

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ROSANA GONDIM DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E EFLUENTES EM  
LAVANDERIAS DE JEANS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Recife, PE – Brasil  
Agosto de 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ROSANA GONDIM DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E EFLUENTES EM  
LAVANDERIAS DE JEANS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sávila Gavazza dos Santos Pessôa**

Co-orientadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érika Pinto Marinho**

Recife, PE – Brasil  
Agosto de 2008

O48c

Oliveira, Rosana Gondim de.

**Caracterização das águas e efluentes em lavanderias de jeans no agreste pernambucano / Rosana Gondim de Oliveira. - Recife: O Autor, 2008.**

88 folhas, il : tabs.,grafs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2008.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia Civil. 2. Indústria têxtil. 3. Caracterização de efluentes têxtil. 4. Tratamento físico-químico. 5. Reuso industrial. I. Título.

UFPE

624

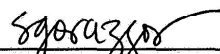
BCTG/ 2009-036

**CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E EFLUENTES EM LAVANDERIAS DE JEANS  
NO AGRESTE PERNAMBUCANO.**

Rosana Gondim deOliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Aprovada por:



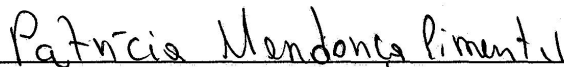
---

Sália Gavazza dos Santos Pessôa, D. Sc.  
(orientador)



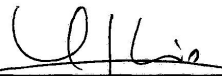
---

Érika Pinto Marinho, D. Sc.  
(co-orientador)



---

Patrícia Mendonça Pimentel, D. Sc.  
(Examinador Externo)



---

Maria de Lurdes Florencio dos Santos, Ph. D.  
(Examinador Interno)

Recife, PE – Brasil  
Agosto de 2008

## DEDICATÓRIA

Ao meu Marido, GUSTAVO PIMENTEL DA COSTA PEREIRA, pelo companheirismo e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus filhos, MARIANA GONDIM DE OLIVEIRA PEREIRA e VINÍCIUS GONDIM DE OLIVEIRA PEREIRA, pelos momentos de ausência, os quais foram necessários para me dedicar a este trabalho.

Aos meus pais, ANACLETO DE OLIVEIRA e DULCE PEDROSA GONDIM DE OLIVEIRA, pelo que sou hoje.

Aos meus irmãos, JOSÉ ANACLETO GONDIM DE OLIVEIRA e HENRIQUE GONDIM DE OLIVEIRA, pela amizade e estímulo.

## AGRADECIMENTOS

Uma dissertação não é produto exclusivo de um esforço individual. Antes, resulta de um conjunto de contribuições e circunstâncias que tornam possível desenvolver a investigação sobre um tema. O registro de tais auxílios tem por finalidade expressar meu reconhecimento a todos.

Gostaria de agradecer à Instituição da qual faço parte (Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco – TCE/PE), pela oportunidade que me deu de realizar esse trabalho.

Aos Técnicos e aos bolsistas dos laboratórios da UFPE (LEA, LSA e LQA) e o laboratório de efluentes do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP).

Às Professoras Dra. Sávvia Gavazza e Érika Marinho, pela orientação do presente trabalho, pela amizade e dedicação, e pela oportunidade de compartilhar novos conhecimentos.

Todos das lavanderias industriais estudadas, pela presteza e disponibilidade das informações para a elaboração deste trabalho.

A Ester Oliveira Santos, pela contribuição nas coletas das amostras e na realização das análises.

A Ana Maria Bastos, pelas horas compartilhadas na realização dos gráficos, pela amizade e disponibilidade em ajudar aos amigos.

Aos Amigos Arnóbio Vanderlei Borba, Igia Maria Albuquerque Belo Moreira e Leda Cristina Silva, pelas contribuições e sugestões.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.  
Muito Obrigada.

## RESUMO

O Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções de Pernambuco localiza-se em uma região de limitações hídricas, produzindo cerca de 15% das peças de jeans do país, onde também são realizadas as atividades de lavagem e tingimento. A demanda de água fica entre 50 a 300.000 L/mês, captados no rio Capibaribe, único manancial de abastecimento da região. Os processos físico-químicos (coagulação, floculação e sedimentação) são utilizados nas lavanderias para tratamento dos efluentes gerados. Foram estudadas três lavanderias (pequeno, médio e grande porte) de Toritama-PE, das quais foram coletadas amostras de água bruta utilizada pelas indústrias, efluente equalizado e efluente tratado. As coletas foram realizadas quinzenalmente, durante três meses e meio, em época chuvosa. Os resultados mostraram que a água bruta não atende aos limites para seu enquadramento como rio de águas doce classe 2. Os parâmetros analisados, após o tratamento físico-químico, indicaram que os efluentes saem das ETEs com teores fora do permitido para lançamento em termos de pH. As características do efluente tratado estão relacionadas tanto com a qualidade dos aditivos como com tipo de beneficiamento executado pelas lavanderias. Os parâmetros dos efluentes devem ser adequados à legislação. Isto pode ser conseguido com o aperfeiçoamento da operação da ETE e com a posterior implantação de tratamento complementar biológico. O reúso deve ser estimulado como forma de reduzir os custos com aquisição da água e o impacto ambiental do lançamento de efluentes.

Palavras-chave: Indústria têxtil, Caracterização de efluentes têxtil, Tratamento físico-químico, Reúso industrial.



## ABSTRACT

The Productive Local Arrangement (PLA) of confections of Pernambuco is located in a region of water limitations, produced around 15 % of the pieces of jeans of the country, where it is also carried out the activity of washing and dyeing. The demand for water is around 50 to 300 thousand liters month, caught in the Capibaribe river, the unique source of water in the region. The physical-chemical processes (coagulation, flocculation and sedimentation) are used in the laundries as a treatment of wastewater generated. We studied three laundries (small, middle and large size) of Toritama-PE, there were collected samples of raw water used by the industries, equalized effluent and treated effluent. The collections were made biweekly, during 3 months and a half, in the rain season. The raw water analyses indicated that the water does not comply with the limits for his framing like river of fresh waters class 2. The parameters examined indicate the effluent leaving the waste water treatment plant with concentration levels out of the allowed for discharge for pH. The characteristics of the treated effluent are as related with the quality of the additives and type of process of the laundry. The parameters of the effluent should be appropriate to the legislation. This can be achieved with the improvement the operation of the treatment plant and the subsequent introduction of a complementary biological treatment. The reuse must be stimulated to reducing the costs with acquisition of the water and the environmental impact with effluents discharges.

Key-Words: Textiles industries, Characterization of Textile Wastewater, The physical-chemical treatment, Industrial reuse.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	Divisão hidrográfica do Estado de Pernambuco	21
FIGURA 2 -	Distribuição regional do consumo de vestuário	27
FIGURA 3 -	Mapas de Pernambuco	29
FIGURA 4 -	Distribuição de Tamanho de Partículas em águas naturais	36
FIGURA 5 -	Fotos ilustrativas de LAV1	47-48
FIGURA 6 -	Fotos ilustrativas da ETE LAV1	49-51
FIGURA 7 -	Fotos ilustrativas de LAV2	52-53
FIGURA 8 -	Fotos ilustrativas da ETE LAV2	54
FIGURA 9 -	Fotos ilustrativas de LAV3	56-57
FIGURA 10 -	Fotos ilustrativas da ETE LAV3	58-59
FIGURA 11 -	Dados de temperatura das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	67
FIGURA 12 -	Dados de cloretos e salinidade das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	69
FIGURA 13 -	Dados de cor verdadeira e turbidez das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	70
FIGURA 14 -	Dados de DBO e TOG das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	71
FIGURA 15 -	Dados de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	72
FIGURA 16 -	Dados de alumínio das amostras de efluente equalizado e efluente tratado	73

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Características dos Efluentes Gerados na Indústria Têxtil	30
TABELA 2 -	Tipos de sedimentação	41- 42
TABELA 3 -	Análises e metodologias utilizadas na caracterização da água bruta e efluentes das lavanderias Industriais	60
TABELA 4 -	Resultados das análises de água bruta de LAV1	61
TABELA 5 -	Resultados das análises de água bruta da lavanderia LAV2	62
TABELA 6 -	Resultados das análises de água bruta da lavanderia LAV3	62
TABELA 7 -	Classificação das águas do Rio Capibaribe e seus usos preponderantes segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/2005	63
TABELA 8 -	Resultados das análises do efluente equalizado da lavanderia LAV1	64
TABELA 9 -	Resultados das análises de efluente equalizado da lavanderia LAV2	64
TABELA 10 -	Resultados das análises do efluente equalizado da lavanderia LAV3	65
TABELA 11 -	Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV1	74
TABELA 12 -	Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV2	75
TABELA 13 -	Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV3	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APL	Arranjo Produtivo Local
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COOH	Grupo funcional carboxila
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxigênio em um período de 5 dias
DM – 62	Fotômetro de Chama Modelo DM-62
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
ETEs	Estações de Tratamento de Efluentes
GL1	Grupo de pequenos Rios Litorâneos 1
GL2	Grupo de pequenos Rios Litorâneos 2
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GTZ	Sociedade Alemã para a Cooperação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP- AES	Espectroscópio atômico indutivo acoplado de emissão de plasma
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
LAV1	Lavanderia 1
LAV2	Lavanderia 2
LAV3	Lavanderia 3
LEA	Laboratório de Engenharia Ambiental
LQA	Laboratório de Química Ambiental
LSA	Laboratório de Saneamento Ambiental
NH <sub>2</sub>	Grupo amina
OD	Oxigênio Dissolvido
OH	Hidróxido

pH	Potencial hidrogeniônico
PRODEEM	Programa para o Desenvolvimento da Energia nos Estados e Municípios
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SST	Sólidos Suspensos Totais
TOG	Teor de óleos e graxas
UH	Unidade Hanz
UNT	Unidade Nefelométrica de turbidez

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
<b>1.1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
<b>1.3 HIPÓTESES FORMULADAS</b>	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
<b>2.1 A IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA</b>	17
<b>2.2 QUESTÕES RELATIVAS AOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	19
<b>2.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE</b>	20
<b>2.4 ASPECTOS INSTITUCIONAIS</b>	22
2.4.1 Esfera Nacional	22
2.4.2 Esfera Estadual	24
<b>2.5 A INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO TÊXTIL</b>	25
2.5.1 Produção Nacional	27
<b>2.6 TORITAMA</b>	28
<b>2.7 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL</b>	30
2.7.1 A Indústria de jeans e seus processos	32
<b>2.8 ASPECTOS GERAIS SOBRE O TRATAMENTO DOS EFLUENTES TÊXTEIS</b>	34
2.8.1 Tratamento físico-químico	35
2.8.2 Tratamento Biológico	43
<b>2.9 REÚSO DE ÁGUA</b>	44
3 MATERIAIS E MÉTODOS	46

<b>3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS LAVANDERIAS</b>	<b>46</b>
3.1.1 Lavanderia de Grande Porte (LAV1 )	46
<b>3.1.1.1 Estrutura Física</b>	<b>47</b>
<b>3.1.1.2 Tratamento de Efluentes</b>	<b>49</b>
3.1.2 Lavanderias de médio porte (LAV2 )	51
<b>3.1.2.1 Estrutura Física</b>	<b>52</b>
<b>3.1.2.2 Tratamento de Efluentes</b>	<b>53</b>
3.1.3 Lavanderias de Pequeno Porte (LAV3 )	55
<b>3.1.3.1 Estrutura Física</b>	<b>56</b>
<b>3.1.3.2 Tratamento de Efluentes</b>	<b>57</b>
<b>3.2 CARACTERIZAÇÃO</b>	<b>59</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>61</b>
<b>4.1 QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E EFLUENTES DAS LAVANDERIAS</b>	<b>61</b>
4.1.1 Qualidade da Água Bruta	61
4.1.2. Características dos Efluentes Equalizados e Tratados	64
<b>4.1.2.1 Influência do Processo Produtivo</b>	<b>64</b>
<b>4.1.2.2. Influência do Sistema de Tratamento</b>	<b>66</b>
<b>4.1.2.3. Eficiência das ETEs</b>	<b>73</b>
4.1.3 Eficiência do Sistema de Tratamento	73
4.1.4 Reúso Indireto/Direto	76
<b>5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b>	<b>78</b>
<b>5.1 CONCLUSÕES</b>	<b>78</b>
<b>5.2 SUGESTÕES</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>80</b>

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

---

### 1.1 INTRODUÇÃO

O setor têxtil é um dos segmentos de maior importância dentro da indústria, tendo o poder de alavancar economias em desenvolvimento, gerando forte impacto social.

A região do agreste pernambucano tem adquirido destaque crescente na economia nacional, em virtude do crescimento acelerado da sua indústria têxtil, que surgiu como alternativa econômica da região diante da decadência da indústria calçadista. As cidades da região que mais se destacam nesse setor, dando origem ao chamado Pólo da Moda, são Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru. O crescimento das indústrias de vestuário na região, principalmente as confecções de jeans, ocasionou o surgimento de várias lavanderias industriais, associadas ou não às confecções, cuja principal função é realizar o tratamento do jeans deixando-o pronto para o uso. A esta junção de indústrias produtivas de confecção, numa mesma região, chamamos de Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções (NORONHA; TURCHI, 2007).

Junto com o desenvolvimento econômico, vieram vários problemas gerados pelo crescimento acelerado e desordenado dessa região, dentre eles destacam-se a escassez de recursos hídricos e a geração de grandes volumes de efluentes, os quais não são adequadamente tratados. As preocupações em relação aos recursos hídricos têm estado relacionadas com as vazões disponíveis para os diversos usos, sem considerar que a qualidade da água é um fator limitante à sua utilização. Alguns aspectos importantes não têm sido considerados, como vazão mínima para garantir a diluição dos despejos e as condições de sobrevivência da vida aquática. Além disso, nem sempre é levado em conta o aspecto de que a maior parte dos recursos hídricos da região é intermitente (permanecem secos durante grande período do ano), como é o caso do principal manancial de abastecimento da região (o rio Capibaribe), impossibilitando a depuração das cargas poluidoras lançadas (VIEIRA, 2000).

O rio Capibaribe nasce na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, percolando por vários centros urbanos até chegar a Recife, e servindo de corpo



receptor de resíduos industriais e domésticos. Apresenta regime fluvial intermitente nos seus alto e médio cursos, tornando-se perene somente a partir do município de Limoeiro, no seu baixo curso (SILVA, 2006).

A indústria têxtil tem como principal característica a demanda de grandes volumes de água. Característica essa que é incompatível com a região semi-árida, onde se observam baixos índices pluviométricos (850-1.000 mm/ano) e altas taxas de evaporação, que supera os 2.000 mm anuais (COSTA, 2003, SILVA, 2006).

O alto custo da água gerado pela indisponibilidade, a princípio, não tinha grande relevância para as indústrias, em virtude das grandes compensações econômicas geradas pela informalidade e pelos incentivos fiscais, porém, com a crescente formalização do setor, a necessidade da diminuição dos custos com esse insumo passou a ser fundamental para existências das lavanderias.

Estas são abastecidas por água captada diretamente do Rio Capibaribe ou através de caminhões-pipa que se abastecem em seus afluentes, além das vazões oriundas de poços com profundidade inferior a 20 m.

Os despejos das lavanderias de maneira geral contêm impurezas removidas das roupas e substâncias adicionadas na lavagem, como sabão, detergentes, insumos químicos, fragmentos de argila e pedaços finos de fibra de tecido. Para diminuir o impacto desses despejos no meio ambiente, as indústrias possuem um sistema de tratamento físico-químico dos efluentes composto por sedimentação, coagulação e filtração. Após o tratamento, parte desses efluentes é descartada no corpo receptor e parte retorna ao processo para reuso.

Para que as atividades têxteis no Pólo da Moda possam continuar a existir de forma competitiva e acarretando o mínimo de impacto ambiental, torna-se indispensável a implantação de ações que visem à adequação das tecnologias usadas nas lavanderias e do tratamento dos efluentes gerados, possibilitando o reuso racional das águas do processo e o atendimento aos padrões de lançamento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros físico-químicos das águas utilizadas e produzidas por lavanderias de jeans de diferentes capacidades industriais do município de Toritama, propondo o aprimoramento do sistema de tratamento das águas residuárias visando à adequação dos efluentes ao reúso industrial e à disposição final sem comprometer os recursos hídricos da região.

### 1.2.2 Objetivos Especificos

1. Avaliar a qualidade da água bruta usada pelas lavanderias;
2. Avaliar a qualidade dos efluentes equalizados das lavanderias;
3. Avaliar a qualidade dos efluentes tratados pelas lavanderias;
4. Avaliar a eficiência dos processos físico-químicos utilizados por lavanderias de jeans;
5. Avaliar a relação da capacidade das lavanderias com a qualidade do efluente produzido.

## 1.3 HIPÓTESES FORMULADAS

A pesquisa foi conduzida sob as seguintes hipóteses:

- 1ª. A água bruta utilizada é de baixa qualidade;
- 2ª. As indústrias já praticam um reúso não intencional;
- 3ª. Apenas o processo físico-químico não é adequado ao tratamento dos efluentes das indústrias têxteis com a finalidade de reúso e lançamento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1 A IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA

Historicamente, a água apresenta-se como um componente primordial para o desenvolvimento humano, observando-se que o processo de colonização de grande parte do globo ocorreu às margens dos cursos de água, como ocorreu no Brasil, na época dos bandeirantes. Com o aumento da população e o incremento industrial, a água passou a ser cada vez mais utilizada, como se fosse um recurso abundante e infinito (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A água é a substância encontrada de forma mais abundante em toda a Terra, contudo em muitas regiões do planeta ela encontra-se em condições que tornam o seu aproveitamento inviável do ponto de vista econômico. De toda a água encontrada no planeta, apenas 2,5% é água doce. Entretanto, deve-se ressaltar que toda água da Terra não é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso ou utilização nem sempre tem viabilidade econômica. O termo água refere-se, em regra geral, ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo recursos hídricos é a consideração da água como bem econômico, passível de utilização com tal fim. (REBOUÇAS et al, 1999).

O Brasil possui uma situação privilegiada em relação à reserva de água doce do mundo, no entanto, essas reservas não são distribuídas de maneira uniforme por todo o país. Na região Norte, encontramos 69%, 15% estão no Centro-Oeste e os 16% estão divididos entre o Sul, o Sudeste e o Nordeste. Ficando a menor parte no Nordeste (3%) (MOREIRA, 2001).

