

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA – UNIARA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO - MESTRADO EM  
DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE**

**VIVIANE XAVIER FERREIRA**

**O USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: A PRODUÇÃO MAIS  
LIMPA (P+L) EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL NO  
INTERIOR DO ESTADO DE SP**

**ARARAQUARA – SP**

**2019**

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA – UNIARA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO - MESTRADO EM  
DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE**

VIVIANE XAVIER FERREIRA

ORIENTADORA: PROFa. DRa. JANAÍNA FLORINDA FERRI CINTRÃO

**O USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: A PRODUÇÃO MAIS  
LIMPA (P+L) EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL NO  
INTERIOR DO ESTADO DE SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, nível de Mestrado, da Universidade de Araraquara - UNIARA - como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

ARARAQUARA – SP

2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

F444u Ferreira, Viviane Xavier

O uso sustentável da água: a produção mais limpa (P+L) em uma indústria têxtil do estado de SP/Viviane Xavier Ferreira. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2019.  
84f.

Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientadora: Profa. Dra. Janaína Florinda Ferri Cintrão

1. Recursos hídricos. 2. Tingimento. 3. Produção mais limpa (P+L).  
4. Denim. I. Título.

CDU 577.4



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP  
CEP 14801-320 | (16) 3301-7100 | www.uniara.com.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): *Viviane Xavier Ferreira*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

### BANCA EXAMINADORA

*Prof. Dra. Janaina Florinda Ferri Cintrão*  
UNIARA – Araraquara

*Prof. Dra. Ethel Cristina Chiari da Silva*  
UNIARA – Araraquara

*Prof. Dra. Sandra Imaculada Maintinguer*  
UNIARA – Araraquara

Araraquara – SP 05 de fevereiro de 2019.

A *Deus* pelo direcionamento,

Ao meu marido *Eurides* e ao meu filho *Dinho*, minha maior motivação ,

Aos meus queridos pais, *Paulo e Márcia*, e irmão *Vinícius* pelo incondicional apoio e  
por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus amigos, em especial a *Márcia Ceschini, Selma Gorgulho, Rosana Sacabello,*  
*Ivete Lina e Renata Reame.*

## AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. ***Janaína Florinda Ferri Cintrão*** pelo fabuloso trabalho de orientação, carinho e amizade ao longo dessa jornada. Quem com muita habilidade e critério direcionou caminhos para que essa dissertação fosse realizada com muita clareza e objetividade.

À Professora. Dra. ***Vera Lúcia Silveira Botta Ferrante*** por ter sido compreensível e fundamental para a continuidade dessa pesquisa.

À Professora ***Dra Ethel Chiari*** e à Professora ***Dra Sandra Maitinguer*** por me acompanharem nas bancas examinadoras e contribuírem imensamente para a realização dessa dissertação.

Aos docentes que com muito esmero proporcionaram experiências profundas de aprendizado.

Muito especial às queridas ***Silvia Correa e Ivani Urbano*** pelo afetuoso apoio, amizade e orientações ao longo desse período.

À ***Amanda Marques*** pela presteza das solicitações e informações cedidas.

Aos meus queridos amigos do Mestrado Turma 2017 em especial a ***Aline Rodriguero, Douglas Girolli, Maitê Bergo e Flávio Scalco*** pelos inesquecíveis momentos e conhecimentos compartilhados.

## RESUMO

A indústria têxtil utiliza recursos hídricos em seus processos produtivos. Dentre eles, o tingimento é um dos responsáveis pelo excessivo consumo de água, energia e geração de águas residuais, e o não gerenciamento dessa atividade causa impactos ao meio ambiente. O crescimento da demanda de água nos últimos anos pela atividade têxtil, tem aumentado o seu consumo e, por consequência, as reservas hídricas indicam sinais de escassez, além da movimentação do ecossistema em direção ao estresse hídrico. Essa pesquisa abordou a discussão em relação à utilização da água de forma sustentável em uma empresa do setor têxtil, especificamente na etapa de tingimento, e geração de efluentes, mencionando, ainda, a importância do uso e reúso desse recurso com o propósito de oferecer melhores estratégias de gerenciamento hídrico e alternativas de utilização da gestão da Produção mais Limpa (P+L). Verificou-se a implantação da ferramenta de gestão P+L na etapa de tingimento do denim e foram avaliadas possíveis alternativas de redução do consumo de água, energia e geração de águas residuais em uma indústria têxtil no interior de São Paulo. Isso a partir da gestão e controle da estação de tratamento de águas residuais e da CETESB com as práticas de P+L aplicadas ao setor de tingimento do denim, através da minimização do consumo de água, energia e matéria prima. Após a utilização da ferramenta de gestão P+ L na empresa estudada, verificou-se uma redução de consumo de água de 21m<sup>3</sup> para 16m<sup>3</sup> uma redução de aproximadamente 23,8%. Considerou-se ao final, as câmaras ambientais com técnicas e manuais de procedimentos nas etapas de tingimento têxtil e as certificações ambientais.

**Palavras Chaves :** Recursos Hídricos. Tingimento. Produção mais Limpa (P+L). Denim.

## ABSTRACT

The textile industry uses water resources in its production processes. Among them, dyeing is one of the responsible for the excessive consumption of water, energy and wastewater generation, and the non-management of this activity causes impacts to the environment. The growth of the water demand in the last years by the textile activity, has increased its consumption and, consequently, the water reserves indicate signs of scarcity, besides the movement of the ecosystem towards the water stress. This research addressed the discussion regarding the use of water in a sustainable manner in a textile company, specifically in the dyeing and effluent generation stage, also mentioning the importance of the use and reuse of this resource with the purpose of offering better water management strategies and alternatives to use Cleaner Production (P + L) management. The implementation of the P + L management tool in the denim dyeing stage was verified and possible alternatives for reducing water, energy and wastewater consumption in a textile industry in the interior of São Paulo were evaluated. This is based on the management and control of the wastewater treatment plant and CETESB with the P & L practices applied to the denim dyeing industry, through the minimization of water, energy and raw material consumption. After the use of the P + L management tool in the studied company, a reduction of water consumption of 21m<sup>3</sup> to 16m<sup>3</sup> was observed, a reduction of approximately 23.8%. At the end, it was considered the environmental chambers with techniques and procedures manuals in the stages of textile dyeing and environmental certifications.

**Key Words:** Water resources. Dyeing. Cleaner Production (P + L). Denim.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> - Consumo médio de água nas indústrias .....	18
<b>Tabela 02</b> - Classificação da planta originária do índigo .....	28
<b>Tabela 03</b> - Caracterização das águas residuárias dos processos têxteis .....	65
<b>Tabela 04</b> - Estimativa do consumo e descarte de água na planta industrial .....	68
<b>Tabela 05</b> - Consumo de energia mensal na empresa .....	71

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> – Fluxograma da Cadeia Têxtil Mundial.....	24
<b>Figura 02</b> – Classificação das Fibras Têxteis – ABNT .....	25
<b>Figura 03</b> - Produção da fibra de origem celulósica Modal® .....	25
<b>Figura 04</b> – Tintura do índigo no século XX .....	27
<b>Figura 05</b> – Forma molecular do índigo .....	28
<b>Figura 06</b> – Processo sintético de produção do índigo.....	29
<b>Figura 07</b> – Ciclo de tingimento .....	30
<b>Figura 08</b> – Processo de tecnologia de tingimento de máquinas em corda.....	31
<b>Figura 09</b> - Processo de tecnologia de tingimento de multicaixas .....	31
<b>Figura 10</b> - Processo de tecnologia de tingimento tipo loop .....	32
<b>Figura 11</b> - Infográfico do ciclo produtivo do jeans .....	36
<b>Figura 12</b> - Indicador do estresse hídrico global .....	37
<b>Figura 13</b> - Esquema de lavagem em fluxo contra corrente .....	40
<b>Figura 14</b> - Distribuição da indústria na principais regiões .....	50
<b>Figura 15</b> - Ciclo de tingimento e oxidação do índigo .....	60
<b>Figura 16</b> - Tecelagem do denim .....	61
<b>Figura 17</b> - Diagrama representativo das águas residuárias na indústria em estudo .....	63
<b>Figura 18</b> - Principais etapas do processo produtivo têxtil x características da água residuária gerada .....	64
<b>Figura 19</b> - Representação do uso atual da água na empresa estudada .....	66
<b>Figura 20</b> - Identificação da água de reúso na empresa em estudo .....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas - CB17
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
ECO	Organização não governamental
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETE	Estação de tratamento de efluentes
IBAMA	Instituto brasileiro do meio ambiente e recursos naturais renováveis
LAP	Licença Ambiental Prévia
PH	Potencial Hidrogeniônico
P+L	Produção mais Limpa
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
SINDITÊXTIL	Sindicato da Indústria Têxtil de São Paulo
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos
TSI	Instituto de Estatística da Turquia
TRIZ	Teoria da resolução de problemas inventivos
UE	União Europeia
UNEP	<i>United Nations Enviromental Program</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Apresentação do Tema e do Problema .....	16
1.2. Justificativa da Pesquisa .....	18
1.3. Objetivos da Pesquisa .....	19
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	19
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
1.4. Metodologia .....	19
<b>2 –IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL.....</b>	<b>22</b>
2.1. Breve Histórico da Indústria Têxtil .....	22
2.2. Complexo Têxtil .....	23
2.3. Índigo e o Denim .....	27
2.3.1 <i>O Corante Índigo</i> .....	27
2.3.2 - <i>Características do Tingimento</i> .....	29
2.3.3 - <i>Histórico do Jeans</i> .....	33
2.3.4. <i>O mercado do Jeans</i> .....	34
2.4. A Água no Mundo .....	37
2.5. Câmaras ambientais e a CETESB .....	39
2.5.1. <i>Redução do consumo de água no processo de tingimento</i> .....	40
2.5.2 <i>Redução do Consumo de Energia</i> .....	41
2.6. Licenciamento Ambiental .....	41
<b>3. INDÚSTRIAS TÊXTEIS E A P+L .....</b>	<b>43</b>
3.1. Desenvolvimento da P+L em indústrias têxteis .....	43
3.2. Cenário internacional .....	44
3.3. Cenário Nacional .....	49
<b>4. P +L EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL NO INTERIOR DO</b>	
<b>ESTADO DE SÃO PAULO .....</b>	<b>55</b>
4.1. Caracterização do universo da Pesquisa .....	55
4.2. Processo Produtivo do Denim .....	58

4.3. Tratamento de efluente físico químico .....	62
4.4. Características da água residuária têxtil .....	63
4.5. Potencialidades de reúso da água residual do tingimento .....	65
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A - AUTORIZAÇÃO DO USO DE DADOS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE B - TERMO DE CONFIDENCIALIDADE .....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO SEMI - ESTRUTURADO .....</b>	<b>84</b>

## APRESENTAÇÃO

*A pesquisa foi estruturada em quatro seções de acordo com a perspectiva do setor têxtil, processo de tingimento do denim e métodos da ferramenta de gestão P+L (Produção mais Limpa) utilizados no mundo, conforme as descrições e observações a seguir.*

*Em um primeiro momento, na seção I, a intenção foi descrever o cenário têxtil e seu panorama econômico e histórico, bem como as características desse setor. Foram apresentados números que apontam a atividade têxtil como uma das principais atividades poluidoras do meio ambiente e de que forma as estratégias de P+L são utilizadas para reduzir os impactos negativos.*

*A seção II descreveu a importância da indústria têxtil no Brasil, apontando dados do setor e informações relacionadas ao consumo de água e energia nas unidades de tingimento têxtil. Descreveu ainda o processo produtivo têxtil do denim, matéria prima originária do jeans, o corante índigo utilizado nesse processo, seu histórico e a técnica de tingimento. Essa seção também aborda a importância do jeans para a economia e o estresse hídrico na esfera global.*

*A seção III foi uma revisão da literatura baseada nas estratégias de Produção mais Limpa no mundo, quais os procedimentos utilizados na indústria têxtil a partir da ferramenta de gestão ambiental P+L, incluindo etapas que envolvem consumo de água, energia e geração de efluentes líquidos, processos têxteis e o histórico do denim e do índigo no mundo.*

*A seção IV evidenciou uma indústria têxtil do interior do Estado de São Paulo objeto de estudo dessa pesquisa e o plano de utilização da P+L em suas metodologias de funcionamento. Nessa seção é informado do mesmo modo, o processo produtivo do denim e suas características, quais as medidas tomadas pela empresa para reduzir o consumo de água nessa etapa, quais os tratamentos utilizados para diminuir as águas residuais, de que forma as águas de transbordo são tratadas e quais as medidas utilizadas para minimizar a poluição do ar.*

*Finalmente, as conclusões fizeram um parecer a respeito do potencial poluidor do processo produtivo do denim, o uso em excesso de água e disponibilidade de uso desse recurso natural através da exploração de poços artesianos. Ainda abordou-se de que forma as águas residuais podem ser tratadas e reutilizadas, de que maneira utiliza-se nas unidades produtivas as águas de chuva armazenadas e ainda as contribuições da*

*companhia em estudo para a economia nacional e suas ações satisfatórias de utilização da P+L para reduzir o consumo excessivo de água.*

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Apresentação do Tema e do Problema

O setor têxtil tem uma grande importância para a sociedade pelos fatores econômicos, históricos e por estar presente não apenas no vestuário, mas também, nos têxteis funcionais, na área da saúde, como válvulas cardíacas e materiais hospitalares descartáveis, e nos geotêxteis que são muito utilizados nas estruturas de estradas, pontes e asfalto.

As atividades têxteis utilizam uma quantidade excessiva de recursos hídricos em seus processos produtivos, especificamente nas etapas de acabamento e tingimento que dependem diretamente da água para sua realização. A demanda pelo consumo de água nesses processos está relacionada ao tipo de material tingido e finalizado.

O setor têxtil tem uma expressiva importância para a economia brasileira e mundial, e a água e seu elevado consumo, que se constitui um recurso fundamental para a produção têxtil, é o principal contribuinte à degradação do meio ambiente.

Consequentemente, a indústria têxtil é reconhecida como uma das principais poluidoras do meio ambiente, em decorrência da cadeia produtiva complexa e diversificada. Os impactos negativos gerados ao meio ambiente e a sustentabilidade dos negócios, direcionaram as empresas a adotarem ferramentas de produção e estratégias ambientais, tais como a Produção mais Limpa (P+L).

A Produção mais Limpa (P +L) é um processo de gestão que abrange vários níveis da empresa, é também uma mudança cultural que trata da melhoria da eficiência de processos. Esse sistema reúne um conjunto de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas que podem evitar ou reduzir a emissão de poluentes no meio ambiente, por meio de ações preventivas, ou podem criar alternativas para que eles sejam reciclados ou reutilizados (CNI, 2012).

Essas práticas têm sido efetivas nos setores de fiação, tecelagem, beneficiamento, tingimento, estamparia e confecção, com o objetivo de minimizar resíduos e poluentes.

Frente ao consumo exacerbado de água, as indústrias têxteis no mundo, utilizam as estratégias de P+L. Ela é uma ferramenta de gestão ambiental vista como uma forma de adquirir vantagens competitivas, fatores sociais econômicos e políticos, que visam o desenvolvimento sustentável que é uma mudança não apenas nos sistemas de produção, mas também nos padrões de consumo (NIINIMAKI, HASSI, 2011).

No ano de 1989, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), *United Nations Environmental Program* (UNEP), introduziu o conceito de P+L para definir

a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada que envolvesse processos, produtos e serviços, de maneira que se previssem ou reduzissem os riscos de curto ou longo prazo para o ser humano e o meio ambiente (SEIFFERT, 2009).

A introdução da P+L no Brasil contou com o apoio financeiro da ONU/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Essa ação faz parte do programa de implementação dos dez primeiros centros distribuídos por vários países em desenvolvimento e foi iniciado por meio do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), no Estado do Rio Grande do Sul, em 1995.

Dentre as vantagens de se adotar uma P+L na indústria têxtil está a redução dos custos na produção, como consumo de energia e água, aumento da eficiência no processo produtivo, aumento da competitividade no mercado, redução de acidentes ambientais, melhoria nas condições de saúde e segurança do trabalhador, diversificação da amplitude de atuação no mercado interno e externo e melhorias no relacionamento com os órgãos ambientais. Logo, a P+L proporciona ações preventivas com a finalidade de minimizar o impacto ao meio ambiente e evitar que se realizem ações somente na saída do sistema produtivo.

As estratégias da P+L se aplicam a produtos, processos e serviços e incluem procedimentos essenciais que a inserem nos processos de produção. Um bom diagnóstico do setor é fundamental para que o processo seja eficiente e se verifique a viabilidade técnica econômica de adoção dessa prática (CNI, 2012).

Dentro da P+L para redução, recuperação e reutilização da água, podem-se instalar equipamentos controladores de fluxo e válvulas automáticas de controle de máquinas; estudar a possibilidade de combinar diferentes tratamentos em um único processo; instalar maquinário de baixa e ultra baixa vazão nos banhos; melhorar a eficiência de lavagem em banhos e processos contínuos; reutilizar água de resfriamento; e pesquisar as diversas possibilidades de reuso da água e aproveitamento da água da chuva (CETESB, 2009).

O objetivo da P+L é atender de maneira sustentável às necessidades, usando com eficiência os recursos e energias renováveis, conservando a biodiversidade, utilizando a menor quantidade de matéria-prima e gerando a menor quantidade de resíduos (ARAÚJO, 2004).

Em consequência das projeções negativas relacionadas à disponibilidade de água, a legislação tornou-se ainda mais limitante, introduzindo constantemente padrões específicos para o enquadramento de corpos de água, assim como condições e padrões para

o lançamento de efluentes legalizadas pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008 (ANA, 2018).

No contexto industrial, a incorporação de práticas que permitam o reuso da água se torna cada vez mais urgente, não apenas para satisfazer as regulamentações da legislação, mas também para diminuir o seu consumo e minimizar os custos de produção. Essas necessidades são substanciais na área de beneficiamento têxtil, pois o consumo médio de água costuma atingir valores de aproximadamente 160 m<sup>3</sup> por tonelada de fibra processada, principalmente nas operações de branqueamento, mercerização, tingimento e lavagem (CAPAR et al, 2008).

## 1.2. Justificativa da Pesquisa

A aplicação dos produtos têxteis vai muito além do vestuário, eles estão presentes nos produtos funcionais (esportivos, hospitalares, profissionais), nos elementos da construção de estradas, pontes através dos geotêxteis e têxteis técnicos e na composição da indústria automobilística com os plásticos de engenharia que são o substrato dos componentes internos e para-choques de veículos.

Segundo a ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil), (2016) a atividade têxtil fatura U\$S 39,3 bilhões e produz 1,8 milhares de toneladas por ano. Os processos têxteis são muito amplos e complexos e por essa razão têm um dos maiores consumos de água, um volume de 1000 m<sup>3</sup> por dia, muito superior as refinarias de petróleo, por exemplo, que consomem cerca de 290 m<sup>3</sup> por dia de água e a indústria de papel 250 m<sup>3</sup> de água por dia, conforme Tabela 01.

**Tabela 01 – Consumo médio de água nas indústrias**

<b>Tipo de Indústria</b>	<b>Consumo em m<sup>3</sup></b>
Industria têxtil	1000
Refinação de petróleo	290
Papel	250
Lavanderias	100
Laminação de aço	85
Usina de açúcar	75
Couros- curtumes	55
Cervejarias	20
Fábricas de conservas	20
Matadouros	3
Laticínios	2
Saboarias	2

FONTE: (BARTH et al, 1987).

De acordo com estudos de Leão et al (2002), para que se possa tingir um quilo de tecido são necessários 150 litros de água. Desse montante de água consumidos, 132 litros são efluentes gerados e 18 litros são perdidos por evaporação, durante o processo de tingimento. Outrossim, independente do processo de tingimento, para cada 1000 litros de água são utilizados 800 quilos de sal, para que haja fixação do corante na fibra e solidez da cor à lavagem, por exemplo, que é a permanência da cor no tecido ou eventual desboto ou descoloração, o que necessariamente gera um outro tipo de tratamento de efluente que é a desalinização da água residual.

As águas residuárias têxteis contêm um elevado residual de corantes com elevado peso molecular e baixa biodegradabilidade, além disso, 17 a 20% da poluição total da Terra é derivada da atividade têxtil (BANCO MUNDIAL, 2017).

