



**CENTRO PAULA SOUZA**



**Faculdade de Tecnologia de Americana**

**MARCIA REGINA DOS SANTOS PEREIRA**

**PRODUÇÃO TÊXTIL**

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES TEXTÉIS E LEGISLAÇÃO**

**APLICÁVEL**

**AMERICANA / SP**

**2012**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

MARCIA REGINA DOS SANTOS PEREIRA

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES TEXTÊIS E  
LEGISLAÇÃO APLICÁVEL**

Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como parte das exigências do curso de Produção Têxtil para obtenção do título de Tecnólogo em Produção têxtil.

Orientador: Professora Doralice de Souza Luro Balan

**AMERICANA / SP**

**2012**

MARCIA REGINA DOS SANTOS PEREIRA

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES TEXTÉIS E LEGISLAÇÃO  
APLICÁVEL**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo de Produção Têxtil no curso de Produção Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana

**Banca Examinadora**

**Orientador: Doralice de Souza Luro Balan**

**Professor da Disciplina: José Fornazier Sampaio**

**Professor Convidado: Maria Adelina Pereira**

Americana, de 2012

**Ao meu filho**

Que é a razão da minha vida e dos meus esforços

**Ao meu companheiro Claudio**

Que me apoiou, incentivou e me ajudou na minha luta diária para conciliar vida doméstica, profissional e universitária e ao meu lado testemunhou mais essa vitória.

**Principalmente aos Meus Pais**

Que sempre me apoiaram, deixo aqui minha dedicação póstuma,  
Obrigado.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas graças e bênçãos que me concedeu, pela motivação e fé na conclusão desse projeto.

Aos meus pais, Eleuzes Alves Pereira e Maria Dos Santos Pereira † que me deram a vida que é o bem mais valioso que alguém pode ter.

A minha orientadora Professora Doralice de Souza Luro Balan primeiramente por acreditar neste trabalho, incentivar e fornecer todo apoio e orientação que foi necessário.

Aos demais Professores da Faculdade de Tecnologia de Americana, especialmente aos que contribuíram em minha formação e em minha carreira profissional, e a minha querida professora Maria Adelina Pereira grande amiga e exemplo profissional e pessoal.

Aos amigos e amigas que pude cultivar ao longo desses anos que aqui passei.

Aos demais colegas de graduação pela convivência, amizade e companheirismo durante todo o curso.

## Resumo

Há uns 20 anos atrás acreditava que a água disponível no mundo seria suficiente para abastecer toda a população mundial por tempo indefinido. No entanto a distribuição desigual, as mudanças que tem ocorrido no clima do planeta, causado pela interferência humana por meio da poluição do ar, dos rios, e da terra, tem conseguido mudar esta perspectiva fazendo com que as pessoas se deem conta de que a água apesar de ser renovável, não é infinita. E pensando no setor têxtil suas indústrias constituem fator de grande importância na economia brasileira, mas, seu processamento têxtil é gerador de grande quantidade de despejos altamente poluidores, contendo elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos ao homem e ao meio ambiente. 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, várias operações são necessárias a fim de dar ao tecido o máximo de propriedades, gerando assim, em cada etapa, diferentes despejos. Diante disso e da preocupação que tem se formado em torno desse recurso tão necessário a vida é que nos dias atuais, tem se percebido que a despoluição de nossos rios é muito mais cara e mais difícil do que o tratamento dos efluentes originados em nossas indústrias. Então, as empresas as instituições de ensino e os países em geral principalmente os em desenvolvimento como o Brasil, tem se esforçado para inserir em suas agendas de governo medidas de proteção ambiental, que visam racionalizar o uso dos recursos naturais. Portanto podemos perceber que todas essas ações conjuntas têm como objetivo principal conscientizar toda a sociedade humana sobre a necessidade séria de uma mudança de postura em relação ao uso da água. E isso só será possível com informações sobre quais são os métodos de tratamento de efluentes líquidos, e quais são as leis ambientais envolvida no uso industrial da água, Pois ela é essencial à sobrevivência de todos os seres vivos na terra.

