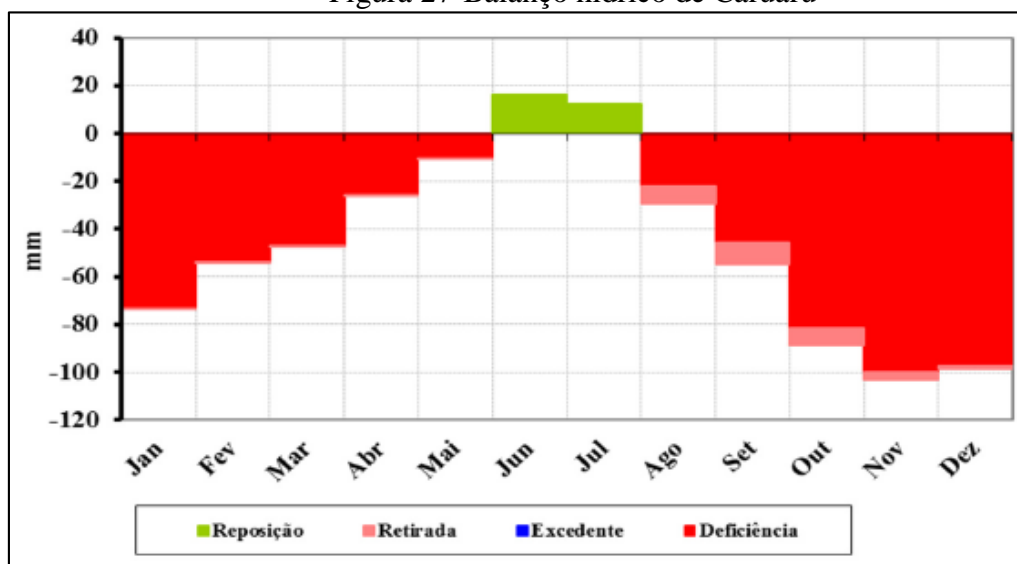
Fonte: Adaptado de França *et al.*, (2018).

Pode se perceber que de janeiro a maio, a precipitação é levemente inferior a evaporação, variando na média de praticamente 0,15mm, a exemplo do mês de janeiro que choveu 33,5 mm e evaporou 33,8 mm. Nos meses de junho e julho considerados período chuvoso de Caruaru, os registros pluviométricos são superiores a evaporação, sendo que em junho foi registrado 92 mm e evaporado 75 mm. Porém, ao iniciar o período seco, de agosto a dezembro, a pluviometria registra valores mais baixos que os meses que antecede, enquanto a evaporação aumenta, tais como em agosto a precipitação foi de 42,3mm e a evaporação foi de 49,6 mm gerando déficits de água.

Esse comportamento hídrico afeta as atividades industriais da região local, inclusive as lavanderias industriais de *jeans* uma vez que estão instaladas numa região com escassez de água, que de acordo com Projotec - BRLi (2010) a baixa disponibilidade hídrica tem obrigado os empresários do setor da região a lançarem mão de carros-pipa para fazer funcionar as lavanderias de *jeans*.

A figura 27, abaixo apresenta o comportamento dos dados citados anteriormente de forma melhor representada.

Figura 27-Balanco hídrico de Caruaru

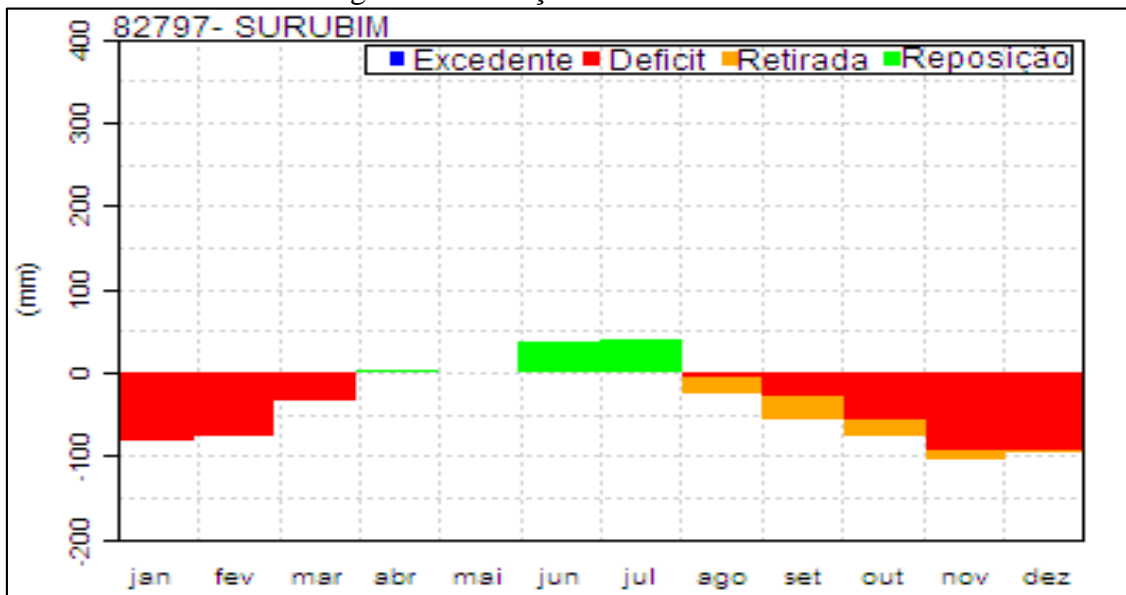


Fonte: França *et al.* (2018).

Na figura anterior, a cor vermelha, indica os meses com déficit hídrico e a cor verde indica os meses com pluviometria superior a evaporação. Tais resultados, são semelhantes aos encontrados por Medeiros (2019), em que encontrou deficiências hídricas para Caruaru-PE entre os meses de agosto a maio do ano seguinte. Pereira *et al.* (2017) identificaram que desde a década de 1990 que no do Agreste de Pernambuco os anos chuvosos diminuíram muito, prevalecendo os secos.

Não diferente de Caruaru, Surubim, conforme ilustra a figura 28, também apresenta déficit hídrico na maior parte do ano, concentrando escassez hídrica de agosto a março, apresentando também os meses de junho e julho com destaque de maior precipitação (reposição de água).

Figura 28-Balanco hídrico de Surubim



Fonte: Inmet (2019).

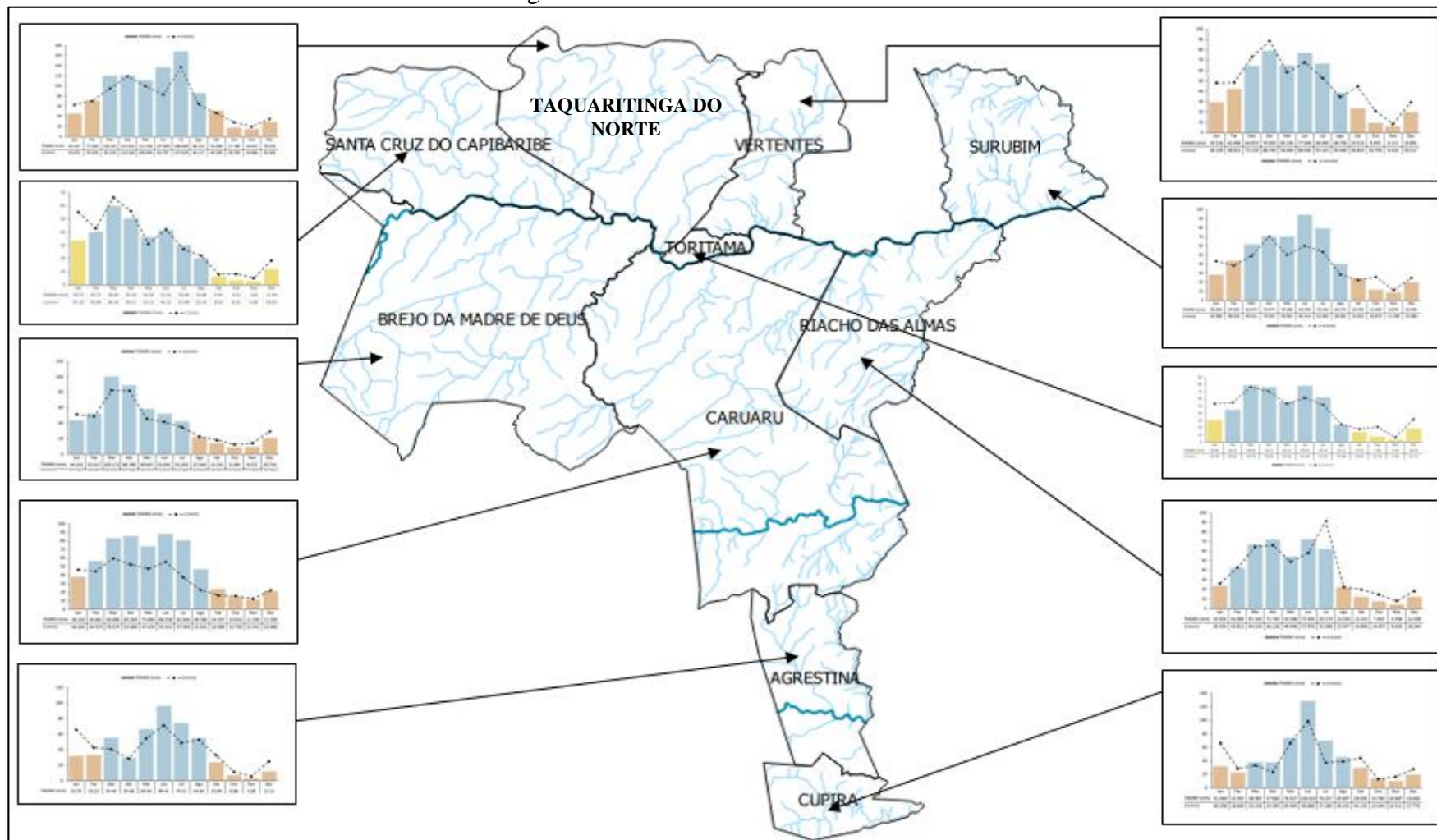
Tais dados mostram que a escassez hídrica afeta a região do Agreste de Pernambuco e que essa escassez é produzida por mudanças ambientais, a exemplos das secas que afetam a quantidade de água disponível para abastecimento doméstico e uso industrial. Tais episódios de escassez severa também foram registrados na China e Índia (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Essa irregularidade pluviométrica é uma característica marcante da região e torna o abastecimento dependente de outras fontes, a exemplos de caminhões-pipa e poços subterrâneos.

Analisando a disponibilidade hídrica de forma geral, é possível perceber que o agreste de Pernambuco é cortado por 3 (três) rios, 20 (vinte) barragens/açudes e 527 (quinhentos e vinte e sete) poços, o que daria para ser uma região rica em termos quantitativos de água, porém, a pluviometria da região é baixa, a retirada de água é grande e os rios funcionam como corpo receptor de esgotos industriais e domésticos, sendo assim, tal região é considerada de alta escassez hídrica.

Desta forma, nota-se que há um déficit hídrico na localidade, a região é pressionada pelo aumento da demanda de água em função da instalação das lavanderias industriais e esse fato pode reduzir a qualidade dos recursos hídricos disponíveis

(VELDKAMP *et al.* 2017). Lidar com os baixos índices pluviométricos um desafio para a região, pois a pluviometria é baixa e a retirada de água região é alto de (TANE FOO, 2018). A figura 29 apresenta os meses chuvosos e secos para todos os municípios do polo de confecções de Pernambuco.

Figura 29-Período chuvoso e seco do APL



5.3 Cálculo da pegada hídrica da lavanderia de Caruaru

Nessa pesquisa, foi considerado como objetivo e escopo da pegada hídrica, o consumo da água poluída e a pegada hídrica azul e cinza, avaliada na indústria como a do processo de beneficiamento do *jeans*, compreendendo o momento em que a água bruta entrou no empreendimento até sua saída para a Estação de Tratamento (ETE).

5.3.1 Caracterização da lavanderia e do consumo de água

A lavanderia do estudo está localizada no bairro do Salgado, em zona residencial de Caruaru/PE (Figura 30).

Figura 30- Lavanderia do estudo de caso



Fonte: Autores, (2020).

O terreno onde se encontra a lavanderia possui área total de 3078 m² e a área do telhado com 2111m². Conforme consta no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas, a empresa opera desde 23/05/2013 e funciona 9 horas por dia, de segunda a sexta-feira em período diurno.

Conta com um quadro de 31 funcionários e se encontra regularizada perante o órgão ambiental CPRH. Possui capacidade instalada de 4900 kg de peças por dia e tem uma produção média de 40.000 (quarenta mil) peças mensais funcionando 9 horas por dia em

baixa estação, com o incremento de 2 horas extras na alta estação, a empresa para produzir 50.000 (cinquenta mil) peças.

Possui uma caldeira à lenha com capacidade nominal de 2000 kg de vapor por hora, para aquecimento da água e geração de vapor utilizado na passadoria, a qual possui uma chaminé, onde já é realizado o monitoramento dos efluentes atmosféricos.

As matérias primas utilizadas são as peças *jeans* para serem processadas e os principais insumos utilizados no processo são água, lenha e produtos químicos.

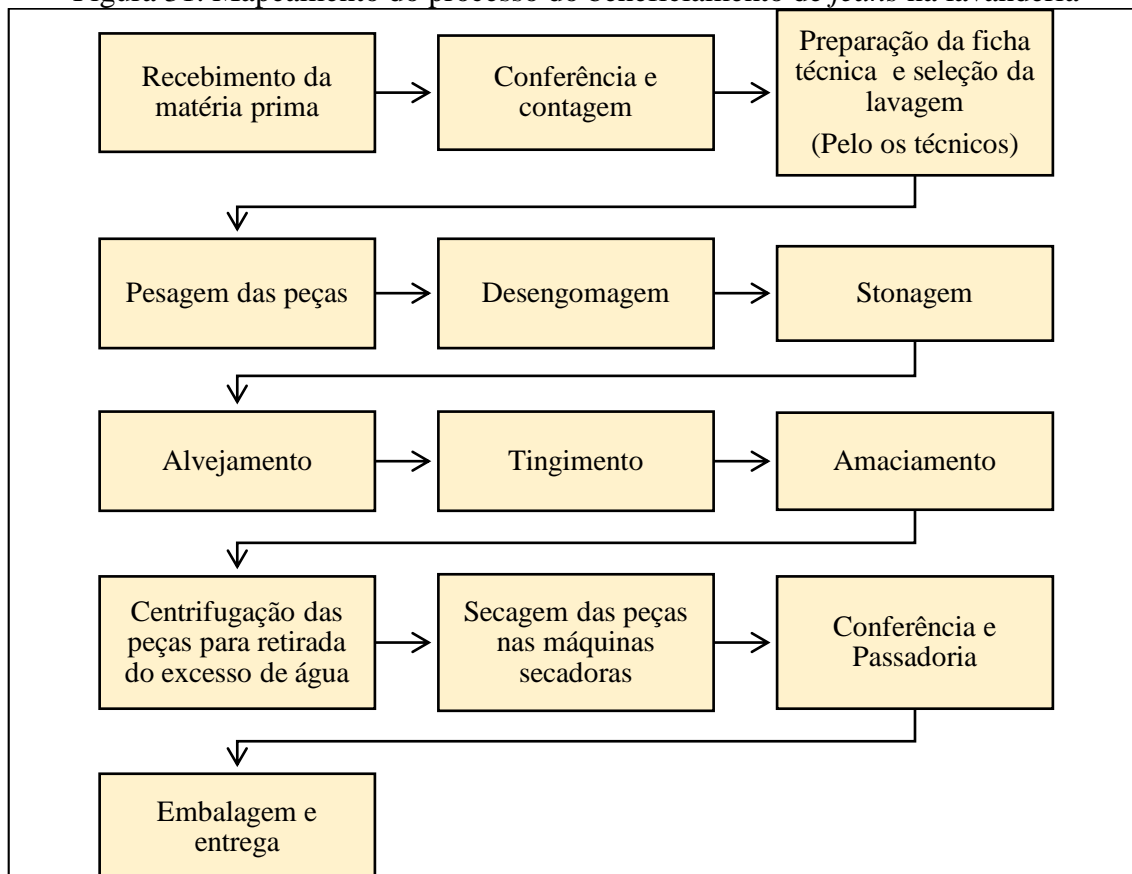
A demanda de água é diretamente proporcional a produção e os fluxos de demanda do mercado consumidor. A lavanderia apresenta um consumo mensal de água de 1600 m³ sendo abastecida diariamente por 5 caminhões-pipa de 16 mil litros (dezesseis mil litros) cada, perfazendo um total de 100 caminhões pipa mensais. A água é extraída de uma fonte da zona rural do município. Esta mesma água é empregada também para os banheiros e caldeira. Na indústria, a água fica armazenada em 3 tanques de 40 mil litros cada.