### **1.3. Objetivos da Pesquisa**

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

Verificar a implantação da ferramenta de gestão P+L na etapa de tingimento do denim e avaliar possíveis alternativas de redução do consumo de água, energia e geração de águas residuais em uma indústria têxtil no interior de São Paulo.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Discutir a importância da indústria têxtil no Brasil
- Verificar a importância da P+L no cenário internacional e nacional
- Analisar as medidas de P+L no Estado de São Paulo e as medidas necessárias para reduzir o consumo de água em um processo que necessariamente utiliza esse recurso hídrico para o seu funcionamento
- Discutir alternativas de tratamento para minimizar a quantidade de águas residuais e atenuar a coloração das águas de transbordo do tingimento do denim
- Examinar se os manuais e técnicas das câmaras ambientais da CETESB estão sendo utilizados pela empresa e se a licença ambiental está em vigor

### **1.4. Metodologia**

A empresa, objeto da pesquisa, está localizada no interior do Estado de São Paulo, é do segmento têxtil e é a quinta maior produtora de denim, a matéria prima utilizada na

fabricação do jeans, no Brasil. Essa companhia possui um parque industrial verticalizado com uma produção anual de R\$ 328 milhões, segundo dados da BDO BRASIL, 2017. Na sua unidade industrial a empresa possui o processo de tingimento do denim, através do corante índigo, cujo processo requer uma quantidade abundante de água para a sua realização.

O sujeito selecionado para a pesquisa foi o gestor ambiental que realiza a gestão e controle da estação de tratamento de águas residuais e faz com que as práticas de P+L sejam aplicadas no setor de tingimento do denim, através da minimização do consumo de água e economia de matéria prima. No primeiro momento, a coleta de dados foi realizada por meio de dados secundários disponibilizados pela empresa estudada em meados de abril, por e-mail, consumo de água, tipos de tratamento físico químicos utilizados pela empresa, e na etapa seguinte por meio de dados primários extraídos a partir da observação *in loco* na empresa do processo produtivo e unidades de funcionamento como a estação de tratamento físico químico das águas de transbordo. Esses dados foram coletados em julho de 2018 em visita técnica à empresa com aproximadamente oito horas de coleta e observação de todo o processo produtivo e unidades de funcionamento. Além disso, foi desenvolvido um instrumento de coleta, o questionário semiestruturado dirigido ao gestor ambiental, conforme Apêndice C. Esse questionário foi elaborado baseado nos estudos de Medeiros et al (2007) que por meio da observação de todo o processo produtivo e fases da P+L comprovou que a empresa estudada por esses autores obteve melhorias, nos fatores relacionados ao departamento de recursos humanos, *inputs* e *outputs* do processo produtivo, além de possibilitar maior preservação ambiental e um aumento significativo da eficácia operacional, criando vantagem competitiva para a organização. Também foram examinados os estudos de Zagonel e Shultz (2009), cuja metodologia propunha análise dos documentos da empresa, pesquisas de campo, análise bibliográfica e observação dos processos produtivos da empresa estudada por eles. Alkaya e Demirer (2013) também fizeram a coleta de dados na empresa estudada por eles através do diagnóstico ambiental e ações de P+L utilizadas no setor produtivo.

Nessa etapa, foram também foram verificadas quais as ações da empresa referentes à estratégia de utilização da ferramenta de gestão P+L, em quais etapas do processo produtivo de tingimento havia maior urgência na melhoria contínua das ações e/ou em que etapas havia dificuldade de obtenção e continuidade da P+L.

Foram levantadas informações e estudos contidos na CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) que incentivaram a melhoria da qualidade ambiental através de ações contidas nas câmaras ambientais que geram troca de informações entre as empresas do setor têxtil. Dentre os levantamentos, os trabalhos de ruídos e vibração, lavanderias e resíduos, todos contidos na RESOLUÇÃO SMA NÚMERO 49 DE 28 DE MAIO DE 2014. (CETESB -MANUAL DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL, 2014).

Os dados coletados foram comparados com os manuais técnicos e procedimentos de implementação e eficiência do processo produtivo no setor têxtil, contidos na CETESB, principalmente nas etapas de tingimento. Essa analogia possibilitou a análise dos dados de forma a verificar que de fato a empresa segue os padrões propostos pelos manuais como as caixas de múltipla lavagem, trabalho contra fluxo corrente, de forma a garantir também o engajamento da alta diretoria na esfera ambiental. O objetivo foi informar que a empresa segue os padrões propostos pela CETESB.

Esse estudo promovido pela câmara ambiental menciona algumas técnicas operacionais para a melhoria do processo produtivo com o objetivo de reduzir a geração de resíduos sólidos, efluentes têxteis e a carga poluidora. Assim como a redução do consumo de água no processo de tingimento com os métodos de lavagem em fluxo contra corrente, por exemplo, e a redução do consumo de energia substituindo as caldeiras elétricas por outros sistemas de produção de vapor. Além de sugerir o monitoramento do rendimento e otimização da eficiência das caldeiras afim de mante-los entre 80 e 90% da capacidade normal das caldeiras alimentadas por combustão ou a gás.

Os licenciamentos ambientais também foram mencionados com a finalidade de mostrar que há uma exigência legal e uma ferremanenta do poder público para que ocorra um maior controle ambiental nas atividades empresariais.

Foram também verificadas alternativas de tratamento de efluentes têxteis para minimizar tanto a quantidade de águas residuais geradas, como a diminuição da coloração das águas de transbordo do tingimento do denim. Investigou-se a possibilidade de utilizar um tratamento biológico na empresa para as águas de transbordo e possíveis implementações de lavanderias que aumentarão o valor agregado do jeans bruto.

## **2. IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL**

### **2.1. Breve Histórico da Indústria Têxtil**

A revolução histórica da indústria têxtil pode ser entendida em quatro períodos importantes: a fase colonial, a fase de implantação, a fase da consolidação e a atual. O período colonial de 1500 à 1844 foi caracterizado pela descontinuidade da atividade têxtil. A política econômica era ditada pela metrópole que adotava medidas de estímulo ou restrição no cumprimento dos acordos comerciais com outros países. Em 1785 o Alvará de Dona Maria I mandou fechar todas as fábricas de tecido de algodão, lã e outras fibras, com exceção das que fabricavam artigos para escravos. O objetivo dessa ação era evitar que os trabalhadores agrícolas e extrativistas minerais migrassem do campo para a indústria manufatureira (SINDIMALHAS, 2017).

Com a chegada de Dom João VI ao Brasil, o Alvará foi revogado porém, o desenvolvimento da atividade industrial nacional não ocorreu. Isso porque em 1810 a metrópole assinou um tratado de aliança e comércio com a Inglaterra concedendo privilégios aos produtos ingleses. A partir de 1844, as tarifas alfandegárias subiram impulsionando um estímulo produtivo ao ramo têxtil. Em 1864 o Brasil já tinha um cultura algodoeira, substrato consumido em maior quantidade por este ramo, mão de obra abundante e um mercado consumidor em crescimento.

Alguns fatores econômicos também influenciaram a evolução da indústria têxtil, a guerra civil americana, a guerra do Paraguai e a abolição da escravatura. Assim, em 1864 estavam funcionando no Brasil 20 fábricas, contendo 15.000 fusos (utilizados em uma das etapas do processo de fiação das fibras) e 385 teares (SINDIMALHAS, 2017). Duas décadas após, aproximadamente em 1881, o crescimento desse setor resultou em 44 fábricas e 60.000 fusos, gerando cerca de 5.000 empregos, e no princípio da I Guerra Mundial os números correspondiam a 200 fábricas que empregavam 78.000 pessoas (SINDIMALHAS, 2017).

Na fase da consolidação, os artigos importados não entravam mais no país, pois os Estados Unidos e os países europeus estavam com os esforços concentrados na guerra, o que impulsionou o crescimento da indústria brasileira. Segundo o IBGE (2004), em 1919, a indústria têxtil empregava 105.116 trabalhadores, que representava 38,1% da quantidade empregada nas indústrias de transformação.

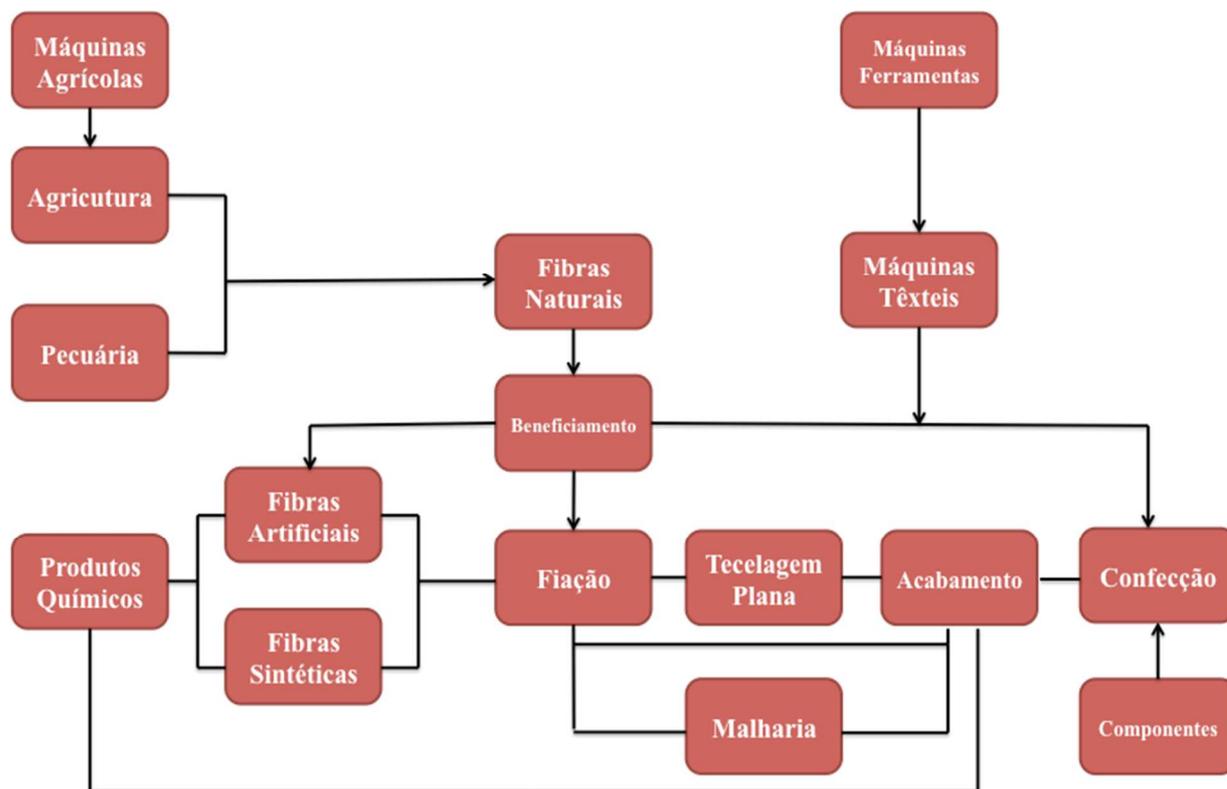
A crise de 1929 debilitou a economia mundial e proporcionou uma nova perspectiva para a indústria nacional, assim como durante a I Guerra, que forçou os países a produzirem internamente mercadorias necessárias para seu próprio abastecimento. Com a aparição da II Guerra, as fábricas de tecido foram ampliadas, produzindo mais para o mercado interno e exportando para mercados importantes como os Estados Unidos e a Europa. À medida que a II Guerra foi terminando, o contrato de exportações enfraqueceu e as atividades têxteis se ressentiam, um cenário que marcou de fato uma recessão no setor têxtil.

Por outro lado, a fase atual marcada desde a metade dos anos 50, do século passado, fez com que o setor têxtil passasse por grandes transformações, como por exemplo, incentivos fiscais e financeiros, possibilitando investimentos em modernização, ampliação e aumento das exportações de têxteis brasileiros (SINDIMALHAS, 2017).

## **2.2. Complexo Têxtil**

O complexo têxtil mundialmente compartilha a mesma estrutura produtiva, conforme Figura 01 e abrange vários segmentos tais como: produção de fibras, fiação, tecelagem, malharia, acabamento e confecção. Pode-se incluir neste ramo segmentos do setor agroindustrial, químico e de bens de capital, cuja responsabilidade está na provisão de matérias primas e equipamentos.

**Figura 01: Fluxograma da Cadeia Têxtil Mundial**

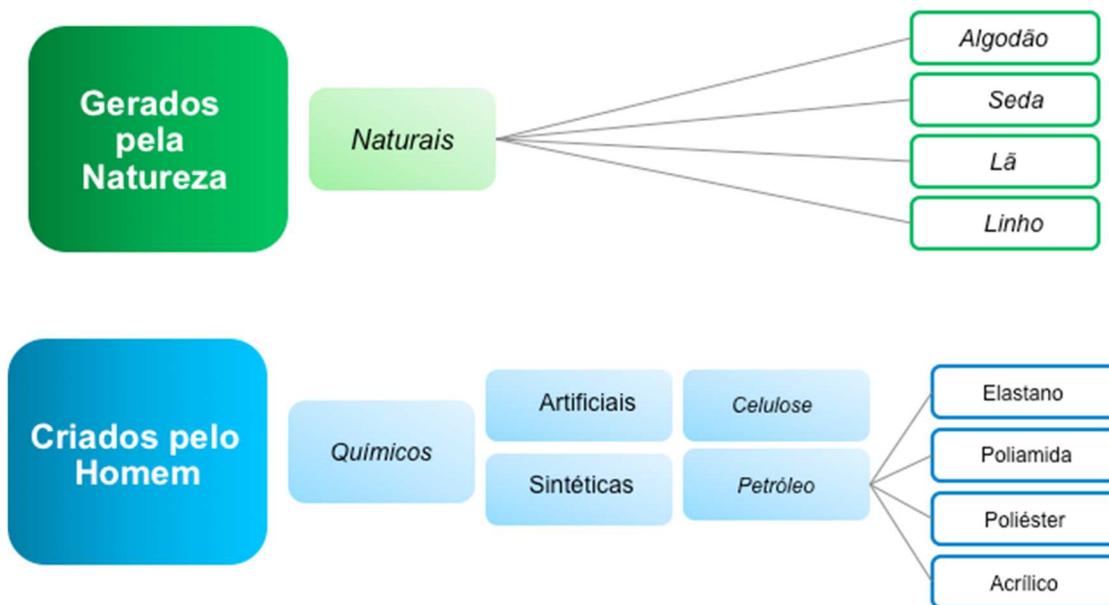


FONTE:( FEGHALI, DWYER 2010).

Conforme a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas - CB17) as fibras têxteis são classificadas em: naturais, provenientes da natureza, de origens diversas, animais, vegetais, como por exemplo, algodão, seda, lã, linho, juta, e químicas, divididas em artificiais e sintéticas. As artificiais cujas fontes são encontradas na natureza, passam por um processo químico em laboratório, por exemplo, Modal® (fibra celulósica, obtida a partir de uma árvore cujo nome é Faia e as moléculas de celulose são quebradas até a formação da polpa), conforme demonstram as Figuras 02 e 03, a seguir:

A Figura 01 não apresenta todas as flechas indicando a sequência do processo produtivo pelo fato da indústria têxtil não possuir uma estrutura verticalizada e nem conter todas as etapas produtivas.

**Figura 02: Classificação das Fibras Têxteis - ABNT**



FONTE: (INVISTA™, 2011).

**Figura 03: Produção da fibra de origem celulósica Modal®**



FONTE: (LENZING, 2017).

A fiação é um processo que transforma fibras têxteis em fios. Essa técnica pode ser à anel ou convencional, resultando em fios cardados, que possuem fibras mais curtas, gerando defeito na regularidade do fio (neps) e a formação de bolinhas (pilling). Os fios penteados são submetidos a penteadeira que é responsável por eliminar as fibras curtas e as impurezas garantindo um fio de melhor qualidade, resistência e alinhamento. Fios fantasias como, por exemplo, o buclê, chenille, metalizado, botonê, etc., possuem aspecto diferente na estrutura do fio e são provenientes de uma etapa de beneficiamento. Já os fios tintos são coloridos antes da etapa de tecelagem.

A tecelagem é responsável por transformar os fios em tecidos, seja através dos teares planos, que formam tecidos mais rígidos, fios na horizontal se entrelaçam com fios na vertical formando um ângulo de 90 graus, por exemplo, os tecidos jeans, e os utilizados na fabricação de produtos de cama, mesa e banho. Ou através da malharia, cuja finalidade é formar tecidos que se orientam em cursos e colunas formando laçadas.

Os tecidos podem ser classificados como: crus quando não sofreu acabamento a úmido após serem tramados e alvejados (branqueados). Tecidos tintos cuja coloração é a mesma ao longo de sua extensão, mesclados, resultado da mistura de fios ou fibras e dispostos irregularmente, estampados têm desenhos ou motivos obtidos por meio de técnicas específicas de aplicação de pigmentos ou corantes em áreas precisas.

O beneficiamento ou acabamento têxtil é uma etapa na qual os fios ou tecidos são tratados com a finalidade de melhorar as características físico-químicas, como toque, aspecto ou funcionalidades. As etapas de beneficiamento podem ser compreendidas como etapa inicial, em que a primeira operação é a limpeza, secundária em que os fios ou tecidos são tingidos ou estampados, e a etapa final que pode submeter o fio ou tecido a diferentes tratamentos que modificam a sua aparência ou lhe adicionam novas propriedades, tais como, antimanchas, antiparasitas, pré-encolhimento e etc.

Dessa forma, além do consumo elevado de recursos hídricos a indústria têxtil gera uma quantidade muito elevada de águas residuais que possuem elevada carga química. Os efluentes líquidos gerados nos processos produtivos têxteis não devem ser descartadas no meio ambiente sem que passem previamente por um tratamento que minimize os impactos ambientais de lançamento nos corpos hídricos. Normalmente, os tratamentos se baseiam na legislação ambiental vigente do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como a Resolução número 430 de 13 de maio de 2011 e em normas como a ABNT 13.969 de 1997.

Assim, a ferramenta de gestão ambiental P+L é uma alternativa para melhorar os processos produtivos, reduzir os impactos ambientais e diminuir os custos operacionais, além é claro de otimizar e diminuir o consumo de água limpa, que é o principal objetivo dessa pesquisa.

## 2.3. Índigo e o Denim

### 2.3.1 O Corante Índigo

A palavra índigo é derivada do grego *indi kone* do latim *indicum* e significa uma substância da Índia. O pigmento índigo era comercializado desde a época do Império Greco-Romano, é um dos pigmentos mais utilizados no mundo havia pelo menos 5.000 anos. Nos dias atuais é consumido como a cor tradicional das calças jeans. O uso do índigo ocorreu em várias civilizações e por muito tempo a capacidade de transformar o tecido branco em azul era uma habilidade desconhecida e valiosa, passada pelos tintureiros de geração em geração. A Figura 04 ilustra esse processo que durante muitos anos foi essencialmente artesanal.

#### Figura 04 - Tintura do Índigo no Século XX

FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).



O índigo natural é obtido através de diferentes espécies de plantas existentes em várias regiões mundiais conforme Tabela 02. A planta que dá origem ao índigo é semeada

uma vez por ano e as colheitas são realizadas duas ou três vezes ao ano. Após essa etapa, as plantas são desidratadas e submetidas à fermentação à úmido, por meio da bactéria *Clostridium Isatidis*, que é uma bactéria responsável por transformar o material orgânico da planta em material seco.

**Tabela 02 - Classificação da Planta Originária do Índigo**

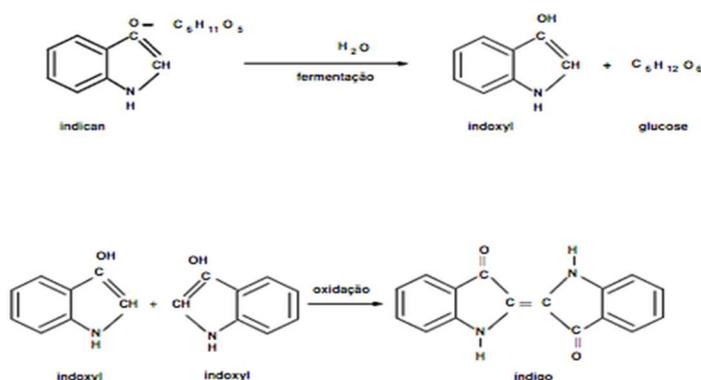
NOME CIENTÍFICO	REGIÃO
<i>Indigofera Arrecta</i>	África, Índia, Indonésia
<i>Indigoferas Suffruticosa</i>	América, África, Ásia
<i>Indigofera Tinctoria</i>	Ásia, Índia
<i>Isatis Tinctoria</i>	Ásia, Cáucaso, Europa

FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

A fórmula molecular do índigo é  $C_{16}H_{10}O_2N_2$  conforme demonstra a Figura 05. O *indican*, conforme demonstra a Figura 05, presente na planta em forma de glucosídeos, através da fermentação se divide em *indoxyl* e um tipo de açúcar (indigluцина). Em contato com o oxigênio do ar e a maceração com bastões, reoxida-se o índigo branco e o anil.