A disponibilidade de água em qualquer local é variável em virtude das condições do clima, das estações do ano e pode, ainda, ser afetada pelas atividades humanas.

Considera-se, atualmente, que a quantidade total de água na Terra é de 1.386 milhões de km<sup>3</sup> e que tem permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. Entretanto, esta estabilidade hídrica é ameaçada pelos problemas de abastecimento no Brasil decorrentes da combinação do crescimento acelerado, das demandas localizadas e da

degradação da qualidade das águas. Esse quadro é uma conseqüência da expansão desordenada dos processos de urbanização e industrialização, verificada a partir da década de 50 (REBOUÇAS et al, 1999).

A água de boa qualidade é cada vez mais escassa. O fato de ser um solvente natural impede que ela seja encontrada em estado de absoluta pureza. As suas características refletem as do meio por onde percolam, dessa forma, qualquer alteração direta ou indireta no meio contribui para a alteração das suas características químicas, físicas ou biológicas (REBOUÇAS et al, 1999).

Alguns parâmetros físicos e químicos são comumente empregados para atestar a qualidade da água. Dentre eles, pode-se citar como parâmetros físicos: temperatura, sabor, odor, cor e turbidez; como parâmetros químicos: pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido e DBO e DQO e compostos inorgânicos e orgânicos. A primeira peculiaridade geral da água de consumo doméstico, industrial e irrigação é que ela deve apresentar baixo teor de salinidade, ou seja, ser doce (REBOUÇAS et al,1999).

Há setores que demandam um volume maior de água, de acordo com suas peculiaridades. Sendo o setor agrícola o que utiliza a maior parcela, em conseqüência, principalmente da prática da irrigação. Dados do Banco Mundial indicam que do total da água consumida no mundo a agricultura usa 69%, a indústria, 23% e o consumo residencial representa 8%. Em países em desenvolvimento, o uso de água para a agricultura pode atingir até 80% (BORSOI; TORRES, 1997).

No Brasil, a classificação das águas é definida pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. Esta Resolução classifica as águas de acordo com sua salinidade em treze classes, sendo cinco de águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), quatro de águas salobras (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), e quatro de águas salinas (águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰).

A água passou a ser vista, nas últimas décadas, como um bem finito, em virtude da sua vulnerabilidade. Desde então, ela tem sido considerada como um recurso ou bem econômico, já que sem ela torna-se impossível o desenvolvimento econômico de qualquer região. A percepção do valor econômico da água tornou-se praticamente universal e vem adquirindo uma importância crescente como fator

competitivo do mercado internacional nas duas últimas décadas, daí a denominação de água capital ecológico (REBOUÇAS et al, 1999).

## 2.2 QUESTÕES RELATIVAS AOS RECURSOS HÍDRICOS

A situação de escassez não se dá apenas pela diminuição da oferta da água nos mananciais, mas principalmente em virtude da diminuição do volume de água de qualidade passível de utilização. O conceito de água como um bem finito está ligado diretamente à disponibilidade de água de boa qualidade e não se pode esquecer que esse requisito de qualidade é relativo ao uso pretendido.

Existem fatores, como a industrialização, que aumentam a pressão sobre os recursos naturais do semi-árido pernambucano, em especial sobre os mananciais. Junto com a industrialização, em geral, vêm os altos índices de ocupação. Esses aglomerados urbanos, normalmente, são incompatíveis com a capacidade de suporte do meio. As atividades industriais representam a possibilidade de aumentar o conforto de parte da população do planeta, porém podem concentrar a poluição em quantidade acima da capacidade de depuração da natureza (VIEIRA, 2000).

Além dos problemas de salinização e assoreamento, outro grande problema que tem afetado a qualidade da água dos mananciais nordestinos diz respeito à poluição decorrente dos lançamentos de resíduos das atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas, principalmente provenientes de esgotos domésticos, esgotos industriais, matadouros, lixo, fertilizantes químicos e agrotóxicos (VIEIRA, 2000). O grande volume de despejos lançados pelas lavanderias de jeans ao longo do rio Capibaribe causa degradação não só nas águas do rio, mas no solo e na vegetação que margeia o seu curso.

A natureza não acompanha a velocidade com que o homem agride o meio ambiente. Na ausência do controle do poder público, quem determina o volume de água a ser retirado do rio é a própria indústria, a qual gerencia, de acordo com a sua conveniência, o volume de água a ser retirado. O que alimenta o uso de volumes de água excessivos e gera grande quantidade de efluentes.

Para um cenário desejável de uso racional dos recursos hídricos para o futuro, é preciso mudanças culturais nos hábitos das pessoas. Todos devem ter a

convicção de que a água é um bem econômico a ser preservado e protegido. A quantidade e a qualidade da água são indissociáveis. Caso continue sendo seguido pelo Nordeste brasileiro o atual modelo de desenvolvimento, as tendências, em relação aos aspectos de qualidade e conservação da água, são pouco otimistas. Estudos, ainda que escassos, têm mostrado resultados que permitem detectar bacias com avançados níveis de degradação. Isso vem comprovar a necessidade de serem estabelecidas políticas que possibilitem a interrupção do atual processo de degradação ambiental, bem como permitam projetar um cenário com significativo padrão de sustentabilidade em seu desenvolvimento (VIEIRA, 2000).

É urgente a necessidade de mudança no sistema produtivo das lavanderias situadas às margens do Rio Capibaribe, a racionalização do uso de água nas indústrias e a implantação de um tratamento adequado aos efluentes gerados. Essa mudança passa necessariamente por uma maior consciência de todos os envolvidos: proprietários, revendedores, consumidores, sociedade civil como um todo e poder público.

### 2.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

A bacia hidrográfica do Rio Capibaribe situa-se integralmente dentro dos limites do estado de Pernambuco, como mostra a Figura 1, servindo como divisa entre vários municípios (SILVA, 2006).



Figura 1 – Divisão hidrográfica do Estado de Pernambuco  
 Fonte: COSTA, [19--?]

Segundo Silva (2006):

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe, está localizada na porção norte-oriental do estado de Pernambuco, entre 07°41'20" e 08°19'30" de latitude sul, e 34°51'00" e 36°41'58" de longitude oeste. Limita-se ao norte com o estado da Paraíba, a bacia do rio Goiana e grupos de bacias de pequenos rios litorâneos – GL1, ao sul com a bacia do rio Ipojuca e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos – GL2, a leste com o Oceano Atlântico e os grupos GL1 e GL2 e, a oeste, com o Estado da Paraíba e a bacia do rio Ipojuca.

O rio Capibaribe nasce nas vertentes da Serra do Jacarará na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, percolando por vários centros urbanos e servindo de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. Apresenta direção inicial sudeste – nordeste, até as proximidades de Santa Cruz do Capibaribe, quando seu curso toma a direção oeste – leste, percorrendo uma extensão total de cerca de 280 km até sua foz, na cidade de Recife. Em vários trechos, serve como divisa entre municípios pernambucanos, como entre Santa Cruz do Capibaribe e Brejo da Madre de Deus (SILVA, 2006).

O rio Capibaribe apresenta regime fluvial intermitente nos seus alto e médio curso, que estão situados no Polígono das Secas, onde o rio apresenta regime temporário; tornando-se perene somente a partir do município de Limoeiro, no seu baixo curso. Seu mais importante afluente é o Rio Tapacurá. Na bacia do Capibaribe, o clima predominante é o semi-árido e menos de 20% de sua área têm chuvas acima de 800 milímetros (SILVA, 2006).

Segundo Silva (2006):

A bacia do rio Capibaribe apresenta uma área de 7.454,88 km<sup>2</sup> (7,58% da área do estado), abrangendo 42 municípios pernambucanos, dos quais Brejo da Madre de Deus, Chã da Alegria, Cumaru, Feira Nova, Frei Miguelinho, Glória do Goitá, Jataúba, Lagoa de Itaenga, Passira, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Toritama, Vertentes e Vertente do Lério estão totalmente inseridos na bacia. Os municípios que possuem sede na bacia são Camaragibe, Casinhas, Limoeiro, Paudalho, Pombos, Recife, Riacho das Almas, Salgadinho, São Lourenço da Mata, Taquaritinga do Norte e Vitória de Santo Antão. Os municípios parcialmente inseridos na bacia são Belo Jardim, Bezerros, Bom Jardim, Carpina, Caruaru, Chã Grande, Gravatá, João Alfredo, Lagoa do Carro, Moreno, Pesqueira, Poção, Sanharó, São Caetano, Tacaimbó e Tracunhaém.

A Bacia do Rio Capibaribe, em especial a porção que banha as cidades que exercem atividades têxteis, tem sofrido com a intensificação das atividades antrópicas. A região encontra-se bastante castigada em consequência da poluição ambiental, causada pelo lançamento indiscriminado dos esgotos domésticos e industriais, assoreamento, destruição da mata ciliar e o barramento irregular de trechos do rio, alterando o seu escoamento normal.

## 2.4 ASPECTOS INSTITUCIONAIS

### 2.4.1 Esfera Nacional

Na década de 80, tem início a descentralização da gestão dos recursos naturais, com a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA e do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. A Resolução Conama nº 20 de 18 de junho de 1986, estabeleceu a classificação das águas e o enquadramento dos corpos de água nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades das comunidades e não ao seu estado atual. Entre outros objetivos a resolução busca a proteção das águas dos mananciais.

Para cada uso da água, são exigidos limites máximos de impurezas que a mesma pode conter. Estes limites, quando estabelecidos por organismos oficiais, são chamados de padrões de qualidade (MOTA, 1995).



Com o objetivo de evitar a poluição e contaminação de qualquer espécie modificando os usos dos corpos de água, o governo brasileiro dividiu as águas em classes e determinou que os rios fossem enquadrados em uma dessas classes de acordo com o uso pretendido, mais restritivo, para elas. Segundo a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o enquadramento dos corpos de água em classes é mais do que uma simples classificação, devendo ser visto como um instrumento de planejamento ambiental. A discussão e o estabelecimento desse pacto ocorrerão dentro do fórum estabelecido pela Lei das Águas: o Comitê da Bacia Hidrográfica. (BUBEL et al., 2005).

A revogação da resolução CONAMA nº 20 pela resolução nº 357/2005, buscou a adequação às novas exigências ambientais. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA, 2005). Conforme a resolução CONAMA Nº357, as condições de lançamento de efluentes são:

- § pH entre 5 e 9;
- § temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder 3°C;
- § materiais sedimentares: até 1 ml/L em teste de uma hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja a velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentares devem estar virtualmente ausentes;
- § regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- § óleos e graxas: óleos minerais até 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- § ausência de materiais flutuantes.

A resolução determina, ainda, que na ausência da determinação dos padrões de qualidade para um determinado manancial, ele seja enquadrado como classe 2. Nesta situação, no caso de parâmetros coincidentes para enquadramento e lançamento devem ser seguidos para efeito de lançamento os limites determinados pela capacidade de diluição do manancial, a fim de que não ocorra o lançamento de efluentes capazes de desenquadrar o rio (CONAMA, 2005).

A resolução CONAMA Nº 370/2006 veio para prorrogar o prazo de um ano previsto pela CONAMA Nº 357/2005 (alterado para 18 de março de 2007) para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução Nº 357/2005 (CONAMA, 2005).

#### 2.4.2 Esfera Estadual

Seguindo a tendência nacional de resguardar os recursos hídricos, o Estado sancionou a lei nº. 11.426/1997, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e o plano estadual de recursos hídricos, instituindo o sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos (CABRAL, 1997).

Embora estejam previstos na legislação os instrumentos de outorga e cobrança, a outorga encontra-se em processo de implantação e a cobrança ainda não foi aplicada na gestão hídrica de Pernambuco. Como parte do processo de implantação, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA pretende primeiro regularizar os usuários já identificados; como a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, que é a entidade que detém a concessão do abastecimento de água em todo o estado. Os demais usuários terão a situação regularizada no ato de renovação da licença ambiental, visto que, as duas licenças (licença ambiental e outorga) são vinculadas (SILVA et al., 2007). A outorga de diluição, já concedida em alguns estados, ainda não é fornecida pela Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco. Segundo o órgão ambiental do estado, enquanto não for feito efetivo enquadramento dos rios do estado não será concedida outorga de diluição.

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH na intenção de preservar os recursos hídricos locais, solicita das empresas que têm efluentes com potencial poluidor, que além de atenderem a legislação federal (CONAMA Nº357/2005), respeitem as determinações das Normas Técnicas referente aos efluentes sujeitos a lançamento nos corpos hídricos estaduais (CPRH N.2001, CPRH N.2002, CPRH N.2003, CPRH N.2005, CPRH N.2006 e CPRH N.2007).

## 2.5 A INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO TÊXTIL

Fiar e tecer constituem atividades que vieram suprir uma necessidade social básica - o vestir. Estas atividades têxteis ganharam sentido construtivo à medida que o homem deixou de ser dominado pela natureza e seus fenômenos (condições meteorológicas e a proteção do corpo) para dominá-la e a partir do surgimento da cultura (pudor). Nesse momento desfiavam-se as fibras alheias (animais ou vegetais) para com elas surgir um produto que cobrisse o homem. E surge o tecido. Exemplo vivo e precoce do trabalho humano como um empreendimento racional direcionado para a transformação e, concomitantemente, para a produção de riqueza (ALVES, 1999).

A necessidade de proteger o corpo das variações climáticas foi o primeiro fato que levou o homem primitivo a se vestir. Depois, com a evolução do homem, a roupa passou a ter a função de adorno e é daí que surgem os primeiros sinais da moda que impõe à sociedade uma maneira de se vestir e de se portar conforme a tendência da época.

Junto com a necessidade do vestir surgiu a indústria do vestuário, que a princípio era suprida pelos artesãos, e depois, com a revolução industrial, pelas indústrias têxteis com seus teares mecânicos.

Uma característica essencial do processo produtivo da indústria têxtil é a descontinuidade que assinala a seqüência de operações que partindo do beneficiamento de fibras têxteis, culmina na elaboração de um bem de consumo final. Daí deriva um grau acentuado de segmentação do setor. A indústria têxtil pode ser classificada nas atividades de produção de fibra, produção de fios, produção de tecidos planos (tecelagem), produção de tecido de malha (malharia), produção de panos não tecidos, beneficiamento de têxteis (tinturaria, lavanderia, estamparia e acabamento) e confecções (CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA INDUSTRIAL, COMERCIAL E AGROINDUSTRIAL, 1985).

Entre os tecidos, existem os que se originam de fibras naturais (vegetais e animais) e os que a origem são as fibras sintéticas (polímeros sintéticos). Dentre as fibras naturais, a mais importante e mais utilizada na indústria têxtil é o algodão. Dessa fibra originam-se diversos tecidos, dentre eles um dos mais populares é o tecido de algodão sarjado (entrelaçado) de trama cerrada.

A palavra “jeans” é a denominação mais conhecida para esse tecido de algodão sarjado que já teve várias nomenclaturas como: “denim”, “índigo”, e hoje se popularizou como “jeans”. A palavra “jeans” simplesmente também denomina as calças feitas desse tecido ou de brim.

A palavra “denim” originou-se na França do século XVII, a partir da expressão “serje de Nimes” (sarja de Nimes), numa referência à cidade do sul do país. O termo “índigo” refere-se a um corante azul, originalmente produzido a partir de algumas plantas originárias da Índia. Acredita-se que o termo “jeans” esteja ligado às roupas feitas com um tecido azul rústico de algodão, usadas pelos marinheiros genoveses no século XVII. No entanto, foi a indústria têxtil de Maryland, na Nova Inglaterra, que em meados do século XIX popularizou-a como uma roupa de trabalho, pois não merecia grandes cuidados e era durável. Somente na metade do século XX, o jeans tornou-se um artigo de moda (GORINI, 1999).

Atualmente povos do mundo todo são adeptos desse tipo de roupa que agrada pela sua versatilidade e resistência. A durabilidade desse tecido, que foi um dos fatores iniciais do seu sucesso, passou a ser um fator limitante da demanda. Essa limitação é contornada pela dinâmica da moda, que cria novas tendências de cores, texturas e tonalidades. Tendências que estão diretamente ligadas ao beneficiamento feito pelas lavanderias industriais, onde as peças são descoloridas, tingidas, amaciadas e passam por um processo de envelhecimento artificial. O modismo faz com que um produto de grande durabilidade passe a ser descartável.

Antes dos anos 80, o jeans chegava ao consumidor final sem lavagem alguma, e enrijecido pela goma. Isto causava um desconforto que só desaparecia após lavagens domésticas. Foi nesta época que uma nova indústria surgiu: as lavanderias industriais, que amaciavam os jeans e deliciavam os consumidores com o toque e o conforto proporcionado (LAVANDERIAS..., 2006).

Os países que se alternam como os maiores produtores mundiais de denim, o tecido usado na produção do jeans, são Brasil, China e Turquia (TAVARES, 2006).

Em termos de consumo, o Brasil é o quarto maior mercado (aproximadamente 110 milhões de m/ano), atrás dos Estados Unidos (1.250 milhões de m/ano), do Japão (300 milhões de m/ano) e Alemanha (GORINI, 1999).

### 2.5.1 Produção Nacional

No Brasil, o jeans, cuja comercialização teve início na década de 60, através da Santista Têxtil, era destinado, principalmente, aos trabalhadores do campo. A fabricação desse tecido é, especialmente, dependente do processo de tingimento dos fios. Outra característica marcante do tecido de jeans é o aspecto de envelhecimento ocasionado pelo gradativo desbotamento ocorrido a cada lavagem. Essa etapa do acabamento, atualmente conduzida por lavanderias industriais, fora do estrito controle da indústria de confecções é, no entanto, vital nesse mercado (GORINI, 1999).

As duas maiores produtoras de jeans do Brasil são Vicunha e Santista, seguidas pela Cedro Cachoeira. Para competir com os preços e modelos de rivais externos o ingrediente principal desse mercado é a inovação (TAVARES, 2006).

A Figura 2 mostra que, a região Nordeste ocupa uma posição de destaque dentro do mercado consumidor de vestuário do País, ocupando a segunda colocação, ficando atrás apenas da região Sudeste do Brasil. O setor de confecções nordestino encontra-se distribuído nos diversos estados da região, concentrando-se principalmente nos estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Bahia e Paraíba (CALADO et al., 2003).