## Abstract

There are approximately 20 years behind it believed what the water available in the world would be sufficient to supply the whole world-wide population indefinitely. However the unequal distribution, the changes what it has been taking place in the climate of the planet, caused by the human interference through the pollution of the air, of the rivers, and of the land, has been managing to change that perspective is doing with what the persons if deem count of that the water in spite of being renewable, is not infinite. And thinking about the sector textile his industries constitute factor of great importance in the Brazilian economy, but, his processing textile is a creator of great quantity of highly pollutant evictions, containing elevated organic load, accented color and chemical toxic compounds to a man and to an environment. The processes and evictions produced by the industry textile vary while the inquiry and the development produce new reagents, new processes and new techniques, and also in accordance with the demand of the consumption for other types of cloths and colors, many people operations are necessary in order to give to the cloth the maximum of properties, producing so, in each stage, different evictions. Before that and of the preoccupation that has if formed around this so necessary resource it is the life that in the current days, has when if that the cleaning of our rivers is much more expensive and more difficult than the treatment of the effluent ones given rise in our industries was realized. Then, the enterprises the institutions of teaching and the countries in general principally them in development like Brazil, it has if made an effort to insert in his diaries of government measures of environmental protection, which aim to rationalize the use of the natural resources. So we can realize that all these joint actions have like principal objective makes the whole human society aware on the serious necessity of a change of posture regarding the use of the water. And that will be only possible with informations on which the methods of treatment of effluent liquids are, and what the environmental laws are wrapped in the industrial use of the water, since she is essential to the survival of all the lively beings in the land.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- IMAGEM DO PROCESSO DE EXTRUSÃO _____	14
FIGURA 2- IMAGEM DO PROCESSO DE ESTIRAGEM _____	14
FIGURA 3 - PROCESSO DE TINGIMENTO _____	15
FIGURA 4 – ESTAMPARIA TEXTIL DE LONDRINA _____	16
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TECIDOS DE ALGODÃO E SINTÉTICOS _____	17
FIGURA 6 – CORANTES _____	18
FIGURA 7 – EMPRESA TEXTIL DESPEJO DO EFLUENTE NO RIBEIRÃO JACARÉ EM ÁREA RURAL _____	21
FIGURA 8 – ETE (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO) BÁSICA _____	38
FIGURA 9 – SISTEMA DE DECANTAÇÃO PRIMÁRIA _____	39

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1 CLASSIFICAÇÃO PARA AGUAS DOCES _____	25
TABELA 2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS _____	27
TABELA 3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS- NORMA NBR 10.004/ 5/ 7 E 7 _____	28
TABELA 4 QUANTIDADES DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS _____	29
TABELA 5 GRÁFICO DE PERCENTUAL DE RESÍDUOS TRATADOS EM 2006 E 2007 _____	30
TABELA 5 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE ALGODÃO _____	36
TABELA 6 OPERAÇÕES PARA DIFERENTES TIPOS DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS _____	40

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1 A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos.....	11
1.2 Definição de efluentes industriais .....	11
2. A cadeia produtiva têxtil.....	12
2.1 Descrição do processo produtivo.....	12
2.2 principais etapas da cadeia produtiva que utiliza água.....	12
2.2.1. Processos de beneficiamento tanto de fios como de tecidos que utilizam água.....	13
3. Corantes.....	17
3.1 Tipos de poluentes associados aos corantes em geral.....	19
4. Fatores que levam a adotar determinado tipo de tratamento de efluente.....	20
4.1 A legislação ambiental aplicável.....	20
4.2 Legislação ambiental brasileira.....	21
4.3. Resíduos líquidos.....	21
4.3.1. Legislação federal.....	25
4.4. Resíduos sólidos.....	26
5. Parâmetros sanitários.....	29
5.1. Matéria orgânica.....	30
5.2. Matéria inorgânica.....	31
6. Licenças ambientais.....	32
6.1. Penalidades e multas ambientais .....	33
7. Características dos efluentes industriais.....	34
7.1 O que define que houve tratamento.....	35
8. Alternativas de tratamento .....	36
8.1. Tratamento de águas residuais.....	36
8.2 Processos de tratamento .....	39
8.2.1 Operações de tratamento físico-químico.....	40
8.2.2 Operações conjuntas usadas nos processos e sistemas de tratamento para remover a maior parte dos contaminantes encontrados em efluentes têxteis .....	41
9. Conclusão .....	42
BIBLIOGRAFIA .....	43

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 A indústria Têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos**

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de levar até você leitor, informações que o auxiliarão na tomada de decisões conscientes com relação aos métodos de tratamento de efluentes líquidos nas diversas etapas da cadeia produtiva têxtil, além de informá-los sobre as leis ambientais que normatiza o uso correto desse recurso natural, pois a água matéria-prima principal de várias etapas desse setor industrial deve ser economizada, tratada e principalmente reutilizada pelo processo produtivo, além de ser devolvida de forma utilizável por todos os seres vivos que dela necessitam no meio ambiente, ou seja, no eco sistema do qual fazem parte os rios, lagos, mares etc.. A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos, sendo que estes geralmente são coloridos, mesmo contendo pequenas quantidades de corantes. Os efluentes líquidos da indústria têxtil são tóxicos e geralmente não biodegradáveis e também resistentes à destruição por métodos de tratamento físico-químico. Portanto vamos conhecer os diversos métodos de tratamento existentes bem como também utiliza-los em conjunto para um melhor retorno para isso em primeiro lugar a poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela redução de perdas nos processos, utilização de processos mais modernos, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais, redução de perdas de produtos ou descarregamentos desses ou de matérias primas na rede coletora. A manutenção também é fundamental para a redução de perdas por vazamentos. (Eng. Ghandi Giordano).