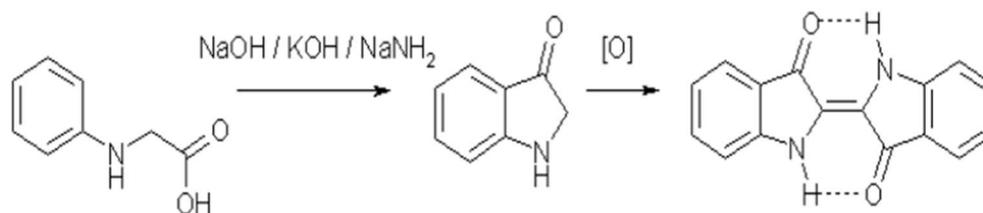
A maior parte dos corantes utilizados atualmente é produzido sinteticamente por meio da síntese da carboxifenila a 200°C com o hidróxido de sódio. Isso produz o ácido *indoxil-2-carboxílico*, um material que é decarboxilado (remoção do carboxilo) e oxidado no ar, formando o corante índigo através da reação química, conforme salienta a Figura 06.

**Figura 05 - Forma Molecular do Índigo**



FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

**Figura 06 - Processo Sintético de Produção do Índigo**



FONTE: (WELSCH, 2006).

Durante o processo de tingimento do denim, proximadamente 30% do corante utilizado vira efluente. Por essa razão, as águas residuais do tingimento geradas na indústria são caracterizadas por uma forte coloração e devem ser tratadas por sistemas biológicos ou físico químicos (BUSCIO, 2015).

Uma das vantagens de se utilizar o índigo para o tingimento do denim é a sua solubilidade em água, que é a capacidade que uma substância tem de se dissolver em outra.

### 2.3.2 - Características do Tingimento

Uma das características do tingimento com corante índigo é o método de tingimento sobre os fios de algodão. O índigo possui uma molécula pequena e baixa afinidade (capacidade de um corante de ser absorvido pelo substrato têxtil) pela fibra celulósica, ou seja, a absorção ou penetração da cor no substrato têxtil acontece superficialmente.

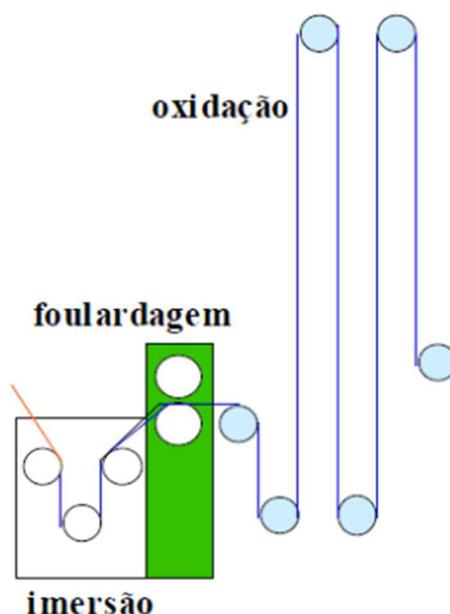
Para ser utilizado, além de ser reduzido em uma solução alcalina (uma solução também conhecida como básica), necessita de uma série de impregnações, seguidas de foulardagem (um processo onde o banho de tingimento força a transposição no interior do material têxtil a partir da força exercida por dois cilindros) e oxidação em contato com o ar para se obter um azul intenso sobre a fibra, de acordo com o a ilustração da Figura 07 (FERREIRA, LIMA, 2011).

Cada série de impregnação, foulardagem e oxidação são denominadas ciclo ou *dip*, e um tingimento em geral varia de 4 a 8 ciclos, conforme ilustra a Figura 08. No esquema abaixo é possível observar que os fios passam pelo *foulard* (uma espécie de cilindro) e através da imersão no banho de tingimento percorrem um caminho elevado para que em contato com o ar se oxidem.

O número ideal de caixas de tingimento depende da intensidade de cor almejada, ou seja, poucas caixas fornecem uma intensidade baixa e muitas caixas uma alta intensidade (FERREIRA, LIMA, 2011).

Outro fator é a solidez, que para uma mesma cor, quanto maior o número de caixas de lavagem maior será a solidez do tingimento, ou seja, menor será a concentração de índigo no banho de tingimento e maior será a fixação do corante na fibra (FERREIRA, LIMA, 2011).

**Figura 07 - Ciclo de Tingimento**

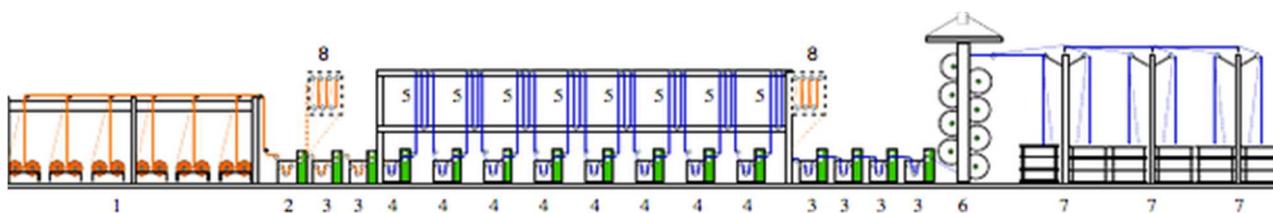


FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

Existem três tipos de tecnologias de tingimento de índigo que são as máquinas em corda, máquinas multi-caixas e máquinas *loop*. As figuras 08, 09 e 10, descrevem seus respectivos processos.

Nas máquinas em corda conforme esquema da Figura 08, os cabos (fios) são alimentados paralelamente. Após o tingimento os fios são abertos e re-urdidos (dispostos novamente em rolos, que é um processo de preparo à tecelagem) e seguem para a engomagem. A vantagem desse equipamento é a alta produtividade, a inexistência de paradas nas trocas de partidas de fios, excelente uniformidade da cor no tecido final, pouco desperdício de fio, alta solidez e eficiência no tingimento (FERREIRA, LIMA, 2011).

**Figura 08 - Processo de Tecnologia de Tingimento de Máquinas em Corda**



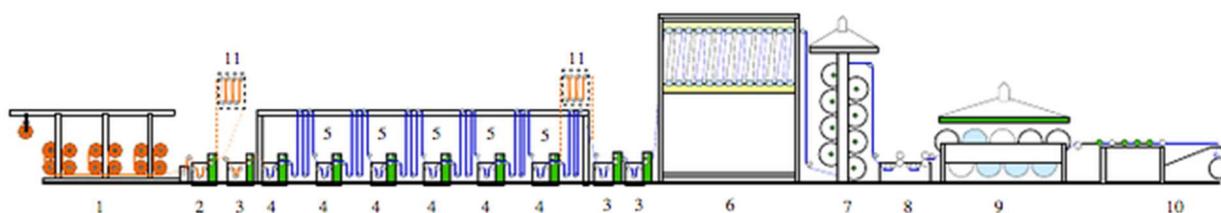
**NOMENCLATURA**

- 1 - gaiola das cordas urdidas
- 2 - caixa de umectação
- 3 - caixa de lavagem
- 4 - caixa de tingimento
- 5 - zona de oxidação
- 6 - secadeira
- 7 - lata de corda tinta
- 8 - vaporizador (opcional)

FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

Por outro lado, no sistema de tingimento que utiliza a tecnologia de multi-caixas, tal como demonstra a Figura 09, os rolos de urdume são agrupados e tingidos nas caixas de tingimento que podem variar de quatro a oito caixas. As vantagens desse maquinário são a instalação completa, a possibilidade de tingimento de fios finos para camisaria, baixo volume de banho de tingimento, flexibilidade na troca de artigo, maior elasticidade dos fios em relação à máquina de cordas e adequada para tingimento do denim colorido (FERREIRA, LIMA, 2011).

**Figura 09 - Processo de Tecnologia de Tingimento de Multicaixas**



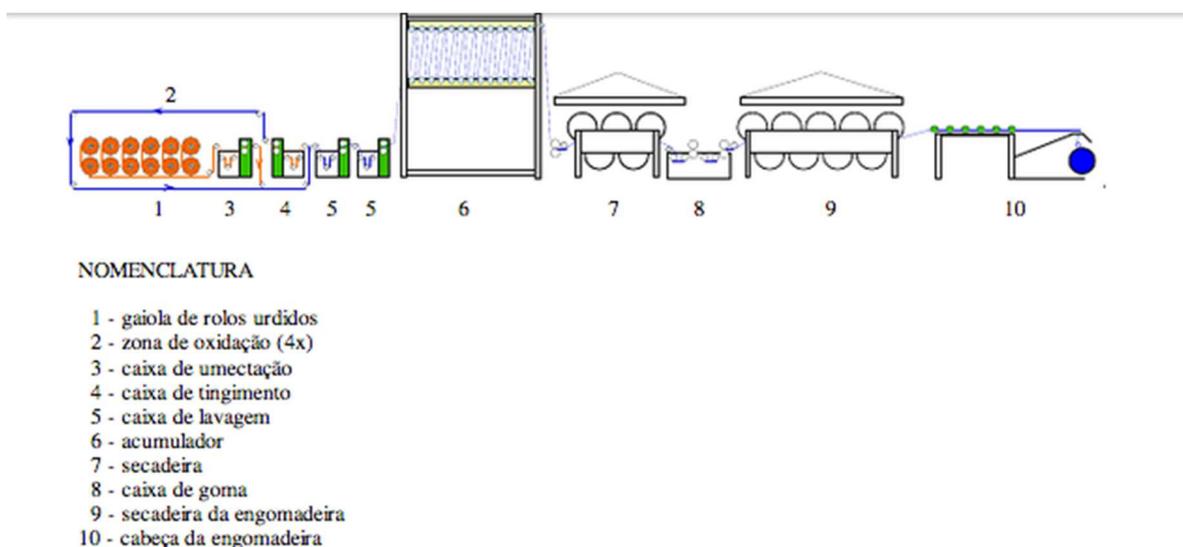
**NOMENCLATURA**

- 1 - gaiola dos rolos urdidos
- 2 - caixa de umectação
- 3 - caixa de lavagem
- 4 - caixa de tingimento
- 5 - zona de oxidação
- 6 - acumulador
- 7 - secadeira
- 8 - caixa de goma
- 9 - secadeira da engomadeira
- 10 - cabeça da engomadeira
- 11 - vaporizador (opcional)

FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

Já na Figura 10 o processo de tecnologia de tingimento tipo *loop* reduz as caixas de tingimento em uma única caixa, com o urdimento passando quatro vezes pela mesma caixa, com uma oxidação do corante em cada passagem. As vantagens de se utilizar esse sistema são as instalações mais compactas, produção contínua desde os rolos de urdideira até os rolos da engomadeira, baixo volume do banho de tingimento, flexibilidade na troca de artigos e títulos (espessuras) finos (FERREIRA, LIMA, 2011).

**Figura 10 - Processo de Tecnologia de Tingimento Tipo Loop**



FONTE: (FERREIRA, LIMA, 2011).

A característica mais importante em um processo de tingimento do denim é a coloração do algodão. Ela precisa ser constante e controlada fardo a fardo, e utilizar algodões de mesma procedência para que se tenha reprodutibilidade da cor. A preparação do urdimento, o tingimento e a engomagem são fundamentais na produção do denim e a qualidade do tingimento do denim está atrelada à velocidade da máquina ser constante (FERREIRA, LIMA, 2011).

O consumo de água no processo de tingimento do denim é bastante elevado. Algumas alternativas de caixas de múltipla lavagem são recuperaram o banho de tingimento sem a necessidade de se dispendir ainda mais desse recurso hídrico. Nesse sentido, a P+L reduz o consumo de água por meio das menções de alternativas de reúso e reaproveitamento, e surge com a intenção de melhorar os processos produtivos e a eficiência deles no que tange à minimização de desperdícios de matéria prima como água e energia com benefícios ambientais e econômicos para os sistemas produtivos.

### 2.3.3 - Histórico do Jeans

A história dos jeans iniciou-se em *Nimes*, na França. O jeans foi fabricado pela primeira vez por volta de 1792 e rapidamente começou a ser conhecido por essa nomenclatura o tecido de *Nimes*, expressão que com o tempo foi abreviada para *denim*.

O jeans por ser um tecido robusto e durável foi utilizado essencialmente em roupas para trabalho no campo e pelos marinheiros italianos que trabalhavam no porto de Génova. Um jovem alemão, de nome Levi Strauss, começou a vender lona para as carroças dos mineiros e ao perceber que as roupas dos mineiros não eram adequadas para o desgaste que sofriam, levou um deles a um alfaiate e fez umas calças com o tecido que vendia para cobrir as carroças, que era o jeans. Inicialmente de cor marrom, as calças criadas por *Levi Strauss* rapidamente se tornaram um sucesso para os mineiros da Califórnia. Existia um retorno dos mineiros que o tecido era pouco flexível, dessa forma, *Levi Strauss* resolveu procurar um tecido que fosse ao mesmo tempo resistente, durável, flexível e confortável de usar. Assim, decidiu procurar esse tecido na Europa, continente mais desenvolvido na época, tendo encontrado e passado a usar o tal tecido de *Nimes*, feito de algodão sarjado (um tipo de ligamento de tecido denominado sarja, que normalmente é formado por uma repetição mínima de três fios de urdume e trama formando uma diagonal).

O primeiro lote de calças da *Levi Strauss* tinha como código o número 501, que acabou se tornando o modelo mais famoso e clássico da Levi's. As calças jeans tiveram uma melhora na sua estrutura e modelagem. Em 1860 foram acrescentados os botões de metal e em 1886 começou-se a costurar a etiqueta de couro no cós das calças.

A cor azul índigo, tão popular nos jeans atuais, só começou a ser utilizada em 1890 e foi uma estratégia para tornar o jeans mais atraente. Os bolsos traseiros apenas surgiram em 1910 e a popularidade mundial dos jeans começou por volta da década de 30, através de filmes de sucesso que retratavam os famosos *cowboys* americanos. A Segunda Guerra Mundial popularizou a imagem de virilidade que o tecido denim representava, pois era utilizado nas fardas do exército Americano (HISTÓRIA DAS COISAS, 2010).

A crise econômica de 1929 nos Estados Unidos transformou a Levi's 501 em uma imitação de calça utilizada por trabalhadores. Nesse período de crise, os grandes fazendeiros do oeste abriram suas propriedades ao turismo e os ricos americanos do leste embarcaram em uma onda de lazer. As boutiques chiques de *Nova York* passaram a encomendar a calça jeans Levi's 501 (SUPER INTERESSANTE, 2016).

Os estudantes universitários que antes usavam ternos para ir às escolas passaram a

usar jeans. Os artistas também trocaram as roupas sociais pelas roupas de lazer, casuais que antes eram usadas em ambientes profissionais. As calças jeans ganharam novos adjetivos: liberdade, igualdade e ausência de classe. Assim, o jeans ganhou o seu estatuto mais democrático, as classes operárias adquiriram mais roupas de lazer e a classe média, influenciada pelo cinema e pela música passaram a consumir esse estilo.

Contudo, o jeans deixou de ser uma simples peça do vestuário passando a se tornar um ícone do vestuário, sinônimo de bem estar, modernidade e conforto. Usar calças feitas com esse tecido era uma forma de protestar contra o conformismo da época.

Na década de 70, os *hippies* vieram para fortalecer ainda mais o vínculo entre estilo de vida e o jeans. Eles foram os pioneiros a customizar o jeans, criando modelos e estilos para diferencia-lo, como por exemplo, a calça boca de sino. A imagem das calças jeans foi transformada pelos jovens, que alteraram e personalizaram as suas próprias calças com flores, símbolos, cortes, costuras e pinturas.

#### **2.3.4. O mercado do Jeans**

A indústria têxtil é competitiva na cadeia produtiva do algodão que responde a 60% da indústria têxtil nacional. O Brasil é o segundo maior produtor de denim do mundo, aproximadamente 45 milhões de metros por mês, logo após a China. (IPTM CETIQT, 2007).

A principal empresa fabricante do artigo denim é a Vicunha Têxtil que possui uma produção de 12 milhões de metros por mês, situando-a no *ranking* da maior fábrica de denim do mundo (IPTM CETIQT, 2007).

O Brasil é o quarto produtor mundial de índigo, sua capacidade de produção é 250 milhões de metros lineares por ano, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (600 milhões de metros lineares por ano) da China e do México (300 milhões metros lineares por ano). Em relação ao consumo, somos o quarto maior mercado (mais ou menos 110 milhões de metros lineares por ano), atrás dos Estados Unidos (1250 milhões de metros lineares por ano), do Japão (300 milhões metros lineares por ano), (GORINI 2000).

A produção de denim teve uma queda em 1998 com o surgimento de tecidos mais leves no mercado e por influências sazonais e de moda. O segmento do denim no Brasil vem passando por muitas alterações desde a década de noventa, com a abertura do mercado nacional. Nessa época ocorreram inúmeras transformações nas estruturas industriais e nos investimentos em modernização e expansão da capacidade produtiva da indústria do jeans.

Assim mudanças surgiram no incremento da qualidade e na modernização das etapas produtivas, desde a abertura do algodão, a fiação, tingimento do fio de urdume e a tecelagem. O mercado brasileiro e o internacional evoluíram na produção de artigos diferenciados e com maior valor agregado.

Tecidos com tecnologias diferentes foram criados e passaram a utilizar misturas com fibras químicas como o elastano e o poliéster, além de acabamentos especiais, como, por exemplo, um tecido em que o avesso é colorido ou estampado.

O segmento de jeans conta com 6,2 mil empresas produtoras, que representam, 22,4% do total das confecções de vestuário em geral. Essas empresas empregam 319,5 mil trabalhadores, ou seja, 26,3% do pessoal ocupado na indústria do vestuário. A sua maior concentração ocorre no Sudeste, mas possui, também, forte representação no Sul e Nordeste do País, com destaque para os estados do Paraná, Pernambuco e Ceará (BBC BRASIL, 2017).

O ciclo produtivo do jeans conforme ilustra a Figura 11, aponta que aproximadamente 10.000 litros de água são utilizados na produção do jeans, e para cada peça produzida são emitidos trinta e dois quilos de gás carbônico  $\text{CO}_2$  (BBC BRASIL, 2017).

**Figura 11 - Infográfico Ciclo Produtivo do Jeans**



FONTE: (BBC BRASIL, 2017).

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.. Dessa forma, o consumo de água deve ser observado e controlado para seja usufruído de forma consciente e sustentável, uma vez que não se pode esquecer-se do caráter essencial do recurso natural hídrico para a sobrevivência humana e a continuidade dos processos têxteis de tingimento, como por exemplo, o denim. Não se pode negligenciar a emissão do gás carbônico que causas inúmeros prejuízos à atmosfera e ao meio ambiente uma realidade e potencialização do aquecimento global.