A lenha utilizada como combustível na caldeira é proveniente do estado da Paraíba. São utilizados 200 m³/mês de madeira de algaroba. A madeira é transportada por caminhões do estado da Paraíba.

Os principais produtos químicos utilizados são hipoclorito de sódio, Permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio e corantes reativos.

Na figura 31 estão apresentados os processos do beneficiamento das peças *jeans* realizados na lavanderia.

Figura 31. Mapeamento do processo do beneficiamento de *jeans* na lavanderia



Fonte: Adaptado de Lima e Rocha (2016).

Conforme observado na figura anterior, o processamento das peças consiste em várias etapas e tem início com o recebimento da matéria prima e insumos, processos e encerra na entrega das peças beneficiadas (lavadas e com características modificadas dos tecidos) aos clientes através dos tratamentos químicos e físicos recebidos. Tais processos estão descritos a seguir:

Recebimento de matéria prima: As matérias primas chegam através de caminhões das fábricas de Toritama já confeccionadas, são estocadas no salão da passadoria (Figura 32), conferidas, pesadas conforme a ficha técnica elaborada pelo o técnico responsável e encaminhadas para o processo de lavagem.

As peças confeccionadas saem da fábrica de Toritama via caminhão e são transportada por 37,2 Km para a lavanderia de estudo em Caruaru. Na lavanderia, essas peças são beneficiadas por etapas, ou sejam não ficam prontas no mesmo dia, podendo durar até 5 dias para receber o beneficiamento desejado.

Figura 32. Recepção das peças confeccionadas na lavanderia



Fonte: Autor (2019).

Após o recebimento das peças, segue-se com o processo do beneficiamento com várias lavagens. Tais lavagens são realizadas com produtos e tempos diferentes de permanência dentro das máquinas de lavar. Os produtos para os diferentes tipos de lavagem e/ou tratamento das peças são principalmente: desengomantes, clareadores, alvejantes, amaciantes, dentre outros. As lavagens realizadas na lavanderia de estudo se encontram descritas a seguir.

Desengomagem: consiste na retirada da goma, cera e graxas do tecido adquiridas na etapa anterior. Para este procedimento é utilizado um sabão neutro e tem duração de 20 minutos. Depois as peças são enxaguadas.

Estonagem (*Stone wash* ou lavagem com pedra): consiste no processo para dar aspecto envelhecido às peças de acordo com o desejado pelo cliente.

Já o alvejamento consiste no branqueamento das fibras do tecido, com utilização de hipoclorito de sódio como alvejante.

Tingimento do tecido: consiste na aplicação de corantes ou pigmentos as fibras têxteis, para adicionar ou modificar o aspecto visual da cor, tornando o tecido adequado às exigências do consumidor. É nessa etapa onde são adicionados os produtos químicos, mais perigosos para o meio ambiente. Segundo Queiroz *et al.* (2016) o grave problema ambiental se concentra nessa etapa.

Por fim, procede-se o amaciamento para finalizar a lavagem das peças, que consiste em tornar a peça mais macia e confortável. As peças seguem para o enxágue e depois vão para as máquinas centrífugas que fazem a retirada da água.

Centrifugação e Secagem: As peças são centrifugadas e depois encaminhadas para as máquinas de secar. Após a secagem, algumas das peças são passadas em ferro à vapor.

Used: realiza processo de acabamento nas peças, onde é aplicado permanganato, através de pistolas.

As peças não seguem o mesmo padrão de lavagem, seguem de acordo com pedidos do cliente. Porém, para cada lavagem são utilizadas 100 kg de peças e 1000 L de água.

A água utilizada na primeira lavagem é água de reuso. São realizados dois enxagues para cada lavagem. Mas esse número também não segue o mesmo padrão pelo o mesmo motivo das lavagens, podendo ser realizado até 6 enxagues para uma mesma lavagem. Cada enxague consome também 1000L e sempre o último é realizado com água potável, os antecessores são realizados com água de reuso, pois, o metabissulfito de sódio é uma substância que deixa um cheiro forte na água de reuso e para evitar que esse cheiro seja transferido para as peças, o último enxague, é realizado com água potável.

O fluxograma demonstrado através da Figura 33, apresenta o setor onde são realizados as lavagens.

Figura 33. Setor da lavanderia



Fonte: Autor (2020).

Conforme pode se observar na ilustração anterior o setor de lavagens, é responsável pela maior quantidade de maquinários, e o maior consumo hídrico da lavanderia.

O consumo de água da lavanderia, foi observado fazendo um levantamento do uso da água no processo produtivo e fora deste. Porém, para fins de cálculo foi utilizado a água do setor de lavagem das peças.

Conforme visita de campo, os equipamentos que utilizam água no processo industrial são as máquinas de lavar no setor de lavanderia e a caldeira. Os outros usos da

água ocorrem ainda no setor da passadoria para diluição do amaciante e diluição dos corantes na lavanderia. Fora do processo produtivo, o consumo de água ocorre para a limpeza dos equipamentos, do prédio e nos banheiros para higiene dos trabalhadores.

No setor de lavar as peças, são usadas 7 máquinas de lavar sendo 3 (três) Cavalcanti horizontais com capacidade de 1000, 1400 e 1800 kg e 4 (quatro) Mamutes horizontais de 2000 kg cada, 3 centrifugas e 3 secadoras e 1 caldeira. Tais máquinas são ligadas 6 (seis) vezes ao dia, perfazendo 6 rodadas diárias. Conforme observado, as máquinas do setor de lavanderias possuem capacidade variando de 1000 a 2000 kg. Tais capacidades, demonstram grandes volumes de água (GOULART *et al.* 2017).

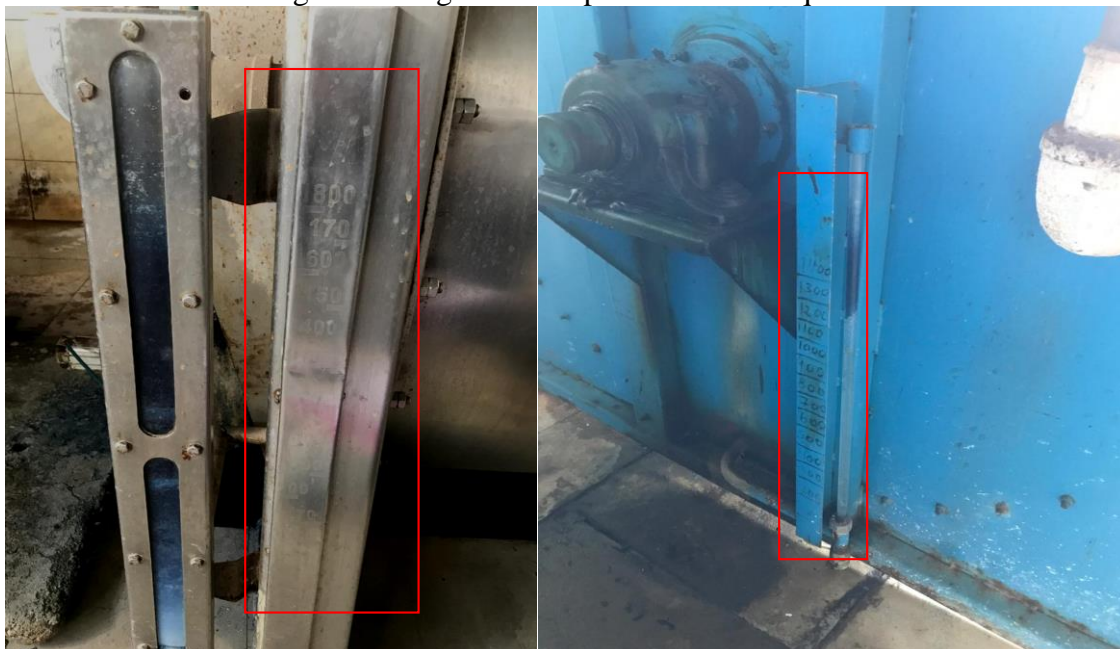
Tabela 11-Capacidade das lavadoras da lavanderia

Quantidade de lavadoras	Capacidade das máquinas (kg)
1 Máquina modelo Cavalcanti horizontal	1000
1 Máquina modelo Cavalcanti horizontal	1400
1 Máquina modelo Cavalcanti horizontal	1800
1 Máquina modelo Mamute horizontal	2000
1 Máquina modelo Mamute horizontal	2000
1 Máquina modelo Mamute horizontal	2000
1 Máquina modelo Mamute horizontal	2000

Fonte: Autor (2020).

Conforme observado na tabela anterior, são 7 máquinas instaladas no setor de lavagem das peças. A figura 34 registra, o local com a indicação da capacidade dessas máquinas.

Figura 34-Registro da capacidade das máquinas



Fonte: Autor (2019).

De acordo com a figura anterior, todas as máquinas possuem em suas laterais a suas capacidades em Kg.

O consumo de água potável nas lavadoras são de 5 pipas diários. Um pipa de 16000L para cada rodada de lavagens com 7 máquinas. Por dia são 6 rodadas. Vale salientar, que essa água só é utilizada para enxaguar as peças e que para cada lavagem são necessários no mínimo dois enxágues de 1000 L cada, sendo que o primeiro enxague é realizado com água de reuso. O ideal segundo os operadores das máquinas é que seja realizado para cada lavagem 2 enxágues, porém na lavanderia o número de enxágues total por dia são 96. A tabela a seguir, apresenta o consumo de água potável da lavanderia quando no processo é realizado uma lavagem e apenas dois enxágues.

Tabela 12-Consumo e tipo de água utilizado em uma lavagem na lavanderia

Lavadoras	Água de reuso (kg)		Água potável (kg)
	Lavagem	1º Enxague	2º Enxague
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
1	1000	1000	1000
	7000	7000	7000
Valor diário	42000	42000	42000

Fonte: Autor (2020).

Segundo informações são necessários 5 (cinco) caminhões pipas diários e 100 ao mês com capacidade de 16 mil litros em épocas normais, em épocas de maior demanda passa a ser 6 caminhões-pipa. Os cálculos desse trabalho foram realizados com o volume de água dos 5 caminhões pipas devido a ocorrência desse consumo na maioria dos meses.

Em época de menor demanda, segundo os responsáveis pela indústria são gastos em média, 80.000L de água potável diariamente, já nos meses alta demanda são gasto 96000L de água.

O consumo de água utilizado na caldeira, é de 2000 L/dia. Na passadoria são utilizados 3 tambores com 218 L de água, utilizada para diluir o amaciante.

Para o cálculo do consumo do líquido fora do processo produtivo, foram coletados dados da quantidade de água gasta com a limpeza do prédio e dos equipamentos. Foi estimado o consumo de água para limpeza dos sanitários, estimados com base na NBR 7.229/1993, multiplicando o número de funcionários pelo o valor correspondente a ocupantes temporários de fábricas em geral.

A lavanderia registou um consumo mensal de água de 1729,36m³, o que implica um volume mensal de água captada de 1729,36L (tabela 13). Pela observação da tabela a seguir, verifica-se que este consumo de água ocorre, essencialmente, no setor de lavanderia onde estão as máquinas lavadoras representando cerca de 97,10 % do consumo total. Verifica-se que com esse volume mensal captado a lavanderia processou cerca de 40 mil peças de *jeans*, o que implicou uma captação de cerca de 0,04 m³ de água por cada peça processada.

Tabela 13- Dados de consumo de água da lavanderia

Descrição	Consumo (m ³ /mês)	(%)
Máquinas lavadoras	1600	92,51
Caldeira	40	2,31
Passadoria	4,36	0,25
Diluição de produtos químicos	1,6	0,09
Limpeza dos equipamentos	16	0,92
Limpeza do prédio	24	1,38
Efluente sanitários	43,4	2,50
Total	1729,36	100

Fonte: Autor (2020).

As máquinas de lavar são os equipamento de maior consumo de água da lavanderia, consumindo 1600m³/mês o que equivale a 92,51,7% de toda a água consumida. Além do consumo das lavadoras para o beneficiamento das peças *jeans*,

salienta-se o consumo da caldeira é na ordem dos 40 m³/mês que representa cerca de 2,31% do consumo total. No setor de passadoria, se destaca o consumo 4,36m³/mês de água para diluição do amaciante, representando 0,25 % do consumo total. Na diluição de corantes são consumidos 1, 6m³/mês representando o valor mínimo de 0,09%.

Quanto o consumo de água fora do processo produtivo, têm-se à limpeza dos equipamentos com 16m³/mês representando 0,92 % do consumo total. Na limpeza do prédio são utilizados 24m³/mês de água compondo 1,38%. O consumo de água com os efluentes sanitários foram estimados em 43,4 m³/mês compondo 2,5% de toda a água consumida na indústria. O setor de lavanderia representa, assim, a maior preocupação para a empresa em termos de consumo de água. No estudo da pegada hídrica, foram excluídos o consumo de água referente aos laboratórios e outros compartimentos, tais como setor da passadoria, escritórios, banheiros, setor da cadeira.

Para a pegada hídrica, não foram feitas determinações no consumo da água, e sim na água que é poluída para processar as peças *jeans*.

Uma descrição importante de ser relatada nos dados da tabela apresentada anteriormente é que tais dados são referentes à captação total de água e aos consumos mais significativos contabilizados na lavanderia, sendo também desprezados o consumo de água para a diluição dos produtos químicos para os diversos tipos de lavagens.

5.3.2 Pegada hídrica azul

O setor considerado para o cálculo da Pegada Hídrica azul, foi o setor da lavanderia, onde ocorre a programação das máquinas adequada para cada demanda, programação da quantidade de água necessária para cada lavagem e de produtos químicos a serem usados, monitoração do tempo de funcionamento da máquina e pôr fim a lavagem das peças.

Foi considerado no cálculo da pegada hídrica azul, a água evaporada e a água poluída, avaliada na indústria como a do processo de beneficiamento do *jeans*, considerando apenas a água bruta que entrou nas lavadoras até sua saída para a Estação de Tratamento (ETE). Não foi levado em consideração a água de reuso, haja visto que essas águas após tratamento podem ser descartadas no rio e voltar a mesma bacia hidrográfica e segundo Hoekstra et al. (2011) a água azul não retorna para a bacia da qual foi retirada. O setor de passadoria foi desprezado em virtude de não apresentar um volume de água representativo. Tal atitude também foi encontrada no trabalho de Silva (2015) em que também desprezou do cálculo da pegada hídrica ao consumo de limpeza de

floculadores, por não ser representativo. Também não foi levado em consideração no cálculo da pegada hídrica azul a água captada da chuva, haja visto o responsável da lavanderia informar que o volume é de apenas 500L/ano.

Para o cálculo da pegada hídrica também não foi considerado o consumo de água das máquinas de testes, devido os testes não ser realizados frequentemente.

A pegada hídrica azul da lavanderia foi calculada pela equação 3 substituindo a incorporação da água pela água poluída, haja visto que toda a água é retirada das peças pelas máquinas secadoras e centrifugadoras e os efluentes são drenados para a ETE e após tratamento, são descarregados no rio Ipojuca, mais próximo do local.