### **1.2 Definição de efluentes industriais**

De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800/1987, efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanções de processo industrial, águas de refrigeração poluída, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. Por muito tempo não existiu a preocupação de caracterizar a geração de efluentes líquidos industriais e de avaliar seus impactos no meio ambiente. No entanto, a legislação vigente e a conscientização ambiental fazem com que algumas indústrias desenvolvam atividades para quantificar a vazão e determinar a composição dos efluentes industriais.

## **2. A cadeia produtiva têxtil**

A cadeia produtiva têxtil do Brasil, hoje é formada por 30.000 empresas entre fiações, tecelagens, malharias, estamparias, tinturarias e confecções, que geram 1,6 milhão de empregos formais e informais e que apresentou no ano de 2006 um faturamento de US\$ de 33 bilhões. Em 2006, as exportações do setor foram de 2, 08 bilhões e as importações de US\$ 2,14 bilhões. O Brasil é o sexto maior produtor têxtil do planeta, ocupando o segundo lugar na produção de denim. O setor têxtil de confecções é um dos que mais emprega no País, sendo o segundo maior empregador da indústria de transformação da qual representa 18,6 % do produto interno bruto.

### **2.1. Descrição do processo produtivo**

Etapas do processo produtivo a partir da divisão das fibras têxteis, fiação, tecelagem, beneficiamento e enobrecimento dos fios e tecidos.

A) Fiação: etapa de obtenção do fio a partir das fibras têxteis que pode ser enviado para o beneficiamento ou diretamente para tecelagens e malharias.

B) Beneficiamento: etapa de preparação dos fios para seu uso final ou não, envolvendo tingimento, engomagem, retorção (linhas, barbantes, fios e fios especiais) e tratamento especiais.

C) Tecelagem: etapas de elaboração de tecido plano, a partir dos fios têxteis.

D) Enobrecimento: etapa de preparação, tingimento, estamparia e acabamento de tecidos, malhas ou artigos confeccionados.

E) Confecções: nesta etapa o setor tem aplicação diversificada de tecnologias para os produtos têxteis, acrescida de acessórios incorporados nas peças.

### **2.2 Principais etapas da cadeia produtiva têxtil que utiliza água:**

#### **Fiação fibras naturais**

Com relação às fibras naturais não se usa água em nenhum dos processos até a fiação.

#### **Fiação fibras artificiais**

Nas fibras sintéticas e artificiais praticamente todos os processos utilizam água, esses processos são:

Extrusão, bobinagem, estiragem, enrolamento e texturização. Esses processos consistem basicamente em estirar, torcer, unir os fios, e enrolar. Todos estes processos são feitos em tanques com água e outros elementos químicos que serão descartados após o uso.

Figura1: Imagem do processo de extrusão



Figura2: Imagem do processo de estiragem



Fonte de referência: companhia das fibras [WWW.ciadasfibras.com.br](http://WWW.ciadasfibras.com.br)

## Processo de Tecimento

Tares a jato de água utilizam a água no transporte do fio pela cala no sistema de inserção desse tipo de tear.

### 2.2.1 Processos de beneficiamento tanto de fios como de tecidos que utilizam água:

**Purga e limpeza:** Serve para remover materiais oleosos e impurezas através de saponificação, emulsão e solvência proporcionando hidrofiliabilidade ao substrato têxtil. Geração de efluentes líquidos através de banho residual de purga e águas de lavagem proveniente da lavagem do material têxtil e de equipamentos.

**Alvejamento:** Serve para remover coloração amarelada do material têxtil.

**Mercerização e caustificação:** Tratamento alcalino do material têxtil com o objetivo de melhorar as propriedades físico-químicas da fibra.

**Amaciamento:** Conferir toque agradável ao material.

**Anti-chama:** Acabamento realizado através de banho.

**Chamuscagem:** Eliminar fibrilas da superfície do material têxtil, por meio de queima. Geração de efluentes líquidos (água de resfriamento / temperatura).

**Tingimento:** Conferir coloração ao material têxtil.

**Estamparia:** Conferir coloração ao material têxtil de forma localizada.

**Figura 3** – Processo de Tingimento.



Fonte: guia técnico ambiental da indústria têxtil- série P+L.

### **Principais processos de tecelagem:**

**Engomagem:** Aplicar películas de goma (natural ou sintético) nos fios de urdume para posterior tecimento.

**Tecimento:** Confeccionar tecido plano (tear de água.).

### **Processos de enobrecimento que utilizam água.**

Os principais processos desta etapa de produção e sua finalidade básica:

**Desengomagem:** (tecidos planos) Tem por objetivo remover a goma aplicada ao fio de urdume durante o processo de engomagem dos fios

**Purga / Limpeza** Remover materiais oleosos (graxos ou não) e impurezas através de reações de saponificação, emulsão e solvência para proporcionar hidrofiliabilidade ao substrato.

Nota: As lavanderias utilizam este processo para remoção das impurezas, dependendo do grau de sujidade do material, outros produtos químicos poderão ser adicionados: agentes oxidantes, enzimas, ácidos, etc.

**Alvejamento** = Remover coloração amarelada (natural) do material têxtil.

**Mercerização e Caustificação** (operações individuais) Tratamento alcalino do material têxtil com objetivo de melhorar propriedades físico-químicas da fibra (brilho, aumento da afinidade cor corante, estabilidade dimensional etc.).