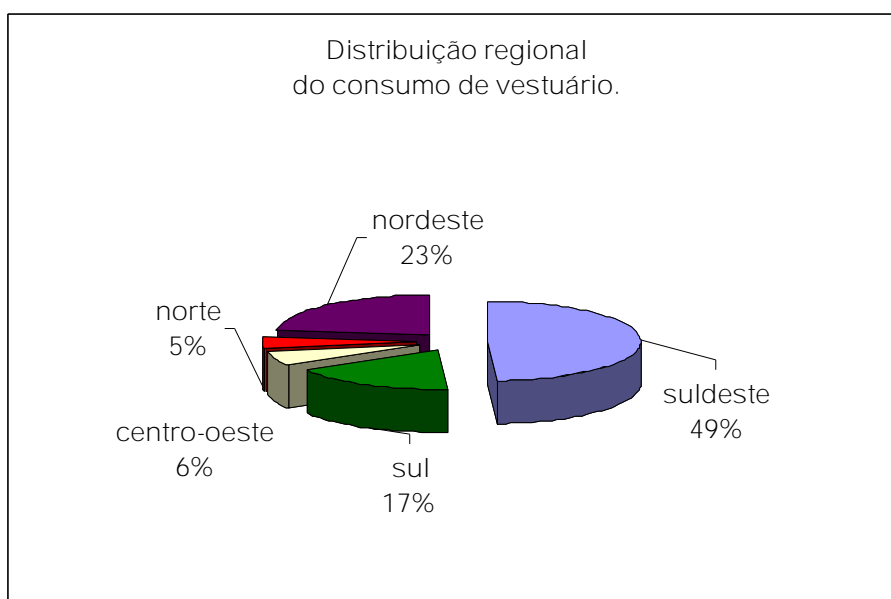


Figura 2: Distribuição regional do consumo de vestuário  
Fonte: CALADO (2003).

O setor têxtil é um dos mais tradicionais do Nordeste. Entretanto, observou-se uma perda de importância do mesmo, tanto no contexto nacional, quanto no regional, em vista da ação de incentivos diferenciados, beneficiando o setor têxtil do Centro-Sul e com a gradativa queda de produção de algodão no Nordeste, dada a praga do bicudo. Enquanto a tecelagem perdeu peso na região, concentrando-se no Centro-Sul, outro elo da cadeia, o de confecções, despontou com crescente importância, inclusive em nível nacional. Chamando a atenção para algumas áreas dinâmicas que têm assumido proporções crescentes no cenário econômico regional. Estas poderão contribuir para alterar a realidade econômica do Nordeste pelo menos em alguns de seus subespaços (LIMA; KATZ, 1994).

Atualmente, o Pólo de Confecção do Agreste pernambucano é formado por cerca de 12 mil microempresas espalhadas pelas cidades de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. O Pólo responde por 15% do setor de confecção do País, principalmente confeccionados em tecido de jeans (PÓLO..., 2004).

O Pólo de Confecções do Agreste concentra atualmente 60% da produção de confecções de Pernambuco, com faturamento de R\$ 1,73 bilhão por ano, o equivalente a 7% do PIB Estadual. Nele, estão instaladas 12,1 mil confecções, que produzem 693,6 milhões de peças por ano, empregam 76 mil pessoas e utilizam 73,4 mil máquinas (AD DIPER, 2006).

A perspectiva da chegada dos produtos chineses, no comércio varejista local, é uma preocupação crescente entre os empresários do Pólo de Confecções do Agreste pernambucano. Os orientais podem produzir confecções em maior quantidade e mais barato. O que vai diferenciar o produto da região do produto importado será, além da qualidade na fabricação das peças, o estilo (GUSMÃO, 2006).

## 2.6 TORITAMA

O município de Toritama está localizado no agreste do estado de Pernambuco. A Figura 3 mostra seus limites, ao norte o município de Taquaritinga do Norte e Vertentes, ao sul e leste Caruaru e a oeste Santa Cruz do Capibaribe (MASCARENHAS, 2005).



Figura 3: Mapas de Pernambuco  
 Fonte: MAPAS..., [19--?].

A área municipal ocupa 34,61 km<sup>2</sup> (0,04% de PE), inserida na meso-região do Agreste Pernambucano e na micro-região do Alto Cabibaribe. De acordo com o censo 2000 do IBGE, a população total residente é de 21.800 habitantes. Contava em 2000 com 226 empresas com CNPJ atuantes, ocupando diretamente 1.004 pessoas (4,60% da população). No ranking de desenvolvimento, o município está em 35º lugar no Estado (35/185 municípios) e em 3.466º lugar no Brasil, com um Índice de Desenvolvimento Humano-IDH médio de 0,670 (MASCARENHAS, 2005).

Há trinta anos, o município de Toritama, em Pernambuco, era mais uma terra esquecida no agreste nordestino, sem água, sem crédito e com ajuda governamental apenas para sobreviver. Hoje, a cidade é uma das maiores fabricantes de jeans do Brasil. A vocação teve início há um bom tempo, quando o algodão existia em fartura. No entanto, uma praga de insetos acabou com a plantação na década de 50. Após a tentativa, mal sucedida, de inserção no mercado calçadista, a saída encontrada pelos comerciantes foi buscar sobras de tecido das confecções do Recife para reiniciar uma pequena produção local. O que começou como um subproduto das empresas da capital representa, atualmente, um volume anual de 18 milhões de peças de jeans e emprega toda a população economicamente ativa do município. A cidade não fabrica mais tecido, produz roupas em quantidade, respondendo por 15% da produção nacional de jeans (RAMIRO; LOTURCO, 2002).

## 2.7 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil utiliza entre 80 a 150 litros de água para produzir 1 kg de tecido, sendo que 80% deste volume são descartados como efluente e apenas 12% do total compõem as perdas por evaporação. O alto consumo de água demandado pela indústria têxtil é devido às operações de beneficiamento: lavagem, tingimento e acabamento dos tecidos (IMMICH, 2006). A característica destes efluentes depende da tecnologia e dos processos industriais utilizados (Tabela 1) e por isso apresentam características distintas e quantidade variada (ALMEIDA; ASSALIN; ROSA, 2004).

Tabela 1 - Características dos Efluentes Gerados na Indústria Têxtil.

PARÂMETROS	FAIXAS DE VALORES
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,20 – 0,54
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	250 – 6000
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	800 – 3000
SST (mg/L)	75 – 8000
Óleos e Graxas (mg/L)	14 – 5500
Cromo Total (mg/L)	0,014 – 4
Fenol (mg/L)	0,04 – 1,5
Sulfetos (mg/L)	0,09 – 8,0
Cor (UH)	325 – 2000
pH	7 – 11
Temperatura (°C)	21 – 62
Uso de água (L/Kg)	13 – 150

Fonte: Santos, 2006 apud CRESPI, 2002.

O efluente líquido pode ser solúvel ou com sólidos em suspensão, com ou sem coloração, orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada, ou seja, depende do processo. Entre as determinações mais comuns para caracterizar a massa líquida estão as determinações físicas (temperatura, cor, turbidez, sólidos etc.), as químicas (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais etc.) e as biológicas (bactérias, protozoários, vírus etc.). A medida da matéria orgânica total é feita indiretamente como DQO e DBO. O conhecimento da vazão e da composição do efluente líquido industrial possibilita a determinação das cargas de poluição/contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de



tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor (PEREIRA, 2002).

O efluente das lavanderias industriais contém muitas impurezas (elementos físicos, químicos, biológicos) removidas das roupas e das substâncias adicionadas na lavagem. O sabão e outros detergentes presentes na água produzem uma suspensão mais ou menos permanente de terra, pedaços finos de fibras de tecidos, gorduras, óleos e sólidos suspensos, onde após um período prolongado de estagnação pode ocorrer decomposição por bactérias (NAVACHI, 2002).

Na geração dos efluentes têxteis encontram-se corantes dissolvidos e dispersos, amaciantes, fixadores e tensoativos. A variação dos tipos de corantes é significativa, conferindo demandas químicas de oxigênio superiores a 2000 mgO<sub>2</sub>/L e unidades absorciométricas de cor na faixa de 420-600 nm (MACHADO et al., 2005).

A cor forte é a característica visual mais notória do efluente têxtil. A coloração é devida à presença dos corantes que não se fixam nas fibras durante o processo de tingimento e que posteriormente na lavagem, transferem-se para o efluente. A toxicidade dos resíduos têxteis é uma das questões mais relevantes no âmbito dos impactos ambientais. Essa toxicidade é mais relevante quanto mais se faz uso de corantes baseados em metais pesados, a presença dos metais pesados nos efluentes têxteis pode ser atribuída tanto às moléculas de corantes, quanto aos produtos auxiliares envolvidos no processo de tingimento ou acabamento. Além disso, deve-se também considerar que a matéria-prima como fibras, fios e tecidos, podem conter resíduos de metais (HASSEMER, 2006).

Os processos e despejos gerados pela indústria têxtil variam à medida que a pesquisa e o desenvolvimento produzem novos reagentes, novos processos e novas técnicas, e também de acordo com a demanda do consumo por outros tipos de tecidos e cores. Numerosas operações são necessárias a fim de dar ao tecido o máximo de propriedades, gerando assim, em cada etapa, diferentes despejos (HASSEMER; SENS, 2002).

### 2.7.1 A Indústria de jeans e seus processos

Os processos executados nas indústrias de beneficiamento de jeans, basicamente, são:

#### Desengomagem

Consiste na eliminação de gomas aplicadas durante as operações de preparação de fio para a tecelagem de tecidos planos. Há três tipos de desengomagem e insumos para gomas derivados do amido: enzimática, com a aplicação de  $\alpha$ -amilase e tensoativos a uma faixa de temperatura de 25° a 70° C; por hidrólise ácida, com a aplicação de ácidos minerais à faixa de temperatura de 20° a 50° C; ou por oxidação, que pode ser feita simultaneamente com o processo de alvejamento, utilizando peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio ou clorito de sódio (CPRH; GTZ, 2001).

#### Alvejamento

É descrito como um tratamento químico empregado na descoloração de materiais têxteis que se deseja branquear. A tendência mundial é proscrever a utilização do cloro nos processos de alvejamento, em decorrência da possibilidade de formação de compostos organoclorados. Hoje, quase a totalidade das indústrias têxteis substituiu o cloro por peróxido de hidrogênio (CPRH; GTZ, 2001).

#### Tingimento

É o processo de coloração dos substratos têxteis, de forma homogênea, mediante a aplicação de corantes. Como regra geral, divide-se o processo de tingimento em três etapas, nas quais ocorrem os seguintes processos de natureza físico-química: migração, absorção e difusão/fixação do corante. Na primeira etapa, o corante migra do meio em que se encontra diluído para a superfície da fibra. Ao estabelecer-se o contato do corante com a fibra, inicia-se a sua adsorção pelas camadas superficiais do substrato têxtil. O corante absorvido difunde-se no interior da fibra e fixa-se nela por meio de ligações iônicas, pontes de hidrogênio, forças de Van Der Waals ou ligações covalentes, dependendo da natureza do material polimérico que a constitui e do tipo de corante empregado. Nas várias etapas que se sucedem, a temperatura desempenha um importante papel ao lado

da influência de produtos químicos auxiliares (sais, tensoativos, ácidos, bases, etc.) da ação mecânica causada pela agitação do banho de tingimento e do substrato têxtil em processamento (CPRH; GTZ, 2001).

#### Lavagem

Os processos de lavagem, para artigos alvejados ou tingidos, requerem a utilização de vários produtos químicos auxiliares, como detergentes, sabões, seqüestrantes, neutralizantes, entre outros. Os procedimentos são realizados, normalmente, nos mesmos equipamentos onde ocorrem o alvejamento ou tingimento. Os efluentes provenientes dos processos de lavagem, principalmente os primeiros banhos, apresentam elevada concentração de poluentes, corantes e produtos auxiliares, os quais devem, obrigatoriamente, ser enviados ao sistema de tratamento para depuração (CPRH; GTZ, 2001).

#### Destroy

Consiste num processo a úmido que estiraçalha o jeans, conferindo desgaste às peças (LAVANDERIAS..., 2006).

#### Stone-wash

Consiste no processo de envelhecimento precoce com a utilização de pedras na lavagem. Atualmente vem sendo substituído pelo Enzime wash, no qual as enzimas são aplicadas no jeans reagindo com o tecido e removendo a celulose do tecido. Os resultados são os mesmos do stone-wash, mas o processo é mais econômico e menos agressivo ao meio ambiente (LAVANDERIAS..., 2006).

#### Centrifugação

Os artigos têxteis, após cada um dos processos anteriores, apresentam-se com excesso de água. A extração da água é feita por processo mecânico realizado em centrífugas. Os efluentes desse processo, basicamente água com pouca impureza, geralmente são conduzidos aos sistemas de tratamento. Porém, em função da pequena presença de contaminantes, essas águas podem ser reaproveitadas em outros processos (CPRH; GTZ, 2001).

### Amaciamento

É o processo de impregnação de amaciantes, onde o tecido é colocado em uma cuba contendo a solução de amaciante e, novamente, é removida a umidade residual. Os efluentes desse processo contêm, normalmente, apenas o excesso de água extraído, assim como resíduos de banhos de amaciamento (CPRH; GTZ, 2001).

### Secagem

A secagem de artigos têxteis tem por finalidade a remoção da umidade restante dos processos úmidos anteriores. A secagem é realizada em secadores, onde a fonte de calor é proveniente de vapor por queima de gás ou lenha. Além da secagem, os secadores também são responsáveis pelos efeitos de pré-encolhimento dos artigos. Os resíduos dessa operação são as emissões gasosas, principalmente quando da queima de gás e, eventualmente, os amaciantes que volatilizam durante o processo térmico de secagem.

## 2.8 ASPECTOS GERAIS SOBRE O TRATAMENTO DOS EFLUENTES TÊXTEIS

A dificuldade de remoção de partículas presentes na água é função de seus tamanhos. Partículas em suspensão, que possuem diâmetro médio superior a 1  $\mu\text{m}$ , podem ser removidas por sedimentação simples. Intermediariamente, as partículas coloidais, visíveis através de microscopia eletrônica, com diâmetros variando na faixa de  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  a 1  $\mu\text{m}$ , exigem a coagulação e floculação antes de sua separação por operação unitária como a sedimentação ou flotação. Finalmente, as partículas com diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$ , dissolvem-se na água em nível de solução verdadeira e são muito estáveis, praticamente cargas elétricas dispersas na água, removíveis apenas através de processos especiais de tratamento, como os que recorrem ao emprego de membranas semipermeáveis e os processos à base de troca iônica (PIVELI, 2000; VON SPERLING, 1996).

## Equalização

O processo que deve anteceder qualquer tipo de tratamento de efluente é a equalização. Ela é indicada para atenuar as variações das características do efluente líquido, em particular da vazão; as variações da concentração de compostos orgânicos e da concentração de sólidos em suspensão. Os tipos de tanques de equalização são:

- a) Nível Constante: não regulariza a vazão, apenas uniformiza a carga em termos de concentração e serve para neutralizar (homogeneizar).
- b) Nível Variável: o efluente é retirado a uma vazão constante, acarretando variações no volume. Neste caso temos equalização da vazão e também neutralização (homogeneização). Para isto deverá ser reservado um volume mínimo no tanque, que não deverá ser inferior a 1 m<sup>3</sup> ou cerca de 30% do volume útil do tanque, outra finalidade é proteger as bombas, fazendo com que não funcionem a seco. Em qualquer um dos dois casos a entrada deve ser por cima e a saída por baixo para evitar problemas de curto-circuito, uma vez que, geralmente, esses tanques recebem os efluentes por gravidade (NUNES, 1996).

### 2.8.1 Tratamento físico-químico

O objetivo dos processos físico-químicos é clarificar os efluentes através de uma combinação de recursos químicos e físicos que reduzem a turbidez, a cor e a carga orgânica, através da eliminação dos sólidos suspensos (PIVELI; KATO, 2006).

A água pode conter uma variedade de impurezas, que apresentam carga superficial negativa, impedido que as mesmas se aproximem uma das outras, permanecendo no meio líquido se suas características não forem alteradas. Para que as impurezas possam ser removidas, é preciso alterar algumas características da água e, conseqüentemente, das impurezas, por meio da coagulação. Após a coagulação vêm as etapas que têm a função de remover da massa líquida as impurezas coaguladas. Estas etapas podem ser a floculação, a sedimentação ou flotação e a filtração (DI BERNADO; DANTAS, 2005).

No controle operacional de sistemas de tratamento de esgoto, algumas frações de sólidos assumem grande importância. Esses sólidos em um quadro geral de distribuição das partículas são classificados com relação ao tamanho (sólidos em suspensão, coloidais e dissolvidos), como mostra a Figura 4, e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (PIVELI; KATO, 2006).

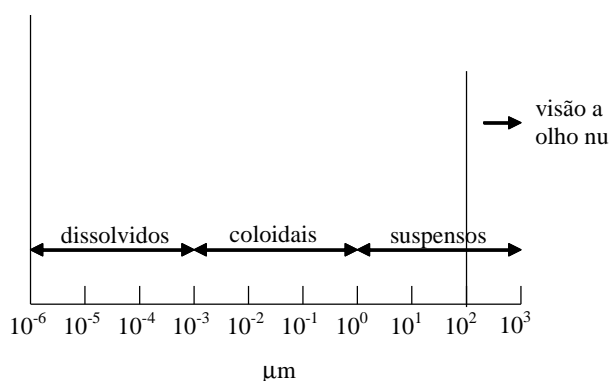


Figura 4 - Distribuição de tamanho de partículas em águas naturais  
Fonte: VON SPERLING, 1996.

Existem dois principais fatores de estabilização das partículas coloidais: a camada de solvatação e a carga elétrica. A camada de solvatação é uma fina película de água fortemente aderida à partícula coloidal. A afinidade dessas partículas pela água resulta da presença de certos grupos polares como OH, COOH e NH<sub>2</sub> em sua superfície. Os colóides que possuem camada de solvatação são chamados hidrófilos ou hidrofílicos e são mais difíceis de coagular e flocular, pois são bastante estáveis. Graxas, óleos, sabões e detergentes pertencem a este grupo, quando dispersos em água. Os colóides que não possuem camada de solvatação são chamados hidrófobos e são mais fáceis de flocular por não possuírem esta barreira contrária à ação dos agentes empregados para a sua desestabilização. Eles não têm afinidade com a água, pois sua fase dispersa é constituída de material insolúvel em água (OENNING JUNIOR, 2006).