Os dados de entrada estão apresentados na tabela 14. Os dados de evaporação foram calculados com base no pensamento de Leão *et al.* (2012) que citam que em processos de beneficiamentos de *jeans* de 150L são evaporados 18L.

Entrada de água doce	1600m ³ /mês
Água evaporada	192m ³ /mês
Água poluída	1408m ³ /mês

$$Phazul = 192 \text{ m}^3/\text{mês} + 1408\text{m}^3/\text{mês} = 1600 \text{ m}^3/\text{mês}$$

A pegada hídrica azul do beneficiamento do *jeans* para a lavanderia em questão foi estimada em 1600 m³/mês e 19200 m³/ano. Tal valor expressa o volume de água azul que é poluído para o beneficiamento do *jeans*.

Para Hoekstra *et al.* (2011) após quantificada a pegada hídrica azul avalia-se a sua sustentabilidade ambiental, verificando se o consumo de água é ou não superior ao escoamento natural da bacia. Se superior a pegada hídrica é dita insustentável, caso contrário é sustentável. A disponibilidade de água é calculada subtraindo a vazão natural do rio com a soma da pegada hídrica da vazão de demanda ambiental, que é a quantidade mínima de água que deve permanecer nos rios para o funcionamento dos ecossistemas. A ANA (2017) cita que essa vazão é 4,41m³/s.

De acordo com os cálculos elaborados, a pegada hídrica da lavanderia foi de 1600 m³/mês, ou 0,0006 m³/s, inferior a disponibilidade de água azul que foi de 4,41 m³/s, mostrando que a pegada hídrica para essa única lavanderia em relação as águas disponíveis no rio Ipojuca é sustentável.

Apesar da pegada hídrica não violar a quantidade de água disponível para o funcionamento dos ecossistemas ambientais, apresenta um consumo alto. Brenot *et al.*

(2019) citam que a pegada hídrica para as indústrias de *jeans*, revela um grande consumo de água e que os maiores problemas, está relacionado com a água, pois este bem líquido vem sendo amplamente utilizado de forma irresponsável.

Analisando a pegada hídrica azul por peça beneficiada, dividindo o consumo de água de 1600m³/mês por 40000 peças/mês, têm-se que o valor implicou em 0,04 m³/peça, o que corresponde a 40 L de água por cada uma. Tal volume de água gasto por peça, também foi encontrado no trabalho de Lima (2006) em que fazendo pesquisa sobre o consumo demandado de água das lavanderias de Toritama encontrou de 21 a 40 L para cada peça.

A pegada hídrica encontrada permite analisar que o consumo de água na lavanderia pesquisada, para a região na qual a mesma se encontra, é preocupante. Principalmente por na mesma localidade existirem outras 133 lavanderias, e se tratar de uma região de baixo índice pluviométrico. Segundo Andrada *et al.* (2018), em todo o agreste de Pernambuco ocorreu um decréscimo da precipitação pluvial média anual de 1985 à 2017, ou seja, nessas microrregiões ocorreram menos chuvas. Na tentativa de minimizar os problemas de disponibilidade hídrica, as empresas estão buscando a adoção de técnicas mais sustentáveis (DONAIRE, 2011).

Na cadeia têxtil, indicadores de sustentabilidade, mostra que ainda as empresas precisam se concentrar no propósito de alcançar a sustentabilidade (VALENZUELA VENEGAS *et al.* 2016). Araújo e Vieira *et al.* (2018) sugerem que consumidores comecem a exigir que as empresas de beneficiamento têxteis, busquem alternativas sustentáveis.

A pegada hídrica pode ser avaliada para uma empresa ou para um determinado país. Costa *et al.* (2018) citam que entre as técnicas utilizadas para o mapeamento e monitoramento do consumo hídrico, a pegada hídrica é um indicador aceitável, pois permite monitorar os efeitos da escassez de água em um processo industrial, em uma indústria ou em uma região geográfica, possibilitando seu uso como ferramenta de gestão dos recursos hídricos. De acordo com Patrício e Lima (2018) os indicadores são úteis e executam muitas funções e comunicam informações, ajudam a levar a tomada de decisões e ações mais eficazes por apresentar as informações de forma agregada para decisão política. Alves (2016) comenta que os indicadores podem contribuir para a avaliação do desempenho ambiental, social, cultural, econômico e institucional de ambientes e preconizam em benefício para a sociedade. Pois segundo Silva e Cândido (2016) os indicadores de sustentabilidade fornece informações para classificar o nível do

desenvolvimento sustentável de uma certa atividade econômica, eles simplificam as informações sobre fenômenos complexos melhorando o processo de comunicação e gestão, seu objetivo é integrar e considerar informações para que sua significância fique mais aparente.

Nos processos industriais, a pegada hídrica é um indicador de sustentabilidade que quantifica o volume de água utilizada na produção de um produto ou em uma indústria. Nesse contexto, os trabalhos publicados ainda são escassos a nível brasileiro, conforme aponta Pires *et al.* (2018). Ainda segundo os autores, a Europa é o continente do qual se originou a maior parte das publicações sobre o tema, enquanto, em termos de países, destacam-se a China, os Estados Unidos, a Holanda e a Itália.

Nos processos industriais, a pegada hídrica é um indicador de sustentabilidade que quantifica o volume de água utilizada na produção de um produto ou em uma indústria. Nesse contexto, os trabalhos publicados ainda são escassos a nível brasileiro, conforme aponta Pires *et al.* (2018). Ainda segundo os autores, a Europa é o continente do qual se originou a maior parte das publicações sobre o tema, enquanto, em termos de países, destacam-se a China, os Estados Unidos, a Holanda e a Itália.

5.3.3. Pegada hídrica verde

Em relação a pegada hídrica verde para essa pesquisa foi considerada nula, apesar da lavanderia possuir calhas no telhado para captação de água da chuva, pois segundo Hoekstra, (2011) a pegada hídrica verde é a água oriunda de precipitações, que não fica armazenada, e na lavanderia essa água seria armazenada, ou escoaria ou recarregaria o lençol subterrâneo, sendo considerada água azul.

Na dimensão industrial, o cálculo da pegada hídrica permite identificar o volume de água consumido por componente azul e os efluentes podem ser analisados como sendo a pegada hídrica cinza, uma vez que o verde está relacionado a processos agrícolas, conforme ressalta Wang *et al.* (2019), o componente verde é associado principalmente a perdas de evapotranspiração na agricultura, portanto não é levado em consideração, uma vez que o objetivo do estudo refere-se a processos industriais. Ainda vale ressaltar que na maioria dos trabalhos publicados na literatura durante o período de 2011 a 2016, a pegada hídrica azul foi a principal componente calculada em processos industriais (PIRES *et al.* 2018).

5.3.4. Pegada hídrica cinza

A pegada hídrica cinza foi calculada pela equação 5, apresentada no tópico de metodologia.

As cargas média de poluentes (C) geradas no processo de beneficiamento de *jeans* foram obtidas a partir do trabalho de Viana (2019) que foi também desenvolvido na mesma lavanderia.

As concentrações dos poluentes analisadas foram aquelas em que mesmo depois de tratadas, a eficiência de remoção do sistema de tratamento foi inferior ao mínimo permitido pela legislação na maior parte do ano, a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e a Demanda Química de Oxigênio-DQO. A DBO₅ indica a quantidade de oxigênio que é necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por processos aeróbicos por um período de incubação de cinco dias, a 20°C (PIZATO *et al.* 2016). A DQO determina o nível de oxigênio existente no meio aquático, sendo o resultado da oxidação das matérias orgânica e inorgânica por meio de um oxidante químico extremamente forte. Vieira e Araújo (2015) também analisaram a pegada hídrica para o parâmetro DBO. Na indústria, os efluentes tratados, parte são reutilizados e parte são despejados no Rio Ipojuca, conforme já informado anteriormente. Este corpo hídrico, a CPRH classifica-o como rio de Classe 2– Águas Doces, pelo o Decreto Estadual de 7269 de 05/06/1981. Segundo os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2, as condições e padrões para a DBO 5 dias a 20°C é de até 5 mg/L ou 0,005 kg/m³e para a OD, em qualquer amostra não deve ser inferior a 5 mg/L ou 0,005 kg/m³.

Como são dois parâmetros, foi calculada a Pegada Hídrica Cinza para cada um deles a fim de que seja determinado, qual o mais crítico, ou seja, aquele que está associado à maior Pegada Hídrica Cinza específica dos poluentes, conforme aconselha o manual de HOEKSTRA *et al.* (2011). Tais dados estão apresentados na tabela 15 a seguir:

Tabela 15-Concentrações dos efluentes industriais depois de tratados

Parâmetros	Concentração (anual) do efluente tratado da lavanderia	Vazão do efluente
DBO	136,5 mg/L ou 0,1365 kg/m ³	323m ³ /diaou6460 m ³ /mês
DQO	409,6 mg/L ou 0,4096 Kg/m ³	

Fonte: Adaptado de Viana (2019).

Para determinar a carga dos poluentes, foi multiplicado a sua concentração pela vazão do efluente mensal, conforme a equação 10:

$L = C_{\text{efluente}} \cdot Q_{\text{efluente}}(10)$

Onde: L é a carga do poluente, C_{efluente} é a concentração do efluente e Q_{efluente} é a vazão do efluente.

$$PH_{\text{cinzaDBO}} = \frac{881,79}{0,005 - 0} = 176.358,0 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$PH_{\text{cinzaDQO}} = \frac{2646,01}{0,005 - 0} = 529.203,2 \text{ m}^3/\text{mês}$$

A pegada hídrica da DBO5 foi de 176.358,0 m³/mês e a da DQO foi de 529.203,2 m³/s. Como pode ser observado pelos resultados obtidos, o parâmetro com maior potencial de contaminação foi a DQO com uma pegada hídrica cinza de 529.203,2m³/mês. A pegada hídrica cinza total será a do poluente mais crítico, pois segundo Hoestra *et al.* (2011) basta contabilizar somente o elemento poluente mais crítico, já que este representa o maior volume de água, pois apesar de existir a pegada hídrica cinza da DBO5, não é possível a somatória de ambas, uma vez que a água usada na contabilização da pegada hídrica da DQO é a mesma para assimilar a DBO5.

O valor da pegada hídrica cinza foi maior que zero tanto na DBO5 quanto na DQO, porém isso não significa, automaticamente, que os padrões de qualidade da água do Rio Ipojuca em seu estado natural foram desrespeitados. Para Hoekstra *et al.* (2011), isso revela apenas que parte da capacidade de assimilação da DBO e DQO do curso d'água já foi utilizada e que a necessidade mensal é de cerca de 529.203,2m³/mês ou 0,20 m³/s de água para diluição dos contaminantes gerados para o beneficiamento das peças. Essa situação segundo a ANA(2019), identifica áreas críticas que possuem limitação na oferta hídrica e no suprimento de demandas em função da baixa qualidade da água e de questões ambientais.

É importante depois da contabilização da pegada hídrica cinza, verificar a sua sustentabilidade ambiental. Tal sustentabilidade pode ser avaliada segundo Hoestra *et al.* (2011) pelo o Nível de Poluição da Água-NPA dividindo a pegada hídrica cinza total pela disponibilidade de água superficial do corpo hídrico receptor. Um nível de poluição de água de 100% indica que a capacidade de assimilação de resíduos foi totalmente utilizada e se o resultado for superior a 100% indica que a bacia não está sendo capaz de assimilar

os resíduos e, com isso, seus padrões de qualidade natural foram violados. Dessa forma, a sustentabilidade da pegada hídrica da lavanderia foi observada verificando a relação entre a pegada hídrica cinza total e a vazão disponível do Rio Ipojuca para o município de Caruaru. Conforme já relatado no tópico disponibilidade hídrica dessa pesquisa, a vazão do rio Ipojuca foi representada pela Q95% vazão de referência pela ANA(2017) como sendo de 4,41 m³/s ou 11589480m³/mês, enquanto a pegada hídrica cinza total foi de 529203,2 m³/mês ou 0,20m³/s.

$$\text{NPA} = 529.203,2 \text{ m}^3/\text{mês} / 11589480 \text{ m}^3/\text{mês} = 4,56\% \quad (11)$$

Tal resultado informa que a pegada hídrica cinza, é sustentável. Esse fato, pode estar associado ao tratamento do efluente antes de ser descartado no rio Ipojuca.

Matos *et al.* (2017), afirmam que a PHcinza são influenciadas pelas características ambientais do local estudado e que também depende do tipo de poluente e também das concentrações máximas permitidas para o local de estudo.

De acordo com Santiago *et al.* (2017) a pegada hídrica cinza é um indicador do grau de poluição da água utilizada em determinado processo de produção, através de determinado poluente e indica a quantidade de água necessária para assimilar esse poluente. Portanto, na lavanderia esse valor revela para a DBO5 e DQO que são necessários 529.203,2m³/mês de água para assimilar carga de poluentes baseado nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes. No entanto, a pegada hídrica cinza é maior do que a vazão média do rio, portanto, não há água suficiente para diluir os poluentes, mantendo a concentração fora do padrão mínimo desejável.

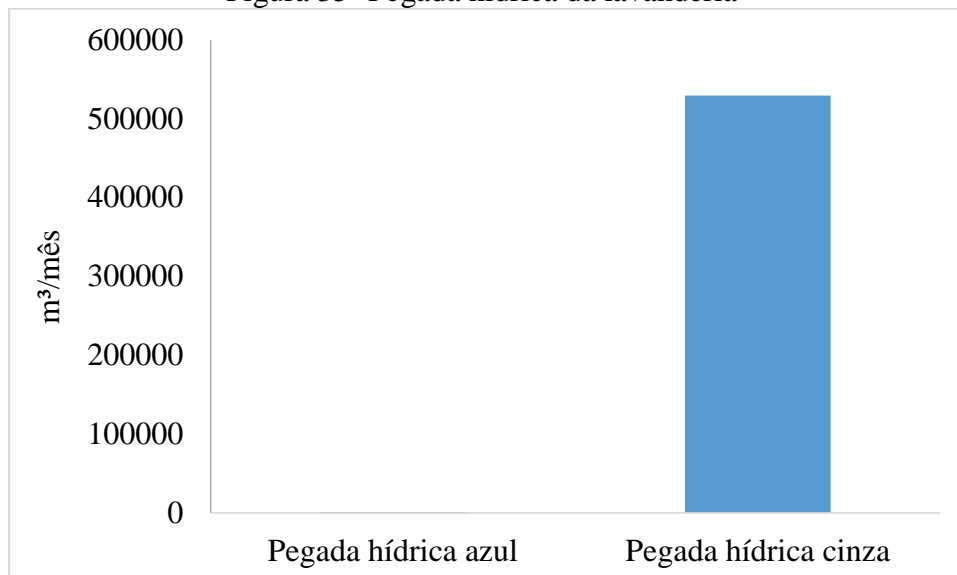
A pegada hídrica cinza, pode também além de industrias ser aplicada em culturas e atividades agrícolas (LOVARELLI *et al.* 2016), configurando-se uma ferramenta importante no auxílio da tomada de decisões sobre o consumo de água. Rivas Ibáñez *et al.* (2017) desenvolveram um estudo em uma indústria de produção de Gazpacho, uma sopa de legumes gelada, e observaram que a pegada hídrica pode ajudar na mitigação de impactos ao meio ambiente, a água e a saúde humana.

Com o resultado da contabilização da pegada hídrica azul e cinza a pegada hídrica total da lavanderia, foi estimada em:

$$\text{PHtotal} = 1600 + 529.203,2 = 530.803,2 \text{ m}^3/\text{mês}$$

A figura 35 apresenta a pegada hídrica e cinza calculada para a lavanderia estudada.