Nota: A diferença básica entre a mercerização e caustificação é que a primeira trabalha com maior concentração de álcali, sobtensão e em equipamento específico (mercerizadeira).

**Tingimento** Conferir coloração ao material têxtil.

**Amaciamento** Conferir toque agradável ao material.

**Estamparia** Conferir coloração ao material têxtil de forma localizada.

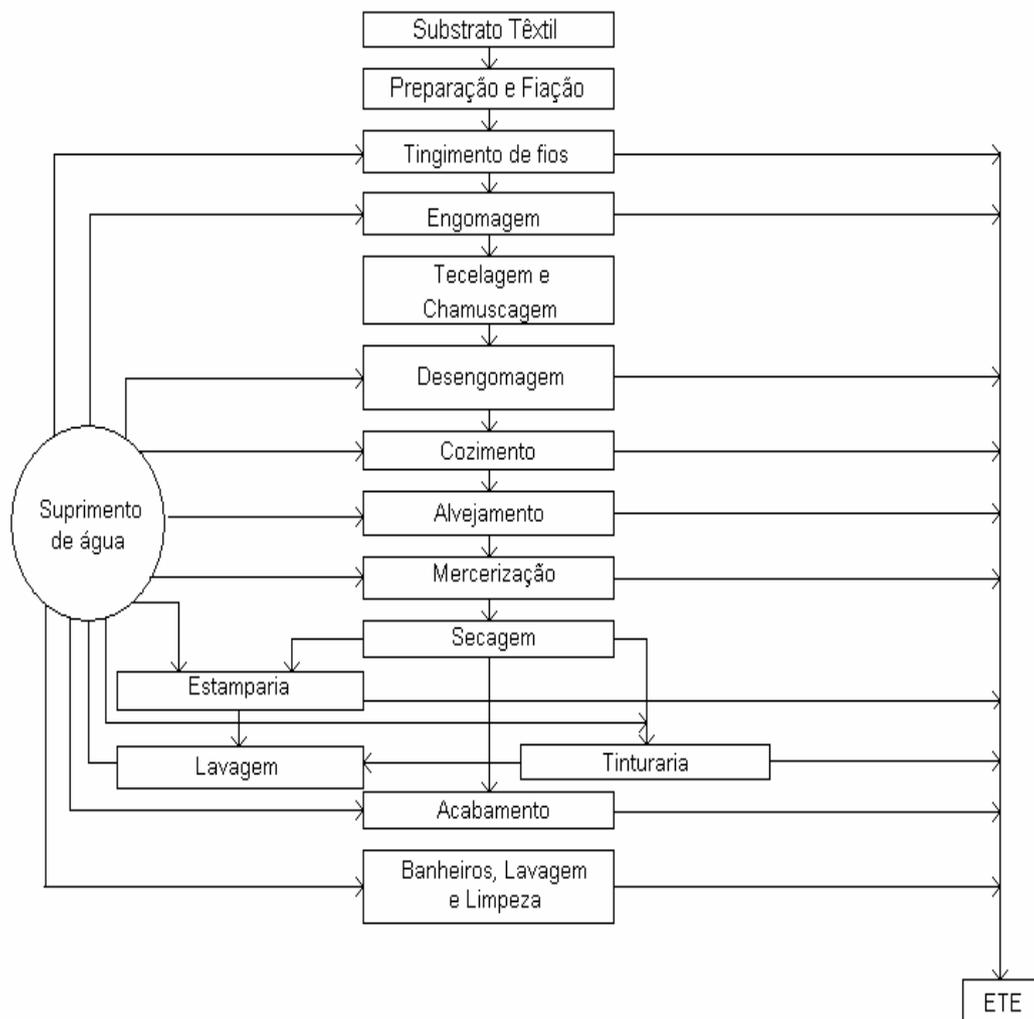
Figura4: Estamparia têxtil de londrina



Fonte: estamparia têxtil Saadjan [WWW.saadjan.com.br](http://WWW.saadjan.com.br)

As etapas dos processos de preparação, tingimento, estamparia e acabamento, serão descritas conforme o fluxograma apresentado na figura 5:

Figura 5: Fluxograma do processamento de tecidos de algodão e sintéticos.



Fonte: Braile e Cavalcanti, 1993.