A carga elétrica que se manifesta na superfície das partículas coloidais é chamada carga elétrica primária. Ela pode ser originada da dissociação de grupos reativos presentes nas extremidades das moléculas, ou simplesmente pela adsorção seletiva de íons dispersos na água (PIVELI, 2000).

## Coagulação

A primeira etapa do processo físico – químico, consiste na neutralização dos sólidos suspensos, que são partículas insolúveis na água, com velocidades de sedimentação tão reduzidas que inviabilizam sua decantação natural ao longo do tempo. Aliado a isso, a maioria destas partículas apresentam sua superfície carregada eletricamente, proveniente da adsorção de íons (principalmente hidroxilas) presentes na água. A presença de partículas de cargas elétricas iguais aumenta a repulsão entre elas, dificultando a aglomeração e formação de agregados maiores e de mais fácil sedimentação. O fenômeno de neutralização consiste exatamente na eliminação dessas cargas eletrostáticas superficiais ou, em outras palavras, na diminuição do chamado potencial ZETA (NAVACHI, 2002).

O potencial máximo de repulsão eletrostática ocorre na superfície das partículas e é ele que tem que ser neutralizado para o desequilíbrio das partículas, mas pela dificuldade de se executar a medição calcula-se esse potencial pela medida do potencial manifestado no plano de cisalhamento, que é chamado de potencial Zeta, porque corresponde ao potencial das cargas que estão dentro do plano de cisalhamento e que pode ser medido. Essa medida serve de referência para o estabelecimento de dosagens de coagulantes em estações de tratamento (PIVELI; KATO, 2006).

A coagulação depende fundamentalmente das características da água e das impurezas presentes, conhecidas por meio de parâmetros como pH, alcalinidade, cor verdadeira, turbidez, temperatura, potencial Zeta, condutividade elétrica, tamanho e distribuição de tamanhos das partículas em estado coloidal e em suspensão, etc. (DI BERNADO; DANTAS, 2005).

A coagulação geralmente é realizada por sais de alumínio e de ferro ou de polímeros sintéticos ou vegetais catiônicos, resulta de dois fenômenos: o primeiro, essencialmente químico, consiste nas reações do coagulante com a água e na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva e depende da concentração do metal e pH final da mistura; o segundo, fundamentalmente físico, consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato entre as impurezas presentes na água (DI BERNADO; DANTAS, 2005). O processo é muito rápido, variando desde décimos de segundo a cerca de 100 segundos, dependendo das demais características (DI BERNADO; DANTAS, 2005).

Nas estações de tratamento de água esse processo ocorre logo no início em algum ponto onde se tenha gradiente de velocidade elevado que permita a rápida dispersão do coagulante empregado. Essa etapa de tratamento, onde se adiciona o coagulante, chama-se mistura rápida, em virtude da necessidade do contato rápido entre coagulante e colóide. Não é necessária a construção de um tanque específico para este fim, utilizando-se pontos de estrangulamento no canal de chegada da água na estação (PIVELI; KATO, 2006).

Para se ter uma boa coagulação, deve-se conhecer o pH ótimo, com o qual este fenômeno ocorre no menor espaço de tempo e com uma dosagem de coagulante relativamente pequena. A alcalinidade também possui importância indiscutível no tratamento químico de água e efluentes. Quando o efluente apresentar um Potencial Zeta muito negativo, ou não possuir partículas que sirvam como núcleos de flocos (baixa turbidez), torna-se necessário o uso de auxiliares de coagulação. Estes produtos têm a finalidade de ajudar e acelerar o processo de formação de flocos volumosos e de rápida sedimentação (OENNING JUNIOR, 2006).

Segundo Piveli e Kato (2006),

O sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais empregados por apresentar baixo custo, ser fácil de transportar e por ser produzido em diversas regiões brasileiras. Em condições normais, sua aplicação é mais eficiente na faixa de pH entre 5 a 8. O sulfato ferroso é indicado para o tratamento de águas com pH elevado, uma vez que a faixa ideal de pH para a sua aplicação é de 8,5 a 11. O sulfato férrico é recomendado para águas com cor elevada ou ácidas. A faixa de pH indicada para a sua aplicação vai de 5 a 11. O cloreto férrico é também bastante usado, atuando em uma faixa ampla de pH, que vai de 5 a 11. O sulfato ferroso clorado, também chamado de caparrosa clorada, atua a partir de valores de pH superiores a 4 e é obtido pela reação do cloro com o sulfato férrico.

### Floculação

A floculação corresponde à etapa de formação dos flocos, após a coagulação. Durante esta etapa, a velocidade da água deve ser suficiente para promover o contato entre os coágulos, sem ser demasiadamente alta e que venha a produzir a quebra destes (NAVACHI, 2002). Isto é, deve ocorrer sob condições de agitação lenta. Os gradientes que produzem tensão cisalhante nos flocos existentes são limitados para que não ultrapassem a capacidade de resistência destas partículas (SCHOENHALS, 2006).



Na etapa de floculação é promovida a aglutinação e o agrupamento das partículas a serem removidas, tornando o peso específico das mesmas maior que o da água, facilitando a sedimentação (SILVA; CARVALHO, 2007).

A formação dos flocos ocorre nos flocladores, onde as partículas previamente desestabilizadas (na etapa de coagulação) recebem agitação controlada para que se aumente a probabilidade de ocorrência dos choques. A fenomenologia da floculação baseia-se em dois mecanismos complementares: adesão e transporte. O primeiro está relacionado às cargas superficiais das partículas, que devem ser alteradas durante a coagulação para que os choques sejam efetivos (SANTOS et al., 2004). O segundo mecanismo refere-se à agitação introduzida ao meio e pode ser decorrente da ação de três mecanismos distintos: interação pericinética – em decorrência da energia térmica (movimento Browniano), as moléculas de água causam movimento desordenado das partículas, favorecendo encontros entre as mesmas; interações ortocinéticas – tanto no escoamento laminar como no turbulento, os gradientes de velocidade são responsáveis pelos encontros das partículas; sedimentação – partículas com diferentes velocidades de sedimentação podem se encontrar. A eficiência global das interações depende, também, das características hidráulicas do escoamento nas unidades que buscam agregar as partículas em determinado período de tempo (DI BERNADO; DANTAS, 2005).

O movimento Browniano é descrito como o executado por corpos de tamanho visível ao microscópio, e que estão em suspensão em um líquido, como consequência dos movimentos térmicos moleculares; choques num dado intervalo de tempo, num dado sentido, podendo não ser exatamente compensado pelo número de choques no sentido oposto, daí o deslocamento. A frequência com que ocorrem as colisões, ou as distâncias percorridas entre as colisões sucessivas está relacionada também com as características físicas do meio, que dão conta do movimento térmico das moléculas que o compõem. (SALINAS, 2005).

Na interação ortocinética as partículas são colocadas em contato umas com as outras através do movimento do fluido (presença de gradientes de velocidade) decorrente da introdução de energia externa (SCHOENHALS, 2006). Essa etapa é chamada de mistura lenta e pode ser feita por flocladores hidráulicos ou mecânicos, onde os hidráulicos são tanques com chicanas que controlam o grau de mistura pelo espaçamento entre elas e nos mecânicos os tanques possuem

agitadores nas quais o grau de mistura é controlado pela potência do motor (PIVELI; KATO, 2006).

Além da energia para a mistura, o tempo de mistura tem influência decisiva nos resultados. Assim como algumas características físicas e químicas da água como o pH, a alcalinidade, a temperatura e a distribuição de partículas. Neste último caso é importante a presença de partículas maiores, sólidos em suspensão, que atuem como núcleos para a formação de flocos grandes e densos (PIVELI; KATO, 2006).

### Floculantes

A agregação de partículas finas neutralizadas pode ser otimizada pela formação de pontes entre as partículas através do uso de floculantes (que, em geral, são polímeros). A vantagem do uso de floculantes é de produzir flocos maiores e mais fortes quando comparados àqueles obtidos sem o auxílio de floculação (SENA, 2005).

Tanto os polímeros sintéticos como naturais (amidos em geral) têm sido utilizados como auxiliares na floculação. No primeiro caso, contêm carga catiônica ou aniônica e são solúveis em água. Já no segundo caso, são insolúveis em água para temperaturas abaixo de 50° C. Quando a suspensão de amido na água é aquecida acima da temperatura crítica (entre 55° e 80° C) os grânulos aumentam muitas vezes o tamanho original. (DI BERNADO; DANTAS, 2005).

### Sedimentação

A sedimentação é uma das mais antigas técnicas aplicadas para separação sólido-líquido, e depende, fundamentalmente, da ação da gravidade sobre os sólidos em suspensão, a qual está relacionada ao tamanho e à massa específica das partículas (SANTOS et al., 2004).

A sedimentação de partículas floculentas é usualmente chamada de decantação e, as unidades onde se realiza este processo, de tanque de decantação ou decantadores (NAVACHI, 2002).

A decantação é uma operação de tratamento muito freqüente, tanto em sistemas de tratamento de água como de efluentes domésticos e industriais. Especificamente é usada nos seguintes casos (MEES, 2006):

§ Tratamento primário dos efluentes líquidos industriais;

- § Decantação do efluente após tratamento biológico;
- § Decantação das águas coaguladas ou floculadas;
- § Decantação das águas tratadas com metais pesados por precipitação.

Os decantadores são dimensionados em função de taxas de escoamento, conforme o tipo e as características do efluente. Geralmente estas taxas situam-se entre 25 a 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d para decantadores secundários, que são os que recebem efluentes floculados ou de tanques de aeração. Conforme o escoamento tem-se decantadores de escoamento horizontal, que em geral têm profundidade pequena e comprimento grande em relação à largura e os de escoamento vertical com aplicação por baixo, cujo líquido efetua o movimento ascendente. Os decantadores de escoamento horizontal têm como principal vantagem a simplicidade, alta eficiência e baixa sensibilidade as condições de sobrecarga. Ainda existe o tipo compacto, efetuando, ao mesmo tempo, floculação e decantação (NUNES, 1996; NAVACHI, 2002).

Segundo as características das partículas a serem removidas, o processo de sedimentação pode ser classificado em quatro tipos, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de sedimentação

TIPO	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO/ OCORRÊNCIA
SEDIMENTAÇÃO DISCRETA	As partículas continuam com dimensões e velocidade constantes ao longo do processo, no qual a floculação entre as partículas é desprezível.	Caixa de areia
SEDIMENTAÇÃO FLOCULENTA	As Partículas aglomeram-se à medida que o processo de sedimentação ocorre, fazendo com que aumentem o tamanho (formação de flocos) e, em decorrência, a velocidade de sedimentação também aumente.	Decantadores primários, parte superior dos decantadores secundários, flocos químicos no tratamento físico-químico

TIPO	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO/ OCORRÊNCIA
SEDIMENTAÇÃO POR ZONA	Na qual a concentração de partículas é grande, o que favorece os efeitos de interação e a formação de uma interface bem definida entre o líquido clarificado e os sólidos que sedimentam, já que as partículas comportam-se como um bloco rígido	Decantadores secundários
SEDIMENTAÇÃO POR COMPRESSÃO	Na qual a concentração de partículas é ainda mais elevada, a sedimentação pode ocorrer apenas por compressão da estrutura das partículas. Com a compressão parte da água é removida da matriz do floco, reduzindo seu volume.	Fundo de decantadores secundários. Adensamento por gravidade

Fonte: Ferreira Filho, [19--?].

### Filtração

É o processo que remove as impurezas presentes na água bruta (filtração lenta); na água coagulada ou floculada (filtração rápida direta); ou na água decantada (filtração rápida) pela passagem destas em um meio granular poroso, geralmente constituído de camadas de pedregulho, areia e antracito (este último, comum nos filtros rápidos). Em relação ao sentido de escoamento e à velocidade com que a água atravessa a camada de material filtrante, a filtração pode ser caracterizada como lenta, rápida de fluxo ascendente ou rápida de fluxo descendente. A filtração direta tem sua denominação relacionada com a inexistência de unidade prévia de remoção de impurezas (NAVACHI, 2002).

A filtração deve ser um processo relativamente rápido quando se quer obter bons resultados. A operação do sistema deve ser cíclica. À medida que as

partículas presentes na água vão sendo retiradas, o leito de filtração vai sendo obstruído, aumentando a perda de carga no seu interior e reduzindo sua eficiência. Neste estágio, deve-se interromper a filtração e iniciar o processo de lavagem, que consiste na passagem de uma vazão superior de água limpa no sentido inverso ao da operação de filtração; esse processo também pode ser feito com uma melhor eficiência de operação, usando-se ar (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

### 2.8.2 Tratamento Biológico

Os processos biológicos reproduzem os processos naturais que ocorrem em um corpo de água após o lançamento de despejos. No corpo de água a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o assim chamado fenômeno de autodepuração. Esta capacidade de redução da matéria orgânica é a principal característica dos processos biológicos. Em uma estação de tratamento de esgoto os mesmos fenômenos básicos ocorrem, mas a diferença é que há em paralelo a introdução de tecnologia. Essa tecnologia tem como objetivo fazer com que o processo de depuração se desenvolva em condições controladas (controle de eficiência) e em taxas mais elevadas (solução mais compacta). Os principais organismos envolvidos no tratamento dos esgotos são as bactérias, protozoários, fungos, algas e vermes. Dentre eles, as bactérias são os mais importantes na estabilização da matéria orgânica. Além da remoção de matéria orgânica carbonácea, o tratamento dos efluentes pode incorporar ainda outros objetivos (VON SPERLING, 1996).

A matéria orgânica pode ser degradada por microorganismos aeróbios e anaeróbios. As principais vantagens dos processos biológicos são: tecnologia bem desenvolvida, utilidade para o tratamento de efluentes industriais e a possibilidade de adaptação para o tratamento de um efluente específico. Porém, nesse tipo de tratamento espécies aniônicas, como cloretos e sulfatos, não são afetadas pelo processo biológico, principalmente os aeróbios (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

## 2.9 REÚSO DE ÁGUA

Segundo Mancuso e Santos (2003), de maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

Tendo-se de acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973 apud MANCUSO; SANTOS, 2003):

§ Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas novamente a jusante, de forma diluída;

§ Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;

§ Reciclagem interna: é o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. Essa mesma referência diferencia o reúso indireto intencional do não intencional, estabelecendo que quando o reúso indireto decorre de descargas planejadas a montante, ou a recargas planejadas no aquífero subterrâneo, ele é designado reúso indireto intencional.

Segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (2005), as modalidades de reúso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área e sendo assim, o reúso direto não potável de água abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reúso na aquíicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

O reúso industrial pode ser classificado como: reúso macroexterno, reúso macrointerno e reúso interno específico. O reúso macroexterno pode ser efetuado por companhias municipais ou estaduais de saneamento, fornecendo esgotos tratados como água de utilidade para um conjunto de indústrias. Este sistema só será viável na existência de uma grande concentração de indústrias que se associem ao programa de reúso, em um raio de aproximadamente cinco

quilômetros no entorno da estação de tratamento. No caso de reúso macrointerno, devido às novas legislações, associadas aos instrumentos de outorga e cobrança pela utilização dos recursos hídricos, tanto na tomada de água como no despejo de efluentes, as indústrias serão induzidas a reduzir o consumo de água, utilizando a sua água de processo, após tratamento adequado, em outros processos internos. O reúso interno específico consiste em efetuar a reciclagem de efluentes de qualquer processo industrial, após tratamento, nos próprios processos em que são gerados ou em processos subseqüentes, que suportem a qualidade do efluente (MANCUSO; SANTOS, 2003).

De uma maneira geral, a prática do reúso só pode ser adotada caso as características do efluente disponível sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

---

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS LAVANDERIAS

As empresas estudadas concentram suas atividades no segmento de tinturaria e lavanderia. Foram estudadas três lavanderias, classificadas em grande (LAV1), média (LAV2) e pequena (LAV3). Essa seleção foi feita de maneira que se obtivesse um exemplo representativo de cada porte de lavanderia existente na região, de acordo com a quantidade de peças beneficiadas por semana.

Todas as lavanderias possuem algum tipo de tratamento físico-químico, normalmente composto por sedimentação, coagulação e filtração. Esse tratamento, que a princípio tinha como único objetivo atender a uma exigência ambiental da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH e do Ministério Público, passou a ser uma necessidade das lavanderias que visam além da adequação à legislação ambiental, o reúso da água de processo.

##### 3.1.1 Lavanderia de Grande Porte (LAV1)

Localizada no município de Toritama essa lavanderia processa peças de jeans, exclusivamente confeccionadas por terceiros. É uma empresa de grande porte chegando a processar até 7500 kg de peças por semana. O abastecimento de água para o processo é feito através da compra de água de localidades próximas (barragens e riachos, entre outros o riacho Mateus Vieira e Travessias) e transportada em caminhão-pipa da própria empresa. O armazenamento desta água é feito em um reservatório com capacidade para 180.000 L. O sistema de aquecimento da indústria é feito através de caldeiras a lenha, o que exige uma água com ausência de sais entre outros. A água para esse fim é adquirida da estação de tratamento da COMPESA.



### 3.1.1.1 Estrutura Física

É a lavanderia, dentre as estudadas, que possui a melhor e mais organizada estrutura física. Composta de escritório Administrativo; balcão para recepção de peças (Figura 5-b), onde é definido que tipo de lavado será executado nas peças; quatro máquinas de lavar (Figuras 5-a), sendo uma para teste de novos lavados e quatro secadoras (Figuras 5-b).



(a)



(b)

Existe uma área específica para espojamento (Figuras 5-c) e outra para passar as peças (Figuras 5-d).



(c)



(d)

Possui ainda, um almoxarifado para insumos químicos com uma balança para preparação de fórmulas (Figuras 5-e e 5-f).



(e)



(f)

O aquecimento é feito através de caldeira (Figuras 5-g) e ao lado fica o depósito de resíduos sólidos e a área de armazenamento de madeira (Figura 5-h).



(g)



(h)

Figura 5 (a, b, c, d, e, f, g e h) – Fotos ilustrativas de LAV1.

### 3.1.1.2 Tratamento de Efluentes

O tratamento físico-químico foi a solução técnico-econômica implantada por essa indústria para o tratamento dos seus efluentes. A Figura 6 mostra as principais unidades da ETE de LAV1.

Os despejos oriundos dos vários processos são coletados por canaletas que levam os efluentes da lavanderia até um crivo localizado na área externa, onde ficam retidos os sólidos grosseiros como pedras de argila expandida e fiapos (Figura 6-a e 6-b).