Figura 35- Pegada hídrica da lavanderia



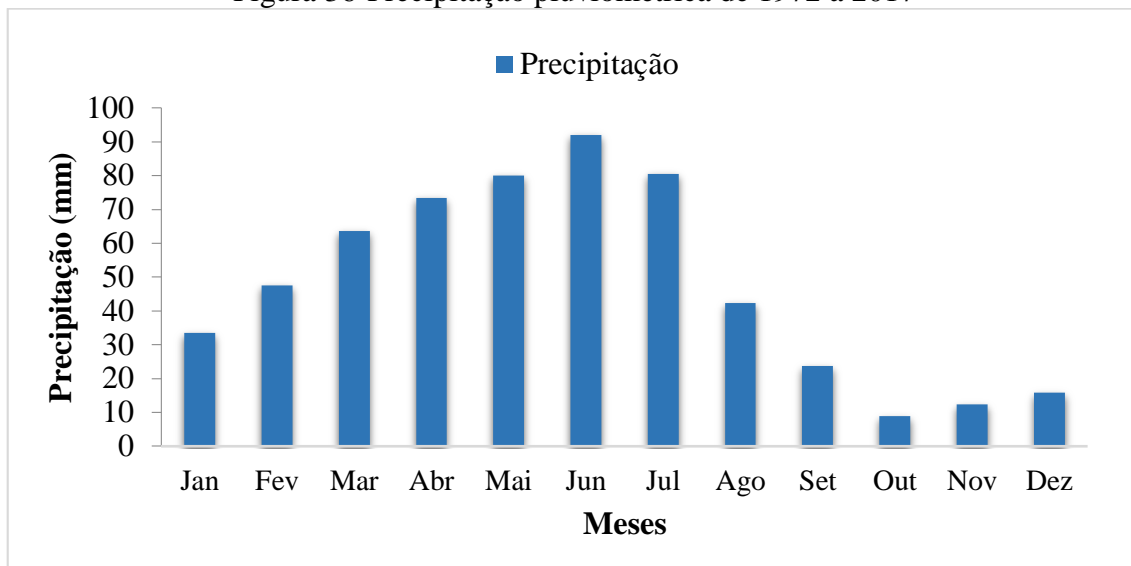
Fonte: Autores (2020).

Observando a figura anterior, foi possível notar que a pegada hídrica cinza teve maior representatividade, correspondendo a 99,68% de toda a pegada hídrica, enquanto a pegada hídrica azul correspondeu a 0,22%. Isto ocorre, pois, a poluição hídrica gerada nos processos industriais de beneficiamento de *jeans* é bastante elevada. Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Vieira e Junior (2015) que calculando a pegada hídrica cinza encontraram valor superior a azul.

5.4 Cálculo da capacidade de captação de água de chuva

A precipitação na região de Caruaru (Figura 36) não é bem distribuída durante todo o ano, existindo uma estação seca e outra chuvosa, conforme já relatado no tópico balanço hídrico dessa pesquisa. Na estação chuvosa, como já era de se esperar são registrado os maiores índices pluviométricos. As maiores precipitações ocorrem de janeiro a junho e os valores mais baixos de julho a dezembro, sendo junho o mês de maior pico de chuva e outubro o de menor índice.

Figura 36-Precipitação pluviométrica de 1972 a 2017



Fonte: Autor 2020.

A partir dos dados pluviométricos mensais calculou-se a quantidade de água da chuva coletada no telhado da lavanderia. O telhado da lavanderia (Figura 37) é horizontal constituído de material de fibrocimento, dessa forma foi possível a obtenção da área de cobertura por meio do Google Earth Pro em 2111m². O cálculo do volume de captação foi feito com base na equação 6.

Figura 37. Telhado de captação de água de Chuva de Caruaru



Fonte: Autor (2020).

Para o valor de η foram utilizado as informações do trabalho de Braga (2017), em que considera o descarte de 3 mm, sendo 2 mm para o descarte das primeiras águas e 1 mm para as águas perdidas por evaporação. A tabela 16 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 16-Valor de η utilizado na pesquisa

Meses	P (mm)	Perdas do sistema (mm)	η (P-3)/100
Jan	33,5	3	0,305
Fev	47,5	3	0,445
Mar	63,7	3	0,607
Abril	73,4	3	0,704
Mai	80,1	3	0,771
Jun	92	3	0,89
Jul	80,5	3	0,775
Ago	42,3	3	0,393
Set	23,7	3	0,207
Out	8,9	3	0,059
Nov	12,4	3	0,094
Dez	15,9	3	0,129

Fonte: Adaptado de Braga (2017).

Conhecido o valor de η o volume de chuvas captado foi calculado de acordo com a equação 6. A tabela 17 apresenta o volume de água potável captado.

Tabela 17-Capacidade de captar água

Meses	P (mm)	Perdas do sistema (mm)	V (L)
Jan	33,5	3	20490,6854
Fev	47,5	3	42390,1994
Mar	63,7	3	77542,5292
Abril	73,4	3	103628,8211
Mai	80,1	3	123850,7762
Jun	92	3	164206,2460
Jul	80,5	3	125115,0119
Ago	42,3	3	33338,4003
Set	23,7	3	9838,5372
Out	8,9	3	1053,0618
Nov	12,4	3	2337,5525
Dez	15,9	3	4113,3785

Fonte: Autor (2020).

Conforme observado na tabela anterior, o mês com o valor máximo captado de água da chuva foi junho com 164.206,24 (cento e sessenta e quatro mil, duzentos e seis e vinte e quatro) litros. Já o mês com o menor valor foi outubro com 1053,06 litros. Tais resultados, correspondem ao mês de maior e menor registro pluviométrico. Tal volume

captado é insuficiente para suprir a demanda da lavanderia, haja visto o consumo ser de 1.6000.000 de litros mensais.

Conforme analisado, para o abastecimento das máquinas não será possível a substituição da água doce transportadas nos pipas pela água captada do telhado, uma vez que a quantidade captada é bem inferior a de consumo (tabela 18).

Tabela 18- Demanda total da lavanderia e volume captado

Meses	Demanda (m ³ /mês)	Vcap (m ³)	Vcap (L)	Pipas substituídos
Janeiro	1729,36	20,49	20490,69	1
Fevereiro	1729,36	42,39	42390,2	3
Março	1729,36	77,54	77542,53	5
Abril	1729,36	103,63	103628,8	6
Mai	1729,36	123,85	123850,8	8
Junho	1729,36	164,21	164206,2	10
Julho	1729,36	125,12	125115	8
Agosto	1729,36	33,34	33338,4	2
Setembro	1729,36	9,84	9838,537	1
Outubro	1729,36	1,05	1053,062	0
Novembro	1729,36	2,34	2337,553	0
Dezembro	1729,36	4,11	4113,378	0
Total	20752,32	707,91	707905,2	44

Fonte: Autor (2020).

Os dados da tabela anterior refletem a demanda total da lavanderia e o volume de chuva captado, caso fosse instalada calhas de captação em todo o telhado da lavanderia. A água da chuva poderia ofertar 707905,2 L/ano e suprir o consumo de 89360L água dos demais usos da lavanderia nos meses de abril, maio e junho e implicaria na redução de custos financeiros com água, pois seriam reduzidos cerca de 45 caminhões pipas no ano.

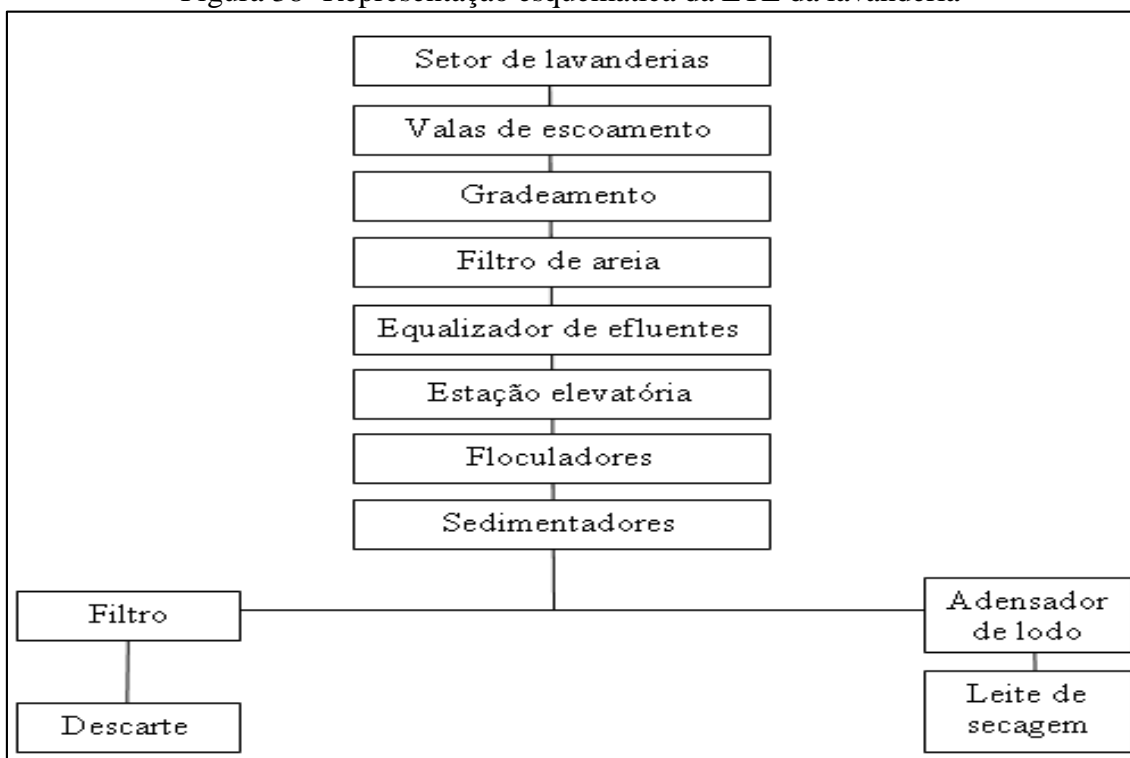
Segundo Martins *et al.* (2019) utilizar água da chuva apresenta soluções que contribuem para uso racional da água, gerando economia de água tratada e conservando os recursos hídricos para as gerações futuras. Ainda segundo o mesmo autor, tal prática fornece vantagens econômicas, e benéficas ao meio ambiente, pois utilizando água captada para fins não potáveis possibilita um melhor aproveitamento de água potável minimizando a falta de água, reduzindo o consumo indevido e o custo elevado da água potável. Lee *et al.* (2016) citam que a utilização da água da chuva deve ser feita de forma organizada como um recurso hídrico alternativo.

5.5 Capacidade de reuso do efluente tratado

Os efluentes da lavanderia são os esgotos brutos que saem das máquinas de lavar. Eles são coletados por valas e transportados até o tanque de tratamento no subsolo da indústria.

Segundo Viana (2019), durante o percurso dos efluentes do setor de lavagens à Estação de Tratamento de Efluentes-ETE, estes passam por um gradeamento para reter materiais grosseiros (estopas, pedaços de tecidos, fios, etc) de modo a proteger as bombas e canalizações posteriores. Em seguida, o efluente é transportado para a caixa de areia, onde é realizada uma filtração para retirar materiais de partículas maiores que passaram do gradeamento. Posteriormente, são transportadas para o tanque de equalização para neutralização dos efluentes ácidos. Em seguida seguem para a estação elevatória para transportá-los por meio de conjunto de motor bomba. Em seguida, são despejados no tanque floculador hidráulico para coagulação e floculação dos efluentes e por último segue para o tanque de decantação para sedimentação das partículas em suspensão. Em seguida parte da água que não será reutilizada na indústria segue para o filtro de areia e o carvão ativado, para então seguir para o rio Ipojuca. A lama dos tanques segue para o adensador de lodo e depois para o leito de secagem. A figura 38 representa o esquema da ETE.

Figura 38- Representação esquemática da ETE da lavanderia



Fonte: Adaptado de Tosato e Halasz (2011).

A capacidade de reuso do efluente foi analisada comparando as características físicas e químicas das águas após estas passar pela ETE com a legislação federal Conama de nº430/11 e a norma técnica estadual da CPRH de nº 2.001/03 que dispõem 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. Foram utilizadas duas legislações haja visto a falta de informação de todos os parâmetros em uma só.

Os parâmetros observados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Sedimentáveis (SS_{ED}), Sólidos Suspensos Totais (SST), pH, óleos e graxas (O e G). A DBO_5 e a DQO foram conceituadas no tópico cálculo da pegada hídrica 5. Esses dois parâmetros podem indicar a biodegradabilidade de um efluente ou despejo industrial. Quanto mais próximos forem os valores de DBO_5 e DQO, maior é a biodegradabilidade do despejo (CETESB, 2009).

Os sólidos sedimentáveis são os sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra mantida em repouso em um cone *Imhoff*. 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). Já os sólidos em suspensão são os resíduos não filtráveis.

Araújo e Castro (1984), apresentam algumas características das águas para uso industrial têxtil, na qual citam que essa água deve apresentar pH variando de 6 a 9, mas mais próximo possível de 7; não deve ser corrosiva para tanques e tubulações e não conter substâncias que formem espuma e odores desagradáveis.

A USEPA - Agência de Proteção Ambiental Americana –USEPA (2004) ressalta que as águas utilizadas na produção de têxteis não podem causar manchas. Para tanto, devem ser livres de corantes e possuir baixos teores de turbidez, cor e ferro.

Na Tabela 13 estão apresentados os parâmetros observados e os valores obtidos para cada mês do ano de 2018. Estes valores servirão para ter uma noção de quais características a água apresenta ao longo de seu percurso, e se é possível fazer o reaproveitamento da água, comparando a água que é tratada pela empresa com a legislação federal e estadual.

Tais informações foram extraídas de Viana (2019) que estudou a eficiência da ETE da referida lavanderia.

Tabela 19-Resultados das análises dos parâmetros

Parâmetros													Legislações	
	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Conama nº 430/11	CPRH nº 2.001/03
DBO (mg/L)	172	158	162	165	157	137	138	132	82	85	130	120		
Eficiência (%)	80	79	76	77	79	78	62	50	80	61	58	66	60%	70%
DQO (mg/L)	476	475	482	487	475	412	427	392	248	278	383	380		
Eficiência (%)	78	77	77	77	77	78	61	51	80	56	60	65	-	80%
SSED (mL/L)	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	-
SST (mg/L)	45	73	49	28	120	66	11	56	14	11	29	48	0	-
pH	6,9	7	6,9	5,9	5,7	5,8	6,1	6,1	6,9	5,6	6,4	7,5	5 a 9	-
Óleos e Graxas (mg/L)	10	43	42	100	13	33	31	36	17	47	173	71	50	-

Fonte: Adaptado de Viana (2019).

De acordo com as informações fornecidas por Viana (2019), a DBO apresentou valores fora dos padrões de lançamentos para as duas legislações nos meses de agosto e novembro com menor valor de 132 mg/L e 50% de remoção em agosto como por exemplo, enquanto a legislação aponta como critério mínimo de despejo de efluentes uma eficiência de no mínimo 60% na resolução Conama e 70% na CPRH. Pizato *et al.* (2016) realizou a caracterização de um efluente têxtil, oriundo de processos de tingimento e lavagem de *jeans* e também evidenciou a desconformidade da DQO e DBO em relação aos padrões de lançamentos exigidos pelas legislações vigentes, demonstrando o alto potencial poluidor do efluente.

Conforme Fenzl (1988), nos efluentes têxteis, os níveis elevados de DBO₅ podem estar associados à presença de detergentes, sabões e outros compostos orgânicos biodegradáveis, oriundos das etapas de lavagem. A DQO apresentou valores fora dos padrões nos meses de julho, agosto, outubro, novembro e dezembro, a exemplo de agosto com 392 mg/L e eficiência de remoção de 51 %, valor considerado fora dos padrões de despejos pela norma do CPRH que é de 70%. A DQO indicam que, além das impurezas obtidas nas etapas de lavagem, o processo de tingimento contribuiu para a incorporação de corantes e demais aditivos ao efluente. Valores elevados de DQO podem, ainda, ser um indicador da presença de substâncias capazes de consumir oxigênio, tais como Fe²⁺_(aq.), Mg²⁺_(aq.), NH⁴⁺_(aq.) e elevados teores de cloretos (FENZL, 1988).