Figura 6: Corantes



Fonte: <http://avhc.blogspot.com.br/2009/09/corantes.html>

### 3. Corantes

Em seguida Considerando a divisão produtiva da cadeia têxtil, não se pode deixar de mencionar a importância dos corantes utilizados nos processos de beneficiamento de fios e tecidos, porque, seu uso requer mais água do que todos os outros processos, incluindo as lavanderias que também os utilizam no beneficiamento de peças prontas acopladas às atividades produtivas, pois os setores que mais utilizam água e que devem ser falado são as classes de corantes, maiores causadores de problemas com efluente nas indústrias de tinturaria e estamparia. Devido à sua própria natureza, os corantes são altamente detectáveis a olho nu, sendo visíveis em alguns casos mesmo em baixas concentrações. Este comportamento apresenta vantagens e desvantagens, pois uma pequena quantidade lançada em efluentes aquáticos pode causar uma acentuada mudança de coloração dos rios, mas pode também ser facilmente detectada pelo público e autoridades que controlam os assuntos ambientais. Existem várias maneiras para se classificar os corantes, de acordo com a sua constituição química, sua aplicação, solidez em geral, tipo de excitação eletrônica, quando exposto à luz, etc. A classificação dada a seguir segue o padrão adotado pelo Colour Index, publicado pela The Society of Dyers and Colourists, em conjunto com a Association of Textile Chemists and Colorists.

a) **Corantes à tina (VAT DYES):** Os corantes à tina, com poucas exceções, são subdivididos em dois grupos: os indigóides e os antraquinônicos. Todos eles possuem, como característica química, a presença de um grupo cetônico ( $>C=O$ ) e são essencialmente insolúveis em água. A solubilização desses corantes se dá por redução em solução alcalina / redutora e o produto obtido recebe o nome de LEUCO. O grupo cetônico toma a forma reduzida ( $>C-OH$ ), solúvel em água, e o corante passa a ter afinidade química com a fibra celulósica. O corante original, insolúvel, é recuperado por uma oxidação posterior. O corante Índigo se encaixa nesta classificação, por ser um indigóide.

b) **Corantes reativos:** os corantes reativos se caracterizam por terem pelo menos um grupo cromóforo e um grupo reativo, sendo solúveis em água. O grupo cromóforo é aquele que é responsável pela cor do produto e o grupo reativo é a parte química do corante que reage com os grupamentos hidroxílicos (OH) da celulose. Daí estes corantes se chamarem corantes reativos.

c) **Corantes dispersos ou plasto solúveis:** os corantes dispersos são definidos como substâncias insolúveis em água, de caráter não iônico, que possuem afinidade. Com fibras hidrofóbicas, a exemplo do acetato de celulose, geralmente aplicados a partir de uma fina dispersão aquosa. São também empregados para tingir poliéster, acetato, triacetato e em alguns casos poliamida e acrílicas.

d) **Corantes diretos:** são corantes que foram originalmente concebidos para tingir algodão. Formalmente, são definidos como corantes aniônicos, com grande afinidade para a celulose. Os corantes diretos apresentam a maneira mais simples de colorir materiais celulósicos, uma vez que são aplicados a partir de um banho neutro ou levemente alcalino, próximo ou no ponto de ebulição, no qual são aplicado cloreto ou sulfato de sódio em quantidade e intervalos de tempo apropriados.

e) **Corantes ácidos:** são corantes aniônicos, bastante solúveis em água, cuja aplicação se dá em fibras nitrogenadas como a lã, seda, couro e algumas fibras acrílicas modificadas. Não são recomendados para algodão, uma vez que não possuem afinidade com fibras celulósicas, sendo, entretanto, largamente empregados para a poliamida. Possui uma ampla gama de coloração e, também, as mais diversas propriedades com relação ao tipo de tingimento e solidez. Alguns corantes ácidos são metalizados e absolutamente indispensáveis para certas aplicações na indústria têxtil (alta solidez). A estabilidade desses complexos é tal que esses corantes permanecem estáveis durante o processo de tingimento, mesmo sob severas condições de uso, não liberando o metal de sua estrutura mesmo que haja flutuações dramáticas de pH e temperatura.

f) **Corantes catiônicos (básicos modificados):** são corantes solúveis em água que produzem soluções coloridas catiônicas devido à presença de grupamento amino (NH<sub>2</sub>). Suas aplicações são direcionadas principalmente para as fibras acrílicas, e em casos especiais para a lã, seda e acetato de celulose. Fornecem cores bastante vivas e algumas até mesmo fluorescentes de boa solidez. Já os antigos corantes básicos (catiônicos não modificados), devido a sua pouca solidez (principalmente à luz), hoje em dia, possuem utilização têxtil bastante reduzida, tendo sofrido forte pressão do mercado quanto à segurança de seu manuseio, visto que grande parte dos mesmos utiliza a benzidina (CAS-92-87-5) como matéria-prima, produto reconhecidamente carcinogênico (CAS – Chemical Abstracts Service).

g) **Corantes ao enxofre (sulfurosos):** é uma classe de corantes que se caracteriza por compostos macromoleculares com pontes dissulfídicas (-S-S-). São produtos insolúveis em água e sua aplicação assemelha-se à dos corantes à tina, devendo ser inicialmente reduzidos a uma forma solúvel, quando passam a ter afinidade com fibras celulósicas.