(a)



(b)

Em seguida, esse efluente segue para um tanque de equalização com capacidade para 200.000 L (Figura 6-c), onde ocorre a homogeneização dos efluentes. Depois de homogeneizado e sob vazão constante ele é transferido para um tanque com capacidade para 20.000 L, munido de misturador elétrico, onde é executado o tratamento propriamente dito (Figura 6-d) .



(c)



(d)

A manutenção do tanque de equalização é feita uma vez por ano, já o tanque para tratamento é limpo semanalmente.

A lavanderia trata seus despejos, usando os seguintes produtos químicos: cal, sulfato de alumínio e um polímero como auxiliar na floculação.

Após a ação desses aditivos químicos e do tempo que o operador determina para que haja reação (em média 30 min) o efluente é lançado em filtros de areia e brita, dividido em 3 células, onde ficam retidos os resíduos sólidos em suspensão, clarificando o efluente (Figura 6-e). O lodo gerado no tratamento é retirado e levado para leitos de secagem composto de duas células retangulares e uma trapezoidal. O lodo após a secagem é ensacado e levado para destino ainda não determinado pela administração pública local. O efluente tratado (Figura 6-f) é reutilizado no processo, após diluição com a água bruta, em uma proporção de 30% de efluente tratado para 70% de água bruta. Enquanto a água bruta é utilizada para as etapas finais de enxágüe e para as operações de tingimento. O reúso do efluente tratado diminui bastante o custo com aquisição de água bruta.



(e)



(f)

Figura 6 (a, b, c, d, e e f)– Fotos ilustrativas da ETE LAV1.

### 3.1.2 Lavanderias de Médio Porte (LAV2)

Essa lavanderia processa peças de jeans e brim de confecção própria. Localizada na cidade de Toritama – PE é uma empresa de porte médio, podendo processar até 2300 kg de peças de jeans por semana. Possui 250 m<sup>2</sup> de área construída. Os efluentes são tratados através do processo físico-químico.

O abastecimento de água para uso no processo se faz através de um ponto de captação no rio Capibaribe, que passa nos fundos da lavanderia. A água é armazenada em um reservatório inferior no interior da lavanderia com capacidade para 45.000 L. No período de estiagem, quando o rio está praticamente seco, a lavanderia compra água de terceiros oriunda de barragens e mananciais próximos, como o Riacho São João.

Em função disso, pode haver comprometimento na qualidade da água utilizada fazendo com que o beneficiamento não possua um padrão. Alguns processos requerem água de boa qualidade com níveis mínimos de turbidez, cor, sólidos em suspensão entre outros.

Como em LAV1, o sistema de aquecimento de LAV2 é feito através de caldeiras a lenha, equipamento que exige uma água de melhor qualidade. O que faz a empresa adquirir água da estação de tratamento da COMPESA.

### 3.1.2.1 Estrutura Física

A lavanderia possui uma estrutura intermediária entre a lavanderia de grande porte (LAV1) e de menor porte (LAV3). Agregada a lavanderia existe uma confecção, de onde vêm as peças para serem beneficiadas. Os tipos de beneficiamento a serem executados já vêm pré-determinados da confecção. No mesmo local funciona, de maneira improvisada, a administração.

No andar térreo está instalada a lavanderia com: duas máquinas de lavar e uma centrífuga (Figura 7-a), no lado oposto ficam duas secadoras (Figura 7-b);.



(a)



(b)

O depósito de produtos químicos e a sua manipulação são feitas no mesmo espaço onde ficam as máquinas. As máquinas de lavar têm capacidade para 100 kg de roupa cada. A operação úmida quer seja lavagem ou tingimento é feita nessas máquinas, onde o volume de água é medido através de uma régua adaptada a elas.

O aquecimento é feito por caldeira (Figura 7-c) e o ponto de captação da água fica no interior da lavanderia (Figura 7-d).



(c)



(d)

Figura 7 (a, b, c e d) – Fotos ilustrativas de LAV2.

### 3.1.2.2 Tratamento de Efluentes

Os efluentes oriundos do processo de tingimento, entre outros, são coletados em canaletas que levam os efluentes das máquinas até o tanque de equalização com capacidade para 15.000 L (Figura 8-a), no subsolo da lavanderia. Na época de baixa produção o efluente fica vários dias no tanque. Após a homogeneização, o efluente segue para o tratamento na área externa, onde duas caixas de água em fibra de vidro munidas de misturador com capacidade para 5.000 L (Figura 8-b), cada uma, executam o tratamento.



(a)



(b)

A lavanderia trata seus despejos, usando cal, sulfato de alumínio e floculante. Após a ação desses aditivos químicos e do tempo que o operador determina para que haja reação (em média 40 min) o efluente passa por filtros de brita e areia composto de 3 células, onde ficam retidos os sólidos em suspensão (Figura 8-c).



(c)

Figura 8 (a, b e c) – Fotos ilustrativas da ETE LAV2.



O lodo gerado no tratamento é retirado e levado para 4 leitos de secagem, o qual após a secagem é ensacado e levado para destino ainda não determinado. LAV2 não pratica reúso e descarta 100% do efluente tratado diretamente no rio Capibaribe.

O trabalho de manutenção no sistema de tratamento é feito por unidade, isoladamente. Os tanques de equalização e tratamento são limpos uma vez por semana, já a areia dos filtros é substituída a cada 15 dias ou de acordo com a necessidade, e o lodo do leito é retirado após a completa secagem, o que varia de acordo com a época do ano, podendo ser semanal ou quinzenal.

### 3.1.3 Lavanderias de Pequeno Porte (LAV3 )

A lavanderia lava e beneficia peças confeccionadas de jeans de confecção própria. A empresa se localizada na cidade de Toritama – PE. Dentre as lavanderias estudadas, essa é a de menor porte lavando até 1200 kg de peças por semana, de acordo com a demanda de seus confeccionados. O tipo do beneficiamento a ser executado em cada peça é determinado pelo efeito que se quer para atender a exigência do mercado.

O abastecimento de água para o uso no processo se faz através de um poço raso (aproximadamente 20 m), localizado no terreno da lavanderia. A água bombeada do poço é armazenada em um reservatório inferior com capacidade para 8.000 L, que abastece as máquinas. A capacidade do reservatório é suficiente para lavar, em média, 1000 kg de roupa. Segundo relato do proprietário, a água é disponível mesmo no período de estiagem, o que desestimula o uso do efluente tratado no processo de lavagem.

O sistema de aquecimento (caldeira) usa como combustível o gás liquefeito de petróleo – GLP. A água usada na caldeira deve possuir baixa salinidade para não comprometer as tubulações das caldeiras, sendo adquirida da COMPESA.

### 3.1.3.1 Estrutura Física

A lavanderia é a que possui estrutura mais precária entre as três lavanderias selecionadas. O beneficiamento de suas peças é feito de acordo com a determinação da confecção. A lavanderia dispõe de duas máquinas de lavar (Figura 9-a); com capacidade para até 49 kg e outra até 91 kg, onde são realizadas as etapas de lavagem e tingimento, uma secadora e uma centrífuga (Figura 9-b).



(a)



(b)

Das três lavanderias é a única que usa para aquecimento o aquecedor a gás (Figura 9-c). Possui um almoxarifado (Figura 9-d), onde é feita a manipulação dos produtos químicos.



(c)



(d)

Figura 9 (a, b, c e d)– Fotos ilustrativas de LAV3.

### 3.1.3.2 Tratamento de Efluentes

A indústria possui um sistema de tratamento físico-químico dos efluentes líquidos constituído por uma unidade de gradeamento, aonde os efluentes chegam através de canaletas. A finalidade desta grade é reter materiais grosseiros (estopas, pedaços de tecidos, fios, etc.), e corpos flutuantes, de modo a proteger as tubulações, válvulas, bombas, etc. O efluente segue do gradil para um tanque de equalização improvisado, com capacidade para 15.000 L de efluente (Figura 10-a). O efluente homogeneizado é bombeado do tanque de equalização para um tanque em estrutura metálica com um misturador mecânico acoplado e com capacidade para tratar 5.000 L (Figura 10-b e 10-c), onde é feita a adição dos produtos químicos. Diferentemente das demais indústrias estudadas, é utilizado como coagulante, sulfato de alumínio e o tanino, além de um polímero como auxiliar de floculação. Após a ação dos produtos químicos e do tempo determinado pelo operador para que haja reação (em média 30 min. a 1 h) o efluente passa por

um filtro de areia (Figura 10-d), que tem a finalidade de reter o material suspenso presente no efluente.



(a)



(b)



(c)



(d)

O lodo gerado no tratamento é levado para um leito de secagem (Figura 10-e). Após a secagem, o lodo é descartado por terceiros em destino desconhecido. O efluente tratado é armazenado temporariamente em um reservatório (Figura 10-

f), de onde depois é descartado em um córrego que passa nos fundos da lavanderia.



(e)



(f)

Figura 10 (a, b, c, d, e e f) – Fotos ilustrativas da ETE LAV3.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO

Para caracterização das amostras de água afluyente e efluente das lavanderias, foram coletadas amostras da água bruta, efluente equalizado e efluente tratado nas três lavanderias, com frequência quinzenal, no período de três meses e meio

As amostras foram coletadas e preservadas adequadamente, segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>a</sup> edition (1998), e encaminhadas sob refrigeração para o laboratório para a realização das análises.

Para caracterização das lavanderias foram analisados, conforme Tabela 3, os seguintes parâmetros: pH, temperatura, alcalinidade, cloretos, salinidade, condutividade, cor aparente, cor verdadeira, turbidez, demanda química de oxigênio-DQO, demanda bioquímica de oxigênio-DBO<sub>5</sub>, ácidos graxos voláteis, teor de óleos e graxas-TOG, sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV),

dureza, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, sódio, alumínio e potássio; no entanto a discussão foi baseada apenas nos parâmetros analisados que eram abordados pela resolução CONAMA Nº357/2005. As análises foram realizadas através de uma parceria entre os laboratórios da UFPE (LEA, LSA e LQA) e o laboratório de efluentes do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP). Os valores de sódio e potássio foram quantificados através do fotômetro de chama (DM – 62) e o teor de alumínio pelo fotômetro de emissão Atômica em Plasma (ICP- AES).

Tabela 3 - Análises e metodologias utilizadas na caracterização da água bruta e efluentes das lavanderias Industriais.

Análises Físico-químicas	Breve descrição do método	Standard Methods Seção / Página
Cor aparente	Espectofotômetro	2120 - B (2-2)
Cor verdadeira	Espectofotômetro	2120 - B (2-2)
Turbidez	Método nefelométrico	2130 - B (2-9)
Alcalinidade	Método titulométrico	2320 - B (2-27)
Condutividade	Condutivímetro	2510 - B (2-24)
Dureza Total	Método Titulométrico (EDTA)	2340 - C (2-37)
Salinidade	Leitura no Condutivímetro	2520 - B (2520)
Ácidos graxos voláteis	Método Titulométrico	2310 - B (2-10)
Sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis	Método de secagem em estufa e mufla à temperaturas variadas: totais e suspensos (103-105 °C); e voláteis (550 °C)	2540 - C, D, E (2-54)
Temperatura	Termômetro	2550 - B (2-60)
Cloretos	Método titulométrico (nitrato de prata)	4500Cl <sup>-</sup> - B (4-49)
Potencial hidrogeniônico	pHmetro	4500H <sup>+</sup> - B (4-86)
Nitrogênio (total)	Método Kjeldahl semi-micro	4500N <sub>org</sub> - C (4-102)
Nitrogênio amoniacal	Método Titulométrico ( ácido bórico)	
Nitrito	Método colorimétrico	4500NO <sub>2</sub> - C (4-87)
Nitrato	Método colorimétrico	4500NO <sub>3</sub> - C (4-87)
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> 20 °C)	Método Titulométrico (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5210 -D (5-9) 5210 - B( 5-3)
Demanda química de oxigênio (DQO)	Método do refluxo fechado, micro titulométrica.	5220 - C (5-15)
Teor de óleos e graxas (TOG)	Método gravimétrico – extração óleos dissolvidos e emulsificados	5520 - B (5-39)

Fonte: Standard Methods, 1998.

A avaliação dos resultados obtidos da caracterização e da eficiência do tratamento; para os parâmetros pH, temperatura, cor verdadeira, turbidez, DBO, TOG, cloretos, salinidade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e alumínio; foi feita com a ajuda do programa Statistic 6.0, com gráficos de barras indicando a média, que são úteis para comparações de dados entre dois ou mais grupos (OGLIARI; PACHECO, 2004; ARANGO, 2005).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E EFLUENTES DAS LAVANDERIAS

#### 4.1.1 Qualidade da Água Bruta

A água bruta utilizada pelas lavanderias é obtida direta ou indiretamente do Rio Capibaribe (tributários, barreiros e poços rasos), devendo os parâmetros analisados estarem dentro das condições estabelecidas pela resolução CONAMA Nº357/2005 para o seu enquadramento.

O Rio Capibaribe, como os demais rios do estado, na ausência de estudos, pelos órgãos competentes, para o seu enquadramento é classificado como um rio de águas doces classe 2 (Tabela 4), conforme os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA Nº 357/2005, apesar do teor de salinidade das amostras (Tabela 5, 6 e 7) indicar, em sua grande maioria, uma água salobra (0,5 ‰ <salinidade < 30 ‰) (CONAMA Nº 357/2005). Tal resultado pode estar evidenciando as características da água dos mananciais da região, cloretada-sódica (IBGE, Hidroquímica...) e/ou contaminações.

Tabela 4 – Classificação das águas do Rio Capibaribe e seus usos preponderantes segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/2005

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS		SALINIDADE
Águas doces		0,5 ‰
QUALIFICAÇÃO	CLASSE	USOS PREPONDERANTES
Pouco comprometida	2	Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aqüicultura e à atividade de pesca.

Fonte: CONAMA, 2005.

Nas amostras de água bruta coletadas das três lavanderias apesar da origem ser de fontes próximas ao rio Capibaribe (poços rasos e riacho Mateus Vieira, Travessias, entre outros) ou do próprio Rio, elas não possuem parâmetros de valores constantes. Esse fato pode ser observado nas Tabelas 5, 6 e 7:

**Tabela 5 – Resultados das análises de água bruta de LAV1.**

LAVANDERIA LAV1								
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta	6ªcoleta	7ªcoleta	CONAMA Classe 2
pH	<b>7,33</b>	<b>7,43</b>	<b>7,51</b>	<b>7,37</b>	<b>7,61</b>	<b>7,85</b>	<b>7,55</b>	<b>6,0 – 9,0</b>
Salinidade (‰)	<b>1,40</b>	<b>1,50</b>	<b>0,60</b>	<b>1,10</b>	<b>1,60</b>	<b>1,50</b>	<b>1,20</b>	<b>0,5</b>
Turbidez (UNT)	<b>2,19</b>	<b>1,37</b>	<b>1,18</b>	<b>6,19</b>	<b>0,93</b>	<b>0,84</b>	<b>23,32</b>	<b>100,00</b>
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	<b>20,00</b>	<b>16,00</b>	<b>17,00</b>	<b>20,00</b>	<b>75,00</b>
Cloretos (mg/LCl <sup>-</sup> )	<b>869,17</b>	<b>579,44</b>	<b>357,89</b>	<b>491,39</b>	<b>517,71</b>	<b>552,81</b>	<b>508,94</b>	<b>250,00</b>
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	<b>8,44</b>	<b>5,03</b>	<b>2,20</b>	<b>21,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>6,10</b>	<b>5,0</b>
TOG (mg/L)	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>v. ausente</b>
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<b>ausente</b>	<b>ausente</b>	<b>0,35</b>	<b>0,28</b>	<b>ausente</b>	<b>ausente</b>	<b>ausente</b>	<b>2,00 – 3,7</b>
Nitrito (mg/L)	<b>0,17</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,94</b>	<b>0,40</b>	<b>0,20</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>
Nitrato (mg/L)	<b>29,54</b>	<b>34,62</b>	<b>6,89</b>	<b>16,76</b>	<b>60,46</b>	<b>50,67</b>	<b>21,73</b>	<b>10,00</b>
Alumínio (mg/L)	<b>7,87</b>	<b>3,63</b>	<b>8,77</b>	<b>5,71</b>	<b>3,71</b>	<b>1,50</b>	<b>1,69</b>	<b>0,1</b>

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 6 – Resultados das análises de água bruta da lavanderia LAV2.**

LAVANDERIA LAV2						
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta	CONAMA Classe 2
pH	<b>7,51</b>	<b>7,57</b>	<b>7,68</b>	<b>7,76</b>	<b>7,46</b>	<b>6,0 – 9,0</b>
Salinidade (‰)	<b>0,90</b>	<b>1,30</b>	<b>1,20</b>	<b>1,60</b>	<b>0,80</b>	<b>0,5</b>
Turbidez (UNT)	<b>4,90</b>	<b>75,76</b>	<b>116,70</b>	<b>83,11</b>	<b>17,80</b>	<b>100,00</b>
Cor Verdadeira (UH)	-	-	<b>86,00</b>	<b>62,00</b>	<b>47,00</b>	<b>75,00</b>
Cloretos (mg/LCl <sup>-</sup> )	<b>511,27</b>	<b>664,66</b>	<b>623,01</b>	<b>842,38</b>	<b>465,06</b>	<b>250,00</b>
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	<b>3,21</b>	<b>10,00</b>	<b>20,00</b>	<b>9,10</b>	<b>20,00</b>	<b>5,0</b>
TOG (mg/L)	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>&lt;2,1</b>	<b>v. ausente</b>
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<b>2,46</b>	<b>11,84</b>	<b>10,07</b>	<b>2,30</b>	<b>5,07</b>	<b>2,00 – 3,7</b>
Nitrito (mg/L)	<b>1,08</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>
Nitrato (mg/L)	<b>2,16</b>	<b>17,55</b>	<b>11,23</b>	<b>14,40</b>	<b>0,00</b>	<b>10,00</b>
Alumínio (mg/L)	<b>2,03</b>	<b>2,19</b>	<b>0,83</b>	<b>1,86</b>	<b>1,13</b>	<b>0,1</b>

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a resolução CONAMA 357/2005.



Tabela 7 – Resultados das análises de água bruta da lavanderia LAV3.