Observando os sólidos sedimentáveis, foi possível notar que em junho o parâmetro apresentou valor de 2 mL/L, enquanto que resolução Conama nº430/2011 o permitido é de 1mL/L. Tal resultado se encontrou em desacordo com os padrões de lançamento exigido pela legislação citada, demonstrando, assim, o alto potencial poluidor do efluente. Brasil (2006) cita que um dos motivos para esse fato são resultantes da presença de material particulado oriundo de pedaços de tecidos, *jeans* e abrasivos manipulados ao longo do processo.

Em relação aos sólidos suspensos totais, notou-se que durante todo o ano de 2018, tais valores foram acima do desejado na Resolução Conama número 430 de 2011. O conteúdo desses sólidos pode ser atribuído à presença de sais dissolvidos, os quais são utilizados em grande quantidade nas etapas de produção, como os sulfatos, sais de sódio, carbonatos e cloretos (NIEWEGLOWSKI, 2006).

Os valores apresentados são referentes a Resolução Conama nº 430/11 e a norma técnica da CPRH nº 2001/03. A partir da análise dos dados, é possível perceber que nos primeiros meses do ano de janeiro a maio, quando tratado o efluente apresenta

características dentro dos padrões das legislações, o que indica que o efluente depois de tratado pode ser lançado diretamente no corpo hídrico desde que se faça análises de outros parâmetros abordados pela Resolução nº 430 (CONAMA, 2011) (MARCOS, ARAÚJO; GOMES, 2017), podendo também ser reutilizado na indústria. No entanto, tal fato mostra que o sistema de tratamento não apresenta a mesma eficiência em todo o ano, e que é mais evidente para épocas de alta demanda.

Outro fato, relatado pelos responsáveis da lavanderia é o cheiro forte que fica na água mesmo depois de tratada devido a adição de um produto químico, o sal metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) que emite um forte odor de difícil remoção da água (KATHERESAN; KANSEDO; LAU 2018).

Dessa forma, na tentativa de solucionar tal problema, responsáveis pela lavanderia implantaram difusores de oxigenação no fundo do tanque de equalização e argumentaram que a oxigenação ajudou nos resultados das análises e diminuiu o odor da água.

No setor têxtil do Brasil, muitas pesquisas já comprovaram várias técnicas que possuem uma alta eficiência na remoção do corante do meio aquoso. Podemos citar como exemplo os métodos químicos de tratamento como a ozonização, fotodegradação (FARAH *et al.* 2007), métodos físicos por fluxo subcrítico (HOSSEINI *et al.* 2010) e métodos biológicos de adsorção (MENDES *et al.* 2015), e biodegradação (PRIYA *et al.* 2015).

Ribeiro e Tavares (2018) estudando a eficiência de um tratamento para reuso nas etapas de beneficiamento de *jeans*, observaram que após o efluente tratado e ajustado o pH foram utilizados em ensaios de desengomagem, alvejamento, tingimento, amaciamento, estonagem enzimática e marmorizado.

Na lavanderia, o efluente tratado é reutilizado na lavagem inicial e nos primeiros enxágues. A água potável, é utilizada sempre no último enxágue, justamente pela deficiência do sistema em remover da água o cheiro forte, pois, ao ser utilizada a água da ETE, o cheiros dos produtos vão incorporando nos tecidos sendo necessário um último enxágue com água potável. Em lavagens normais onde só é preciso dois enxágues, para lavar 100 Kg de peças *jeans*, são gastos 3000L, sendo que 2000L são águas de reuso e 1000L são de água potável.

Tais ações permitem, a indicação de reuso nesse trabalho, visto que o mesmo já é praticado, e que toda as lavadoras possuem 2 (duas) canalizações, onde 1 (uma) é para a água de reuso e a outra para a água potável (Figura 39).

Figura 39. Máquina lavadora com canalização para água de reuso e água potável



Fonte: Autor (2019).

Na figura anteriormente, a canalização com um triângulo azul, se refere a água advinda da ETE.

Fica evidente que o efluente bruto não pode de maneira alguma ser lançado em corpos hídricos, devido às altas cargas de poluentes. É preciso encontrar soluções para preservar os recursos hídricos e encontrar novas formas de produzir (BERNOUT *et al.*2019) e o reuso de água pode ajudar-nesse desafio.

Pela análise dos dados, foi verificado que de janeiro a maio de 2018 em relação ao volume, os efluentes poderiam substituir toda a água potável, porém, segundo os relatos dos empresários isso não é possível pelo odor da água tratada, que não é removido no tratamento, e precisa de um enxágue com água potável para remover o odor das peças, ou poderá ser utilizada para fins menos nobre. Para um melhor uso dos efluentes será necessário melhoria no sistema de tratamento, fim de reduzir os níveis das concentrações que apresentaram valores acima dos aceitáveis.

Na lavanderia é importante o reuso de água, porque diminui custos financeiros e favorece a região, já que a disponibilidade de água em Caruaru é escassa.

5.5.1. Eficiência hídrica

Essa etapa foi realizada, com base na quantidade de água poluída para lavar uma peça, considerando esse volume como sendo o útil necessário para esse objetivo e no cálculo do desperdício. A eficiência hídrica foi calculada de acordo com a equação 11.

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \text{Consumo útil} / \text{Procura efetiva} \times 100 \quad (11)$$

Onde:

O consumo útil corresponde ao consumo mínimo necessário num determinado setor para garantir a eficácia da utilização.

A procura efetiva corresponde ao volume efetivamente utilizado e pode ser estimado para a situação atual com base nos registros existentes e para cenários futuros com base nos referenciais históricos.

O volume útil utilizando foi o do trabalho de Lima (2006), onde encontrou o consumo máximo de 40 L para produzir uma peça de jeans nas lavanderias de Toritama, local com características pluviométricas semelhantes às de Caruaru.

A procura efetiva, foi utilizada o histórico de volume de água gasto para produzir uma peça na lavanderia, como sendo de 100L de água segundo informações dos responsáveis pela indústria. Souza, Areas e Pertel (2013), encontraram aproximadamente 84 L de água por peça processada.

$$\text{Eficiência hídrica (\%)} = (40/100) \times 100 = 40\%$$

A eficiência hídrica da lavanderia é de 40%. Quanto mais próxima de 100% mais eficiência de utilização da água tem a empresa. Segundo Sousa (2015) a eficiência hídrica se conceitua como sendo a redução do consumo do desperdício de água, não restringindo, no entanto, o consumidor ao seu uso. Existe a possibilidade de nem toda a água captada ser aproveitada, devido ao desperdício associado a perdas no sistema de armazenamento, transporte e distribuição; e ao uso ineficiente da água para os fins previstos (PNUEA, 2020).

A eficiência hídrica revela o quanto uma indústria faz uso eficiente e responsável dos recursos hídricos. É importante considerar que o termo eficiência hídrica é muito complexo e não deve ser compreendido apenas pela observância dos parâmetros listados anteriormente. (FEIL; SCHREIBER, 2017).

Após encontrar, a eficiência hídrica foi feito o cálculo do desperdício:

$$\text{Desperdício (\%)} = 100 - \text{Eficiência (\%)} \quad (12)$$

$$D = 100 - 40 = 60\%$$

Conforme o cálculo de 100 L de água utilizados para lavar as peças, 60% é desperdiçado. De acordo com Bastian (2015) existem várias metodologias de controle e redução do consumo de água na produção têxtil, como o uso de equipamentos controladores de fluxo, a otimização de tabelas de produção, o uso de maquinário de baixa e ultra baixa vazão, o pré tratamento concordando com as necessidades de produção, e a reutilização, como água de processo, a água do resfriamento.

Na lavanderia reduzir o desperdício poderá render lucros e fazer um melhor uso da água. Nos tópicos anteriores desse trabalho foi visto que a lavanderia poderá utilizar a água de chuva como fonte alternativa para complementar o abastecimento de água potável e se melhorar a eficiência do sistema de tratamento, poderá reduzir a pegada hídrica doce ou até mesmo substituir a água potável pela água de reuso nos meses de baixa demanda de peças.

6. CONCLUSÃO

Observou-se com o mapeamento das lavanderias de *jeans* no agreste de Pernambuco o total de 134 indústrias, as quais estas funcionam na zona urbana e na zona rural. Quando instaladas na zona urbana próximas as residências, o funcionamento das máquinas gera ruído e pode provocar incômodo a população. Em relação aos principais impactos ambientais, estes estão relacionados a água, como alto consumo hídrico e geração de efluentes químicos, mas também provocam alteração da qualidade do ar pela queima de lenha nas caldeiras.

Quanto a disponibilidade hídrica na região do APL, a potencialidade hídrica da vazão Q95% do rio Capibaribe é de 64,26 m³/s, a do rio Ipojuca é de 4,41m³/s e a do rio Una é de 3,72m³/s do total. Perfazendo o total de uma vazão 72,41 m³/s.

A pegada hídrica total da lavanderia é de 530.803,2 m³/mês, porém foi visto que 60% da água consumida é desperdiçada, fazendo necessário a adoção de técnicas que sejam mais eficientes nessa questão.

Em relação a captação de água de chuva, esta varia de acordo com o regime pluviométrico de Caruaru e o volume captado é insuficiente para suprir a demanda das máquinas não, já que a quantidade captada é bem inferior.

Em relação a capacidade de reuso, foi observado que a lavanderia possui uma ETE e que nas épocas de baixa demanda, o efluente tratado apresenta características dentro dos padrões das legislações, porém em épocas de alta demanda a eficiência do tratamento não atende aos padrões permitidos pela legislação. Mas o reuso já é uma prática na lavanderia, porém por causa do odor que a ETE não elimina, faz com que seja necessário o último enxaguado com água potável.

Quanto a eficiência hídrica foi possível observar que de 100 L de água por peça processada, a eficiência de utilização da água na lavanderia foi de 40% e o desperdício foi de 60%. Isso mostra a importância de se implantar metodologias de controle e redução do consumo de água na produção têxtil, como o uso de equipamentos controladores de fluxo, o uso de maquinário de baixa vazão, o pré tratamento concordando com as necessidades de produção, e a reutilização, como água de processo.

7. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Recomenda-se a avaliação da pegada hídrica cinza para os outros parâmetros, para identificar se a DQO é o poluente mais crítico e conseqüentemente analisar a sustentabilidade ambiental da pegada hídrica da lavanderia e propor medidas mitigadoras para redução da pegada hídrica cinza.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. **Histórico de captação de água de chuva**. 2000. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/index.php?modulo=historico>. Acesso: 20 Jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.046:2017**: Pegada hídrica - Princípios, requisitos e diretrizes. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**:Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ADDINSOFT, XLSTAT 2019. **Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel**. 2019.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacia do Capibaribe**. 2018. Disponível: http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias_hidrograficas/resultados_monitoramento_bacias/bacia_do_rio_capibaribe/39742%3B37536%3B17020513%3B0%3B0.asp. Acesso em: 23 nov. de 2019.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água - PNUEA**. Portugal, 2012. 98 p. Disponível em: http://apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf. Acesso em: 20 out. 2019

ALKAYA, E. E.; DEMIRER, G. N. Produção Têxtil Sustentável: Um Estudo de Caso de uma Fábrica de Tecidos na Turquia. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 595-603, 2014.

ALMEIDA, B.; MÁRCIA, A. Roupas Sujas se Lavam em Casa: A Seca no Agreste Pernambucano e a Gestão Ambiental na Lavanderia Água Limpa. **Revista Administração Pública e Gestão Social**. Pernambuco, v. 5, n. 3, p. 139-142. Jul-Set. 2013. ISSN 21755787. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/apgs/article/view/4473/2351>. Acesso em: 20 set. 2019.

ALVES, M. E. P. **Eficiência Hídrica em Edifícios**. 2015.191f.Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em: https://sigarra.up.pt/feup/pub_geral.show_file. Acesso em: 12 nov. 2019.

ALVES, M. E.; XAVIER, M. G. P.; CAMPOS, L. H. R. O crescimento econômico dos municípios do aglomerado de confecções do agreste pernambucano: uma análise do período de 2000/2010, à luz das teorias da NGE. **RACE, Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, Joaçaba: Ed. Unoesc, v. 15, n. 2, p. 891-914. Set-Dez. 2016. Disponível em: <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ALVES, S. F. *et al.* Indicadores de sustentabilidade para institutos de pesquisa e inovação da área nuclear. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, Belo Horizonte, v.

4, n. 1, p.1-21, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.15392/bjrs.v4i1.203>. Acesso em: 23 nov. 2019.

AMORIM, J. F. O. de; PRAZERES, R. V. dos; SANTOS, C. dos. O desenvolvimento do APL de confecções: um estudo socioeconômico sobre o Agreste Pernambucano. **Revista economia política do desenvolvimento**, Maceió, v. 3, n. 5. p. 39 - 56, 2016.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica**, Brasília: ANA, 2019 112 p.: il. ISBN: 978-85-8210-059-2. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 12. nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Banco de Dados de Outorgas**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/regulacao/principais-servicos/outorgas-emitidas>. Acesso em: 30 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2018.

ANDRADA, E. K. P. de. et al. Periodicidades na distribuição homogênea da precipitação no Agreste de Pernambuco. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v.3, n. 1, p.100-117, 2018. Disponível em: [www.journals.ufrpe.br > index.php > IEAP > article > download](http://www.journals.ufrpe.br/index.php/IEAP/article/download). Acesso em: 13 out. 2019.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Funções exercidas pela Agência Portuguesa do Ambiente**. 2018. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7> Acesso em: 13 nov. 2019.

AGENCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Notícias de cobrança pelo uso da água**. 2017. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/noticias.php?noticia_id=996. Acesso em 02 nov. 2019.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Bacias hidrográficas**. 2019. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=23. Acesso em: 12 nov. 2019.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Monitoramento de reservatórios**. 2018. Disponível em: <http://www.pe.gov.br/orgaos/apac-agencia-pernambucana-de-aguas-e-clima/>. Acesso em: 13 nov. 2019.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 9221B, C e F., 9223 B. 22nd.ed. 2012.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E.M.M. **Manual de engenharia têxtil**. v. 2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984, 694p.

BARROS C. E. J. **A sustentabilidade Têxtil**: Reaproveitamento de Resíduos da Indústria têxtil e vestuário. (Estudo de casos de sistemas de gestão de resíduos têxteis no Brasil). 2016 f. Dissertação (Mestrado em Design e Marketing) - Universidade do

Minho, Braga, Portugal. Disponível em:

<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/55858>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BASTIAN, E. Y. O. **Guia Técnico Ambiental das Indústrias Têxteis**. 2015.

Disponível em: http://www.sinditextilsp.org.br/guia_p%2Bl.pdf. Acesso em 27 mar 2019.

BELTRAME, T. F. et al. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v.20, n.1, p. 283 – 294, jan-abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/15827/pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BERLIM, L. **Moda e Sustentabilidade**: uma reflexão necessária. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2012.

BLNINGER, T.; KOTSUKA, L. K. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Revista Recursos Hídricos, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos**, Curitiba – PR, v. 36, n. 1, p. 15 - 24, 2017. Disponível em: https://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36_n1-2.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

BOULAY, A. M. Analysis of water use impact assessment methods (part B): applicability for water footprinting and decision making with a laundry case study. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. v.20, n. 6, March. 2015. DOI 10.1007/s11367-015-0868-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-015-0868-9>. Acesso em: 21 fev. 2019.

BRAGA, G. I. **Aproveitamento da água da chuva em edificação multifamiliar Florianópolis-SC**. 2017. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/3778>. Aceso em: 23 mar. 2019.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**.2012. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 02/12/19.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacionaldo Meio Ambiente. (2006). **Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e maio de 2006**. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). **Resolução 357/2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2011). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente -CONAMA**. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRENOT, A. *et al.* Water footprint in fashion and luxury industry. In: **Water in Textiles and Fashion**. Reino Unido, Elsevier, 2019. Cap. 6, p. 95–113, ISBN: 978-0-08-102654-0 (online). Doi:10.1016/b978-0-08-102633-5.00006-3.