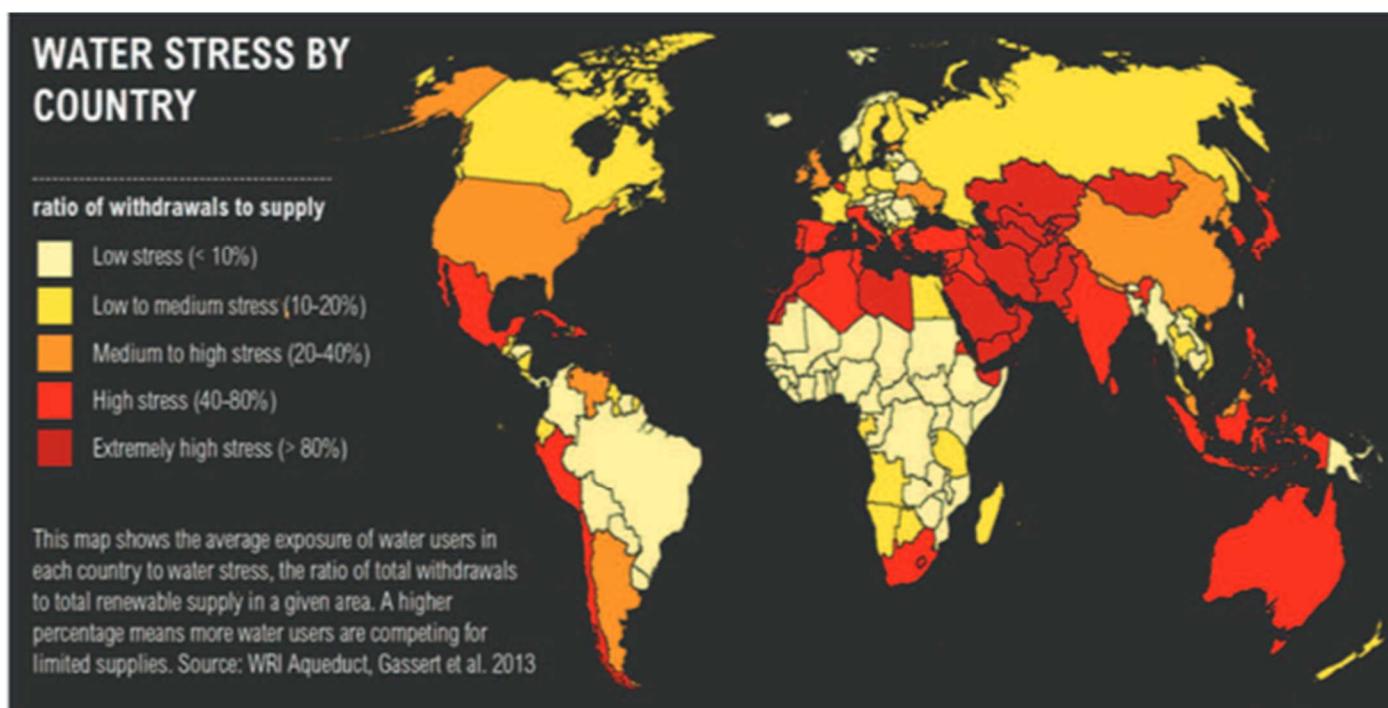
## 2.4. A Água no Mundo

A água apta para o consumo humano é 3% do total da água existente no mundo, sendo que 68,9% da água doce se encontra nas geleiras e nas calotas polares, e 29% é água subterrânea. O ser humano só tem acesso a 0,3% de água doce presente na terra, e um dos maiores desafios será a qualidade da água e principalmente a sua gestão (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com as Nações Unidas, 2009, a população mundial cresce em um ritmo de 80 milhões de pessoas por ano, o que indiscutivelmente aumenta o consumo de água doce, um valor aproximado de 64 milhões de metros cúbicos por ano. Há uma previsão das Nações Unidas de que em 2030 47% da população mundial viverão em regiões com estresse e escassez hídrica.

Na Figura 12, o mapa valida a exposição média dos usuários de água em cada bacia hidrográfica ao estresse hídrico e a relação entre as retiradas totais e a oferta montante renovável em uma determinada área. Na legenda são indicados percentuais informando que os usuários de água estão competindo por suprimentos cada vez mais limitados. As regiões mais escuras no mapa revelam um maior estresse hídrico, por exemplo, em alguns países da África, especialmente territórios marcados por conflitos e guerrilhas internas.

**Figura 12- Indicador de Estresse Hídrico Global**



FONTE: (WORLD RESOURCE INSTITUTE, 2013).

No *Kuwait*, país com a menor disponibilidade de água do mundo, a luta por esse recurso é uma prioridade visto que o Estado importa uma grande quantidade de água e também recorre a técnicas de dessalinização da água do mar. Esse procedimento também é muito utilizado por Israel que faz proveito das águas subterrâneas e da exploração do Rio Jordão para irrigação (WORLD RESOURCE INSTITUTE, 2013).

O estresse hídrico não se limita à escassez de água, mas também ao saneamento que pode ser uma das causas dessa condição desfavorável. O consumo humano requer que a água seja limpa e tratada.

As águas superficiais, aquelas que não penetram no subsolo e correm ao longo da superfície do terreno, e acabando por entrar nos lagos, rios ou ribeiros, são poluídas pelo lançamento de esgoto, efluentes industriais e até mesmo venenos usados em larga escala na agricultura. No Brasil, 73% dos municípios são abastecidos com águas superficiais, sujeitas a todo tipo de poluentes (ASSOCIAÇÃO O ECO, 2018).

Segundo a O ECO uma organização não governamental, a concentração urbana tem sido sinônimo de degradação ambiental, inclusive as águas profundas também são atingidas pelo estrago e exploração em excesso.

A falta de saneamento adequado na região Nordeste, por exemplo, no Brasil fez com que o esgoto alcançasse poços. Nos últimos anos intercorreu um aumento significativo no consumo de água subterrânea no País, outrossim, a situação tem-se exacerbado ainda mais pela ausência de uma política pública de saneamento básico, que tem se mostrado volúvel e insuficiente em todas as instâncias da administração pública Federal, Estadual e Municipal.

O estresse hídrico é, portanto, maior nas regiões que concentram maior população, não necessariamente nas mais secas. Hoje, as áreas urbanas consomem 60% da água doce do planeta e, se confirmadas as projeções da ONU, até 2050, 70% da população mundial estará concentrada em grandes cidades, causando maior pressão a um sistema que apresenta sinais de insustentabilidade (ASSOCIAÇÃO O ECO, 2018).

Nesse caso, os sistemas hídricos precisam de uma regulamentação e auditorias do sistema proposto pela CETESB em que a gestão da água é uma proposta de melhoria, não só na qualidade ambiental da região, mas uma prerrogativa das características do ciclo hidrológico e suas limitações, de forma a administrar a água com a adoção de práticas mais sustentáveis.

## 2.5. Câmaras ambientais e a CETESB

Em 1995 foram estabelecidas as Câmaras Ambientais, colegiados constituídos no âmbito da CETESB, de caráter propositivo e consultivo, que têm como meta promover a melhoria da qualidade ambiental por meio da interação permanente entre o poder público e os setores produtivos e de infraestrutura do Estado.

As ações da Câmara Ambiental Têxtil visam fortalecer a parceria e a troca de experiências com o setor produtivo têxtil e garantir avanços na informação ambiental. Houve um levantamento das principais necessidades que foram encaminhadas por meio de diversos grupos de trabalhos: ruído e vibração, constituído em 15.04.1998; licenciamento, constituído em 15.04.1998; lavanderias, constituído em 05.11.1998 e resíduos, constituído em 13.09.2001 entre outros (RESOLUÇÃO SMA No 49, DE 28 DE MAIO DE 2014).

As práticas ambientais tornam-se cada vez mais periódicas e são solicitadas às empresas no intuito de otimizar a utilização de insumos e gerar menos poluentes. Além disso, configura as instituições de uma maneira mais competitiva atrelada a uma maior eficiência ambiental e econômica.

A CETESB mantém-se atualizada às questões ambientais no Estado com a intenção de institucionalizar as formas de prevenção à poluição na Indústria Têxtil. Para isso, realizou um estudo que auxilia as empresas na escolha das melhores alternativas de práticas ambientais, reduzindo custos, geração de resíduos e aumentando a eficiência dos processos produtivos (CETESB, 2001).

Nesse estudo, foram citadas técnicas operacionais para melhoria do processo produtivo com o objetivo de reduzir a geração da carga poluidora. São apresentadas também, recomendações técnicas, visando a otimização do sistema de tratamento de efluentes líquidos, tendo em vista que medidas de prevenção à poluição implementadas, refletem diretamente na eficiência do tratamento (CETESB, 2001). As técnicas mencionadas são: utilizar caixas de múltiplas lavagens, lavagens contra fluxo corrente, utilizar procedimentos físico químicos ou biológicos para tratamento de efluentes líquidos, mapear possíveis possibilidade de reúso de água tratada, armazenar e utilizar água da chuva para abastecimento da empresa, substituição dos processos convencionais de aquecimento de água que consumam menos energia.

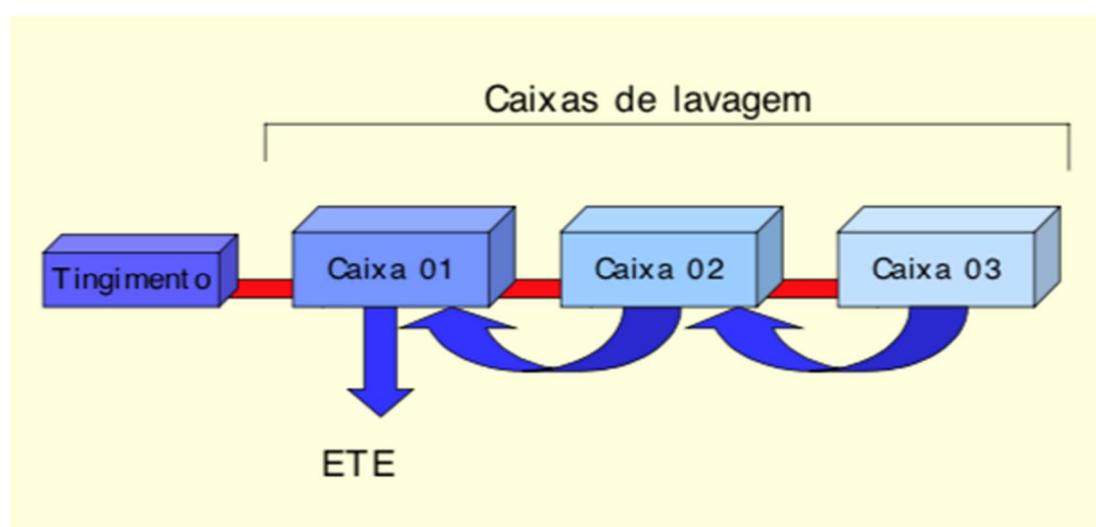
Algumas técnicas para eliminação da cor do efluente industrial, que possibilita a reutilização da água no processo produtivo, também fazem parte dessa compilação. Essas

recomendações técnicas visam o melhor aproveitamento do sistema de tratamento de efluentes líquidos, como a redução do consumo de água e energia.

### 2.5.1. Redução do consumo de água no processo de tingimento

Nos processos contínuos é recomendado reutilizar a água em processo contra corrente conforme esquema da Figura 13. Os procedimentos contínuos são aqueles cujas etapas de tingimento permitem que o material têxtil seja tratado sem que ocorram paradas no processo, que necessitam de caixas de lavagem sucessivas. Nesse sistema é possível reutilizar as águas do processo de resfriamento, padronizar a quantidade de águas utilizadas no processo. Após o tingimento é possível armazenar o banho do processo, e refazer sua composição para reuso em um novo tingimento. Isso proporciona uma economia de consumo de água e insumos, reduzindo a carga orgânica enviada à estação de tratamento de efluente. Também recomenda-se utilizar jatos de água sob pressão na lavagem de pisos e equipamentos. Nas caixas de goma é recomendado reutilizar as águas de lavagem dos cozinhadores, na composição de uma nova receita de goma e reaproveitar as águas de enxágue dos tingimentos claros para as primeiras lavagens dos tingimentos escuros. □

**Figura 13- Esquema de Lavagem em Fluxo Contra-Corrente**



FONTE: (CETESB, 2001).

### **2.5.2 Redução do Consumo de Energia**

As caldeiras industriais empregadas na produção de vapor de água, no aquecimento de fluídos térmicos e os sistemas de condução e transferência de calor são fontes de desperdício de energia, quando não estão adequadamente dimensionadas ou apresentam falhas na operação e manutenção. Isso acarreta a elevação nos custos da produção industrial.

Apesar das caldeiras elétricas apresentarem uma série de vantagens, como o alto rendimento, o seu uso se tornou proibitivo em virtude da energia elétrica ter um valor muito mais elevado do que as outras fontes de energia. Além disso, notam-se medidas de racionamento de energia elétrica para enfrentar a atual exiguidade energética no País.

Uma medida de economia de energia em um sistema de produção de vapor é monitorar o rendimento da caldeira, evitar perdas de calor, operar em rendimento otimizado com eficiência entre 80 e 90% da sua capacidade normal. Além disso, verificar e eliminar vazamentos de vapor em toda a linha de produção, como flanges, uniões e válvulas e dimensionar as tubulações de forma adequada, pois eles aumentam as perdas de energia por troca térmica com o meio.

Consequentemente os licenciamentos ambientais propostos pelos órgãos públicos são uma maneira de reforçar as condutas ecossistêmicas corretas do ponto de vista econômico, social e político das empresas, de maneira que as situem em um cenário mais adequado a utilização de recursos naturais, como por exemplo, a água.

## **2.6. Licenciamento Ambiental**

Licenciamento ambiental é uma exigência legal e uma ferramenta do poder público para o controle do ecossistema. Em muitos casos, apresenta-se como um desafio para o setor empresarial, pois por meio dele, a administração pública busca exercer o necessário controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais (IBAMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

O licenciamento ambiental de iniciativas públicas ou privadas, em potencial ou efetivamente causadores de degradação ambiental, deve ser realizado com base em um levantamento técnico complexo que tem por objetivo identificar, prever e interpretar as conseqüências sobre o meio ambiente, entendido no âmbito da Resolução CONAMA 001/86, de uma determinada atividade ou obra. De acordo com o porte do empreendimento,

da área de inserção e da capacidade de suporte do meio, outros estudos deverão ser apresentados.

O RAP (Relatório Ambiental Preliminar), deve abordar a interação entre elementos dos meios físico, biológico e socioeconômico, buscando a elaboração de um diagnóstico simplificado da área do empreendimento e entorno. Esse documento deverá conter o resumo dos impactos resultantes da implantação do empreendimento e a definição das medidas paliativas de controle e compensatórias, se for necessário ou se aplicar. Esse roteiro destina-se a empreendimentos ou atividades que não dispõem de um roteiro específico previsto em instrução normativa do órgão licenciador e apresenta o conteúdo mínimo a ser contemplado.

O EAS (Estudo Ambiental Simplificado), um estudo técnico que oferece elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos ou atividades consideradas em potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente, com o objetivo de obtenção da Licença Ambiental Prévia – LAP. Esses parâmetros estão previstos pelas Resoluções CONAMA 01/1986 e 237 de 1997, Resolução SMA 49 de, 28 de maio de 2014.

Dessa forma, por se tratar de uma atividade que consome quantidades elevadas de recursos naturais como água e energia, a indústria têxtil pode ser um veículo de informação às licenças ambientais para que elas possam ser mais eficazes na redução de geração de resíduos, efluentes têxteis, melhora na eficiência do processo produtivo e redução de custos. As normativas ambientais também podem adotar ferramentas de gestão como, por exemplo, a P+L que proporciona um fluxo de processo produtivo mais eficaz, além de melhorar a imagem competitiva da empresa. As ações de P+L no mundo refletem em práticas com menor impacto ao meio ambiente, que é o assunto a ser discutido na próxima seção.

### 3. INDÚSTRIAS TÊXTEIS E A P+L

#### 3.1. Desenvolvimento da P+L em indústrias têxteis

De acordo com Chen e Burns (2006), o consumo mundial de têxteis é estimado em mais de 30 milhões de toneladas por ano, o que causa grande impacto ambiental durante a produção.

A Turquia é um grande produtor do segmento têxtil, além de ser referência mundial de tecidos de alta qualidade. É o 3º maior exportador têxtil da Europa US\$ 8 bi, em 2011, o 6º maior exportador de vestuário do mundo US\$16,5 bi, em 2011 e o 2º maior fornecedor de vestuário para a Europa US\$13 mi, em 2011 (TEXTILIA, 2012).

A Índia é o segundo maior exportador de têxteis mundiais com uma produção de US\$ 20.030 bilhões (BNB, 2015). A Índia é o maior produtor mundial de algodão e de juta, além de ser o segundo maior produtor de seda. Além da abundância de matérias-primas, o país tem uma vantagem competitiva por possuir mão de obra qualificada e ter baixos custos de produção em relação a outros importantes produtores têxteis (EMBAIXADA DA ÍNDIA, 2015).

A indústria têxtil é uma das atividades mais antigas da humanidade e figura como um dos setores mais importantes da economia mundial. Entre os 15 maiores produtores de têxteis mundiais, oito estão no continente asiático, com destaque para China, Índia, Paquistão, Indonésia, Taiwan, Coreia do Sul e Tailândia, que estão entre os dez primeiros colocados. Já entre os 15 maiores produtos de itens do vestuário, nove são asiáticos sendo que China, Índia e Paquistão ocupam as três primeiras colocações. Nesse cenário, a China ocupa uma posição de destaque e é responsável por mais de 50% da produção mundial de têxteis e de 47% da produção de peças de vestuário (GOTEXSHOW, 2017).

A Finlândia por possuir muitas florestas se destaca na atividade têxtil como produtora de fibras de celulose. Esse país se destaca pelo design inovador dos artigos produzidos no setor têxtil. Através das pesquisas para desenvolver e melhorar fibras já existentes, utiliza a reciclagem como forma de reduzir o uso de água em seus processos produtivos (EMBAIXADA DA FINLÂNDIA, 2017).

A Áustria é a maior produtora de fibras viscosas do mundo (fibras artificiais cuja origem encontra-se na madeira e o processo de formação consiste em quebrar moléculas de celulose). A Áustria possui mais de 280 empresas têxteis e exporta 80% de seus produtos (ADVANTAGE, ÁUSTRIA, 2018).

O Brasil possui um polo têxtil desenvolvido, complexo e distribuído em algumas regiões do País como nordeste e sul. Está entre os maiores produtores de artigos têxteis do mundo, é o quarto maior produtor de malhas do mundo, e o segundo maior produtor de denim, segundo a Gotexshow, (2017). A P+L tem sido de fundamental importância para essa atividade especificamente nas empresas que possuem o setor de tingimento, responsável pelo maior consumo de água das empresas.

### **3.2. Cenário internacional**

A Contribuição da indústria têxtil turca para a produção mundial de têxteis e confecções, é de cerca de 4%, classificando o país em oitavo lugar em todo o mundo (TMOSIT, 2012).

A Turquia é um país líder em fabricação e exportação de têxteis e vestuário com uma participação de 3,6%, 8º lugar no mundo. Esse País ocupa o 3º lugar na exportação têxtil e de vestuário para os países da União Europeia (UE), 7º lugar na produção de algodão, 4º lugar no consumo de algodão, 5º grau na produção de fios de fibra e 4º posto em fios abertos produção no mundo. Além disso, a Turquia tem o segundo lugar na produção de algodão orgânico (MOIT, 2012).

Segundo o Instituto de Estatística da Turquia – TSI (2008), a indústria têxtil e de vestuário é responsável por 15% do consumo industrial de água (191,5 milhões de m<sup>3</sup>), o que o torna o 2º maior consumidor industrial de água em todo o setor manufatureiro turco.

Um estudo de produção sustentável com alternativas de P+L em uma indústria têxtil turca foi considerado um exemplo bem sucedido de adoção de prevenção e controle da poluição, com realizações econômicas e ambientais. (ALKAYA, DAMIRER, 2014). As vantagens econômicas obtidas nessa indústria com a implementação da produção sustentável, indicaram a redução dos custos de produção e de instalações caras, que fazem o controle de poluição no final da tubulação.

Além disso, os impactos na saúde e no meio ambiente dos trabalhadores das fábricas têxteis e da comunidade do entorno também foram reduzidos. As conquistas através de abordagens de produção sustentáveis foram inúmeras, por exemplo, economias de água entre 15 e 79% (COMISSÃO EUROPEIA, 2003; NCDENR, 2009; SHAIKH, 2009).

Ao investigar os benefícios ambientais e econômicos em uma indústria de fabricação de tecidos em Bursa, na Turquia (MOIT 2012), verificou a aplicabilidade de diferentes medidas de produção sustentável no setor têxtil, pois devido ao uso excessivo de água, energia, vapor e produtos químicos, corantes em processos úmidos, a indústria têxtil produz vários tipos de resíduos, incluindo principalmente as águas residuais, resíduos sólidos, gases e emissões de calor. As águas residuais dos processos têxteis contêm cargas significativas de matéria orgânica, sais e corantes.

Na avaliação de Alkaya e Damirer (2014), em uma empresa em Isparta na Turquia, o controle de prevenção da poluição no processo de tingimento da fibra de lã indicou que os consumos médios de água nos processos de tingimento, acabamento e geração de vapor foram de 74 e 17% do consumo total de água, respectivamente. Além disso, as águas residuais provenientes de processos de tingimento e acabamento constituíam 80% do fluxo total de águas residuais, cuja destinação final era o esgoto.

Alkaya e Damirer (2014) mostraram que existem diversas práticas de aplicação da ferramenta de gestão (P+L) na indústria têxtil em alguns países, e estudaram a avaliação do desempenho ambiental indicando que existem potenciais de melhoria bastante importantes no consumo de água e na geração de águas residuais associadas, bem como no consumo de energia e sal (NaCl). É defendido nesses estudos que, em uma fábrica de têxteis onde os processos úmidos estão em vigor, o alto consumo de água não é apenas uma questão importante, mas também transversal, influenciando o resto das áreas, incluindo a geração de águas residuais, o consumo de energia e o uso de produtos químicos. De acordo com a Comissão Europeia (2003), substituindo cada enxague em excesso por dois ou quatro ciclos de imersão, é possível uma redução de 50% do consumo de água.