LAVANDERIA LAV3								
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta	6ªcoleta	7ªcoleta	CONAMA Classe 2
pH	7,15	7,19	7,41	7,37	7,64	7,81	7,37	6,0 – 9,0
Salinidade (‰)	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,5
Turbidez (UNT)	4,18	3,39	3,27	1,71	0,94	1,17	17,37	100,00
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	27,00	24,00	25,00	26,00	75,00
Cloretos (mg/LCl <sup>-</sup> )	2.471,18	2.045,10	170,42	175,50	179,01	930,12	175,50	250,00
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	6,60	2,72	3,20	2,40	6,00	2,60	2,40	5,0
TOG (mg/L)	<2,1	<2,1	2,55	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	v. ausente
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ausente	0,06	0,07	ausente	ausente	ausente	ausente	2,00 – 3,7
Nitrito (mg/L)	0,11	0,00	0,46	0,25	0,09	0,04	0,06	1,00
Nitrato (mg/L)	19,39	11,46	11,69	19,84	11,30	32,95	1,00	10,00
Alumínio (mg/L)	0,39	1,22	6,59	-	1,03	2,91	0,50	0,1

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a resolução CONAMA 357/2005.

Um único parâmetro fora dos limites estabelecidos pela legislação CONAMA para um rio classe 2, já é suficiente para que o curso de água não possa ser enquadrado na classe pretendida (CONAMA N°357/2005). Na água bruta das lavanderias estudadas os parâmetros que não se enquadram nas exigências da legislação são salinidade, alumínio, nitrato, nitrogênio amoniacal, cor verdadeira, turbidez e DBO. A detecção de valores elevados para alguns deles pode ser indicativo de contaminação por esgotos domésticos (DBO e compostos nitrogenados) e industriais (alumínio e cor).

O enquadramento na classe 2 foi feito para todos os rios do Estado. Esta medida teve como objetivo, preencher a lacuna do real enquadramento dos rios. O enquadramento do Rio Capibaribe está sob a responsabilidade da SRH, com a aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e participação do comitê de bacia. No momento do enquadramento devem ser levados em conta além dos aspectos ambientais e hídricos, os aspectos sociais. A questão poderá levar a população a entender que a melhoria pretendida na qualidade da água do Rio deve ser feita de maneira a não prejudicar o crescimento econômico da região. Há que se levar em conta, ainda, que as águas do Capibaribe são captadas a jusante da cidade de Toritama pela COMPESA para alimentar a barragem de Jucazinho, que abastece várias cidades, entre elas a própria Toritama.

#### 4.1.2. Características dos Efluentes Equalizados e Tratados

##### 4.1.2.1. Influência do Processo Produtivo

As diferenças entre o efluente equalizado e a água bruta são reflexos dos produtos e processos químicos utilizados no beneficiamento do jeans. Os tipos de beneficiamento mais executados são, lavagem, estonagem, amaciamento, tingimento e branqueamento, entre outros (SANTOS, 2005). Nesses processos são utilizados alguns produtos químicos hidróxido de sódio, peróxido de hidrogênio, metabisufito de sódio, cloreto de sódio, vários tipos de corantes, dentre outros (ERICSON, 2005). Nas Tabelas 8, 9 e 10 é mostrada a influência destes nos parâmetros analisados.

**Tabela 8 – Resultados das análises do efluente equalizado da lavanderia LAV1.**

LAVANDERIA LAV1							
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta	6ªcoleta	7ªcoleta
Ph	6,10	6,13	5,94	5,71	6,81	7,63	6,61
Salinidade(‰)	3,70	3,10	2,20	5,00	4,30	3,90	3,90
Turbidez(UNT)	293,87	372,27	367,73	292,20	262,37	198,23	101,21
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	327,00	404,00	356,00	393,00
Cloretos (mg/LCl)	17.894,72	2.317,79	1.738,34	2.527,13	2.088,39	2.263,89	2.053,29
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	501,50	726,51	456,00	512,00	490,00	391,00	403,00
TOG (mg/L)	38,30	51,20	37,50	26,70	10,60	16,80	38,10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	2,31	0,72	4,13	ausente	1,58	4,08	4,08
Nitrito(mg/L)	0,00	0,02	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01
Nitrato(mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio(mg/L)	3,23	1,60	13,76	1,60	9,82	2,38	1,04

**Tabela 9 – Resultados das análises de efluente equalizado da lavanderia LAV2.**

LAVANDERIA LAV2					
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta
Ph	8,23	9,44	8,73	9,10	7,20
Salinidade (‰)	1,40	2,70	2,90	3,20	1,60
Turbidez (UNT)	113,10	211,90	133,17	87,94	66,09
Cor Verdadeira (UH)	-	-	341,00	246,00	142,00
Cloretos (mg/LC <sup>+</sup> )	1.073,68	1.278,19	1.228,47	1.491,71	754,63
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	76,00	567,00	207,00	287,00	114,00
TOG (mg/L)	10,00	18,50	17,10	3,90	7,10
Nitrogênio Amôniacal (mg/L)	3,61	6,23	9,60	4,32	6,34
Nitrito( mg/L)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Nitrato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio (mg/L)	2,44	4,99	2,04	0,96	2,39

Tabela 10 – Resultados das análises do efluente equalizado da lavanderia LAV3.

LAVANDERIA LAV3							
PARÂMETROS	1ªcoleta	2ªcoleta	3ªcoleta	4ªcoleta	5ªcoleta	6ªcoleta	7ª coleta
Ph	6,80	6,60	5,22	6,75	4,94	8,18	6,69
Salinidade (‰)	1,40	1,70	3,40	1,50	1,50	2,00	3,60
Turbidez (UNT)	243,37	16,18	338,46	122,90	807,41	66,57	163,70
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	490,00	902,00	465,00	384,00
Cloretos (mg/LCl)	272,68	3.408,50	1.925,81	438,74	798,50	1.649,66	1.684,75
DBO (mg O <sub>2</sub> /L )	415,00	142,67	1.573,00	400,00	2.767,00	327,00	458,00
TOG (mg/L)	7,63	2,30	28,50	16,50	143,10	13,30	4,60
Nitrogênio Amôniacal (mg/L)	1,44	9,10	36,75	2,66	2,59	2,39	12,25
Nitrito (mg/L)	0,02	0,01	0,03	0,07	0,28	0,00	0,03
Nitrato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00
Alumínio (mg/L)	1,93	2,31	1,60	-	6,59	0,42	0,31

As análises mostram que, em relação à água bruta, a influência do processo produtivo nas três lavanderias determinou, com exceção de alguns valores pontuais, a diminuição dos parâmetros nitrito e nitrato e aumento na salinidade, turbidez, cor verdadeira, cloretos, DBO, TOG e nitrogênio amoniacal. Já a faixa de pH e o teor de alumínio apresentam um comportamento variado: aumenta e diminui durante o processo. A faixa de pH encontrada possui valores mais extremos (4,94-9,44) do que os encontrados em outras da lavanderias da região para esse tipo de efluente, que fica entre 6,0 e 7,1 (SANTOS,2006).

A turbidez é uma característica da água bruta utilizada no processo e se torna mais intensa pela presença de outros materiais, como as fibras de algodão que são desprendidas na lavagem e com a liberação de fragmentos de argila durante o processo de estonagem, no qual as pedras de argila são atritadas com as peças de jeans.

Os principais responsáveis pelos altos níveis de cor são os corantes (orgânicos e inorgânicos), que são um dos principais aditivos do processo de beneficiamento realizado pelas lavanderias estudadas.

A DBO está relacionada aos aditivos, como enzimas e sabões, e ao amido liberado na desengomagem (PEREIRA, 2007). A média dos valores encontrados para DBO em cada lavanderia foi de 497,14 mg/L (LAV1), 250,20 mg/L (LAV2) e 988,00 mg/L (LAV3), mostrando que LAV1 e LAV3 possuem carga orgânica bastante superior ao encontrada, para esse tipo de efluente, em outras lavanderias do Pólo de Confecções, que segundo Santos (2006), fica em torno de 380 mg/L.

Apesar da carga orgânica que o processo têxtil confere aos efluentes, em Toritama não foi encontrada nenhuma lavanderia que utilize o tratamento biológico como forma de reduzir a matéria orgânica dos efluentes antes do lançamento no rio Capibaribe. O aumento no teor de óleos e graxas nas amostras pode ser justificado pela natureza da composição dos sabões, que utilizam gordura animal e óleos vegetais na sua composição e pelo fato da coleta ter sido feita na camada superior do tanque de equalização, onde fica o sobrenadante.

O nitrogênio pode ser proveniente de produtos como detergentes e amaciantes de roupas (VON SPERLING, 1996).

Ainda nos efluentes equalizados, os cloretos e a salinidade são sensivelmente aumentados em relação à água bruta. O que pode ser explicado pelo fato das lavanderias do município utilizarem intensamente o cloreto de sódio como auxiliar do processo de tingimento.

O decréscimo do oxigênio dissolvido pode estar relacionado às altas temperaturas do processo (40° C a 80° C), que volatilizam os gases (PÁDUA, 2002). Os parâmetros nitrito e nitrato podem estar relacionados aos produtos químicos usados no processo industrial.

Apesar da adição de compostos que elevam a alcalinidade no processo produtivo (carbonato de cálcio – barrilha - presente nos sabões e soda cáustica usada no tingimento), o pH é reduzido em algumas amostras. Provavelmente isso se deve a contribuição dos aditivos de caráter ácido usados nessa fase. A oscilação nos valores de alumínio deve-se à relação deste com o tipo de processo de beneficiamento executado, uma vez que o alumínio é usado no tingimento de tecidos como fixador (mordente) para os corantes (CONSTANTINO et al., 2002).

#### 4.1.2.2. Influência do Sistema de Tratamento

##### pH

As faixas de pH no efluente equalizado (LAV1 de 5,71 a 7,63, LAV2 de 7,20 a 9,44 e LAV3 de 4,94 – 8,18), apesar da oscilação, após o tratamento, manteve-se numa faixa de relativa alcalinidade (LAV1 de 4,80 a 7,46, LAV2 de 7,00 a 8,68 e LAV3 de 5,41 a 8,88); provavelmente em função da adição de substâncias que conferem a alcalinidade necessária à coagulação, uma vez que para um bom

resultado no tratamento físico-químico é fundamental o controle do pH do efluente. Os valores de pH mais ácidos no efluente pode ser devido a falta de uma adequada homogeneização (SANTOS,2006).

### Temperatura

Vale salientar que a temperatura das amostras coletadas (Figura 11), durante o processo de equalização, não são reflexo da temperatura do efluente que sai das máquinas, e sim do tanque de equalização. O efluente fica no tanque até atingir volume suficiente para ser tratado, durante esse intervalo de tempo ele sofre um processo de resfriamento. Isso explica a pequena variação entre a temperatura do efluente equalizado e o tratado. A temperatura média dos efluentes tratados não foi superior a 35° C, o que é aceitável para um tratamento biológico (SANTOS, 2006).

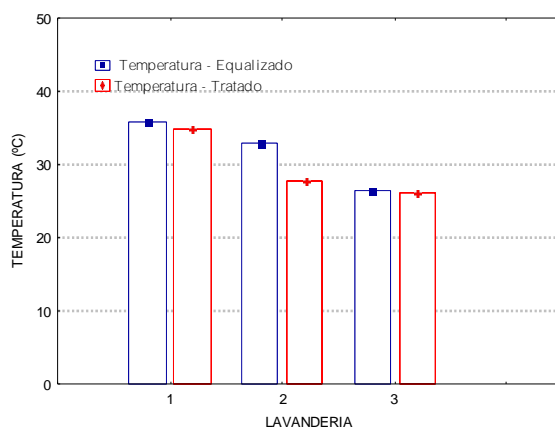


Figura 11 – Dados de temperatura das amostras de efluente equalizado e efluente tratado.

## Cloretos e Salinidade

O cloreto e a salinidade apresentam-se sempre elevados nas amostras das lavanderias (Figura 12). O principal motivo disso é uso intenso do cloreto de sódio no tingimento e de corantes e sabões que têm na sua fórmula química cloretos (GUARATINI; ZANONI, 2000). LAV1 é a lavanderia que apresenta, em média, um teor maior para cloretos no efluente equalizado, provavelmente por realizar intensamente o tingimento e pelo reúso do efluente deste beneficiamento no processo produtivo (em torno de 30%). A mistura do efluente tratado com o bruto aumenta os valores de cloreto e dos outros sais usados no processo, uma vez que o tratamento físico-químico não remove sal. Apesar disso há redução do cloreto no efluente tratado em LAV1 (64,86%) e em LAV2 (20%). Já LAV3 apresentou uma elevação nos níveis de cloreto (10%), que pode ser justificada pela adição, no tratamento, de compostos em que o cloreto está presente.

A salinidade média apresentou redução nas três ETEs (LAV1= 12,64%, LAV2= 7% e LAV3 = 5%). As amostras equalizadas com maior salinidade são de LAV1, na qual o processo de tingimento, nas diversas tonalidades, é a principal característica do beneficiamento praticado por esta empresa.

A queda no teor de cloretos e de salinidade pode ser justificada pelo fato dos tanques usados para tratamento e armazenamento não possuírem cobertura, ficando expostos às intempéries. O período chuvoso na região vai de março a julho (INSTITUTO DE TECNOLOGIA..., 2007). As amostras foram representativas desse período, uma vez que foram coletadas de abril a julho de 2007. Nesse período, segundo o Instituto de Tecnologia do Pernambuco (INSTITUTO DE TECNOLOGIA..., 2007) choveu na região 177,9 mm. Apesar de não ser um valor elevado, ele provoca diluição do efluente. No entanto não pode ser descartada a possibilidade de processos químicos e/ou biológicos, ocorrerem durante a mistura do efluente tratado com a água das chuvas. As lavanderias não monitoram o teor de sal no afluente, sendo assim, muitas vezes a quantidade colocada para fixação dos corantes é superior à necessária para o processo de tingimento das peças. Esse excesso de sal no efluente pode prejudicar a formação de flocos na etapa de floculação (MESQUITA, 2006).

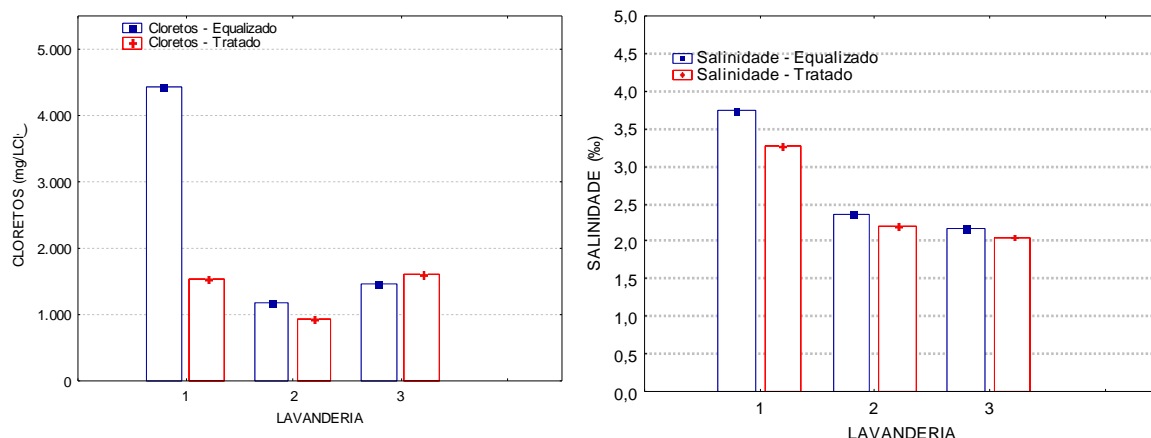


Figura 12 – Dados de cloretos e salinidade das amostras de efluente equalizado e efluente tratado.

### Cor Verdadeira e Turbidez

A Figura 13 mostra que os efluentes têxteis são altamente coloridos, este fato deve-se aos corantes que não aderem às fibras nas operações de acabamento. A eficiência de fixação destes aditivos varia de acordo com a classe do corante utilizado (CARLIELL et al.,1998). No estudo dos efluentes líquidos das indústrias, consideramos a cor como um dos principais problemas oriundos do beneficiamento têxtil (PASCHOAL; TREMILIOSI, 2005). Em conseqüência, os níveis encontrados para esse parâmetro nas águas residuárias das lavanderias são elevados. No entanto, o parâmetro sofreu uma redução substancial nas três lavanderias, LAV1 com uma redução de 71,42%, LAV2 com 41% de redução e LAV3 com o melhor percentual (80%). O tratamento se mostrou menos eficiente em LAV2, que apesar de ter os menores níveis no efluente equalizado, possivelmente porque tingia apenas tecido brim branco, teve o menor percentual de redução. Já para turbidez, o parâmetro foi bastante reduzido nas ETEs (LAV1= 46,17%, LAV2= 70% e LAV3 = 71%). A permanência de uma turbidez alta deve-se a presença de partículas finas e coloidais no efluente, que só são removidas com processos adicionais (PIMENTEL, 1991). A turbidez, conjugada à cor, é um parâmetro de extrema importância no processo de coagulação e floculação. Ela ajuda na formação de flocos maiores e mais densos (PIVELI, 2006).

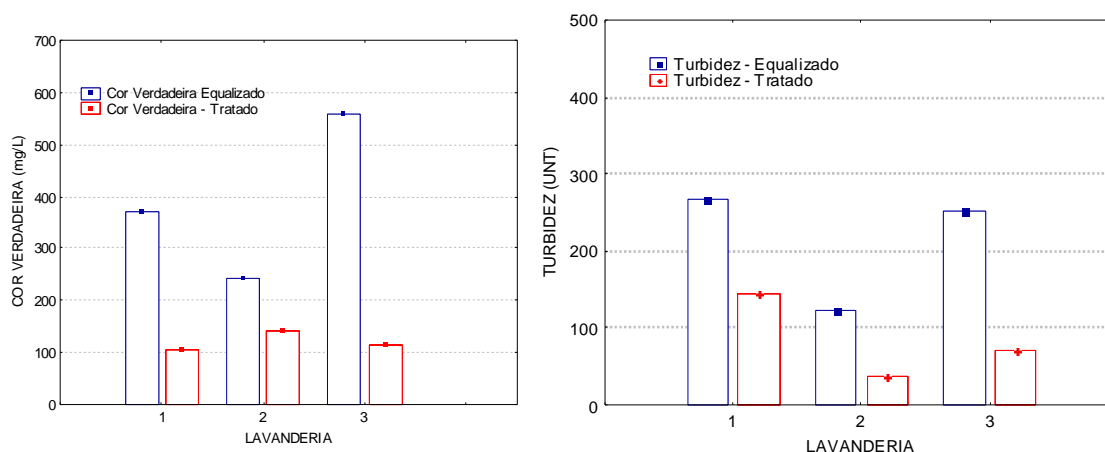


Figura 13 – Dados de cor verdadeira e turbidez das amostras de efluente equalizado e efluente tratado.