CANDIDO, L. L. T. *et al.* Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica na sub-bacia do Alto Piranhas no sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal – PB, v.13, n 3, p. 361-368, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i3.5999>. Acesso em: 20 nov. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo – Série de relatórios**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente. 44p, 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

CHANWALA, J. *et al.* Process optimization and enhanced decolorization of textile effluent by *Planococcus* sp. isolated from textile sludge. **Environmental Technology & Innovation**. v. 13 p.122–129, 2019. DOI: 10.1016 / j.eti.2018.11.008. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/329330525>. Acesso em: 12 Nov. 2019

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. Estudos avançados. **SciELO**. São Paulo, v.22, n. 63, 2008. ISSN 0103-4014 Online version ISSN 1806-9592. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005. Acesso em 30 de outubro de 2019.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. (2016). **Agreste recebe obras hídricas para reduzir os efeitos da estiagem prolongada**. Recife. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/agreste-recebe-obras-hidricas-para-reduzir-os-efeitos-da-estiagem-prolongada/>. Acesso em: 28 jun. 2018.

CONAMA, 1986. **Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <http://www.mma/>. Acesso em 15 out 2019.

COSTA, D. C. *et al.* Pegada hídrica como indicador de sustentabilidade em polo de grãos na Amazônia. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.13 n.23, p. 920-929, 2016. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/agrarias/pegada%20hidrica.pdf>. Aesso em: 23 out. 2018.

COSTA JÚNIOR, V. G. Agência pernambucana de águas e clima. **Boletim do Clima – Síntese Climática**. Pernambuco, v. 4, n. 10. Out. 2016. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/arquivos_portal/boletins/Boletim%20climatico%20-%20Outubro.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

COSTA, P. S. *et al.* Virtual water consumption: a case study in a higher education institution in northeast Brazil. **Journal of Scientific Research & Reports**, v.18, n.1, p.1-12, 2018. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/323220310_Virtual_Water_Consumption_A_Case_Study_in_a_Higher_Education_Institution_in_Northeast_Brazil. Acesso em: 21 nov. 2019.

COURA, A. F. A. *et al.* Gerenciamento de recursos hídricos em empresas localizadas no Distrito Industrial de Itabira – MG. **Res., Soc. Dev.** Itabira – MG, v. 8, n. 3, p. 1 - 20, 2019. ISSN 2525-3409. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i3.840>. Acesso: 15 out. 2019.

COUTINHOR, L. D. *et al.* Resíduos sólidos e tratamento de efluentes provenientes de lavanderia industrial para lavagem do jeans: um estudo de caso. In: Fórum Internacional de Resíduos sólidos – Resíduos sólidos e recursos hídricos, as grandes consequências de cada atitude, 8., 2017, Rebouças, Curitiba. **Anais [...]**.12 a 14 de jun, 2017. ISSN: 2527-1725. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba, PR. Disponível em: <http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/view/440>. Acesso em: 20 set. 2019.

DEMANBORO, A. C. *et al.* Proposta de rótulo ambiental como indicador de eficiência hídrica para torneiras. **Revista Cerrados**. Montes Claros/MG, v. 16, n. 1, p. 75-102, jan./jun. 2018. Disponível em: www.periodicos.unimontes.br/cerrados. Acesso em: 24 de jul. 2018.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICO (DIEESE). **Rotatividade da mão de obra**. São Paulo, 2010.

DILARRI, G. *et al.* Removal of Dye Toxicity from an Aqueous Solution Using an Industrial Strain of *Saccharomyces Cerevisiae* (Meyen). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, n. 8, p. 269, 2016. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/173233/2-s2.0-84978630488.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 abr. 2019.

DINIZ, M. L. F.; CALLADO, A. L. C. Mensurando A Sustentabilidade Empresarial Através Do Grid De Sustentabilidade Empresarial (GSE): Um Estudo em empresas do setor gráfico. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 105-122, 2018. ISSN: 2238-8893. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17800/2238-8893/>. Acesso em 13 set. 2018.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. 2. ed. São Paulo: atlas, 2011.

FARAH, J. Y.; EL-GENDY, N. S.; FARAHAHAT, L. A. Biosorption of astrazone blue basic dye from an aqueous solution using dried biomass of Baker's yeast. **Journal of Hazardous Materials**, v. 148, n. (1-2), p. 402–408, 2007. DOI: 10.1016 / j.jhazmat.2007.02.053. Disponível em: https://www.academia.edu/5613829/Biosorption_of_Astrazone_Blue_basic_dye_from_an_aqueous_solution_using_dried_biomass_of_Bakers_yeast. Acesso em: 12 mai. 2018.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, Jul./Set. 2017. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-39512017000300667&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 nov. 2018.

FENZL, N. Composição química das águas naturais. Belém, UFPA, 1988. *In*: FENZL, N. (Ed.). Introdução à hidrogeoquímica. Belém: Gráfica e Editora Universitária (UFPA). p. 49-74.

FERREIRA, V. X. **O uso sustentável da água: a produção mais limpa (P+L) em uma indústria têxtil do estado de SP**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) - Universidade de Araraquara, Araraquara – SP. Disponível em: <https://m.uniara.com.br/arquivos/file/ppg/desenvolvimento-territorial-meio-ambiente/producao-intelectual/dissertacoes/2019/viviane-xavier-ferreira.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2019.

FERNANDES, A. K de S. **Reuso de água no processamento de jeans na indústria têxtil**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2007. **Reúso de água com tecnologia à base de ozônio**. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/premios-dma/boas-praticas-da-industrias/veja-cases/casos-de-sucesso/panozon-ambiental-s-a-reuso-de-ate-90-de-agua-com-tecnologia-a-base-de-ozonio/>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.

FONSECA, A. C. N. da. **Avaliação de desempenho ambiental de lavanderias de beneficiamento têxtil em Caruaru**. 2017. 28 f. Relatório Final de Estágio Supervisionado Obrigatório (Programa de Iniciação Científica) – Universidade Federal Rural d Pernambuco, Recife. Disponível em: http://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1161/1/tcc_eso_agnescamilanascimentodafonseca.pdf. Acesso e 13 nov. 2018.

FRANÇA, M. V. 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. **ISSN**: 2447-0740 (Online). Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1841/482482640>. Acesso em: 20 Nov. 2019.

FREITAS, F. U. S. G. **A problemática ambiental decorrente da produção têxtil em São Bento-PB no período de 2010 a 2017**. Caicó – RN: UFRN, 2017. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/6034/1/A%20problem%c3%a1tica%20ambiental_Monografia_2017_Freitas.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

FREITAS, P. A. S de. *et al.* Evapotranspiração de referência diária por diferentes modelos na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe (Pernambuco – Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Pernambuco, v.4, n.1. p. 035-045, 2018. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/92/118>. Acesso em: 08 nov. 2019

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GOULART, A. K. *et al.* Ensino em Química Verde. Caderno de Química Verde, ano 2, n. 4. **Revista de Química Industrial (RQI)**, Rio de Janeiro, v. 754, n.12, p.14.1-20, 2017. ISSN: 2358-1697.

GUIMARÃES, L. B. *et al.* Potencial de aproveitamento da energia solar para aquecimento de água nas lavanderias industriais do APL de confecções do agreste de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018, Gramado. **Anais [...]** Gramado: CBENS, 2018. Autores associados, 10p. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/457>. Acesso em: 12 Ago. 2019.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Water Footprint Network**. 2011, 191 p. Disponível em <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2019/06/ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>. Acesso em: 12. jul. 2018.

HOSSEINI, S. D.; ASGHARI, F. S.; YOSHIDA, H. Decomposition and discoloration of synthetic dyes using hot/liquid (subcritical) water. **Water Research**, v.44, p.1900-1908, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>. Acesso em: 11 de nov de 2019.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Cadastro de poços tubulares de Pernambuco**. 2019. Disponível em: <http://www.ipa.br/scriptcase/sistemas/pocos/menu/menu.php>. Acesso em: 12 jun. 2019.

ITABORAHY, M.A.; SILVA, V.H. Indústrias de confecção no município de Cianorte-PR e a necessidade de implantação de programas de Gestão Ambiental. **Revista Ciências Empresariais**, Cianorte, v.12, n. 1, p.360-387, 2006. Disponível em: [www.maringamanagement.com.br > index.php > ojs > article > download](http://www.maringamanagement.com.br/index.php/ojs/article/download). Acesso em: 21 nov. 2018.

JACOBI, P. R.; EMPINOTTI, V. L.; SCHMIDT, V. Escassez hídrica e direitos humanos. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, 5 p. 2016. ISSN 1414-753X *On-line version* ISSN 1809-4422. DOI: 10.1590/1809-4422asoceditorialv19i2016. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt_1809-4422-asoc-19-01-00000.pdf. Acesso em: 25 de jul, 2018.

JÚNIOR, D. D. de F. **Degradação do corante Azul Reativo BF-5G por Processo Oxidativo Avançado e aplicação em efluente proveniente de indústria têxtil**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Multicêntrico em Química de Minas Gerais) - Universidade Federal de Itajubá, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/890>. Acesso em: 11 nov. 2019.

KATHERESAN, V.; KANSEDO, J.; LAU, S. Y. Efficiency of various recente wastewater dye removal methods: a review. **Journal of environmental chemical engineering**, v. 6, n. 4, p. 4676-4697, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343718303695?via%3Dihub>. Acesso em: 21 nov. 2019.

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 47, n. 1, p. 39-46, 2016. Print version ISSN 1517-8382 *On-line version* ISSN 1678-4405. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822016000100039. Acesso em: 13 jul. 2018.

LEÃO, M. M. D et al. **Controle ambiental na indústria têxtil: Acabamento de malhas**. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica Ltda, 2002. 356 p.

LEE K. E.; MOKHTAR M.; HANAFIAH M. M.; HALIM A. A.; BADUSAH J. Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. **Journal of Cleaner Production**. 2016.

LEOPOLD, L. B. A procedure for evaluating environmental impact. **Geological Survey Circular**, Washington, n. 645, p. 1-16, 1971. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/cir645>. Acesso em: 20 nov. 2019.

LIMA, G. (Coord.). Agência estadual de meio ambiente e recursos hídricos. **Diagnóstico ambiental das lavanderias de Toritama**. Recife, CPRH, 2005. 48p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/toritama.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

LIMA, H. S. **As lavanderias de jeans de Toritama: uma contribuição para a gestão das águas**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública para o desenvolvimento do Nordeste) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/7762> Acesso em: 12 nov. 2018.

LIMA, L. R. de. *et al.* Um Estudo Inferencial dos Custos Ambientais e das Estações de Tratamento de Água nas Lavanderias do Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco. **Revista Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, set/dez. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/scg/article/download>. Acesso em: 3 nov. 2018.

LIMA, L. R. ; ROCHA, C. M. S. Avaliação dos Resultados Obtidos por uma nova Proposta de Processo de Stone Clear em Lavanderia de Beneficiamento de Jeans. **Revista Interfaces da Saúde** . v. 3, n. 1, p. 33-52 · 2016. Disponível em: https://www.fvj.br/revista/wp-content/uploads/2017/10/Saude_4_20161.pdf. Acesso em: 21 ago. 2018.

LIRA, P. V. R. de A. **A determinação social da saúde dos(as) trabalhadores(as) da confecção do Agreste Pernambucano**: desgaste e adoecimento como expressão da superexploração da força de trabalho. 2018, 203 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico

em Saúde Pública) - Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife.
Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/30393/2/2018Lira-pvra.pdf>.
Acesso em: 12 nov. 2018.

LONGHIN, S. R.; SILVA, P. H. da. Avaliação da toxicidade de resíduo de lavanderia industrial de jeans. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.10, n.2, p. 25-40, jul./dez. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318668177_Avaliacao_da_toxicidade_de_residuo_de_lavanderia_industrial_de_jeans. Acesso em: 12 nov. 2018.

LORENA, E. M. G. et al. Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no Arranjo Produtivo Local (APL) têxtil e de confecções de Pernambuco, Brasil. **Revista Produção Online**. Florianópolis - SC, v. 18, n. 2, p. 620-640, 2018. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2881>. Acesso em: 18 mai. 2019.

LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; FIALA, M. Water Footprint of crop productions: A review. **Science of the Total Environment**, v. 548-549, n. 1, p. 236-251, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716300225?via%3Dihub>. Acesso em: 21 nov. 2019.

LUIZ, S.; VALENTINN, A. F.(Orientadora) **Lavanderia em jeans e a sustentabilidade em moda: comparativo entre processos tradicionais e ecológicos**. 2019. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Design de Moda) – Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá SC. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1058/tcc.sanara_luiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 23 nov. de 2019.

MARQUES, M. de P. *et al.* Avaliação da eficiência do tratamento do efluente de uma estamparia por coagulação química. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**.v. 20, n. 10, 16 p. 2017. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AGUARDAR_12_DEZ_2018_AVALIA%3%87%3%83O_DA_EFICI%3%8ANCIA_DO_TRATAMENTO_DO_EFLUENTE_DE_UM_A_ESTAMPARIA_POR_COAGULA%3%87%3%83O_QU%3%8DMICA.pdf. Acesso em: 22 mar. 2019.

MARTINS, J. V.; COSTA, E. S.; MOTA, K. R. R.; MATSUOKA, J. V. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na fundação Carmelitana Mário Palmério, Monte Carmelo-MG. **Getec**, v. 8, n. 20, p.184-203/2019.

MATOS, R. M. *et al.* Sustainability of the grey water footprint (GWF) for cultivation of onion in the Brazilian semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 749-756, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.06.p569>. Acesso em: 12 jun 2019.

MATOS, R. R. A. de. **Estimativa dos componentes azul e verde da pegada hídrica da batata-doce no agreste sergipano**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/ESTIMATIVAS-DA-PEGADA->

H%C3%8DDRICA-AZUL-E-VERDE-DA-NO-Matos-Sousa/5e30c1ba0570caed26237ea38df0cc733baab180. Acesso em: 23 nov. 2019

MEDEIROS, R. M. de. O balanço hídrico e o aquecimento no município de Caruaru – PE, Brasil. **Revista Equador** (UFPI), v. 7, n. 2, p.126 – 146, 2018. <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/7647/4906>. Acesso em: 12 out. 2019.

MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Sci. Adv.** v. 2, n. 2, e1500323, 2016. DOI: 10.1126/sciadv.1500323. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323> Acesso em 15 out. 2019.

MENDES, C. R.; DILARRI, G.; PELEGRINI, R. T. Aplicação da biomassa *Saccharomyces cerevisiae* como agente adsorvente do corante Direct Orange 2GL e os possíveis mecanismos de interações adsorbato/adsorvente. **Matéria**. Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 898-908, 2015. *On-line version ISSN 1517-7076*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-00898.pdf>. Acesso em: 12 nov 2018.

MONTEIRO, P. A. **Diagnóstico do consumo de água nos processos de beneficiamento de jeans no polo confeccionista de Divinópolis / MG**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto – MG. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/3125-monteiro-patricia-aparecida/file>. Acesso em: 12 dez. 2018.

MORITA, A. M. *et al.* Avaliação do Ciclo de Vida da Produção de Calça Jeans. In: TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE, 6., 2017, . São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Autores associados, 2017 9p. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/5A/1/morita_am_et_al_academic.pdf. Acesso em: 20 jan. 2019.

NIWEGLOWSKI, A.M.A. **Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Toledo**. 2006. 218f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/6668/Indicadores%20qualidade%20%c3%a1gua%20bacia%20hidrogr%c3%a1fica%20rio%20Toledo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 set. 2019.