Após o tingimento, são trazidos à sua forma original, insolúvel por oxidação. Possuem uma boa solidez à luz e à lavagem, mas resistem muito pouco ao cloro.

h) **Corantes naturais:** São corantes obtidos a partir de substâncias vegetais ou animais, com pouco ou nenhum processamento químico, são principalmente, do tipo mordente, embora existam alguns do tipo à tina, solventes, pigmentos, diretos e ácidos. Não existem corantes naturais dispersos, azóicos ou ao enxofre. A toxicologia de corantes sintéticos não difere fundamentalmente dos corantes naturais, quando avaliados sob os mesmos critérios. Diferentemente dos corantes naturais, os corantes sintéticos possuem composição definida e uniforme e são submetidos a testes toxicológicos antes de ser lançado no mercado, o que faz com que as informações sobre suas propriedades sejam amplamente conhecidas e bastante consistentes. A principal utilização dos corantes naturais ocorre em tingimentos do tipo mordente, ou seja, esses corantes não liberam sua cor nas fibras, a menos que estejam na presença de certos metais. Assim, uma grande quantidade de sais minerais é necessária para se efetuar o tingimento e, conseqüentemente, íons metálicos são liberados durante as fases de lavagem. Como exemplo mais clássico deste tipo de corante temos o pau-brasil, que quando da descoberta do Brasil pelos portugueses, foi de grande valia para tingir roupas de papas e de reis.

### **3.1 Tipos de poluentes associados aos corantes em geral.**

Cor, ácidos orgânicos, corantes não fixados, sal retardantes, dispersantes, fixadores, agentes catiônicos, surfactantes, antiespumantes, agentes retardantes, igualizantes, fosfatos, lubrificantes, álcalis, corantes hidrolizados, antirredutores orgânicos, Agentes oxidantes, agentes redutores, etc. Só para citar alguns, por isso, métodos para remoção da cor das águas de rejeito têxteis têm recebido enorme atenção nos últimos anos. De modo geral, a efetividade da remoção da cor pode ser avaliada por um padrão espectrofotometricamente permitido, o qual pode ser usado para controlar a diluição do corante nas águas dos rios. Assim, através da comparação direta entre absorvância da amostra de um efluente e o padrão de qualidade requerido para coloração em rios, é possível avaliar o grau de contaminação previsto.

Sabemos que 700.000 toneladas de corantes têxteis são produzidos anualmente, onde, 50% são compostos azo (-N=N-) que, devido o seu comportamento ambiental ser ainda desconhecido, são considerados especialmente perigosos. De acordo com as pesquisas mais recentes, aproximadamente 12% de corantes sintéticos são perdidos anualmente durante a fabricação e em processos de tingimento, sendo que nesse caso, 20% da cor resultante são dispostas no ambiente na forma de efluentes de indústrias deste setor.

Figura 7: Empresa têxtil despejando efluente no ribeirão Jacaré em área rural.



Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.121/3446>

Fig. 7 –Foto: Gustavo Franco

#### **4. Fatores que levam a adotar determinado tipo de tratamento**

Agora que já conhecemos as etapas da cadeia produtiva que utilizam água o próximo passo é definir quais os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados, para isso são considerados os seguintes fatores: primeiro a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados. (GIORDANO, 1999).

##### **4.1. Legislação Ambiental Aplicável**

A legislação ambiental deve ser o instrumento de compatibilização entre a preservação da qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável, estabelecendo os limites nos quais o desenvolvimento econômico e social não desequilibre os ecossistemas existentes. Quando do desenvolvimento de projetos de STETs (sistema de tratamento de efluentes têxteis), é essencial o conhecimento da legislação ambiental para que todas as exigências da lei sejam respeitadas quando da elaboração dos projetos e conseqüentemente na implantação do sistema. Desta forma, a legislação ambiental é ponto de origem de todos os projetos de tratamentos de efluentes, haja vista que os parâmetros de lançamento são definidos com base nas legislações pertinentes. Também é o ponto de finalização, porque depois do projeto implantado e o sistema em operação este deve atender aos parâmetros estabelecidos pela legislação para aquela unidade industrial.

## 4.2. Legislação ambiental brasileira

A constituição brasileira de 1988, no art. 225 do capítulo VIRAM, define que “... todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”. Para que isso possa ocorrer à legislação ambiental tem que assegurar a todos, mediante o equilíbrio ambiental, o direito a qualidade de vida. O ambiente é um bem de uso comum e sua defesa é de responsabilidade do Poder Público e da própria comunidade. No Brasil a lei é estabelecida em primeira instância pela União e na sequência pelas unidades federativas e municipais. Essas duas últimas unidades buscam o aperfeiçoamento das respectivas leis magnas, quanto às características e às necessidades de cada região do país. Assim, as leis estaduais e municipais apresentam sempre um caráter de maior especificidade em relação às leis federais. Isso faz com que a competência seja comum aos três poderes executivos. Mas isso não significa que as leis federais, ou mesmo as estaduais, não possam sofrer alterações de caráter restritivo quando de sua transposição para a legislação municipal. Em geral os valores já estabelecidos nas competências anteriores (federais e estaduais) devem ser condizentes com as tecnologias de tratamento disponíveis no mercado. Tal fato, por vezes, é considerado nas esferas das administrações municipais como um fator negativo no processo de industrialização, principalmente para os pequenos e médios municípios que carecem de infraestrutura industrial para serem oferecidas às indústrias (Vale 2000).