#### DBO e TOG

Observa-se na Figura 14 que nas amostras equalizadas a demanda bioquímica é elevada, provavelmente em consequência da diluição do amido presente no tecido dos confeccionados e das enzimas auxiliares ao processo, entre outros. O tratamento físico-químico adotado pelas lavanderias remove uma parcela considerável dessa DBO (LAV1= 33,53%, LAV2= 51% e LAV3 = 66%), porém segundo Santos (2006), ainda inferiores aos estabelecidos por vários sistemas de tratamento que é de 80%. Dessa forma a DBO do efluente tratado pelas lavanderias ainda permanecem com níveis altos, mas dentro da média para DBO do efluente equalizado na região, que é de 627mg/L. A dificuldade na formação de flocos densos, provocada pelo cloreto de sódio, favorece a permanência de matéria orgânica na massa após o tratamento (MESQUITA, 2006). Apesar disso, o percentual de remoção de LAV2 e LAV3 é superior ao obtido por ETEs da região que utilizam o mesmo tratamento (SANTOS, 2006). A adoção de pós-tratamento poderia ajudar na remoção da DBO remanescente.

Para os óleos e graxas a redução obtida nas ETEs foi bastante satisfatória. Sendo LAV3 a que mostrou melhor desempenho na remoção do TOG (93%). LAV1 e LAV2 também apresentaram resultados satisfatórios na redução desse constituinte, respectivamente 85,87% e 65%. No entanto, a presença dos óleos e graxas no efluente tratado não é relevante para efeito de lançamento.



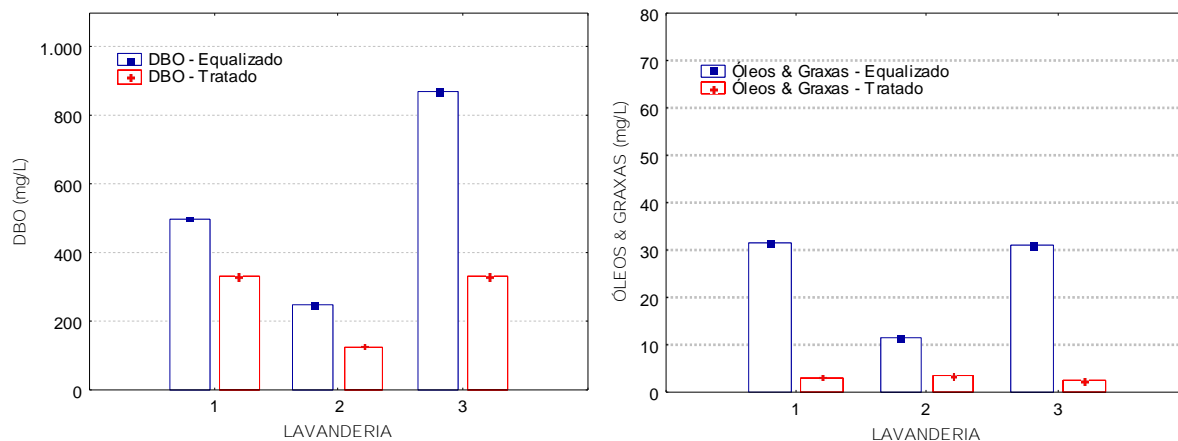


Figura 14 – Dados de DBO e TOG das amostras de efluente equalizado e efluente tratado.

#### Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato

A forte presença do nitrogênio amoniacal nas amostras dos efluentes industriais (Figura 15) deve-se ao uso de produtos como detergentes, amaciantes, sabões líquidos de sais de amônio e da uréia na composição de alguns corantes. Ainda assim, houve redução do nitrogênio amoniacal (LAV1=25,31%, LAV2=5% e LAV3=168%), o que pode ter sido influência da adição de cal ao tratamento (COUTO; NAVAL, 2006.). A presença do nitrito e nitrato no efluente tratado está abaixo do teor admitido (CONAMA, 2005).

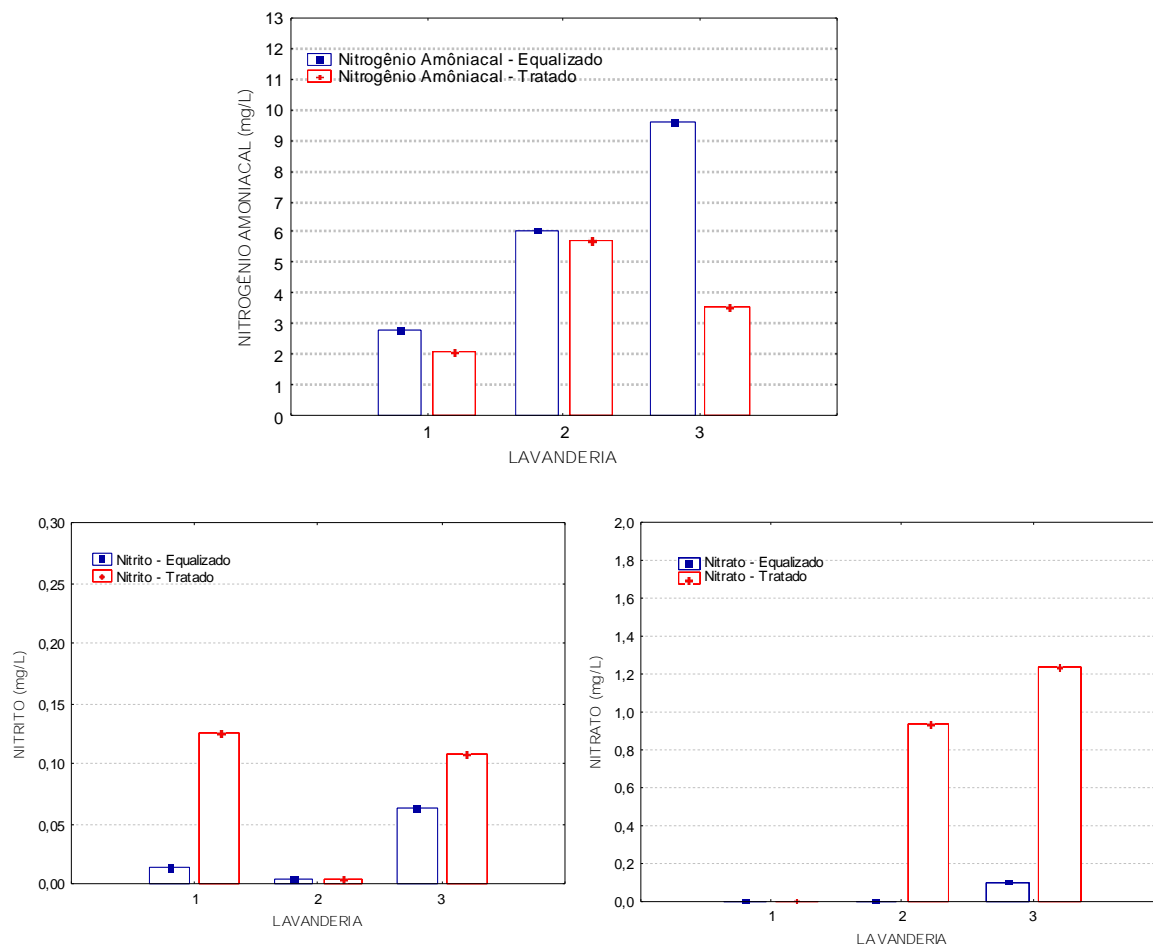


Figura 15 – Dados de nitrogênio amoniacoal, nitrito e nitrato das amostras de efluente equalizado e efluente tratado.

### Alumínio

A Figura 16 mostra que o teor médio de alumínio em LAV1 diminuiu (29,90%), mesmo após o tratamento com sulfato de alumínio. Os fatores responsáveis por isso podem ser o fator diluição no efluente tratado e o uso da dosagem adequada de sulfato de alumínio, como coagulante, no tratamento. Já em LAV2 e LAV3 houve uma elevação nesse parâmetro (48% e 51%), isto pode ser justificado pela má operação das ETEs, com a conseqüente adição em excesso de sulfato de alumínio no tratamento. A adição de alumínio em quantidades acima da necessidade pode provocar o arraste de flocos de hidróxido de alumínio pelos efluentes que saem das estações de tratamento, com a conseqüente presença de sulfato de alumínio residual no corpo receptor.

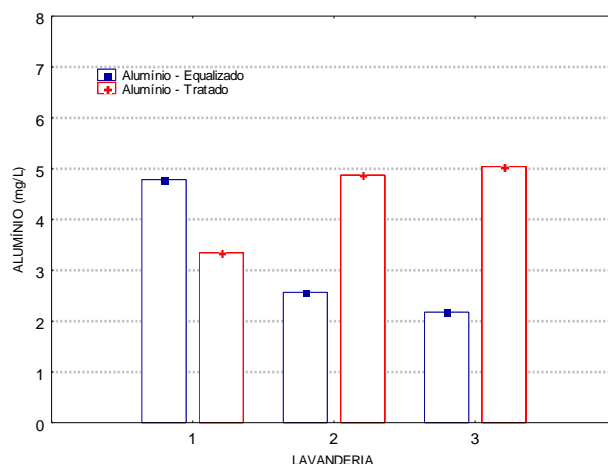


Figura 16 – Dados de alumínio das amostras de efluente equalizado e efluente tratado

#### 4.1.2.3. Eficiência das ETEs

A ETE-LAV3 apresentou os melhores resultados, entre redução e manutenção dos parâmetros, para os níveis admitidos pela legislação. A causa do melhor desempenho da ETE-LAV3 não deve ser creditado a melhor operação da estação de tratamento, uma vez que ela é precária nas três lavanderias, e sim aos processos executados e ao volume de produção. LAV3 beneficia o menor número de peças e possui um efluente com pouca concentração de corantes, uma vez que executa menos tingimento.

#### 4.1.3 Eficiência do Sistema de Tratamento

A resolução CONAMA Nº 357/2005 ressalta que, mesmo atendendo aos parâmetros para lançamento, os efluentes não podem desenquadrar o corpo receptor. O rio Capibaribe tem caráter intermitente e necessita de estudos específicos para determinação da capacidade suporte de carga e condições especiais para o lançamento de efluentes no seu leito. Estudos esses que são competência do órgão ambiental local (CPRH), junto com o órgão gestor dos recursos hídricos no estado (SRH-PE).

A resolução para lançamento de efluentes é bastante genérica (CONAMA N°357/05), uma vez que avalia sob os mesmos limites os efluentes a serem lançados nos corpos receptores, independente do enquadramento destes rios.

Foram selecionados, entre os parâmetros analisados nesse trabalho, os que estavam contidos na resolução CONAMA N°357/05, como condicionantes para o lançamento do efluente tratado no corpo receptor.

Apesar do tratamento adotado pelas três lavanderias ser o físico-químico e os produtos químicos usados serem os mesmos, com exceção de LAV3 que utilizou tanino como coagulante no início das coletas, os resultados não são equivalentes, conforme Tabelas 11 a 13.

Tabela 11 - Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV1

LAVANDERIA LAV1								
PARÂMETROS	1°coleta	2°coleta	3°coleta	4°coleta	5°coleta	6°coleta	7°coleta	CONAMA Lançamento
Ph	7,46	7,25	<u>4,97</u>	<u>4,80</u>	6,20	7,12	6,41	5,0 – 9,0
Salinidade (‰)	2,20	2,80	3,70	1,60	4,00	3,50	5,00	-
Turbidez (UNT)	16,18	28,25	323,10	61,36	28,56	282,23	276,63	-
Temperatura (°C)	-	38,50	30,00	36,00	35,00	34,00	35,00	< 40
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	69,00	94,00	85,00	175,00	-
Cloretos (mg/LCl <sup>-</sup> )	988,47	2.266,66	954,38	421,19	1.860,25	1.632,11	2.728,95	-
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	48,00	330,00	475,00	461,00	309,00	311,00	379,00	-
Óleos e Graxas (mg/L)	<2,1	<2,1	5,50	<2,1	<2,1	5,95	<2,1	20
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,58	0,72	5,53	0,84	0,58	3,24	3,24	20,0
Nitrito (mg/L)	0,04	0,02	0,00	0,00	0,82	0,00	0,01	-
Nitrato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alumínio (mg/L)	0,31	2,38	8,71	6,84	4,11	0,80	0,30	-

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a CONAMA 357/2005.

Tabela 12 - Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV2.

LAVANDERIA LAV2						
PARÂMETROS	1ºcoleta	2ºcoleta	3ºcoleta	4ºcoleta	5ºcoleta	CONAMA Lançamento
Ph	7,33	8,68	7,00	8,60	7,55	5,0 – 9,0
Salinidade(‰)	2,30	2,70	1,70	2,30	2,00	-
Turbidez (UNT)	32,25	13,64	54,79	27,19	56,71	-
Temperatura (°C)	29,00	30,00	26,00	29,00	25,00	< 40
Cor Verdadeira (UH)	-	-	185,00	111,00	133,00	-
Cloretos (mg/LCl-)	681,70	1.210,02	816,05	1.070,52	859,93	-
DBO (mg O2/L)	103,00	113,00	257,00	112,00	29,00	-
Óleos e Graxas (mg/L)	12,38	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	20
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4,19	2,59	5,04	5,76	10,98	20,0
Nitrito (mg/L)	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-
Nitrato (mg/L)	0,00	4,71	0,00	0,00	0,00	--
Alumínio (mg/L)	7,91	-	5,80	4,62	1,22	-

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a CONAMA 357/2005.

Tabela 13 - Resultados das análises de efluente tratado da lavanderia LAV3.

LAVANDERIA LAV3								
PARÂMETROS	1ºcoleta	2ºcoleta	3ºcoleta	4ºcoleta	5ºcoleta	6ºcoleta	7ºcoleta	CONAMA Lançamento
Ph	8,88	6,98	5,41	7,42	6,76	7,95	7,13	5,0 – 9,0
Salinidade (‰)	0,50	0,90	4,20	0,90	2,80	1,90	3,10	-
Turbidez (UNT)	28,29	16,18	40,12	203,50	182,67	27,39	4,16	-
Temperatura (°C)	-	25,00	27,00	25,00	25,10	29,00	25,00	< 40
Cor Verdadeira (UH)	-	-	-	79,00	188,00	99,00	88,00	-
Cloretos (mg/LCl-)	622,05	4601,40	1.431,57	552,81	1.316,21	1.421,51	1.333,76	-
DBO (mg O2/L)	24,80	33,39	1.169,00	200,00	223,00	327,00	368,00	-
Óleos e Graxas (mg/L)	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	5,40	<2,1	2,95	20
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ausente	0,42	7,35	ausente	7,20	4,93	5,21	20,0
Nitrito (mg/L)	0,00	0,69	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	-
Nitrato (mg/L)	0,00	4,34	4,00	0,33	0,00	0,00	0,00	-
Alumínio (mg/L)	1,71	-	4,77		12,62	1,91	4,13	-

Nota: Valores em negrito e sublinhados indicam resultado fora do limite permitido para um rio classe 2, segundo a CONAMA 357/2005.

De acordo com a exigência da resolução para o lançamento de efluentes, após o tratamento apenas o parâmetro pH não atendem as exigências da

CONAMA Nº 357/2005 e da norma CPRH Nº 2.001/2003. Esse resultado não quer dizer que o efluente esteja em boas condições para ser lançado em um rio de caráter intermitente, como o Rio Capibaribe. É apenas, uma evidência do caráter generalista da resolução, além do fato de que esse trabalho não contemplou todos os parâmetros exigidos pela resolução.

Devemos lembrar que a vazão do Capibaribe, em determinadas épocas do ano, é quase nula. Há também o fator acumulativo que é bastante alto, uma vez que na região as lavanderias estão instaladas por toda parte, uma ao lado da outra. Todas descartando os seus efluentes, tratados ou não, no rio Capibaribe ou em córregos que deságuam no Rio.

#### 4.1.4 Reúso Indireto/Direto

Com os resultados mostrados nas Tabelas 5 à 7 vimos que os parâmetros salinidade, turbidez, cor verdadeira, cloretos, DBO, nitrogênio amoniacal, nitrato e alumínio da água bruta utilizada como matéria-prima nas lavanderias não se enquadram nos limites para parâmetros de um rio de água doce classe 2. Devemos lembrar que, a cor, a DBO e alta concentração de sais são características dos efluentes oriundos de processos têxteis (SANTOS; SANTAELLA, 2002). Apesar de nem todas as lavanderias estudadas retirarem a água diretamente do rio, as águas quando não vêm de tributários são do freático as margens do Capibaribe. Dentro deste contexto, podemos inferir que as lavanderias estudadas já praticam o reúso indireto e que o tratamento utilizado por elas nos seus efluentes não remove suficientemente o teor desses parâmetros, uma vez que mesmo após a diluição nas águas do rio Capibaribe os parâmetros ainda apresentam teores elevados.

Nas lavanderias que ainda não praticam o reúso direto, ele deve ser estimulado como uma forma de diminuir a demanda por água no beneficiamento das peças e também o impacto ambiental da água de processo no corpo receptor. Apesar de ainda não existir uma legislação específica para reúso é preciso otimizar os resultados obtidos com o tratamento, para adoção deste processo, a fim de que se obtenha um efluente tratado de melhor qualidade, que possa ser

usado em maior escala dentro da indústria. Foi observado que, a água disponível durante todo o ano, em algumas lavanderias (LAV2 e LAV3) e o autogerenciamento desse recurso desestimula o reúso do efluente no processo. O acesso a água o ano inteiro é uma particularidade dessas lavanderias, que dispõe de poço (LAV3) ou bombeia diretamente do Rio (LAV2) e não reflete a realidade da grande maioria das lavanderias do município.