NUNES, R. I. *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. In: Encontro Regional de Química, 5. e Encontro Nacional de Química, 4. **Anais [...]** São Paulo: Blucher, 2015. DOI: 10.5151/chenpro-5erq-am17. ISSN: 2318-4043. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/analise-dos-parmetros-fsicos-slidos-totais-slidos-sedimentveis-slidos-totais-dissolvidos-e-slidos-suspensos-nas-guas-do-vale-do-au-22132>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PATRICIO, J. G.; LIMA, R. S. A Percepção dos Moradores Locais sobre os Impactos Socioambientais Gerados Após as Instalações das Indústrias Calçadistas no Município de Brejo Santo-CE. **Id on Line Rev.Mult. Psic.**, v. 12, n.42, p. 378-396, 2018. ISSN:

1981-1179. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br › id › article › download>. Acesso em: 12 set 2019.

PEREIRA, A. C.; DA SILVA, G. Z.; CARBONARI, M. E. E. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. 1 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

PEREIRA, G. S. **Introdução à tecnologia têxtil**. (Apostila Técnica) Curso têxtil em Malharia e Confecção. Módulo 2. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Araranguá, 2016, 101 p. Disponível em: https://api.ning.com/files/S0D4VIM6yH7AB*TXErL3E92JR317uNHY9nGKgjSCM3hrjkFNrNuUJkQd8eBRzN-xKb8UYIFmgxyGjOCQlG0ro-cArxi1SVGI/ApostilhaTcnica.pdf. Acesso em: 12 set 2019.

PEREIRA, M. L. T. *et al.* Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 394-402, 2017. ISSN: 2525-815X. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319130117_Variabilidade_climatica_no_Agreste_de_Pernambuco_e_os_desastres_decorrentes_dos_extremos_climaticos. Acesso em: 4 ut. 2018.

PEREIRA, S. S. *et al.* Ensino-aprendizagem da Química Inorgânica numa abordagem CTSA: análise crítica do tratamento da água nas lavanderias de jeans no município de Toritama/PE. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18. **Anais [...]**. Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1179-1.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

PINHEIRO FILHO, J. D. Da Serra dos Cavalos ao Vale do Ipojuca (Caruaru/PE): águas e história ambiental no semiárido brasileiro. (**HALAC**) **Revista De La Solcha**. Caruaru – PE, v.9, n.2, p. 237-262, 2019. ISSN 2237-2717 237. Disponível em: <http://halacsolcha.org/index.php/halac>. Acesso em 20 de nov. de 2019.

PIRES, L. F.; BERNADO, C. H. C.; SATOLO, E. G.; QUEIROZ, T. R.; MORALE, A. G. Pegada hídrica no ambiente industrial: uma revisão bibliográfica sistemática de 2011 a 2016. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá – PR, v. 11, n. 4, p. 1217-1237, out./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n4p1217-1237> Acesso em: 12 fev. 2019.

PIZATO, E. *et al.* Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** [online], v. 22, n.5, p. 1027–1035, 2017. ISSN 1413-4152. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-41522017005003103&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 out. 2019.

PNUMA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. **Implementação 2012 – 2020**. 2020. Disponível em: http://apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2019.

PONTES, J. C.; LIMA, V. L. A.; SILVA, V. P. Impactos Ambientais do desmonte de rocha com uso de explosivos em pedreira de granito de Caicó-RN. **Revista Geociências UNESP**, v. 35, n. 2, p.267-276, 2016. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9024/8289>. Acesso em: 13 set. 2019.

PRAZERES, R. V. dos. **O desenvolvimento do APL de confecções: um estudo socioeconômico sobre o agreste pernambucano**. 2016. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas), Universidade Federal de Alagoas, Santana do Ipanema. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/3398>. Acesso em: 13 nov. 2019.

PRIYA, E. S.; SELVAN, P. S.; UMayAL, A. N. Biodegradation studies on dye effluents and selective remazol dyes by indigenous bacterial species through spectral characterization. **Desalination and Water Treatment**, v. 55, p. 241–251, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19443994.2014.913999>. Acesso em: 23 out. 2019.

QUEIROZ, M. T. A. *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, 2017. Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/download/3489/pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

RIBEIRO, L. G.G.; N. D. ROLIM. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 7, n. 1, p. 7 – 33, 2017. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/4149>. Acesso em: 18 set. 2018.

RIBEIRO, V. A dos. S.; TAVARES, C. R. G. Análise do reuso de efluente de lavanderia de jeans tratado por fotocatalise heterogênea. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 395-404, out./dez, 2018. Disponível em: <http://www.brjd.com.br/index.php/BJAER/article/view/1041/910>. Acesso em: 23 nov. 2019.

RIBEIRO, W. B. A. **Estudo de caso sobre o impacto ambiental causado por uma lavanderia de jeans na cidade de Caruaru - PE**. 2016. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/14132>. Acesso em: 23 nov. 2019

RIVAS IBÁÑEZA, G.; MOLINA RUÍZ, B. J. M.; ROMÁN SÁNCHEZ, M. I.; CASAS LÓPEZA, J. L. A corporate water footprint case study: The production of Gazpacho, a chilled vegetable soup. **Water Resource and Industry**, v.17, n. 1, p. 34-42, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wri.2017.04.001>. Acesso em: 23 ut. 2019.

RODRIGUES, E. F. *et al.* A Interferência do Arranjo Físico nas Operações de uma Lavanderia Industrial. In: SEGET-Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 9. **Anais**. [...]. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/39620446.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

SANTANA, R. M.; GRANATO, P. R. Pegada hídrica e água virtual: conceitos a serem considerados na elaboração da política comercial externa brasileira. **Revista Perspectiva em Educação, Gestão & Tecnologia**, Itapetinga – SP, v.5 n.10, julho-dezembro/2016. Disponível em:

https://fatecitapetinga.edu.br/perspectiva/pdf/10/artigo10_9.pdf. Acesso em: 13 nov. 2019.

SANTIAGO, A. D. *et al.* Pegada hídrica da cana-de-açúcar e etanol produzidos no estado de Alagoas, Brasil. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p.209-216, ago 2017. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/4850/7ec75bd8aa8314c588e9c131d3a6f32668a5.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

SANTO, W. R. do E. No Salgado tem de tudo (ou Uma cidade dentro de Caruaru.

Revista de Antropologia da UFSCar, Caruaru – PE, v. 10, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www.rau.ufscar.br/wp-content/uploads/2018/08/v10n1-15-EspiritoSanto.pdf>.

Acesso em: 12 nov. 2019.

SANTOS, G. A.G. D.; DINIZ, E. J.; BARBOSA, E. K. Aglomerações, Arranjos Produtivos Locais e Vantagens Competitivas Locacionais. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, RJ, vol. 11, n. 22, p.151-179, dez. 2004.

SANTOS, S. A. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais – PGRSI**. Caruaru/PE, 2016.

SEBRAE / PE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Pernambuco. **Estudo Econômico do Arranjo Produtivo Local de Confeções do Agreste Pernambucano** - Maio de 2013. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Estudo%20Economico%20do%20APL%20de%20Confeccoes%20do%20Agreste%20-%202007%20de%20MAIO%202013%20%20docx.pdf>. Acesso em: 23 nov 2019.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO (SEBRAE). **Estudo Econômico das Indústrias de Confeções de Toritama/PE**. 2019. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/PE/Anexos/RELATORIO-TORITAMA-FINAL.pdf>. Acesso em 23 de outubro de 2019.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO (SEBRAE). **Relatório final**: Estudo econômico do arranjo produtivo local de confeções do agreste pernambucano. Pernambuco, 2013. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Estudo%20Economico%20do%20APL%20de%20Confeccoes%20do%20Agreste%20-%202007%20de%20MAIO%202013%20%20docx.pdf>. Acesso em 23 de outubro de 2019

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM (2019). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** (Siagas). Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em 18 de jul.2019.

SILVA, C. *et al.* Ao Circuito Espacial Produtivo e Circuitos da Economia Urbana: elo entre o comércio varejista de vestuário de União dos Palmares-AL e o Polo de Confecções de Pernambuco. **DIVERSITAS JOURNAL**. Santana do Ipanema/AL, v. 4, n. 2, p.433-457, mai./ago. 2019.

SILVA, F. G. da. **Impactos ambientais ocasionais pelos efluentes das lavanderias de jeans em um trecho do Córrego Monjolinho em Jaraguá – GO**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Meio Ambiente) – Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2015. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/244/1/Fernanda%20Galdino.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

SILVA, K. D. **Ações de responsabilidade ambiental adotadas pelas indústrias de confecção de vestuário em Santa Cruz do Capibaribe-PE**. 2019.73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2019.

SILVA, L. A. G. P. da; MERCÊS, N. N. A. das. Estudo de casos múltiplos aplicado na pesquisa de enfermagem: relato de experiência. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [internet] Brasília, v. 71, n. 03, p. 1194-1197, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0066>.

SILVA, M. D. de O. P. da; SANTOS, M. M. dos. A contabilidade ambiental nas lavanderias do setor têxtil de Toritama – Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Custos, 14. João Pessoa – PB. **Anais**. [...]. 05 de dezembro a 07 de dezembro de 2007. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/1520/1520..> Acesso em: 23 nov. 2019

SILVA, M. M. A. P. de M ; FARIA, S. D.; MOURA, P. M. Modelagem da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (MG). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Minas Geais, v.22 n.1 | jan/fev 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n1/1809-4457-esa-22-01-00133.pdf>. Acesso em 12 set. 2019.

SILVA, M. V. A. *et al.* A questão ambiental no pólo de confecções de caruaru: um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental. **Revista Estudos do CEPE**, Santa Cruz do Sul, n35, p.108-132, jan./jun. 2012. DOI: 10.17058/cepe.v0i35.2389. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307845444_A_QUESTAO_AMBIENTAL_NO_POLO_DE_CONFECcoes_DE_CARUARU_UM_PRIMEIRO_ENSAIO_A_LUZ_DOS_INSTRUMENTOS_ECONOMICOS_DE_PROTECAO_AMBIENTAL. Acesso em 12 set 2018.

SILVA, N. C.; CÂNDIDO, G. A. Sistema de indicadores de sustentabilidade do desenvolvimento do turismo: um estudo de caso do município de Areia–PB. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 475-496, et./dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.7784/rbtur.v10i3.955>. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbtur/v10n3/pt_1982-6125-rbtur-10-03-00475.pdf. Acesso em: 13 out. 2019.

SILVA, R. R. A. A. da. *et al.* Processo de internacionalização e sistemas adaptativos complexos. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, São Paulo, v.12, n. 3, p. 61-76, set./dez. 2017. e-ISSN: 1980-4865. Disponível em: <https://internext.espm.br › internext › article › download>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SILVA, T.A.; SERRA, J.C.V. Avaliação de reuso de água em um frigorífico de aves. **Revista Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v.14, nº.2, p.61-71, jul/dez. 2017. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=3364&article=1444&mode=pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

SILVA, V. P. R. *et al.* 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, 2016. ISSN 1808-0251 (Print) - Ambiência ISSN 2175-9405 (Online) Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3472/pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019

SILVA, W. J. da; NETO, J. P. C. **Poluição por particulados químicos no rio Capibaribe lançados pelas lavanderias industriais têxteis na cidade de Toritama**. 2017. In: Workshop Internacional de Águas no semiárido, 2. [...]. **Anais**. Campina Grande-PB, 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV079_MD1_SA4_ID195_27082017125605.pdf. Acesso em: 13 mar. 2019.

SILVESTRI, E.; RIBEIRO, R. S. **Pegada hídrica**: estudo de caso sobre telhas cerâmicas. 2017. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão. 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/handle/12345/3924>. Acesso em: 13 mar. 2018.

SIQUEIRA, Á. N. *et al* Lavanderia de jeans no município de Toritama-PE: entre a produção e a conservação ambiental. In: book: **Reflexões sobre o semiárido: obra do encontro do pensamento geográfico**, 2017. cap, 32, p.231-237. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319272422>. Acesso em 02 out. 2018.

SOUSA, A. R. de. **Proposta de Metodologia para Certificação Hídrica de Edifícios Residenciais**. 2015. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015, f. 203.

SOUSA, L. C. O. de. **Gestão da demanda de água no Agreste Pernambucano**. 2017. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39810/1355139/Lyanne.pdf/2336ceef-fb1f-49b6-b6e1-fcd02ddb0d3>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SOUSA, T; GOMES, M. V. T.; BRITO, M. F. Guedes de. A percepção dos pescadores e a educação ambiental como subsídios para a conservação do Baixo São Francisco. **Revista da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana**, v. 3, n. 3, p. 98 – 119, 2017.

ISSN 2447-3170. Disponível em:

<https://securereservercdn.net/198.71.233.51/3fd.eb4.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/06/Revista-SABEH-Volume-3-n-3-art6.pdf>. Acesso em; **12 nov. 2018.**

SOUTO, T. J. M. P. **Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do polo têxtil no Agreste pernambucano.** 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7716>. Acesso em: 13 set. 2019.

SOUZA, F. P.; AREAS, S. M. R.; PERTEL, M. Análise da viabilidade técnica de reutilização do efluente de uma lavanderia industrial, Persp. **Online: exatas & eng.**, Campo dos Goytacazes - RJ, v.3, n.7, p.1-16, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.25242/885X307201346>. Acesso em: 23 out. 2018.

STEIN, R. *et al.* **Avaliação de impactos ambientais.** Porto Alegre: SAGAH, 2018.

TAN, R.R.; FOO, D.C.Y., 2018. Integrated multi-scale water management as a climate change adaptation strategy. **Clean Technol. Environ. Policy**, v. 20, n. 6, p. 1123–1125, 2018. Disponível em: <http://www.cap-net.org/wp-content/uploads/2019/01/Cap-Net-CCA-and-IWRM.pdf>. Acesso: 18 mai. 2019.

TOMAZ, P. **Manejo de águas pluviais.** São Paulo: Navegar, 2010.

TONACO, A. S. *et al.* (Coord.). **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil.** Minas Gerais, 2014, 66p. Disponível em: < http://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/FIEMG/MeioAmbiente/2014/CartilhasPublica%C3%A7%C3%B5es/FI-0054-14-Cartilha-producao-mais-limpa-intranet.pdf >. Acesso em: 23 jul. 2018.

TOSATO, J. C. J.; HALASZ, M. R. T. **Tratamento de Efluentes Têxteis Utilizando Processos Físico-Químicos e Oxidativos Avançados.** Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world. *In: International Workshop | Advances in Cleaner Production*, 3. [...] **Anais.** São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5B/1/Tosato_Jr_JC%20-%20Paper%20-%205B1.pdf. Acesso em: 01 nov. 2019.

UCHÔA, T. M. de. M. (Coord.). **PROJETEC — BRLi. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental volume 01/03 .** Recife, Projetos Técnicos. Recife, 2010. 226p. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/down/PHA_Capibaribe_TOMO_I_VOL_3_Diagnostico_21.07.11.pdf Acesso em: 21 mar 2019.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Washington, 2004. p. 17.

VALENZUELA-VENEGAS, G., SALGADO, JC, DÍAZ-ALVARADO, FA. Sustentabilidade sindicatos para a avaliação de parques eco industriais: classificação e

critérios de seleção. **J. Limpo. Prod.** 133, 99 e 116.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.113>.

VELDKAMP, T. *et al.* Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. **Nat Commun** 8, 15697, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms15697>. Acesso em: nov. 2019.

VESTENA, L. R. *et al.* Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 212-227, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a17.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

VIANA, M. A. **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.** 2019. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

VIANA, M. A. *et al.* Pegada hídrica em indústria de beneficiamento de jeans no Agreste Pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress.** Pernambuco, v. 3, n.1, p. 61-68, 2018. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1723>. Acesso em: 12 fev. 2019.

VIEIRA, B.; JUNIOR, W. S. J. Contribuições para abordagem municipal da pegada hídrica: estudo de caso no litoral de São Paulo. **Revista Ambiente e sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 3, July/Sept. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2015000300014. Acesso 20 Set. 2018.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade.** vol.19 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2016000100006&script=sci_arttext&lng=pt. Acesso 19 fev. 2020.