### Legislação do Estado de São Paulo

Lei nº 997 de 31 de maio de 1976 – Estado de São Paulo

*Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente*

*O Governador do Estado de São Paulo.*

Faço saber que, nos termos dos §§ 1o e 30 do artigo 24 da Constituição do Estado (Emenda nº 2 (\*), de 30 de Outubro de 1969), promulgo a seguinte Lei:

Seção II

Dos padrões de emissão

**Art. 18** – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

I – PH entre 5,0 e 9,0;

II – Temperatura inferior a 40oC;

III – Materiais Sedimentáveis até 1,0 ml/L em teste de uma hora em “Cone Imhoff”;

IV – Substâncias solúveis em hexana até 100 mg/L;

V – DBO 5 dias, 20oC no máximo de 60 mg/L;

Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga em termos de DBO 5 dias, 200C do despejos em no mínimo 80%;

VI – Concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

a) Arsênio – 0,2 mg/L k) Fenol – 0,5 mg/L

b) Bário – 5,0 mg/L l) Ferro Solúvel (Fe+) – 15,0 mg/L

c) Boro – 5,0 mg/L m) Fluoretos – 10,0 mg/L

d) Cádmiio – 0,2 mg/L n) Manganês Solúvel (Mn+) – 1,0 mg/L

e) Chumbo – 0,5 mg/L o) Mercúrio – 0,01 mg/L

f) Cianeto – 0,2 mg/L p) Níquel – 2,0 mg/L

g) Cobre – 1,0 mg/L q) Prata – 0,02 mg/L

h) Cromo Hexavalente – 0,1 mg.L r) Selênio – 0,02 mg/L

- i) Cromo Total – 5,0 mg/L s) Zinco – 5,0 mg/L
- j) Estanho – 4,0 mg/L Portaria n° 01/89 –SSMA

### ***Referente a critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos***

A presente norma técnica estabelece critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos de acordo com o artigo 26 inciso II da Lei n° 2.498 de Janeiro de 1981; artigo II do Regulamento sobre Promoção, Proteção e Recuperação da Saúde Pública (Lei n° 6.501 de 22 de dezembro de 1972); Regulamentado pelo Decreto n° 23.430, de 24 de outubro de 1974 e, ainda o artigo 15 de Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1996. Os critérios e padrões aqui estabelecidos serão observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes líquidos nos corpos d'água interiores do Estado do Rio Grande do Sul.

#### **5 – Padrões de Emissão**

##### **6.1 – Padrões Gerais**

Os efluentes líquidos das fontes poluidoras somente poderão ser lançados nos corpos d'água direta ou indiretamente, desde que obedeçam as seguintes condições:

##### **6.1.1 – Parâmetros Gerais**

6.1.1.1 – Temperatura - < 40oC

6.1.1.2 - Cor – não deve conferir mudança de coloração acentuada no corpo receptor, no ponto de lançamento.

6.1.1.3 – Odor – Livre de odor desagradável.

6.1.1.4 – Espumas – Ausentes.

6.1.1.5 – Materiais Flutuantes – Ausentes

6.1.1.6 – Sólidos Sedimentáveis.

6.1.1.7 – pH – entre 6,0 e 8,0.

6.1.1.8 – Dureza -  $\leq 200$  mg/L CaCO<sub>2</sub>

6.1.1.9 – Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal -  $\leq 300$  mg/L Mineral – 10 mg/L

6.1.1.10 – Coliformes fecais -  $\leq 300$  NMP/100 ml.