Como resultado dessas aplicações, o consumo total de água da empresa diminuiu 40,2%, enquanto a quantidade gerada de águas residuais foi reduzida em 43,4%. Segundo Alkaya e Damirer (2013), o consumo total de energia da empresa diminuiu 17,1%, enquanto as emissões diretas de CO<sub>2</sub> que estão diretamente relacionadas com o consumo de gás natural diminuíram 20,2%. Assim, o consumo total de sal (NaCl) da empresa

diminuiu 46,0%. O período de recuperação das implementações foi calculado em aproximadamente 1,5 meses.

Já Ozturk et al (2014) avaliaram que o resultado das aplicações de otimização de processos com as estratégias da P+L, através da reutilização, recuperação, modificações das máquinas, melhorias nas práticas de gerenciamento, para uso eficiente da água foram muito satisfatórios em uma indústria têxtil turca produtora de lã. Após a implementação da P+L houve a redução de 40,2% no consumo total de água e as águas residuais foram reduzidas em 43,4%. Assim, o consumo total de energia da empresa diminuiu 17,1%, enquanto as emissões diretas de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) que estão diretamente relacionadas com o consumo de gás natural diminuíram 20,2%. De acordo com os autores o uso de sal no processo de tingimento diminuiu 46,0% e o retorno do investimento nos processos e implementação da ferramenta de gestão foi calculado em aproximadamente 1,5 meses.

Com os crescentes problemas ambientais na China, uma P+L foi implementada em todas as regiões. Os governos regionais chineses desempenharam um papel de liderança para promover a implementação da P+L através de medidas que incluem a coordenação das partes interessadas, o apoio financeiro, a estipulação de políticas adequadas e a realização de programas de capacitação.

A P+L é uma estratégia para reduzir os impactos ambientais, minimizar a poluição em sua origem nos processos produtivos resultando em um incremento na competitividade das empresas.

A P+L é uma estratégia ambiental preventiva, cuja participação voluntária e outros incentivos positivos têm sido amplamente utilizados para incentivar as indústrias a implementarem essa ferramenta em todo o mundo. No entanto, levando em consideração características específicas da indústria têxtil e novos requisitos de gestão ambiental na China, a Lei de Promoção da P+L propõe o uso de auditorias obrigatórias como medidas inovadoras para o avanço dessa ferramenta de gestão ambiental (BAI et al 2015).

No entanto, a China encontrou desafios significativos na melhoria em larga escala do desempenho ambiental das indústrias têxteis. Fatores como a dificuldade de incorporar os recursos institucionais, financeiros e técnicos, das pequenas e médias empresas, impediram eventuais adoções das estratégias de P+L.

Como o sexto maior setor da indústria de consumo de energia na China, a indústria têxtil enfrenta grandes desafios na redução das emissões de gases de efeito estufa (HUANG et al 2016).

Os fabricantes industriais são obrigados a adotar tecnologias de conservação de água e controle de poluição devido à crescente escassez de água, especialmente na indústria têxtil. Para auxiliar os produtores têxteis chineses, Lizhu Chen, et al 2016 desenvolveram algumas estratégias de avaliação de desempenho de controle e conservação de água, utilizando as ferramentas de gestão P+L.

Essa ferramenta inclui a redução de três indicadores: remoção, consumo e aproveitamento de água. A técnica de reutilização de efluentes de baixa poluição em uma fábrica de tingimento de flanelas de poliéster demonstra que é possível tomar medidas de melhorias específicas de controle de poluição aos fabricantes do setor têxtil.

Na Áustria a P+L utilizando o método Russo TRIZ (Teoria da resolução de problemas inventivos), foi aplicada em várias empresas nos últimos 20 anos para resolver diferentes problemas, dentre eles *Procter & Gamble, Ford Motor Company, Boeing, Philips Semiconductors, Samsung, LG Electronics*. Essa metodologia TRIZ oferece ferramentas para desenvolver ações de melhoria de processos, sem a necessidade de conhecimento tecnológico específico sobre o processo que deve ser melhorado.

O uso do TRIZ na P +L não está documentado até hoje, de acordo com o conhecimento dos autores. Essa formulação de produção mais limpa usando as definições do TRIZ, pode levar a uma definição mais genérica do conceito de P+L, em comparação se usadas apenas as estratégias da ferramenta de gestão ambiental (FRESNER, 2010).

Na Áustria, um levantamento dos últimos dez anos realizado na *Graz University of Technology* mostrou que as ações de P+L preventivas em comparação com a eliminação de resíduos e as tecnologias de ponta, oferecem vantagens e que, em vários casos, o consumo de água por unidade de produção das indústrias do setor de tratamento de superfície, do processamento de alimentos e da indústria têxtil poderia ser reduzido em 30-90%. Dessa maneira, o consumo de materiais foi reduzido entre 30-50% e o consumo de energia dos processos entre 15-25%. O retorno dos investimentos foram recuperados em menos de um ano e as medidas foram efetivamente benéficas para as empresas (FRESNER et al, 2010).

Fresner (2010), ao comparar as estratégias de produção mais limpa com as leis da evolução da metodologia TRIZ (teoria da resolução de problemas inventivos), encontrou novas alternativas de P+L, dentre elas: fluxos de resíduos, geração de águas residuais, consumo de energia e emissões, incluindo processos auxiliares (como geração de vapor, compressão de ar, tratamento de água). O foco foi selecionar matérias-primas que

reduzissem a interação humana, identificando possibilidades de controle automático ideais (ar, água, materiais biogênicos), melhorando assim a eficiência do processo.

De acordo Niinimaki e Hassi (2011), o volume da produção industrial de têxteis e vestuário mudou dramaticamente nos últimos dez anos na Finlândia. A produção de vestuário caiu 60% no período entre 1998 e 2008. Ao mesmo tempo, a importação de vestuário aumentou 57%.

Essa é uma mudança notável, porque no período anterior de dez anos, 1988 e 1998, o volume de roupas importadas na Finlândia aumentou 44%.

Durante 1998 e 2008, o número de funcionários que trabalharam na indústria têxtil e vestuário caiu de 13.870 para 7.556. No entanto, no início da década de 1980, cerca de 70.000 pessoas trabalhavam na indústria têxtil e de vestuário na Finlândia.

Nos levantamentos de Niinimaki e Hassi (2011) as abordagens apontaram para as oportunidades de mudanças sustentáveis no setor têxtil e de confecção.

Na Finlândia, o estabelecimento de um novo sistema de criação de valor é um pré-requisito para o redesenho de negócios mais sustentáveis nos mercados globais de têxteis e vestuário (NIINIMAKI, HASSI, 2011). O valor do produto definido durante o contexto de uso é o mais importante e deve estar profundamente conectado à satisfação do consumidor, bem como a vida útil dele. Repensar os fundamentos da criação de valor, importantes para o consumidor, podem oferecer oportunidades para desenvolver culturas sustentáveis tanto na produção, como no consumo.

A poluição da água oriunda da indústria têxtil tornou-se um grande problema na Turquia. A atividade têxtil na bacia do Ergene provocou alterações drásticas na qualidade da água e reduziu o nível das águas subterrâneas, nos campos do aquífero. Além disso, a indústria têxtil turca consome muita energia e emite elevadas quantidades de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) (ALKAYA, DEMIRER, 2014).

Com a abertura dos mercados globais, o acesso às novas tecnologias, produtos com preços mais acessíveis, foram disponibilizados em massa na economia setorial, aumentando o leque de opções por maquinários, tecidos e produtos confeccionados com valor agregado e preços altamente competitivos.

Desta forma, os processos produtivos têxteis são inúmeros e sequenciais, utilizam muito recursos naturais, como por exemplo a água, geram subprodutos úteis para outros setores da economia e empregam uma quantidade considerável de mão de obra.

Notoriamente, a economia nacional sentiu a entrada dos gigantes asiáticos que no princípio injetaram *commodities* a ofertas atrativas e posteriormente disponibilizaram produtos altamente sofisticados, tecnológicos e com elevado valor agregado, uma realidade completamente avessa ao setor têxtil brasileiro.

### 3.3. Cenário Nacional

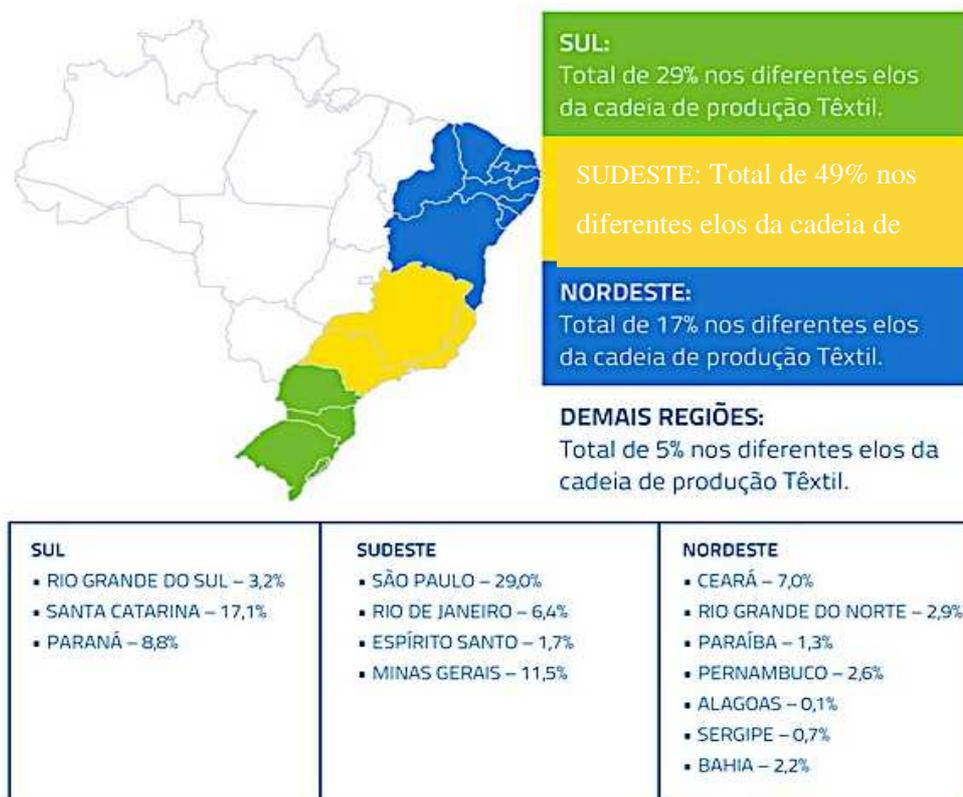
O Brasil possui uma das cadeias têxteis mais completas do ocidente, produz-se desde a fibra até os artigos confeccionados, além de ser o segundo maior empregador da indústria de transformação. No Brasil, as empresas formais totalizam 32 mil. Além disso, a nação brasileira é a 4º maior produtora de malhas do mundo e o segunda maior de produtor de denim (tecido que produz o jeans) e ainda o 5º maior produtor têxtil e o 4º em produção de peças do vestuário. O Brasil é o único país da América do Sul com posição de destaque na produção têxtil mundial. O país é responsável por 2,4% da produção mundial de têxteis, o que lhe garante a quinta posição no ranking mundial, e é o quarto maior produtor de vestuário com 2,6% da produção mundial (GOTEXSHOW, 2017).

São Paulo, possui uma população de 17 milhões e 1.500 km<sup>2</sup> de área, é o maior centro comercial, industrial, financeiro e cultural no Brasil. É também um importante agrupamento da indústria têxtil, com mais de 300 fabricantes locais, o que contabiliza 60% dos 500 maiores no Brasil (ABIT, 2017).

Uma das características da cadeia têxtil e de confecção brasileira é a existência de polos regionais de produção. Os principais, divididos por estado, são: São Paulo, que destaca-se como o maior centro produtor, além de ser o centro intelectual e financeiro da indústria, pois detem os principais intangíveis, moda e marketing e o manejo das atividades produtivas nacionais.

Conforme ilustra a Figura 14 as principais regiões com grande desenvolvimento na indústria têxtil são a região Sudeste, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais com um total de 49% nos diferentes elos da cadeia de produção têxtil, a região sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, correspondendo a 29% da produção brasileira, a região nordeste com 17% da produção do setor têxtil nacional e por fim as demais regiões brasileiras correspondem a 5% da produção de têxteis (GOTEXSHOW, 2017).

**Figura 14: Distribuição da Indústria nas Principais Regiões**



FONTE: (GOTEXSHOW, 2017).

O Brasil tem a cadeia têxtil completa, desde a produção das fibras até a confecção de peças de vestuário. Tem grande participação na produção mundial de produtos têxteis e de vestuário. Na produção do denim, tecido que produz o jeans está entre os 5 maiores produtores no mundo. Além disso, o território nacional têxtil tem polos regionais, localizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e a região sul que concentra grande parte da produção.

O Sinditêxtil (Sindicato da Indústria Têxtil de São Paulo) lançou em junho de 2010, um manual de indicadores de desempenho ambiental. O objetivo era fazer com que as empresas adotassem critérios de produção mais sustentáveis e avaliassem a quantidade de água consumida e reutilizada, energia, carga orgânica, geração total de resíduos e resíduos recicláveis (SINDITÊXTIL, 2017).

Juruiaia é uma cidade localizada no Sul de Minas e possui cerca de 10.500 habitantes, sua economia é voltada para a agropecuária, mas se destaca na fabricação e comércio de Lingerie. A cidade conta com mais de 250 empresas atuando na produção de lingerie, moda praia, pijamas adulto e infantil, moda *fitness*, cuecas entre outros artigos do ramo. Com uma área de 219 Km<sup>2</sup>, Juruiaia faz limites com as cidades Nova Resende, Monte Belo, Muzambinho, Guaxupé e São Pedro da União.

A P+L nas indústrias têxteis no município de Juruiaia - MG, mostrou que a Indústria têxtil gera resíduos em grande volume. A maior parte dos resíduos causam impactos ambientais e o principal problema é a ocupação física de grande volume de resíduos em aterros, os quais levam anos e até décadas para serem degradados e absorvidos pela natureza (SELEGHIM, SILVA, 2016).

O município de Juruiaia - MG enfrenta alguns problemas de viés ambiental, como por exemplo, desperdícios de resíduos têxteis, gerados, em sua maioria, devido a um planejamento ineficiente de criação da modelagem, corte, encaixe dos moldes, qualidade ou falta da padronização das matérias-primas. A mão de obra pouco qualificada, o maquinário sem manutenções preventivas, também são os causadores de resíduos gerados na confecção que ocupam grandes volumes e são descartados em sua maioria (SELEGHIM, SILVA, 2016).

Na análise do polo produtivo das quinze empresas em Juruiaia -MG, notou-se que elas todas geram resíduos, principalmente têxteis. Dentre eles foram verificados: restos de tecidos, cones de costura, plásticos e papeis. Observou-se, também, que a maioria dos resíduos são gerados principalmente no processo de corte, e na área de produção. Das quinze empresas pesquisadas 100% responderam que não há nenhum tipo de fiscalização, nem por parte da prefeitura da cidade, muito menos por órgãos do governo e do meio ambiente. No caso da produção de resíduos gerados na indústria, a produção mais limpa é uma prática de fundamental importância para as organizações, já que ela busca essencialmente a otimização dos recursos, evitando produzir e dispor resíduos no meio ambiente (SELEGHIM, SILVA, 2016).

Seleghim e Silva (2016), através do levantamento na produção e destinação dos resíduos em quinze empresas do Arranjo Produtivo Local do setor de fabricação de lingerie, moda praia, fitness, cuecas, meias e pijamas em Juruiaia-MG, principalmente, resíduos têxteis gerados por empresas deste segmento estudaram a viabilidade de implantação da metodologia de P+L como ferramenta para o desenvolvimento sustentável para preservar

o meio ambiente e diminuir custos operacionais.

Nesse estudo, algumas entrevistas foram realizadas com diretores, gerentes de produção e funcionários de corte e costura das empresas para examinar os levantamentos e informações referentes à caracterização dos resíduos gerados, os critérios de adequação das empresas, à seleção e auditoria de receptores, levantamento de dificuldades encontradas e noções relacionadas ao gerenciamento de resíduos. Das empresas pesquisadas nesse estudo foi observado pelos autores que todas geravam resíduos, principalmente têxteis; dentre eles foram contabilizados: restos de tecidos, cones de costura, plásticos e papéis. Verificaram também que a maioria dos resíduos são gerados principalmente no processo de corte, e na área produção. Das quinze empresas pesquisadas 100% responderam que não há nenhum tipo de fiscalização, nem por parte da prefeitura da cidade, muito menos por órgãos do governo e do meio ambiente.

No caso da produção de resíduos gerados na indústria, a P+L é uma prática de fundamental importância para as organizações, já que ela busca essencialmente a otimização dos recursos, evitando produzir e dispor resíduos no o meio ambiente. Isso se dá devido a utilização de tecnologias modernas, bem como, da conscientização ambiental das organizações para com o meio em que estão inseridas (SELEGHIM, SILVA, 2016).

A P+L é uma variável ambiental utilizada como um modo de adquirir vantagens competitivas, fatores sociais econômicos e políticos. (MEDEIROS et al, 2007).

O estudo realizado por Medeiros et al (2017) abordou todas as fases referentes ao programa de P+L emu ma indústria têxtil do Rio Grande do Norte e desenvolveu planos de gestão ambiental na organização.

A Produção mais Limpa (P+L) em uma indústria de papel no Rio Grande do Norte, com o intuito de minimizar a quantidade de resíduos gerados visando aumentar a eficiência do uso dos recursos transformados, adequar a empresa aos regulamentos legais da área ambiental, melhorar a imagem perante os clientes dela e a comunidade, demonstrando preocupação com as questões relativas ao meio ambiente. Treinar e sensibilizar seus funcionários para atuar em favor da prevenção da poluição. Adequar a empresa aos regulamentos legais da área ambiental. (MEDEIROS et al, 2007).

Zagonel e Schultz (2009) definiram quais as modificações necessárias para a minimização do uso de água no processo de tingimento e acabamento na Lajestre, uma indústria em Estrela, no Rio Grande do Sul. A abordagem qualitativa do estudo com a utilização de informações quantitativas sobre os processos da empresa, por meio de pesquisas de campo, análise bibliográfica e observação dos processos produtivos.

Após análise do processo de tingimento os autores verificaram que é possível reutilizar em torno de 10.000L de água/dia. A água oriunda do resfriamento do tingimento de 130° para 80° e que circula na lavagem à frio, é limpa. Assim, existem alternativas para redução do consumo de água no processo de tingimento e acabamento têxtil, além da possibilidade de reutilizar o efluente líquido tratado com implementação de um sistema de recuperação de água.

Além disso, Zagonel e Shultz (2009) verificaram que existem alternativas para a redução do consumo de água no processo de tingimento e acabamento, neste setor que é um importante setor da economia brasileira e mundial, e o aumento do consumo de água é o principal contribuinte à degradação do meio ambiente.

Um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte em Natal no Rio Grande do Norte averigou um diagnóstico ambiental e operacional com oportunidade de melhoria. Nesse estudo verificou-se que a empresa não utilizava nenhum plano de corte na confecção, fazendo esse de forma intuitiva, acarretando em desperdício de material de 40 kgs de tecido/dia, ou seja, 10 toneladas por ano. No setor de placas de estampagem haviam desperdícios no uso de água. A primeira fonte de desperdício era uma torneira quebrada, que ocasionava um vazamento de 4.000 litros por mês. A lavagem das placas estava sem sistema para otimizar o uso de água, assim a situação acarretava um maior consumo de água e geração de efluentes. Além, do desperdício no consumo de energia elétrica no processo de secagem da estampa.

O processo de mudança de conscientização, comportamento e atitude ambiental, que teve origem na conferência de Estocolmo em 1972 na Suécia. Exigência de estudos de impactos ambientais para as obras financiadas com o recurso do Banco Mundial, evolução da legislação ambiental, mudanças na consciência do mercado consumidor relacionados com os problemas ambientais, surgimento e atuações de ONGS e a instalação de mecanismos de controle ambiental end-of-pipe. (PIMENTA, GOUVINHAS, 2011).