A escolha correta dos produtos químicos e a sua eficiente utilização são aspectos fundamentais para reduzir a concentração de poluentes físicos e químicos dessas indústrias. Isso passa, necessariamente, por investimento em uma melhor operação do tratamento e o monitoramento dos parâmetros limitantes para a opção de tratamento adotada. A adoção de um tratamento complementar biológico é uma opção para a melhoria da qualidade do efluente. A temperatura do efluente tratado em torno de 35°C favorece os processos biológicos. De acordo com a relação DQO/DBO nas lavanderias a implantação de um pós-tratamento biológico tem chances de sucesso. Um tratamento biológico com boas chances de êxito é indicado para uma relação DQO/DBO com valores até 3 (PIVELI e KATO, 2006). A relação DQO/DBO foi em média para LAV1 igual a 2,03; 4,11 para LAV2 e 1,42 para LAV3. Entre as ETEs avaliadas a que apresenta o esgoto mais biodegradável é a de LAV3. Somam-se a isso valores elevados para alcalinidade nos efluentes, que também contribuem com esse tipo de tratamento. Já o teor de cloreto elevado não impede o reúso no processo têxtil, uma vez que o cloreto de sódio é um auxiliar do processo de tingimento, porém pode interferir no desempenho de um processo biológico anaeróbio de efluentes industriais (PIVELI e KATO, 2006). Sendo assim, necessita de ajustes. Já a cor prejudica o resultado do beneficiamento como um todo (estonagem, tingimento, etc.).

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

---

### 5.1 CONCLUSÕES

Foi fundamental a caracterização da água bruta e dos efluentes gerados pela indústria têxtil local, já que esse setor está entre os que consomem maior volume de água na região e, como consequência, gera efluentes que se não forem adequadamente tratados degradam o meio ambiente.

As análises feitas na água bruta indicaram que todas as lavanderias utilizam, em seus processos, água de baixa qualidade com elevados valores de alumínio, nitrato, nitrogênio amoniacal, cor verdadeira, turbidez e DBO. Estes elementos podem ter origem na contaminação dos mananciais de abastecimento por efluentes industriais e domésticos, uma vez que parte da população não é atendida por sistema de esgotamento sanitário, lançando no rio seus efluentes domésticos, e as indústrias locais têm o rio Capibaribe como único corpo receptor dos efluentes das ETEs. O fato das indústrias lançarem os efluentes no Capibaribe e captarem a jusante água desse mesmo corpo hídrico para utilização como insumo do processo produtivo caracteriza o reúso indireto.

As diferenças entre o efluente equalizado e a água bruta são reflexo dos produtos e processos químicos utilizados no beneficiamento do jeans. A adição dos insumos do processo de beneficiamento gera um efluente com altos valores de salinidade, turbidez, cor verdadeira, cloretos, DBO.

A realização do tratamento físico-químico, da maneira que é feita atualmente, não ajusta os parâmetros às concentrações permitidas para fins de lançamento. O efluente tratado, ainda, sai das ETEs com valores fora do permitido pela CONAMA Nº357/2005, para o parâmetro pH. O lançamento deste efluente, a médio prazo, resultará na saturação da capacidade de diluição do corpo receptor. Portanto, é necessário alterar a qualidade dos efluentes, a fim de que se atinjam parâmetros aceitáveis pela legislação e para o reúso direto. Essa melhora na qualidade do efluente tratado passa em primeiro lugar por um aperfeiçoamento da operação do tratamento já utilizado pelas lavanderias (físico-químico).

Nas lavanderias que ainda não praticam o reúso direto, ele deve ser estimulado como forma de reduzir os custos com aquisição da água e para



diminuir o impacto ambiental do lançamento de efluentes em um rio de caráter intermitente. A redução do valor de alguns dos parâmetros elevados no processo, como a matéria orgânica, pode ser conseguida através da implantação de um tratamento complementar biológico.

Em virtude das condições observadas em LAV3, conclui-se que os melhores resultados obtidos nesta lavanderia, em termos da concentração dos parâmetros analisados, não estão relacionados à qualidade da operação da ETE e sim as características dos insumos e processos executados por ela.

Levando-se em conta os resultados da relação DQO/DBO das três lavanderias, a ETE que apresenta o efluente com maior biodegradabilidade é a LAV3, indicando maior possibilidade de sucesso num tratamento biológico. Porém, é importante lembrar que o custo com a implantação de um novo sistema de tratamento, muitas vezes, é um fator limitante para a implantação deste em lavanderias com recursos financeiros limitados. Sendo assim, o mais racional seria investir primeiro numa melhor operação do sistema já existente.

## 5.2 SUGESTÕES

- Estudar por um tempo mais prolongado os parâmetros das lavanderias, confrontando os resultados da época de chuva com de estiagem;
- Avaliar as concentrações de outros parâmetros limitantes para enquadramento na classe 2, como sólidos dissolvidos e os parâmetros inorgânicos constantes na CONAMA Nº357/2005;
- Identificar a fórmula química dos produtos químicos usados no beneficiamento e no tratamento;
- Estabelecer as reações químicas envolvidas no processo de beneficiamento e tratamento;
- Avaliar os parâmetros após o aperfeiçoamento da operação nas ETEs existentes;
- Estudar a combinação do tratamento físico-químico com o tratamento biológico para depuração exclusivamente deste tipo de efluente;
- Estudar a tratabilidade conjunta do efluente das lavanderias com esgotos domésticos pela via biológica.

## REFERÊNCIAS

AD DIPER patrocina Recife Fashion 2006. Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: <<http://www.addiper.pe.gov.br/noticias/noticias01.php?codigo=22>>. Acesso em: 22 out. 2007.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Licenciamento ambiental: normas técnicas. Disponível em <<http://www.cprh.pe.gov.br/frme-index-secao.asp?idsecao=98>>. Acesso em: 25 jul. 2008.

ALMEIDA E. A.; ASSALIN M. R.; ROSA, M. A. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. Quím. Nova, São Paulo: USP. Departamento de Química Fundamental, v. 27, n. 5, p. 818-824, set./out. 2004.

ALVES, J. F. Fiar e tecer: uma perspectiva histórica da indústria têxtil a partir do Ave, Porto: Universidade do Porto, 1999. Disponível em: <<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/1188.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2007.

ARANGO, H. G. Bioestatística: teórica e Computacional, 2. ed., 414p., 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação - Referências – Elaboração e NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 6027: Informação e documentação – Sumário - Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 14724: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, Solange D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, dez. 1997.

BUBEL, A. P. M. et al. Panorama do enquadramento dos corpos d'água. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/pnrh\\_novo/documentos/03%20Enquadramento/VF%20Enquadramento.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/03%20Enquadramento/VF%20Enquadramento.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2007.

CABRAL, B. Legislação Estadual de Recursos Hídricos. Caderno Legislativo nº002/97, Brasília, 1997. 1028p.

CALADO, A. et al. Fatores associados à gestão de custos: um estudo nas micro e pequenas empresas do setor de confecções. Revista Produção, v. 13, n. 1, p. 66, 2003. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/prod/v13n1/v13n1a06.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2007.

CARLIELL, C. M. et al. The effect of salts used in textile dyeing on microbial decolourisation of a reactive azo dye. Environmental Technology, [S.l.], v.19, p. 1133-1137, 1998.

CONAMA. Resolução n º357, de 17de março de 2005. Revoga a Resolução nº 020, de 18 de jun. 1986. Diário Oficial da União, n. 53, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 370, de 6 de abril de 2006. Diário Oficial da União, n. 68, 07 abr. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=496>>. Acesso em: 01 ago. 2008.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA INDUSTRIAL, COMERCIAL E AGROINDUSTRIAL. A indústria têxtil brasileira: diagnóstico setorial. São Paulo, 1985, p.2.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH. Resolução Nº. 54, de 28 de novembro de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 09 mar. 2006. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54\\_2005\\_criterios\\_gerais\\_u\\_so\\_agua.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_u_so_agua.pdf)>. Acesso em 03 nov. 2007.

CONSTANTINO, V. R. L. et al. Preparação de compostos de alumínio a partir da bauxita: considerações sobre alguns aspectos envolvidos em um experimento didático. Quím. Nova, São Paulo: Departamento de Química Fundamental, v. 25, n. 3, p. 490-498, 2002.

COSTA, F. J. L. Estratégias de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. Brasília: Banco Mundial, 2003. 117p. (Água Brasil, v. 1).

COSTA, A. M. da et al. Demanda e oferta hídrica em Pernambuco: uma abordagem indicativa. Recife, [19--?]. Disponível em: <[http://www.sectma.pe.gov.br-download-Demanda\\_e\\_oferta\\_hidrica\\_em\\_PE.pdf](http://www.sectma.pe.gov.br-download-Demanda_e_oferta_hidrica_em_PE.pdf)>. Acesso em: 14 de outubro 2007.

COUTO, T. C; NAVAL, L. P. Avaliação do desempenho de pós-tratamento químico empregando cal hidratada na remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal em efluentes de sistemas anaeróbios. Montevideu: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Sección Uruguay, [19--?].

CPRH; GTZ. Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização para tipologia têxtil. Recife: CPRH/GTZ. 2001. 125 p. Disponível em:< [http://www.ana.gov.br/Destaque/d179-docs/PublicacoesEspecificas/Textil/Controle\\_ambiental\\_textil.pdf](http://www.ana.gov.br/Destaque/d179-docs/PublicacoesEspecificas/Textil/Controle_ambiental_textil.pdf)>. Acesso em: 28 out., 2007.

CRESPI, M. Tratamento de águas residuais do setor têxtil. Química Têxtil, n.66, p.12-19, mar. 2002.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, v. 1, 2005. 783p.

ERICSON, N. R. S. Proposições para o sistema de esgotamento sanitário da cidade de Toritama-Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: ABES, 2005.

FERREIRA FILHO, S. S. Físico-químicos: sedimentação gravitacional. São Paulo: Escola Politécnica da USP, [19--?]. Disponível em: < [http://143.107.96.240/phd/default.aspx?link=17&link\\_uc=>](http://143.107.96.240/phd/default.aspx?link=17&link_uc=>)>. Acesso em 29 out. 2007.

GORINI, A. P. F. Panorama do Setor Têxtil no Brasil e no Mundo: Reestruturação e Perspectivas. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 10, p. 316-317, set. 1999. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/Bnset/set1009.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2007.

GUARATINI, C. I.; ZANONI, M.V. B. Corantes têxteis. Quím. Nova, São Paulo, v. 23, n. 1, p.71-78, 2000.

GUSMÃO, F. de. Profissionalizar é a saída. JC On line, Recife, 2006. Disponível em: <[http://www2.uol.com.br/JC/sites/altoverao/mat\\_saida.htm](http://www2.uol.com.br/JC/sites/altoverao/mat_saida.htm)>. Acesso em: 22 out. 2007.

HASSEMER, M. E. N. Oxidação fotoquímica - UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - para degradação de poluentes em efluentes da indústria têxtil. 2006. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HASSEMER, M. E. N.; SENS, M. L. Tratamento do efluente de uma indústria têxtil: processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. Florianópolis, 2002. 36 f. Disponível em: <<http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v7n12/v7n12a01.pdf>>. Acesso em 28 out. 2007.

IBGE. Hidroquímica dos mananciais de superfície da região Nordeste. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/recursos\\_hidricos/regionais/NORDESTE\\_hidrosuperficial.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/recursos_hidricos/regionais/NORDESTE_hidrosuperficial.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, 2000.

IMMICH, A. P. S.. 2006. 119f. Santa Catarina, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. Chuvas observadas no período de janeiro a dezembro de 2007 no município de Toritama. Recife, 2007. Disponível em: <<http://www.itep.br/LAMEPE.asp>>. Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de 'Azadirachta indica' como adsorvente Acesso em: 02 ago. 2008.

LAVANDERIAS de luxo. Jeanstudo, Fortaleza, n. 14, 02 p. Disponível em:<<http://www.jeanstudo.com.br/downloads/fasciculo14.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2007.

LIMA, P; KATZ, F. A economia do Nordeste: as potencialidades das novas frentes de expansão. Revista Análise Econômica, Recife, v. 12, mar./set. 1994. p. 55-73.

Disponível em: < [http://www.ufrgs.br/fce/rae/edicoes\\_antteriores/pdf\\_94/POL-LIM.pdf](http://www.ufrgs.br/fce/rae/edicoes_antteriores/pdf_94/POL-LIM.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2007.

MACHADO, E. L. et al. Descolorimento de efluente têxtil através de métodos de coagulação/floculação e eletroflotação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: ABES, 2005. p. 1.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. 2003. 579f.

MAPAS de Pernambuco: destaques da região de Alto Capibaribe. Pernambuco, [19--?]. Disponível em: <<http://www.citybrazil.com.br/pe/regioes/altocapibaribe/>>. Acesso em: 23 out. 2007.

MASCARENHAS, J. C. et al (Org.) Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Toritama-PE. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/TORI162.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2007.

MEES, J. B. R. Tratamento de resíduos líquidos. Paraná: Ministério da Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006. 75f. Disponível em: <<http://www.md.cefetpr.br/Intranet/professores/adm/download/apostilas/131204.pdf>>. Acesso em 31 out. 2007.

MESQUITA, D. P.; COELHO, M. A. Z.; FERREIRA, E. C. Efeito do sal no desempenho de um reator batelada seqüencial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 16., 2006, Santos. Resumos... Santos: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2006.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na Indústria: uso racional e reúso. São Paulo: [s.n], 2005. 143f.

MOREIRA, R. M. Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas. 2001. 113f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1995. 200p.

NAVACHI, J. A. Reutilização dos efluentes tratados: caso de uma lavanderia industrial. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2002. Disponível em: <[http://navachi.com.br/imagens/artigos/reutilizacao\\_efluentes\\_tratados.pdf](http://navachi.com.br/imagens/artigos/reutilizacao_efluentes_tratados.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2007.

NORONHA, E. G.; TURCH, L. O pulo do gato da pequena indústria precária, *Tempo Social: Revista de Sociologia da USP*, São Paulo, 276, v. 19, n.1, p. 249-280, 2007.

NUNES, J. A. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 2. ed. Aracaju: [s.n.], 1996.

OENNING JÚNIOR, A. Avaliação de tecnologias avançadas para o reúso de água em indústria metal-mecânica. 2006. 224 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/7838/1/Disserta%3F%3Fo+Airton+Oenning+Junior.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2007.

OGLIARI, P. J.; PACHECO, J. A. Análises estatísticas usando o Statistica 6.0. Santa Catarina: UFSC, 2004.

PÁDUA, H. B. Águas com dureza e alcalinidade elevada: observações iniciais na Região de Bonito/MS. São Paulo: [s.n.], 2002. 64p.

PASCHOAL, F. M. M.; TREMILIOSI FILHO, G. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante Índigo Blue a partir de efluentes industriais. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 766-772, 2005.

PEREIRA, J. A. R. Geração de resíduos industriais e controle ambiental. Pará: Universidade Federal do Pará, 2002. Disponível em: <[http://pee.mdic.gov.br/arquivo/sti/publicacoes/futAmaDilOportunidades/rev20011213\\_01.pdf](http://pee.mdic.gov.br/arquivo/sti/publicacoes/futAmaDilOportunidades/rev20011213_01.pdf)>. Acesso em: jul. 2004.

PEREIRA, R. O. Combinação de tratamento biológico aeróbio com processos oxidativos avançados visando intensificar a remoção de matéria orgânica em efluentes da indústria têxtil e de Celulose *Kraft*. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

PIMENTEL, J. S. Tratamento físico-químico de esgotos e reúso do efluente. São Paulo: [s.n.], 1991.

PIVELI, R. P. Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos. [S.l.: s.n.], 2000. 175f. Aula 1-8.

\_\_\_\_\_. Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: [s.n.], 2000. 18f. Aula 5.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2006. X, 285p.

PÓLO de confecção terá R\$ 12 milhões este ano. Diário de Pernambuco, Recife, 2004. Disponível em: <[http://www.pernambuco.com/diario/2004/02/22/economia3\\_0.html](http://www.pernambuco.com/diario/2004/02/22/economia3_0.html)>. Acesso em: 22 out. 2007.

RAMIRO, D.; LOTURCO, R. O poder das pequenas. *Veja on line*, São Paulo, n. 1777, nov. 2002. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/131102/p\\_128.html](http://veja.abril.com.br/131102/p_128.html)>. Acesso em: 23 out. 2007.

REBOUÇAS, a.C. et al. Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: [s.n.], 1999.

SALINAS, S. R. A. Einstein e a teoria do movimento browniano. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 263 - 269, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v27n2/a13v27n2.pdf>>. Acesso em 31 out. 2007.

SANTOS, A. B.; SANTAELLA, S.T. Remoção de DQO de água residuária de indústria têxtil empregando o processo de lodos ativados em Batelada. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Ceará, v. 7, n. 4, p. 151-155, 2002.

SANTOS, O. E. Estudo da tratabilidade dos efluentes de uma lavanderia e tinturaria de jeans através de reator seqüencial em Batelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 23., 2005, Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS 2005.

\_\_\_\_\_. Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.



SANTOS, H. R. et al. Aplicabilidade das técnicas de determinação de tamanho de partículas em sistemas de tratamento de água e esgoto sanitário. Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 291-300, out./dez. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522004000400005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522004000400005)>. Acesso em: 31 out. 2007.

SCHOENHALS, M. Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola. 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m152.pdf>> Acesso em: 31 out. 2007.

SENA, R. F. Avaliação da biomassa obtida pela otimização da flotação de efluentes da indústria de carnes para geração de energia. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m134.pdf>> acesso em: 02 nov. 2007.

SILVA, D. O.; CARVALHO, A. R. P. Soluções em engenharia de tratamento de água. São Paulo: Kurita Handbook, 2007. Disponível em: <<http://www.kurita.com.br/modules.php?name=download&f=viewdownload&cid=1>> Acesso em: 31 de out. de 2007.

SILVA, S. R. et al. Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco. Recife: SECTMA, 2006. 104p.

\_\_\_\_\_. Implantação do Sistema de Outorga em Pernambuco. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA. Disponível em: <<http://www.sectma.pe.gov.br>>. Acesso em: 04 de nov. de 2007.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998. 1268p.

TAVARES, F. O País do Jeans. Istoé Dinheiro, São Paulo, n. 441, mar. 2006. Disponível em: <[http://www.terra.com.br/istoedinheiro/441/negocios/pais\\_jeans.htm](http://www.terra.com.br/istoedinheiro/441/negocios/pais_jeans.htm)>. Acesso em: 21 out. 2007.

VIEIRA, V. P. P. B. A água e o desenvolvimento sustentável no Nordeste. Brasília: [s.n.], 264p.

VON SPERLING, M. Características qualitativas dos esgotos. Disponível em: <<http://www.etg.ufmg.br/tim2/caracesgoto.doc>>. Acesso em: 20 out. 2007.

\_\_\_\_\_. Princípios básicos do tratamento de esgoto. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1996. 221p.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)