WADA, Y. *et al.* Modeling global water use for the 21st century: the Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. **Geosci. Model Dev**, v. 9, 175–222, 2016. doi:10.5194/gmd-9-175-2016. Disponível em: <https://www.geosci-model-dev.net/9/175/2016/gmd-9-175-2016.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

YILDIRIM, F. F. *et al.* Analysis of water consumption and potential savings in a cotton textile dye house in Denizli, Turkey. **Water in Textiles and Fashion**, Denizli, 2019. p. 115–134.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman; 2015. 205p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Lavanderias de beneficiamento de jeans do APL do agreste pernambucano

Nº	Razão Social	Município	Endereço Completo
1	A2 Indústria De Camisetas Ltda.	Cupira	Av. Etelvino Lins, 619 - Centro
2	A J Dos Santos Estamparia	Brejo Da Madre De Deus	R Princesa Izabel, 708 - São Domingos
3	Ademir Bezerra Da Silva	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, 199 - Centro
4	Adenisio M De Lima Me	Santa Cruz Do Capibaribe	R Teonilo Silvestre, 1036 - São Cristóvão
5	Alexsandra Cavalcanti Felix	Caruaru	R Visconde De Mage, 35 - Divinópolis
6	Alexsandro Da Silva	Surubim	R Heleno Piancó Da Silva, 61 - Coqueiro
7	Alexsandro Guimarães Oliveira	Caruaru	R Poeta Zé Vicente Da Paraíba, S/N - Rendeiras
8	Ana Cristina Santos Marinho	Vertentes	Sit. Povoado De Capela Nova, S/N - Capela Nova
9	André Néelson Da Silva	Riacho Das Almas	Sit. Bandeiras, 11894 - Zona Rural
10	Andreia Maria Da Silva	Riacho Das Almas	Sit. Alto Dos Mocos, S/N - Zona Rural
11	Antônia Luzimar De S. Cunha	Toritama	Rua Boa Vista, 111 - Centro
12	Antônio Batista De Oliveira	Caruaru	R Eugenio Cordeiro De Souza, 85 - Kenedy
13	Antônio Jose De Queiroz Neto	Toritama	R Luiz Bertulino Da Silva, 105 - Centro
14	Aureliano Souto Maior Da Silva	Vertentes	Av. Cel. Braz Bezerra, 205-Centro
15	Br Tavares Alves	Toritama	R Projetada, 19 -Loteamento Jose Do Fulo
16	Carlos Alves Da Silva	Caruaru	R Esdras Farias, 576-Salgado
17	Carlos José Gomes	Riacho Das Almas	R Maria Julia Da Mota, 325 -Centro
18	Carlos José Miranda	Riacho Das Almas	Sit. Bandeira, S/N- Zona Rural
19	Cavalheiro Camisaria Ltda.	Caruaru	Av Jose Marques Fontes, 495 -Indianópolis
20	Cicero De Barros Silva	Caruaru	Vl. Rafael, S/N,2 -Distrito Zona Rural
21	Clara Suane Ferreira	Caruaru	Vl Malhada De Pedra, 8 -Zona Rural
22	Cleiton Pereira De Araújo	Surubim	Rua Lourenço Ramos Da Costa,N:129 -Centro
23	Cleiton Rogerio L. Da Nobrega	Toritama	Rua Manuel Henrique Tavares, 862 - Centro
24	Cristiano Luiz Silva	Toritama	Rua Mariano-Manoel-Da-Silva, S/N - Centro

25	D & D Arte Brindes Ltda.	Cupira	R Cordeiro De Farias,35 -Centro
26	Dalberio Oliveira Da Silva	Toritama	Sit. São Joao, S/N Zona- Rural
27	Denílson Elinaldo Do Nascimento	Santa Cruz Do Capibaribe	R São Paulo,129 -Cruz Alta
28	Denílson Elinaldo Do Nascimento	Santa Cruz Do Capibaribe	R Beatriz Filomena Nunes, 155 -Dona Dom
29	E S Barros Bordados	Santa Cruz Do Capibaribe	R Joaquim Nabuco, 228 – São Cristóvão
30	Edivani Evandra De M. Celestino	Vertentes	Sit. Povoado Capela Nova, S/N-Zona Rural
31	Eduardo Da Silva Serafim	Caruaru	R Tertuliano Farias, 5 -Rendeiras
32	Eliane Carvalho Pimentel	Toritama	Rua Do Canal, S/N - Centro
33	Elionai Henrique Tavares	Toritama	Sítio Cacimbas, S/N - Zona Rural
34	Emerson Barbosa Da Silva	Caruaru	Sítio Serrote Dos Bois, 800 Zona Rural
35	Expresso Lavanderia & Confeções	Riacho Das Almas	R Elinaldo Bezerra Da Silva,70 - São Severino
36	Ezequias J Silva	Toritama	Rua Mariano Manoel Da Silva, S/N - Centro
37	F L Cardoso Fagundes	Caruaru	Av Lourival Jose Da Silva, 80 -Petrópolis
38	Fabio Roberto Da Silva Lima	Caruaru	Av Oscar Laranjeira Filho, 65 -Alto Do Moura
39	Fernanda T, Marques De Melo	Toritama	R Joaquim Tabosa,210- Centro
40	Fernanda T, Marques De Melo	Toritama	Av Dorival Jose Pereira,899 -Duque De Caxias
41	Fh Da Silva Tecidos	Toritama	R Manoel Borba,131 -Centro
42	Fh Da Silva Tecidos	Toritama	Av Chico Xavier,201 Sem Denominação Legal
43	Flavio Edinaldo Da Silva	Toritama	R Emídio Jordao Das Neves,470 -Centro
44	Florentino Antônio Da Silva	Toritama	R Jose Eraldo Da Silva Me, 380 -Centro
45	Generino Bezerra Da Silva Lav	Toritama	Rua Vila Arial, 132 -Centro
46	Gentil Gonçalves De Souza Filho	Toritama	Rua Projetada Loteamento Valentim , S/N -Centro
47	Geruza Souza Lima Lacerda	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, 206 -Centro
48	Gii,Son Bertulino Da Silva	Toritama	Rua Ma Noel Henrique Tavares, S/N -Centro
49	Gilson Pereira Da Silva	Vertentes	R Pedro Ferreira Araújo, S/N-Centro
50	Helene Jordao Silva Carvalho	Toritama	Val Cacimbas, 245 -Vila São Benedito
51	Idelberto Galindo Armarinho	Brejo Da Madre De Deus	R Luiz Cecílio De Santana, 50 -São Domingos
52	Inácio J, Da Silva	Caruaru	Rua Geraldo Leonel Da Silva, 6- Jose Carlos De Oliveira
53	Mamute Ltda	Toritama	Capitão Joao Dos Santos, S/N- Duque De Caxias
54	Indústria E Comercio De Confeções Vasconcelos Ltda	Caruaru	R 13 De Maio, 25-Centro
55	Iraneide Irene Tavares	Toritama	Rua Antônio Soares, S/N-Duque De Caxias
56	Ivanio Galdino Da Silva	Surubim	R Professora Maria Ribeiro,N:229 - São Jose
57	J, Da S, Pinto Confeções	Taquaritinga Do Norte	Av Severino Pereira Da Silva, N:135 -Pão De Açúcar
58	Jailton Nascimento De Assis	Santa Cruz Do Capibaribe	R Severino Balbino Bezerra,530 -Dona Dom
59	Janete Tavares Da Silva Ltda	Toritama	Trav. 15 De Novembro, S/N -Duque De Caxias
60	Joanicio Joaquim De Melo	Caruaru	Rua Vital Brasil -Salgado
61	Joao Paulo Pereira De Moura	Vertentes	Sit. Gravatazinho,1010 -Zona Rural
62	Jose Ademir Martins	Taquaritinga Do Norte	R Maria Do Carmo Lucena Tejo,N:05 -Capibaribe
63	Jose Bezerra Da Silva Junior	Toritama	Rua Monteiro Lobato, S/N- Vila Areal
64	Jose Celio Tavares	Toritama	Rua Manuel Henrique Tavares, S/N -Centro
65	Jose Deoclecio Do Nascimento	Caruaru	R Manoel Clímaco Batista,95 -Distrito Industrial
66	Jose Elizio G Batista	Toritama	Rua Padre Jose Aragão, S/N -Centro
67	Jose Inacio Da Silva	Toritama	Rua Capitão João Santos No102 Fazenda Velha, S/N - Centro
68	Jose Luís Da Silva	Toritama	Rua Pio 10 S/N - Br 104 -Centro

69	Jose Marivaldo Miranda Gomes	Taquaritinga Do Norte	R Torquato Damiao De Barros,N:508 -Pão De Açúcar
70	Jose Paixão Dos Santos Neto	Santa Cruz Do Capibaribe	R Severina Lopes Nascimento, 10 - São Jorge
71	Jose R, Lima De Andrade	Surubim	R Severino Clemente De Arruda,N:555-Centro
72	Josefa Adriana Santos Da Silva Siqueira	Surubim	R Senhorinha Maria De Jesus,N:20 -Cha Do Marinheiro
73	Joseildo Ventura Da Silva	Toritama	Rua Santa Ines, 87 -Pref Celso Marques
74	Joseilton Tavares Da Silva	Toritama	Rua Cleto Campelo, 58-Centro
75	Lavanderia Caixa D'Água Ltda	Caruaru	R Roberto Simonsen, 156-Salgado
76	Lavanderia Dois Irmãos/Sem Firma	Toritama	Rua Projetada Loteamento Valentim Silva, S/N -Centro
77	Lavanderia Henak Ltda	Toritama	Rod Pe 90 - Km 04, 964 -Sede
78	Lavanderia Lauany Ltda	Surubim	R Monteiro Lobato,105 -Areal
79	Lavanderia Nova Geração Ltda	Caruaru	R Jose Marcelino De Araújo, 163 -Cedro
80	Lavanderia Plaza Ltda	Toritama	Br 104 Km, 30 -Centro
81	Lavanderia Preferencial Ltda	Toritama	R Miguel Tavares Da Silva,210 -Centro
82	Lavanderia Santa Luzia Ltda	Riacho Das Almas	Sit. Atalaias S/N -Zona Rural
83	Lavanderia Nossa Senhora Aparecida	Toritama	Sítio São Joao, S/N -
84	Lav Roberta	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, 212 -
85	Laercio	Caruaru	Mestre Vitalino, 66- Salgado
86	L, E, Industria De Beneficiamento Ltda	Toritama	R Capitão Joao Dos Santos,200 -Duque De Caxias
87	Lea Sales Da Silva	Toritama	Rua Cleto Campelo, 48 -Centro
88	Lidiana Ferreira Bananeira	Caruaru	Rua Eugenio Joao De Amorim, S/N- Rendeiras
89	Limax Jeans Ltda	Toritama	Rua Antônio Soares, 347 -Centro
90	Luis Junior Da Costa Bezerra	Toritama	Rua Do Canal, -
91	M, A, Da Silva Estamparia	Caruaru	Rua Bernardo De Queiroz, 23 -Santa Rosa
92	Maria De Fatima Vasconcelos	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, 202 - Centro
93	Magda C S De Santana	Surubim	Tv. Epiácio Travasso Sarinho, 3- Lagoa Da Vaca
94	Marcio Cesar Da Silva Freire	Caruaru	R Francisco Cristóvão De Melo, 92,Andar 02 Kennedy
95	Maria Aparecida De Souza Lavanderia	Riacho Das Almas	Rod Pe 95, 811 -Zona Rural
96	Maria Claudiana Alves Simplicio	Santa Cruz Do Capibaribe	R Inacio Vitorino,52-Cruz Alta
97	Maria Evani Silva Case	Caruaru	R Independência, 104-Kennedy
98	Maria Jeane Cesar Souza Tavares	Toritama	R Manoel Jose Filho, 67 -Duque De Caxias
99	Maria Jose Bezerra Da Silva Lav	Toritama	Rua Jose Vieira De Melo, 78 -
100	Maria Jose De Lourdes Me (Aliance)	Toritama	Sítio Lagoa Do Exu, S/N -
101	Maria Josenilda Ferreira Da Silva	Toritama	Inacio Heliodoro Tavares, S/N -
102	Maria Marli Da Conceição Silva	Toritama	Manuel Henrique Tavares, 601 - Centro
103	Maria Silvana Cabral Lavanderia Tinturaria	Toritama	Rua Antônio Soares, S/N -
104	Marlene Bevenuto De Souza Juscimario	Toritama	Rua Miguel Tavares, S/N -
105	Marta Jeruza Ramos Rocha	Santa Cruz Do Capibaribe	Av Bela Vista (Rod Pe-160),N:1320-Bela Vista
106	Marta Jeruza Ramos Rocha	Santa Cruz Do Capibaribe	Av Souza Aragao,188 -Dona Dom
107	Milena	Caruaru	Avenida Brasil -Salgado
108	Nazaré Farias Cavalcanti	Toritama	Rua Projetada, S/N -Loteamento Valetim
109	Nelff Industria Comercio E Serviços De Confeccões Ltda	Toritama	R Areal,55 -Centro
110	Ns Estamparia Ltda	Caruaru	R Marechal Costa E Silva, 370 -Nova Caruaru
111	Patricia Sueli Da Silva	Toritama	Sit. São Joao Ii,2000 -Zona Rural
112	Paulo Cesar Case De Lima Lavanderia	Santa Cruz Do Capibaribe	R Maria Francisca Da Silva (Lot Sto. Antônio),95 - Bairro Novo

113	Paulo Everson Torres	Santa Cruz Do Capibaribe	R Teonilo Silvestre,956 São Cristóvão
114	Pedro Neto Tavares Me Lav São Cristóvão	Toritama	Rua Jose Manoel Filho, S/N-Duque De Caxias
115	Rafael Antônio Maciel Da Silva	Toritama	R Amaro Ferreira De Lima, 42 -Centro
116	Ramos Joao Da Silva Confeções	Caruaru	Si.t Serrote Dos Bois, 3090- Zona Rural
117	Raniere Medeiros De Lacerda	Toritama	R Manoel Henrique Tavares,862 -Centro
118	Rap Summer Confeções Ltda	Caruaru	R Joaquim Ferreira,31 -Boa Vista
119	Rebeca Laiza De Souza Lima	Caruaru	R Argemiro Quintino Alves, 35- Indianópolis
120	Rodrigues	Caruaru	R. Pres. Sarmiento, 272 -Salgado
121	Ronaldo Lonas Da Silva	Toritama	Maestro Antônio Rufino, S/N- Centro
122	Ronielson Jose Da Silva	Toritama	Rua Boa Vista, 71 -
123	Roselia Leandro Lacerda	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, S/N -
124	Rubens Dos S Silva	Santa Cruz Do Capibaribe	R Siqueira Campos,161 -Centro
125	Rubens Dos S Silva	Santa Cruz Do Capibaribe	R Leticia Carlos Rocha, 12 -Dona Dom
126	S & H Lavanderia Ltda	Toritama	R Professora Maria Do Socorro Da Silva,212- Loteamento Maria Catarina
127	S G Da Silva Confeccoes	Toritama	Rua Joaquim Tabosa, 210 -
128	São Mateus Lavanderia Ltda	Toritama	R Emídio Jordao,103 - Centro
129	São Mateus Lavanderia Ltda	Toritama	Rua Emídio Lordao, S/N - Centro
130	São Pedro De Alcântara	Caruaru	R Doutor Jose Rafael Cavalcanti, 259 - Petrópolis
131	T Sales Rodrigues	Santa Cruz Do Capibaribe	R Uleide Farias Da Silva, 27 - Nova Santa Cruz
132	Tecnofios Industria De Linhas Ltda	Caruaru	Rua Luiz Mariano De Lima, 225 - Distrito Industrial
133	Valdir Antônio Da Silva	Riacho Das Almas	Sítio Bandeira, 19301 - Zona Rural
134	Valquíria Moreira De Souza Retalhos	Santa Cruz Do Capibaribe	Rua Bela Vista, 236 - Nova Santa Cruz