Em uma fabricante de papel em Recife, os estudos de Medeiros et al, verificaram que a empresa obteve melhorias nos fatores relacionados aos recursos humanos, *inputs e outputs* do processo produtivo, além de possibilitar maior preservação ambiental e aumento significativo da eficácia operacional, criando dessa forma, uma vantagem competitiva para a organização. A empresa passou a conhecer os regulamentos legais, com quais deles ela estava em desacordo (tratamento dos efluentes, disposição do óleo lubrificante usado, armazenamento de baterias, condicionamento dos resíduos de produtos químicos e uso do gás clorofluorcarbono). Desta forma, a empresa adequou-se aos requisitos, evitando sofrer multas dos órgãos ambientais fiscalizadores.

As práticas de P+L na indústria têxtil influenciam o processo produtivo de forma a torna-lo mais eficiente. São mensurados pela redução de custos e pela minimização da geração de resíduos líquidos e sólidos nas etapas do processo produtivo.

Não obstante a esses procedimentos de gestão ambiental, estão as medidas simples de adoção de alguns indicadores, que efetivamente trabalham na redução do consumo de água e na utilização desse recurso de forma mais consciente.

Nas empresas de tingimento têxtil que usam essencialmente quantidades elevadas de recursos hídricos é preciso que se aumente a taxa desse recurso natural, provenientes na maioria das vezes de poços artesianos, que tem licenças ou outorgas de funcionamento, a abundância de água utilizada é proporcional a necessidade da empresa, ou seja, capta-se a quantidade necessária de água na bacia hidrográfica.

As considerações anteriores foram introdutórias para uma análise mais profunda da P+L no cenário internacional e nacional. No que diz respeito as utilizações das práticas de P+L no mundo observou-se que além dos ganhos em produtividade, existem benefícios tangíveis do ponto de vista econômico e ambiental que engajam as empresas como ecologicamente corretas, politicamente viáveis e socialmente aceitas garantindo a elas uma posição de destaque sustentável, e sem dúvida, minimizando os danos e impactos ao meio ambiente.

Dessa forma, os dados empíricos e a pesquisa emprírica serão mencionados e discutidos a partir de um levantamento de uma empresa com atividades no ramo têxtil que utiliza a ferramenta de gestão P+L no processo de tingimento do denim. Essa companhia segue índices de manuais de implementação de tecnologias mais limpas propostos pela CETESB e legislações ambientais vigentes, assunto a ser discutido na seção IV a seguir.

## **4. P +L EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

### **4.1. Caracterização do universo da Pesquisa**

Em um primeiro momento os dados foram disponibilizados pela empresa estudada, e na etapa seguinte por meio de dados primários extraídos a partir da observação *in loco* na indústria têxtil. O questionário semiestruturado foi dirigido ao gestor ambiental, responsável pelo monitoramento ambiental da empresa, especificamente quem acompanha as ações de P+L nos processos produtivos. Nessa etapa, foram verificadas quais as ações da empresa referentes à estratégia de utilização da ferramenta de gestão P+L, em quais etapas do processo produtivo de tingimento havia maior urgência na melhoria contínua das ações e/ou em que etapas havia dificuldade de obtenção e continuidade da P+L. Os parâmetros de análise de dados foram comparados aos levantamentos efetuados nos manuais da CETESB que sugerem procedimentos e técnicas de P+L com o intuito de reduzir o consumo excessivo de água na indústria têxtil, eficiência do processo produtivo e redução de custos.

A indústria têxtil em estudo iniciou as atividades de produção do denim, matéria prima para a produção do jeans, em 1980. Em meados dos anos 2000 atingiu a capacidade de 70 milhões de m<sup>2</sup> de denim por ano, tornando-se uma das mais modernas empresas no setor de tecelagem. É considerada entre as cinco maiores empresas brasileiras produtora de denim no país, com um lucro líquido de R\$ 59.500 milhões e uma produção de R\$ 328 milhões. Possui quatro unidades localizadas no interior de São Paulo, Rio Grande do Norte e Santa Catarina (BDO BRAZIL, 2017).

Nessa fábrica, o processo de produção têxtil inicia-se pela fiação que é a etapa em que a pluma de algodão é transformada em fio. Os fios são colocados em gaiolas e posteriormente passam pela urdideira (uma máquina que dispõe os fios de forma orientada para que possam ser tecidos). Após a urdição os tecidos são tramados e tingidos.

Karisma et al (2017), fizeram uma estimativa de que 1 kg de tecido consome de 60 a 100 litros de água e geram resíduos líquidos que são cerca de 2 a 180 litros de águas residuais por quilo de produto têxtil produzido.

Por essa razão a indústria têxtil foi selecionada para a pesquisa de campo, pois além de possuir o processo produtivo completo, da matéria prima até a transformação em tecido, possui a unidade de tingimento que é uma das etapas que mais consome água no processo produtivo, além de gerar grandes quantidades de águas residuais.

A empresa trabalha com a *Lean System* um modelo de gestão Toyota em que o principal objetivo é fornecer produtos de alta qualidade, com o menor custo possível, dentro do menor tempo, através da eliminação de desperdícios. O *lean manufacturing* é o nome que se dá ao Sistema Toyota de Produção, que se baseia em uma abordagem para identificar e eliminar o desperdício com melhoria contínua, fluxo de material puxado, sempre buscando a qualidade total. O contexto de desafios dessa metodologia e mudanças requer colaboradores motivados, satisfeitos e comprometidos, uma vez que eles são fundamentais no processo de desenvolvimento organizacional (GESTÃO INDUSTRIAL, 2018).

A água residuária têxtil oriunda de processos de tingimento possui corantes com alto peso molecular e baixa biodegradabilidade segundo Dasgupta (2015), por isso seu lançamento nos cursos de água causam um grande impacto. A remoção de cor por ozonização, oxidação por peróxido de hidrogênio ou UV e técnicas de eletroquímica não são adequadas, visto que os corantes têxteis possuem uma estrutura aromática molecular complexa que resiste a degradação (FERSI, GZARA E DHAHBI, 2005).

Assim sendo, o consumo exacerbado de recursos hídricos na indústria têxtil também gera uma grande quantidade efluentes têxteis, que normalmente possuem uma carga elevada de produtos químicos. A presença de corantes sintéticos e altos teores de metais como cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio e zinco, assim como sais, surfactantes, sulfetos, solventes, além da coloração e de elevados índices de acidez (SOTTORIVA, 2002).

As águas residuais geradas nos processos produtivos têxteis não devem ser descartadas no meio ambiente sem que passem por um tratamento, que habitualmente, se baseiam na legislação ambiental vigente do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como a Resolução número 430 de 13 de maio de 2011 e em normas como a ABNT 13.969 de 1997. Essas águas oriundas do tingimento possuem elevada carga orgânica e cor acentuada o que dificulta a passagem da radiação solar nos cursos de água, comprometendo a realização da fotossíntese, aumentando a toxicidade nesses ambientes aquáticos e levando a contaminação do meio ambiente.

Dessa forma, a empresa segue a legislação e os mecanismos mencionados pelos órgãos competentes como o IBAMA, CETESB e CONAMA, como por exemplo, a Resolução do o CONAMA número 430 de 13 de maio de 2011, que sugere que as águas residuais tenham descoloração após o tingimento e que se reduza tanto a toxicidade como

a carga química presente nessas águas de transbordo que serão também tratadas pela rede de saneamento básico da cidade. Assim também como sugerido nos manuais de P+L da CETESB e baseado nas técnicas e procedimentos para redução do consumo de recursos naturais e geração de efluentes. A empresa não disponibilizou a análise dos efluentes líquidos, mas de acordo com a entrevista e *observação in loco* do processo produtivo foi possível checar que a empresa trata suas águas residuais e efluentes líquidos seguindo os padrões propostos na legislação de redução de carga química, coloração da água e reutilização.

A P+L é uma das intercorrências utilizadas para tornar os processos produtivos mais eficientes e eficazes, reduzindo os impactos ambientais e custos operacionais, como água e energia, por exemplo, além de diminuir o dispêndio de água limpa.

Nesse sentido, observa-se que as ações da empresa em estudo estão previstas na legislação ambiental vigente e seguem índices de manuais de implementação de tecnologias mais limpas. O que de fato existe é um cumprimento da obrigatoriedade da empresa enquanto instituição e não da consciência ou engajamento ambiental.

Os ganhos ambientais e econômicos segundo MOIT (2012), mostram a aplicabilidade de diferentes medidas de produção sustentável nessa empresa do setor têxtil, pois devido ao uso excessivo de água, energia, vapor e produtos químicos, corantes em processos úmidos, essa indústria produz vários tipos de resíduos, incluindo principalmente as águas residuais que contêm cargas significativas de matéria orgânica, sais, corantes, resíduos sólidos, gases e emissão de calor.

Otimizar recursos naturais, reduzir o consumo desenfreado de água nas etapas de tingimento do denim, avaliar potenciais de reúso e o tratamento de águas residuais deve ser um condição diária e pré requisito de qualquer outra empresa optante pela mesma atividade têxtil e a P+L deve ser uma prática habitual.

As técnicas operacionais propostas pela CETESB para minimizar os fardos poluidores recorrentes dos processos produtivos, visam justamente otimizar o tratamento de efluentes líquidos e de fato, isso influenciará no rendimento do tratamento. Ademais, as câmaras ambientais mencionadas na seção I objetivam o intercâmbio de ações do setor têxtil para que sejam gerados tráfego de informações ecossistêmicas entre as empresas que exercem a mesma atividade.

As metodologias propostas pela CETESB preveem a moderação do consumo da água no processo de tingimento através do processo em contra corrente permitindo que o

material têxtil seja tratado sem interrupções no processo, de modo a armazenar o banho no processo sempre que possível, refazer a composição para reutilização em um novo tingimento. Na realidade os meios produtivos são sugeridos pelos órgãos competentes do sistema ambiental.

Outra metodologia recomendada pela companhia ambiental é a contenção do consumo de energia, empregando caldeiras alimentadas por combustão para que se desperdice menos energia elétrica nesse cenário de conflitos energéticos.

De uma forma ou de outra, tanto as metodologias como as licenças ambientais deveriam estar baseadas em um estudo do meio ambiente local produtivo. Sustentar-se como condição indispensável e efetiva. O que de fato não ocorre. Uma vez implementadas são renovadas a cada dois ou três anos, período mais que suficiente para a ocorrência de desastres ambientais, ecológicos comprometendo não só o meio ambiente, mas as condições favoráveis para a qualidade do ar e de vida das comunidades do entorno.

#### **4.2. Processo Produtivo do Denim**

Para o funcionamento do processo de tingimento do denim é imprescindível a utilização da água. Dessa forma, a empresa, objeto de estudo, tem três poços artesianos, um deles desativado. Os poços artesianos possuem certidões de funcionamento, e nesse ano solicitaram a perfuração de mais uma unidade, que provavelmente será utilizada no processo de lavanderia, recurso muito utilizado para gerar valor agregado ao jeans bruto.

A Outorga de poços artesianos é um instrumento que assegura legalmente ao empreendedor o direito de uso das águas subterrâneas disponíveis na sua bacia hidrográfica. O certificado de outorga garante o direito de captar a quantidade de água necessária para um empreendimento, evitando multas e punições (CONCEITO AMBIENTAL, 2015).

Dessa forma, foi constatado que o recurso hídrico natural, além de abundante é muito barato, na verdade não paga-se por ele. Qualquer sugestão de implementação de tratamentos de efluentes ou melhorias em processos produtivos não é justificado pela economia no consumo de água, já que não se tem um custo efetivo por esse recurso, apenas outorgas de exploração de poços artesianos. Enquanto esse recurso não for um artigo caro e pago nenhum investimento com tratamentos de efluentes será viável.

Atualmente, a indústria trabalha apenas com o denim bruto e tem metas e projetos para trabalhar com lavanderia e estonagens (processos de acabamento que conferem maior valor agregado ao tecido de jeans).

O processo produtivo do denim inicia-se quando os fios de algodão são dispostos em rolos de urdume de 12 a 14 rolos, ainda crus e passam pela urdideira, que tem por finalidade a paralelização dos fios para que haja uma maior uniformidade da cor durante o tingimento. Após essa etapa são mercerizados, para que a maturidade da fibra de algodão seja aumentada, ou seja, para que o lúmen ou núcleo da fibra aumente de tamanho e haja maior absorção de corantes e solidez da cor. Na verdade, no processo de tingimento do denim tinge-se superficialmente os fios de urdume, o núcleo da fibra permanece natural ou cru. Em seguida, os fios são lavados e limpos através do enxágue, nas caixas de lavagem que geram as águas de transbordo. Essas águas residuais são tratadas na própria empresa por um sistema de tratamento físico-químico a fim de tornar a água o mais incolor possível.

Na sequência, os fios já tintos são elevados para oxidarem em contato com o ar, já que o índigo encontra-se na forma reduzida que apresenta coloração esverdeada. A molécula do corante índigo é relativamente pequena e possui baixa afinidade com a fibra celulósica. Para uma boa eficiência de tingimento é necessário que o corante seja reduzido e também sejam realizadas uma série de impregnações e foulardagens (prensagens) de acordo com a Figura 15. A oxidação ocorre após o processo de tingimento, assim como o uso de produtos específicos que otimizarão a absorção de corantes pela fibra. Cada série de impregnação, foulardagem e oxidação é denominada ciclo de tingimento, que variam no geral de quatro a oito ciclos, dependendo da intensidade de coloração azul que se deseja obter. O número de caixas de tingimento depende da intensidade da cor, ou seja, poucas caixas de lavagem oferecem uma baixa intensidade e muitas caixas proporcionam uma alta vivacidade da cor.

**FIGURA 15 - Ciclo de Tingimento e Oxidação do Índigo na Empresa em Estudo**



FONTE: (A PRÓPRIA AUTORA, 2018).

A seguir na etapa de engomagem, a goma é adicionada sobre os fios com a finalidade de oferecer uma maior resistência à fibra, fortalecendo o fio para o processo de tecelagem, impedindo-o de romper ou quebrar com facilidade. Após essa etapa os fios são enrolados novamente em rolos a uma velocidade de 32 metros por minuto. Cada rolo de denim tem 8.640 metros e é envolto em papelões para posteriormente serem utilizados na tecelagem.

Na tecelagem os fios de urdume (fios dispostos no sentido vertical) já tintos formam a estrutura do tecido plano (conjunto de fios de urdume entrelaçados formando um ângulo reto de  $90^{\circ}$  com os fios de trama - fios dispostos no sentido horizontal) conferindo ao tecido uma estrutura resistente e mais rígida, denominado jeans, de acordo com a Figura 16.

**FIGURA 16 - Tecelagem do Denim na Empresa em Estudo**

FONTE: (A PRÓPRIA AUTORA, 2018).

Na etapa do tecimento do denim, conforme ilustra a Figura 16, os fios dispostos nos rolos de urdume e os teares trabalham de tal forma que os fios brancos são representados pela trama e os azuis pelo urdume que são tingidos e enrolados em bobinas grandes, chegando ao setor de tecelagem. No tear que os fios de urdume são encaixados com os fios da trama, e formam o tecido – ainda cru, sem acabamento e lavagem. Cada tipo de processo usado na tecelagem dos fios de denim é que determina a aparência característica do material. A parte interna possui uma cor clara, a parte externa é azul. Essas características ocorrem porque os fios da trama e os fios do urdume são tingidos juntamente. O tecido é estabilizado dimensionalmente através da sanforização que é um tratamento térmico especial em tambores de aço.

As águas de transbordo das caixas de lavagem são encaminhadas para a estação de tratamento físico química da empresa e funcionam por flotação de ar dissolvido. O potencial hidrogeniônico (pH) indica a acidez ou neutralidade dos efluentes e é controlado no tanque de equalização. Com a adição de peróxido de alumínio e coagulante ocorre a coagulação, nesse momento o gradiente de velocidade é baixo. A água entra por na parte superior da tubulação na tonalidade azul bem escuro (tonalidade do índigo) e sai na tubulação por baixo levemente corada, quase transparente. A mistura inicialmente é rápida, conforme o gradiente de velocidade vai baixando a mistura levita formando-se as floculações. O polímero formado é resultado do floco grande mais o ar dissolvido.

Na câmara de saturação o ar comprimido e a água sob pressão liberam micropartículas hidrofílicas (que se dissolvem em água) e aderem aos tanques. O sulfeto adicionado forma floquinhos e o ar empurra esses floquinhos formando o lodo, que desce pelo tanque de lodo. Após essa etapa, já no filtro de prensa, a água é liberada e o lodo seco e prensado é encaminhado para o aterro sanitário do município.

#### **4.3. Tratamento de efluente físico-químico**

A água residuária proveniente do processo de tingimento segue para a ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais) da indústria antes de ser lançada na rede de esgoto do município do Estado de SP. As características da água residuária, ligadas ao processo de tingimento, variam de acordo com o produto originado. O efluente gerado pela indústria chega a estação de tratamento por meio de dois coletores e recebe um tratamento por gradeamento com quarto grades de diâmetro decrescente. Após esse tratamento preliminar, o efluente segue para o tanque de equalização com volume útil de 112 metros e capacidade total de 244 metros. O objetivo desse tanque é tornar a vazão da água regular e uniformizar a água residuária. No tanque equalizador o PH da água é normalizado em torno de  $9,0 \pm 0,5$ , conforme Resolução 430 CONAMA de 2011, pela adição de ácido sulfúrico à 12% ou soda caustic, para que haja uma coagulação eficiente na etapa de mistura rápida (reator tubular instalado na canalização de recalque).

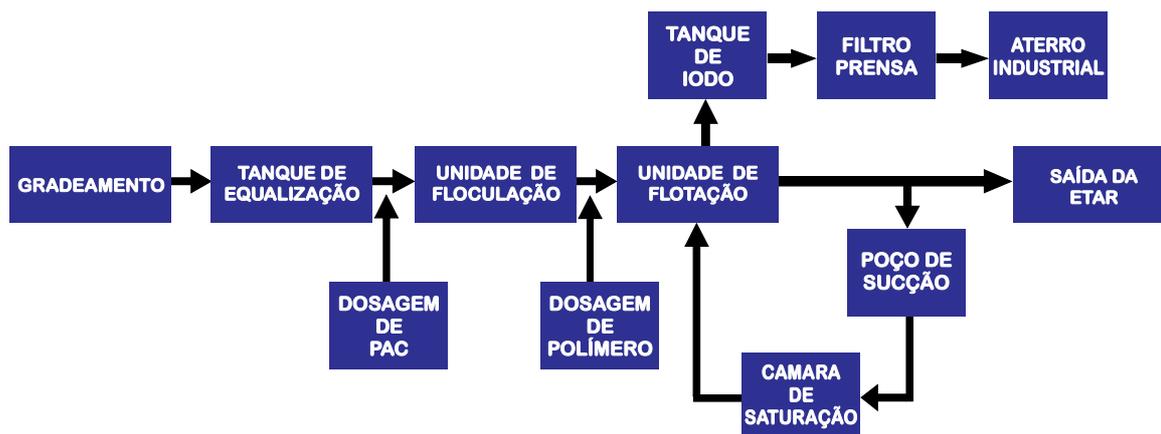
Após a unidade de mistura rápida o efluente segue para floculação responsável por transformar o efluente em flocos. Parte do efluente floculado é encaminhada para o poço de sucção das bombas de recalque da câmara de saturação. Nessa câmara a água pressurizada é saturada de ar e removimentada para a unidade de flotação para que em bocais difusores seja despressurizada e produza microbolhas de ar que auxiliarão o processo de flotação, conforme demonstra a Figura 17.

A válvula do tipo bóia, instalada na câmara de saturação, controla o nível de água no poço de sucção das bombas de recalque para que o escoamento do efluente ocorra na direção do poço de sucção. O efluente gerado no flotador passa por uma calha parshal (um dispositivo tradicionalmente usado para medição de vazão em canais abertos de líquidos fluindo por gravidade, muito utilizado nas estações de tratamento de água) que mede e registra a vazão e segue para a rede coletora de esgoto.

O lodo produzido no flotador é encaminhado para o reservatório de recepção de lodo, que abastece o sistema de desaguamento de lodo composto por uma bomba

helicoidal, tanque de pressão e filtro prensa. O lodo prensado é armazenado em uma caçamba e encaminhado para o aterro sanitário industrial devidamente licenciado conforme demonstra a Figura 17.

**Figura 17 – Diagrama representativo das águas residuais na indústria em estudo**

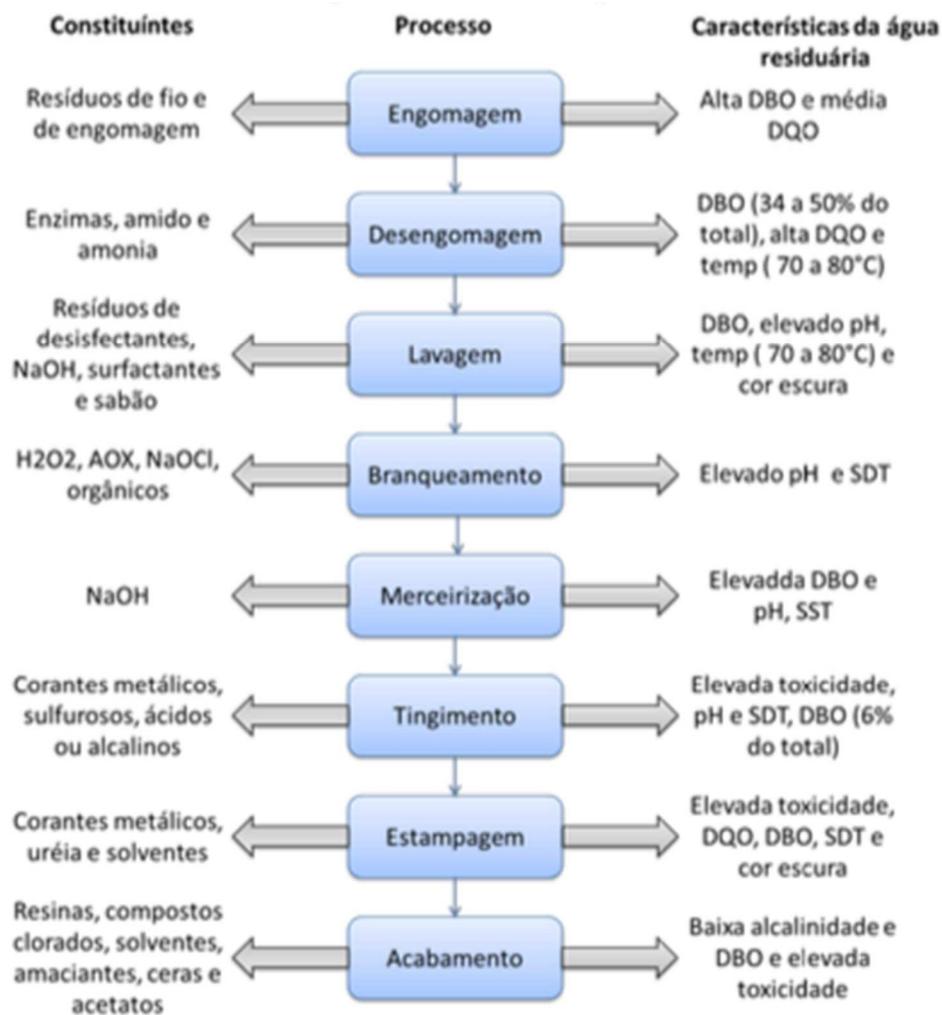


FONTE: (A PRÓPRIA AUTORA).

#### 4.4. Características da água residuária têxtil

A água residuária têxtil apresenta diferentes concentrações de químicos e dependendo do processo apresentará uma característica específica. Alguns pesquisadores estabelecem parâmetros para indicar a característica da água residual bruta, conforme a Figura 18, mas para cada estudo de caso é necessário que se adote um tratamento adequado. No caso da empresa em estudo são levados em consideração os índices de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio), além da temperatura das águas de desengomagem (remoção da goma) que estão em torno de 70 a 80° C, dessa maneira interferem no tipo de tratamento e análise das águas residuais.

**Figura 18 – Principais etapas do processo produtivo têxtil X Características da água residuária gerada**



FONTE: (ADAPTADO DE VERMA, DASH E BHUNIA, 2012).

As águas residuárias, possuem características e o tipo de tratamento e pós tratamento utilizado pelas indústrias não depende do custo da tecnologia, da legislação do país e/ou estado e da disponibilidade hídrica. A caracterização das águas residuárias dos processos mais utilizados por indústrias têxteis está indicado na Tabela 03.

**Tabela 03 -Caracterização das águas residuárias dos processos têxteis**

Parâmetros	Lavagem	Branqueamento	Mercerização	Tingimento	Composto
pH	9 - 14	8,5 - 11,0	8,0 - 10,0	1,5 - 10,0	1,9 - 13,0
SDT	12.000 - 30.000	2500 - 11.000	2000 - 2600	1500 - 4000	2900 10.000
SST	1000 - 2000	200 - 400	600 - 1900	50 - 350	100 - 700
Cor	-	-	Colorido	Muito colorido	Extremamente colorido (> 14.000 unidades Pt-Co)
DBO	2500 - 3500	100 - 500	50 - 120	100 - 400	50 - 550
DQO	10.000 - 20.000	1200 - 1600	250 - 400	400 - 1400	250 - 8000
Cloretos	-	-	350 - 700	-	100 - 500
Sulfatos	-	-	100 - 350	-	50 - 300

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

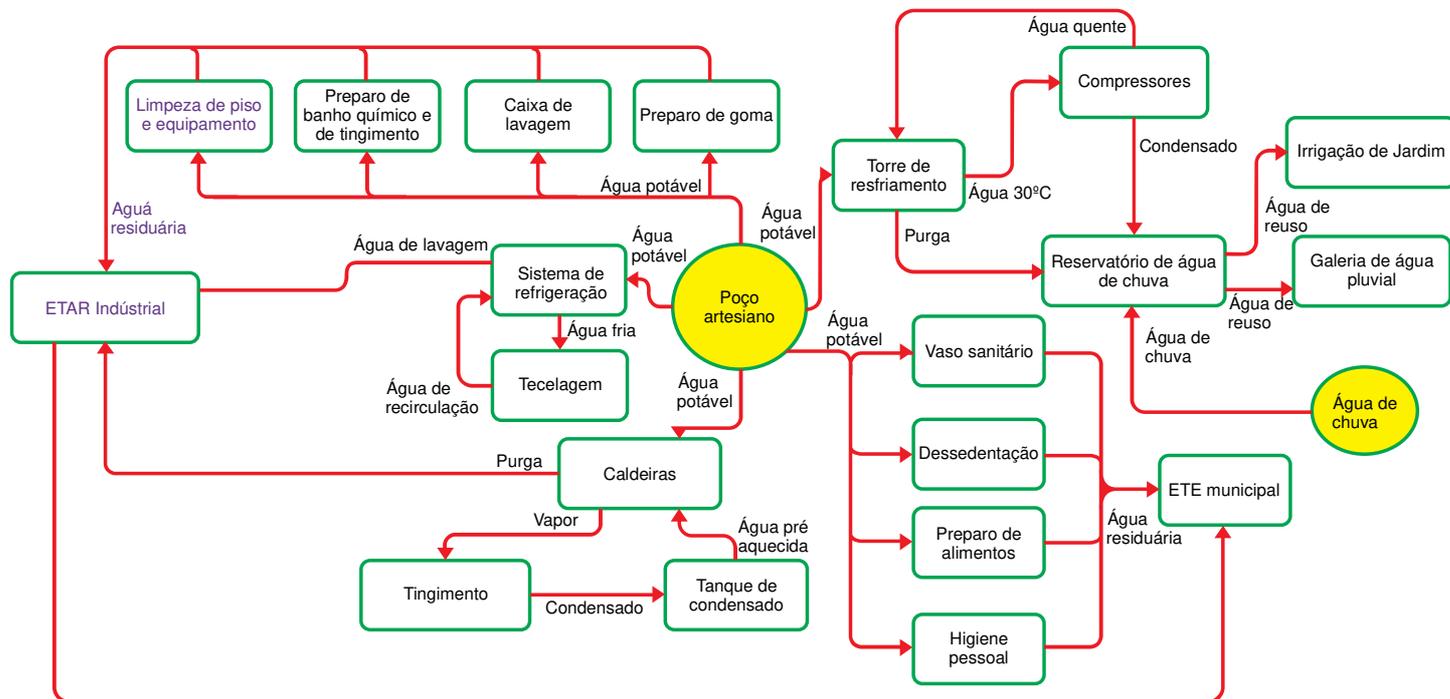
DQO - Demanda Química de Oxigênio

FONTE: (ADAPTADO DE DASGPTA et al, 2015).

#### 4.5. Potencialidades de reúso da água residual do tingimento

A princípio o reúso é uma prática na empresa e acontece, conforme a Figura 19, que é o atual mapa de reúso das águas de tingimento da empresa, e os potenciais de reúso identificados na Figura 20. As águas de reúso são provenientes das águas de transbordo do tingimento que passam pelo tratamento físico químico de remoção de cor e carga química. Os poços artesianos abastecem a torre de resfriamento, o sistema de refrigeração da tecelagem, as caldeiras. Também abastecem o caso sanitário, preparo de alimentos e higiene pessoal. Há também um reservatório de águas da chuva que são utilizadas para resfriar os compressores e irrigação do jardim.

**Figura 19 – Representação do uso atual da água na empresa estudada**



FONTE: (A PRÓPRIA AUTORA).



águas tratadas provenientes do transbordo. A reutilização da água tratada gerou uma economia de aproximadamente 5000 litros de água por hora.

**Tabela 04 – Estimativa do consumo e descarte de água na planta industrial**

	<b>Consumo diário (litros)</b>	<b>Descarte diário (litros)</b>
Preparo de banho químico e tingimento	16.553	<b>NC</b>
Caixa de lavagem	254.400	254.400
Preparo de goma	44.350	NC
Lavagem de piso e equipamento	72.000	72.000
Torre de resfriamento	19.000	19.000
Caldeiras	9.000	9.000
Vaso Sanitário	8.100	NC
Irrigação de jardim	3.750	NC
Condensado dos compressores	<b>NU</b>	2.400

**NU: Não Utiliza**  
**NC: Não contabilizado**

Dessa forma, a P+L contribui para que se tenham melhores condições de operação na empresa estudada. Além disso, a partir dos dados coletados verificou-se a importância de uma boa gestão ambiental e da P+L na melhora da eficiência e do desempenho ambiental nos processos produtivos, além da minimização dos impactos ambientais.

A água proveniente do tingimento é encaminhada para a rede pública de saneamento da cidade. Para que os flocos sejam formados é adicionado ao tratamento hidrossulfito  $H_2S$  que gera um odor desagradável e libera um gás que contém soda e cloro, desta forma a empresa instalou um lavador de gás da *Eco Tech System*, responsável por reduzir o hidrossulfito de sódio que contém enxofre e liberar menos gás no ambiente.

Quando faz-se o tingimento do jeans preto as 5 caixas de lavagens fazem um trabalho contra corrente e otimiza o uso da água mantendo duas caixas com água limpa.

A caldeira responsável pelo aquecimento dos banhos de tingimento é abastecida com gás natural e trabalha com águas de reúso. A descarga de fundo é utilizada nas lavagens para fixação do corante e remoção das gomas.

O consumo de água da empresa estudada é de 16 m<sup>3</sup> por hora com 5 máquinas de tingimento, e antigamente eram utilizados 3 máquinas e o consumo era de 25 m<sup>3</sup> por hora. Em 1997, foi sancionada a lei das águas número 9.443 que estabeleceu a PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) e criou o sistema SINGREH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos). Um dos principais objetivos dessa lei é assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, bem como promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos (GOVERNO DO BRASIL, 2010).

O reúso da água da chuva é uma melhoria da eficiência do processo na empresa através da P+L. São utilizados quatro litros e meio de água para cada metro de tecido produzido. Segundo a empresa pode-se obter o indicador ambiental pela foto do hidrômetro, porém eles não tem nenhum histórico desse registro.

Os efluentes líquidos produzidos pela atividade têxtil se caracterizam por apresentar elevada carga orgânica, alta concentração de sais e forte coloração. Estima-se que 15 a 50% da carga de corantes são perdidas nas etapas de tingimento e lavagem, o que torna clara a necessidade de sistemas de tratamento de efluentes têxteis. Outra importante constatação, é que uma parcela desses corantes resiste a processos biológicos convencionais, mesmo utilizando-se rotinas anaeróbio-aeróbias sequenciais.

Em função das deficiências apresentadas pelos sistemas convencionais de tratamento, eventualmente representados por processos biológicos e de coagulação química, novas alternativas de tratamento têm sido regularmente propostas. Dentro do contexto do reúso dos efluentes têxteis é possível destacar a associação de processos biológicos com processos de ultra e nanofiltração, a utilização de processos de oxidação eletroquímica e, menos frequentemente, o uso de rotinas envolvendo processos físico-químicos, biológicos e de adsorção em carvão ativado.

O volume diário consumido de água é 16 m<sup>3</sup> de água por hora e o consumo geral da unidade é de 21m<sup>3</sup> por hora. O montante gerado de águas residuais no tingimento diariamente é de 16 m<sup>3</sup> por hora e na empresa é de aproximadamente 18 m<sup>3</sup> por hora.

O tratamento utilizado para tratar as águas de transbordo é físico químico e consiste em tratar a água que está azul e torná-la apta ao reúso nas descargas, lavagens de patios, refeitório. O princípio desse tratamento é formar os flocos que serão prensados e encaminhados a companhia de aterro do município. As águas de tingimento após várias reutilizações são encaminhadas à rede de saneamento da cidade.

Os corantes utilizados pela empresa são o índigo e alguns sulforosos para o tingimento do jeans preto, por exemplo. As maiores dificuldades encontradas no tingimento do denim são as limitações do próprio processo, pois trata-se de uma prática antiga sem grandes avanços tecnológicos, tanto na linha de materiais como equipamentos.

A empresa tentou utilizar o corante eco hidrossulfito, mas as características informadas pelo fornecedor não atendiam as especificações técnicas, além disso, a água de reúso tem muita condutividade elétrica, na ordem de 1500 ms/cm. A condutividade elétrica de uma solução de nutrientes e água pode ser expressa como Siemens por cm (S/cm), millisimens por cm (mS/cm) ou Microsimens por cm ( $\mu$ S/cm).

A P+L evita a geração de resíduos, evita tratamentos e processos que demandem alto custo em energia consumida e dissipada. Essa ferramenta evita o consumo elevado e desperdício de água gera menos água residual e é uma ferramenta que dá apoio a gestão ambiental que administra os recursos naturais na fonte de modo a otimizá-los. A falta de água no mundo é algo real e a cobrança por esse recurso tão escasso será inevitável.

A empresa é engajada nas questões ambientais, porém a consciência só será plena o dia em que a água utilizada for paga. No momento é gratuita e nenhum investimento será recuperado em algo que não há ônus. Se a água for paga na proporção que é consumida, viabilizará o tratamento biológico por membranas e se tornará um investimento viável com rápido retorno.

A água que não é tratada evapora, tanto no processo de tingimento, nas caldeiras e no tratamento físico químico e o descarte é quase zero. Na Índia, por exemplo, ocorre havia muitos anos esse cenário nas indústrias de denim. A situação ambiental no mundo tem uma solução: através do mercado mensurado pelo cliente que exige qualidade, certificações ambientais, fornecedores socialmente e ambientalmente corretos, e através de uma legislação com penalidade rigorosa e auditorias que garantam o cumprimento delas.

Na verdade a empresa já tinha uma redução do consumo de água no processo produtivo, entretanto segundo o gestor ambiental, a P+L auxiliou no aprimoramento dessa prática. A implementação da P+L foi um rearranjo do processo produtivo do denim.

O teor de enxofre presente nos corantes que a empresa trabalha não requer um tratamento específico, apenas um filtro para reduzir o cheiro e a emissão de gás. A indústria é frequentemente auditada pelo IBAMA e pela CETESB, que são os órgãos de licenciamento ambiental. A empresa é modelo de relatórios e processos de implementação da P+L. Como a alta gestão e diretoria sempre tiveram a consciência ambiental, sempre

propagaram esse lema aos colaboradores da companhia. A P+L deveria ser uma condição obrigatória para qualquer funcionamento de uma instituição, como uma necessidade fisiológica para o bom funcionamento e prosperidade de um negócio.

Em janeiro de 2018 a companhia instalou uma ETE (Estação de Tratamento de Efluentes). Com esse investimento aumentaram a vazão e eficiência do processo produtivo, um investimento de R\$ 1,5 milhões.

As caldeiras também passaram a ser a gás, reduzindo o consumo de energia elétrica. Uma ação importante para a empresa que impactou na redução do custo e impacto ambiental. A empresa também instalou um filtro de ar, pois o uso de hidrossulfito que reduz a cor da água tratada, azul escuro para uma água quase transparente, gerava um odor desagradável nas redondezas e a reivindicação da comunidade no entorno era constante.

O consumo de energia na empresa, a média de kw é contabilizado na totalidade, não há mensuração e controle por setor como demonstra a Tabela 05. Algumas medidas de substituição de caldeiras para o sistema a gás infinitamente mais econômica do que a elétrica e climatizadores naturais são utilizados na companhia.

**Tabela 05- Consumo de Energia Mensal da Empresa - 2018**

	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAIO</b>	<b>JUN</b>
<b>CONSUMO</b>						
ENERGIA KWh	449.914	1.650.330	1.866.583	1.847.740	1.677.096	1.827.604
	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>TOTAL ANO</b>
<b>CONSUMO</b>						
ENERGIA KWh	1.899.393	1.924.929	1.845.405	1.937.914	769.037	17.695.945

FONTE: (A PRÓPRIA AUTORA).

A cor do efluente resultante dos processos de tingimento tem sido um dos cruciais impasses ambientais enfrentados pela indústria têxtil. Além da aparência estética a coloração presente no efluente têxtil prejudica a fotossíntese e causa problemas para a flora e a fauna aquática. Alguns padrões e limites aceitáveis foram estabelecidos e novas tecnologias foram buscadas para a remoção da cor causada por corantes.

A empresa em estudo tem uma representatividade no setor têxtil, pois está no ranking da quinta maior produtora de denim do país com 70 milhões de m<sup>2</sup> por ano, matéria prima do jeans, um artigo mundialmente consumido. Representa um bom índice de empregabilidade e geração de impostos para a economia pois fatura R\$ 328 milhões e tem um lucro líquido de R\$ 59.500 milhões.

A elevada produção denim deve-se ao fato de ser um artigo mundialmente utilizado por todas as gerações e estilos de vida, que compõe a maior parte das ocasiões de vestuário. O processo produtivo do denim é muito complexo e utiliza uma elevada quantidade de água no processo de tingimento com o corante o índigo, gerando um exorbitante custo ambiental, já que além do elevado consumo requer também um tratamento adequado do efluente, cuja característica é elevada carga química, tonalidade azul escura e altos índices de DBO e DQO, características das águas residuais desse processo.

Para tentar solucionar esse agravante de imódicó consumo de água a empresa utiliza a ferramenta de gestão P+L que tem como premissa a utilização do recurso hídrico de forma sustentável mesmo nos processos de tingimento em que a água é uma matéria prima essencial.

A companhia é fiscalizada frequentemente pela CETESB e IBAMA e também por auditorias ambientais profissionais para que mantenha as outorgas de utilização e exploração dos poços artesianos. Esses procedimentos são propostos em legislação ambiental vigente nos manuais das câmaras ambientais da CETESB e nas licenças ambientais expedidas pelos órgãos competentes. Porém, sempre são sugeridos como boas práticas ambientais.

A P+L tem finalidades claras nessa indústria, na verdade um paradoxo, ela tanto reduz os custos ambientais como os prejuízos ambientais, pois as ações são aplicadas no início dos processos minimizando desperdícios e consumo de energia. A questão está nos processos de tratamento que não tem a devida importância já que a água não tem custo para empresa.

As questões culturais de exploração de recursos naturais fogem à realidade no que tange ao uso e ao desperdício. Não se valoriza ou não se tem práticas preventivas do que momentaneamente não é escasso e caro. Uma medida eficiente seria sobretaxar o recurso hídrico, pois somente dessa forma seriam exigidos em paralelos, tratamentos de efluentes mais modernos e eficazes, reduzindo também os custos da empresa de saneamento local.

Na era do estresse hídrico e aquecimento global é inconcebível que se liberem outorgas de poços artesianos sem restrições de uso. O consumo médio de uma família gira em torno de 20 m<sup>3</sup> mês segundo, DAAE-Araraquara (2018), enquanto que nessa companhia o consumo diário é de 16 m<sup>3</sup> de água por hora.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria têxtil tem um elevado potencial poluidor não apenas pelo elevado consumo de recursos hídricos, mas também pelos altos volumes de efluentes gerados, ou seja, para cada quilo de material têxtil produzido são utilizados de 100 a 300 litros de água. A ferramenta de gestão P+L abrange vários níveis da empresa e trata da melhoria da eficiência dos processos. As ações preventivas nos setores de fiação, tecelagem e tingimento minimizam a geração de resíduos, efluentes e da carga poluidora.

O consumo elevado de recursos hídricos da indústria têxtil gera uma grande quantidade de águas residuais que são caracterizadas pela elevada carga química. Os efluentes oriundos dos processos produtivos têxteis não devem ser eliminados no ecossistema sem que passem por tratamentos específicos antes de serem lançados nos corpos hídricos.

O processo produtivo do denim, assim como o corante indigo, de fato têm uma importante relevância para a economia mundial, visto que produzem um artigo de uso comum e globalmente aceito pelos indivíduos, o jeans. Deve-se utilizar o recurso hídrico, muito solicitado nesse processo, de forma consciente, com reaproveitamento de banhos de tingimento, reúso e tratamento das águas residuais do processo. Assim como a utilização de águas de chuva para lavagem de pisos, caldeiras e pisos.

As estratégias de P+L utilizadas em indústrias têxteis na esfera mundial e no cenário nacional, mostraram que existem procedimentos utilizados nesse setor que diminuem o consumo de água, energia através da substituição das caldeiras tradicionais elétricas por caldeiras movidas à gas, minimização da geração de resíduos e principalmente efluentes têxteis. A indústria têxtil pesquisada utiliza essa ferramenta de gestão P+L e através dela minimiza o consumo de água em seus processos produtivos, principalmente no tingimento do denim.

A água é um recurso barato e utilizado em abundância no Brasil, principalmente pelas indústrias têxteis que possuem tingimento em seus processos produtivos. A exploração e perfuração de poços artesianos promovem o uso de recursos hídricos em quantidades elevadas e águas com nível de potabilidade. Não obstante a esse fato, essas águas utilizadas pela indústria são posteriormente descartadas em corpos hídricos ou na rede de saneamento da região.

Para que isso ocorra dentro da legalidade ambiental são efetuados tratamentos caros e elaborados para que se diminua a carga química e poluente desse efluente. Uma questão bastante delicada e contraditória.

Na verdade esse recurso hídrico deveria ser sobretaxado e também mantido as exigências legais ambientais propostas pela CETESB e pelo IBAMA de impactos e prejuízos ao meio ambiente. A ferramenta de gestão P+L deveria ser uma premissa em todas as indústrias, principalmente a têxtil, para que o uso da água seja sempre otimizado e reduzido.

De acordo com dados levantados na empresa foi possível comprovar que de fato a companhia tem uma considerável importância para o desenvolvimento nacional econômico devido as suas receitas produtivas e da amplitude comercial gerada pelo processo produtivo do denim, uma matéria prima mundial utilizada na fabricação do jeans, um artigo muito utilizado pela população em diferentes estilos de vida. Outra importante constatação foi que as estratégias de P+L utilizadas nos processos de gestão podem contribuir e muito na redução do consumo de água e energia através do reúso das águas de transbordo, resfriamento das caldeiras, lavagem de pisos e equipamentos. Não menos importante é a melhora da eficiência produtiva dos processos de tingimento e uso de matéria prima de forma consciente do ponto de vista econômico e ambiental.

O estresse hídrico é uma realidade mundial, hoje sentida em menores proporções no Brasil. Dessa forma, é questão de tempo a água se tornar um recurso sobretaxado, o que causaria um enorme prejuízo aos pequenos produtores têxteis que não estiverem preparados e capitalizados para esse cenário. Uma alternativa viável e ideal para as empresas de pequeno e médio porte é a utilização da ferramenta de gestão P+L em seus processos produtivos, principalmente as que trabalham com a etapa de tingimento, pois essa ferramenta atua preventivamente no consumo exacerbado de água, reduzindo custos e processos operacionais não efetivos e sem dúvida contribui para um cenário de menor estresse hídrico.

## 6. REFERÊNCIAS

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Disponível em: <<http://www.abit.org.br>>. Acesso em: 18.maio 2017.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

ADVANTAGE AUSTRIA. Disponível em: <<http://www.advantageaustria.org/international/zentral/business-guide-oesterreich/importieren-aus-oesterreich/fashion/Ueberblick.pt.html>>. Acesso em: abril. 2018.

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

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx>>. Acesso em: outubro. 2018.

ARAÚJO, M. C. C. **Mapeamento da qualidade ambiental nas organizações privadas de Santa Catarina: ISO 14000 e produção mais limpa. 2004**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

BANCO MUNDIAL - BANCO MUNDIAL NO BRASIL - Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/country/brazil>>. Acesso em: 18. nov. 2017

BAI, Y.; YIN, J.; YUAN, Y.; GUO, Y.; SONG, D. An innovative system for promoting cleaner production: mandatory cleaner production audits in China. **Journal of Cleaner Production**. [s.l.], v.108 p. 883 – 890, December. 2015.

BARTH. F.T. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo, Nobel/ABRH, 1987

BBC NEWS BRASIL. **British Broadcasting Corporation**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-42005695>>. Acesso em: Outubro. 2018.

BEIJA, H.; JUAN, Z.; YONG, G.; YIHUI, T.; PING, J. Energy-related GHG emissions of the textile industry in China. **Journal of Cleaner Production**. [s.l.], v. 119 p. 69 -77, april.2017.

BDO BRAZIL. **Auditoria Contábil**. Disponível em: <https://www.bdo.com.br/pt-br/servicos/auditoria/auditoria-das-demonstracoes-contabeis>. Acesso em: novembro. 2017.

BNB- **BANCO DO NORDESTE. Setor Têxtil**. Caderno Setorial Etene. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2509338/textil\\_16\\_2017%28V2%29.pdf/063d7521-342f-e81e-232a-e251964fa1c3](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2509338/textil_16_2017%28V2%29.pdf/063d7521-342f-e81e-232a-e251964fa1c3). Acesso em: 14.abril.2018.

BUSCIO, V.; CRESPI, M.; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C.. Sustainable dyeing of denim using indigo dye recovered with polyvinylidene difluoride ultrafiltration membranes. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 91, p.201-207, mar. 2015.

CAPAR, G.; YILMAZ, L.; YETIS, U.; HAZARD. **MAT.** **2008**, *152*, 316. □

CETESB – **COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Disponível em:  
<<http://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2015/01/caso44.pdf>>. Acesso em: março. 2018.

CETESB - **CÂMARAS AMBIENTAIS** . Disponível em:  
<<https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/cas-em-atividade/camara-ambiental-do-setor-textil/>>. Acesso em: setembro 2018.

CETESB - **MANUAL PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS PARA O LICENCIAMENTO COM AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-217-14.pdf>>. Acesso em: outubro de 2018.

CHEN, H.; BURNS, D. L. **Environmental analysis of textile products**. Clothing and Textiles Research Journal, v.24 p.248–261, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0887302X06293065> Acesso em: 15.abril.2018.

CNI – **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA**, Encontro da indústria para a sustentabilidade. Brasília, 2012.  
COMISSÃO EUROPEIA – Disponível em:  
<[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/txt\\_bref\\_0703.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/txt_bref_0703.pdf)>. Acesso em: agosto.

2017.

CONAMA - **CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE**. Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011, p.89.

CONCEITO AMBIENTAL - **CONSULTORIA E ASSESSORIA** . Disponível em: <http://www.conceitoambiental.com.br/documentacao-ambiental/outorga-de-poco-artesiano>. Acesso em: 06.nov.2018.

DASGUPTA, Jhilly *et al.* Remediation of textile effluents by membrane based treatment techniques: A state of the art review. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 147, p.55-72, jan. 2015.

O ECO - **ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL**. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/referencia-no-externo-brasil-nao-faz-dever-de-casa-na-area-ambiental/>> Acesso em: Set. 2018.

**EMBAIXADA DA FINLÂNDIA**, Brasília, Brasil. Disponível em: <<http://www.finlandia.org.br/public/default.aspx?contentid=124176&contentlan=17&culture=pt-BR>>. Acesso em: abril.2018.

**EMBAIXADA DA ÍNDIA**, Brasília, Brasil. Disponível em: <[http://www.indianembassy.org.br/index\\_ol.php](http://www.indianembassy.org.br/index_ol.php)>. Acesso em: abril. 2018.

FEGHALI, M.K., DWYER, D. **As Engrenagens da Moda**. 2.ed. rev. e atualizada. Rio de Janeiro: Ed. SENAC RIO, 2010. 160 p.

FERSI, C.; GZARA, L.; DHAHBI, M. Treatment of textile effluents by membrane technologies. **Desalination**, [s.l.], v. 185, n. 1-3, p.399-409, nov. 2005.

FERREIRA. P. , LIMA. F. **Índigo: Tecnologias, Processos tingimento, Acabamento**. 109 p.

FRESNER, J.; JANTSCHGI, J.; BIRKEL, S.; Barnthaler, J.; KRENN, C. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. **Journal of Cleaner Production**. [s.l.], V. 18 p. 128 – 136, September. 2009.

**GESTÃO INDUSTRIAL**. Disponível em: < <https://gestaoindustrial.com/lean-manufacturing/>>. Acesso em: outubro.2018

GORINI, A.P.F. **O SEGMENTO DO ÍNDIGO**. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/3161>> . Acesso em 08. ago. 2018.

**GOVERNO DO BRASIL.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2010/10/lei-das-aguas-assegura-a-disponibilidade-do-recurso-no-pais>. Acesso em 27.Agosto. 2018.

**GOTEXSHOW. FEIRA INTERNACIONAL DE PRODUTOS TÊXTEIS.** Disponível em: < <http://gotexshow.com.br/mercado/>>. Acesso em 29. Março. 2018.

**IBAMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/perguntas-frequentes/licenciamento-ambiental>>. Acesso em: 08. maio. 2018.

**INVISTA.** Disponível em: < <http://www.invista.com/por/apparel-products/index.html>>. Acesso em : 06. maio. 2017

**IPTM - INSTITUTO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E MERCADOLÓGICA. CETIQT. Globalização da Economia Têxtil e de Confecção Brasileira: Empresários, governo e academia unidos pelo futuro do setor. Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT, 2007.332 p.**

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

**LENZING FIBERS. Lenzing Modal®.** Disponível em: <http://www.lenzing-fibers.com/en/lenzing-modal/>. Acesso em: 16. abr. 2017.

**MARQUES, A.F. Pós tratamento por membranas da água residuária do processo de tingimento de indústria têxtil com vistas ao reúso.** 113 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola de engenharia de São Carlos, 2017.

**MEDEIROS, D.; Silva, G.C.S.; CALÁBRIA., F.A.; FILHO, J.C.G.S . Aplicação da produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua.** Sciello Prod. vol.17 no.1 São Paulo Jan./Apr. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132007000100008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100008)>. Acesso em: 17.out.2017

**MOIT - MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE. Turkish Industrial Strategy Document: towards EU Membership.** Ankara. Disponível em: <http://www.sanayi.gov.tr/Files/Documents/TurkiyeSanayiStratejisiIngilizce.pdf>. Acesso em: agosto. 2017.

NCDENR - N.C. **Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance Water Efficiency Industry Specific Processes: Textiles**. North Carolina. Disponível em: < <http://infohouse.p2ric.org/ref/01/0069203.pdf>>. Acesso em: agosto. 2017.

NIINIMAKI, HASSI. Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing. **Journal of Cleaner Production**. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/jclepro>>. Acesso em: 14. nov.2017.

OLIVEIRA, C.P. **REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23961/16014>. Acesso em: 16. Ago .2018

ONUDI – UNIDO – **UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**. Disponível em:< <https://www.unido.org/> >Acesso em: março.2018.

OZTURK, E.; KARABOYACI, M.; YETIS, U.; YIGIT, N.O.; KITIS, M. Evaluation of Integrated Pollution Prevention Control in a textile fiber production and dyeing mill. **Journal of Cleaner Production**. [s.l.], v. 88 p. 116 – 124, may. 2014.

PIMENTA, GOUVINHAS. **Implementação da Produção mais Limpa em uma indústria têxtil: vantagens econômicas e ambientais**. International workshop Advances in cleaner Production. “CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD” São Paulo – Brazil – May 18<sup>th</sup> – 20<sup>nd</sup> – 2011.

PNUMA – **PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE**. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/agencias/onumeioambiente/>>. Acesso: março 2018.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. São Paulo: Atlas, 2009.

SINDIMALHAS - **SINDICATO DAS INDÚSTRIAS TÊXTEIS DE MALHAS NO ESTADO DE MINAS**. História da indústria Têxtil no Brasil. Disponível em: [http://www.sindimalhas.com.br/estudos\\_conteudo,14,6.html](http://www.sindimalhas.com.br/estudos_conteudo,14,6.html). Acesso em: 17. maio. 2017.

SELEGHIM, A.P.D SILVA, A.J. Estudo Para Implantação de produção mais limpa no contexto das pequenas e médias empresas do segmento têxtil. **ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/383.pdf> . Acesso em: 15. Maio. 2017.

SHAIKH, M.A. Water conservation in textile industry. **Pakistan Textile Journal**, v. 58 p. 48-51, novembro. 2009.

SOTTORIVA, P.R.S. **Degradação de corantes reativos utilizando-se processos oxidativos avançados** Curitiba, 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

TEXTILIA.NET. **REVISTA TÊXTIL.** Disponível em: <[http://www.textilia.net/materias/ler/textil/negocios/turquia\\_oude\\_se\\_reunem\\_os\\_tecidos\\_da\\_moda](http://www.textilia.net/materias/ler/textil/negocios/turquia_oude_se_reunem_os_tecidos_da_moda)>. Acesso em 29. março. 2018

TEXTILE INDUSTRY - **INDÚSTRIA TÊXTIL E DO VESTUÁRIO ANO XI.** Disponível em : < <https://textileindustry.ning.com/forum/topics/tudo-sobre-tecidos>>. Acesso em 18.junho.2018.

TMOSIT - Turkish Ministry of Science Industry and Technology. **Textile, Garment, Leather and Leather Products Sectors Report and Analysis Series.** Disponível em: < <http://www.sanayi.gov.tr/DocumentList.aspx?catID=1435&lng=tr> >. Acesso em: maio. 2017.

UNEP- **UNITED NATIONS ENVIROMENTAL PROGRAM.** Disponível em: <https://www.unenvironment.org/>. Acesso em: dezembro.2017.

VERMA, A. K.; DASH, R. ; BHUNIA, P. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 93, n. 1, p.154 -168, jan. 2012.

ZAGONEL, L.M.; SCHULTZ, G. Produção mais limpa na indústria têxtil: alternativas para minimização da utilização de água no processo de tingimento e acabamento. **Revista Destaques Acadêmicos**, ano1, n.1, 2009 CGO. Disponível em: < <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/12>>. Acesso em: 17. outubro.2017.

WELSCH, N. Indigo In: Römpp Chemie Lexikon Thieme Verlag, Stand März 2006.

WORLD RESOURCE INSTITUTE - **A Global research organization.** Disponível em: <https://www.wri.org/our-work>. Acesso em: 22. Jul. 2018.

## 7. APÊNDICES

## APÊNDICE A - AUTORIZAÇÃO DO USO DE DADOS

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA**  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**  
 Rua Voluntários da Pátria, 1309 Centro - Araraquara - SP  
 CEP 14801-320 - Telefone: (16) 3301.7263  
 www.uniara.com.br/comite-de-etica

**CONSENTIMENTO INSTITUCIONAL**

Araraquara, 10 de 09 de 2018.

Prezado (a) Sr.(a) (Nome)  
 (Função/Local)

Venho através desta solicitar a vossa senhoria autorização para a realização da coleta de dados da pesquisa intitulada " O uso sustentável da água: A Produção mais Limpa( P+L) em uma indústria têxtil no interior do Estado de SP, com a minha participação dos discentes do curso de Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente da Universidade de Araraquara.

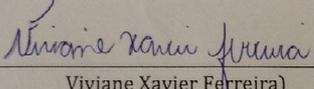
O trabalho tem como objetivo Verificar a implantação da ferramenta de gestão P+L na etapa de tingimento do denim e avaliar possíveis alternativas de redução do consumo de água, energia e geração de águas residuais em uma indústria têxtil no interior de São Paulo.

Informo que o referido projeto será submetido à avaliação ética junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Uniara, e me comprometo a encaminhar a vossa senhoria uma cópia do parecer ético após a sua emissão.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com as Resoluções vigentes relacionadas com pesquisas com seres humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados somente para a realização deste estudo.

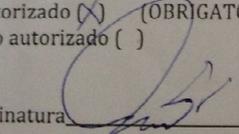
Desde já, coloco-me à disposição para esclarecimentos de qualquer dúvida que possa surgir.

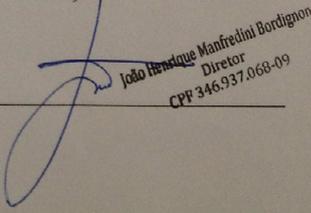
Antecipadamente agradeço à colaboração.

  
 Viviane Xavier Ferreira)  
 Pesquisadora responsável

**PARA PREENCHIMENTO DA INSTITUIÇÃO**

Autorizado  (OBRIGATÓRIO ASSINALAR)  
 Não autorizado ( )

Assinatura:   
 Gustavo Manfredini  
 Diretor  
 CPF 299.161.138-31

  
 João Henrique Manfredini Bordignon  
 Diretor  
 CPF 346.937.068-09

Data: 29/09/2018

**APÊNDICE B - TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**

 **UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA**  
Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP  
CEP 14801-320 | (16) 3301-7100 | www.uniara.com.br

**TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA – UNIARA**  
**PPG EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E MEO AMBIENTE**

Termo de compromisso do pesquisador para uso de dados e confidencialidade das informações obtidas sobre a empresa Capricórnio Têxtil S.A pesquisada.

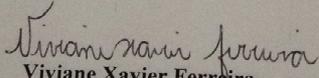
**TÍTULO DO PROJETO DE DISSERTAÇÃO: O USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL NO INTERIOR DO ESTADO DE SP**

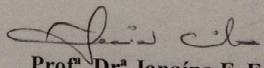
**Pesquisador responsável:** Viviane Xavier Ferreira – RG: 907.437.00-25  
SSP R.S CPF: 950.148.100-04 Residente à av. Winter biannchardi, 126 portaria 1 – Bairro: Jardim dos Flamboyants em Araraquara – SP.  
**Pesquisador Orientador:** Profª Drª Janaína Florinda Ferri Cintrão  
**Instituição de origem do Pesquisador:** UNIARA  
**Curso:** Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente

Por este termo de confidencialidade os pesquisadores comprometem-se a:

- Preservar o sigilo e a privacidade da empresa cujos dados, informações e resultados de avaliações serão estudados
- Assegurar que as informações e/ou arquivos coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para a execução do projeto em questão
- Assegurar que os resultados da pesquisa somente serão divulgados de forma anônima em trabalhos científicos, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificar a empresas pesquisada

Araraquara, 04 junho de 2018.

  
Viviane Xavier Ferreira

  
Prof. Drª Janaína F. Ferri Cintrão

## APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO

1. Como ocorre o processo de produção do Denin?
2. Qual o volume diário e mensal em m<sup>3</sup> ou litros de utilização de água no processo de tingimento do denin e demais setores da planta industrial?
3. Qual o volume de águas residuais geradas diariamente e mensalmente em litros ou m<sup>3</sup> após as etapas de tingimento do denin?
4. Que tipo de tratamento é utilizado para tratar as águas residuais (efluentes líquidos)? Esse procedimento é realizado pela unidade industrial ou pela empresa de saneamento municipal? Descreva esse processo informando suas características e benefícios.
5. Qual o tipo de corante utilizado pela empresa no processo de tingimento do denin? Por que?
6. Qual o consumo mensal de energia elétrica da empresa, é possível mapear esse consumo pelos departamentos e setores da empresa, por exemplo, na planta de tingimento do denin?
7. Na sua avaliação, quais as maiores dificuldades e problemas ambientais que são identificados no processo produtivo do denin? De que maneira o setor de tingimento pode ajudar a minimizar esse cenário?
8. No seu ponto de vista, como que a ferramenta da gestão de Produção mais Limpa (P+L) pode ajudar a reduzir os problemas ambientais da empresa?
9. Como surgiu a ideia de utilizar e implementar a ferramenta de Produção mais Limpa na empresa? Como vocês escolheram quais problemas seriam tratados? Como vocês chegaram nessas escolhas?
10. Houve alguma resistência dos funcionários para a implementação dos procedimentos de Produção mais Limpa na empresa? Hoje com os resultados alcançados você acredita que a percepção deles tenha mudado para melhor?
11. Na percepção de vocês a implementação da P+L acarretou em algum custo ou investimento? Como vocês compararam os custos dessas alterações em relação aos benefícios alcançados?
12. Em relação aos fornecedores de produtos químicos, houve um engajamento nessa iniciativa de melhora da performance ambiental em relação a adoção dos procedimentos de produção mais limpa? Foram apresentadas alternativas? Na sua opinião foi satisfatório, sustentou a proposta do investimento?