##### **6.1.2 – Concentração Máxima**

6.1.2.1 – Fenóis – 0,1 mg/L

6.1.2.2 – Fluoretos – 10 mg/L

6.1.2.3 – Fósforo Total – 1,0 mg/L

6.1.2.4 – Nitrogênio Total – 10 mg/L

6.1.2.5 – Sulfetos – 0,2 mg/L

6.1.2.6 – Alumínio – 10 MG/L

6.1.2.7 – Bário – 5,0 MG/L BA

6.1.2.8 - Boro – 5,0 MG/L B

6.1.2.9 – Cobalto – 0,5 MG/L Co

6.1.2.10 – Estanho – 4,0 MG/L

6.1.2.11 – Ferro – 10 MG/L Fe

6.1.2.12 – Lítio – 10 MG/L Li

6.1.2.13 – Manganês – 2,0 MG/L

6.1.2.14 – Molibdênio – 0,5 MG/L

6.1.2.15 – Vanádio – 1,0 MG/L

6.1.2.16 – Arsênio – 0,1 MG/L As

6.1.2.17 – Cádmiio – 0,1 MG/L Cd

6.1.2.18 – Chumbo – 0,5 MG/L PB

6.1.2.19 – Cianetos – 0,2 MG/L Sem

6.1.2.20 – Cobre – 0,5 MG/L Cu

6.1.2.21 – Cromo Hexalente – 0,1 MG/L Cr

- 6.1.2.22 – Cromo Total – 0,5 MG/L Cr
- 6.1.2.23 – Mercúrio – 0,01 MG/L Hg
- 6.1.2.24 – Níquel – 1,0 MG/L Ni
- 6.1.2.25 – Prata – 0,1 MG/L Ag
- 6.1.2.26 – Selênio – 0,05 mg/L Se
- 6.1.2.27 – Zinco – 1,0 mg/L Zn
- 6.1.2.28 – Compostos Organofosforados e Carbamatos – 0,1 mg/L
- 6.1.2.29 – Surfactantes – 2,0 mg/L
- 6.1.2.30 – Outras Substâncias/Elementos – Os limites para cada caso específico serão fixados pelo Departamento do Meio Ambiente.

6.1.3 – O lançamento de efluentes que contem cargas orgânicas ou sólidos suspensos obedecerá aos seguintes critérios sendo:

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias, 20 oC DQO: Demanda Química de Oxigênio SS: Sólidos Suspensos

6.1.3.1 – Fontes Poluidoras Existentes

**Vazão (m<sup>3</sup>/dia) DBO (20 OC) (mg/L) DQO (20 OC) (mg/L) SS (mg/L)**

$Q < 20 \leq 200 \leq 450 \leq 200$

$20 \leq Q < 200 \leq 150 \leq 450 \leq 150$

$200 \leq Q < 1000 \leq 120 \leq 360 \leq 120$

$1000 \leq Q < 2000 \leq 80 \leq 240 \leq 80$

$2000 \leq Q < 10000 \leq 80 \leq 200 \leq 70$

$10000 \leq Q \leq 40 \leq 160 \leq 50$

6.1.3.2 – Fontes Poluidoras serem implantadas

**Vazão (m<sup>3</sup>/dia) DBO (20 OC) (mg/L) DQO (20 OC) (mg/L) SS (mg/L)**

$Q < 200 \leq 120 \leq 360 \leq 120$

$200 \leq Q < 1000 \leq 80 \leq 240 \leq 80$

$1000 \leq Q < 2000 \leq 60 \leq 200 \leq 70$

$2000 \leq Q < 10000 \leq 40 \leq 160 \leq 50$

$10000 \leq Q \leq 20 \leq 100 \leq 40$

6.2 – Padrões Gerais

6.2.1 – As fontes poluidoras localizadas em áreas críticas de poluição por metais pesados ou em um corpo d'água referidos no item 3.4.2 ou ainda, que apresentem vazão igual a 200 m<sup>3</sup>/dia, terão a aplicação de um fator de 0,9 sobre as concentrações arroladas nos itens 6.1.2 e 6.1.2.27.

6.2.2 – Em estabelecimento com vazão inferior a 10 m<sup>3</sup>/dia poder-se-á aplicar um fator de 1,1 nas concentrações dos metais arrolados nos itens 6.1.2.16 e 6.1.2.27.

6.2.3 – As fontes poluidoras que se localizam em áreas críticas de poluição por matéria orgânica ou em corpos d'água referidos no item 3.4.2 terão a aplicação de um fator de 0,9 nas concentrações das substâncias/elementos arrolados nos itens 6.1.3.1 e 6.1.3.2.

6.2.4 – os efluentes, além de obedecerem aos padrões de emissão da presente Norma Técnica, não deverão conferir ao corpo receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade da água, adequadas aos diversos usos benéficos para o corpo d'água.

Como discute Vasconcelos (in Torniziolo, 1995) “a política ambiental no estado de São Paulo apoia-se em quatro vertentes de ação: recursos naturais, controle de poluição, planejamento territorial e gestão integrada dos recursos naturais. As empresas localizadas neste estado tem a responsabilidade de se adequar a legislação ambiental e fazer um controle preventivo ou corretivo reduzindo a emissão de poluentes, e aumentando a

qualidade e segurança industrial. Os tratamentos de efluentes e a gestão da qualidade total são ferramentas que conduzem ao maior respeito do consumidor e competitividade para o setor produtivo.”.

### 4.3 Resíduos líquidos

Braga e colaboradores (2002) tratam a questão do esgoto industrial como “o resíduo líquido resultante dos processos industriais.” Apontam que “este esgoto é responsável pela eutrofização acelerada dos corpos d’água que o recebem e, que interferem na radiação solar recebida e na temperatura da água. Com a contribuição no excesso de nutrientes que trazem consigo, diminuem oxigênio dissolvido levando a morte de organismos vivos e na fotossíntese. O impacto no meio ambiente causado pelo esgoto industrial lançado nas águas compromete o abastecimento, a recreação, a irrigação e pode comprometer a saúde humana.” Portanto, a primeira peça jurídica a focar os recursos hídricos é de junho de 1934, o Decreto n.º 24.643, que instituiu o “Código de Águas”, ainda vigente no país. Estabelece regras para o aproveitamento dos recursos hídricos com fins energéticos (SENA, 1997). Em relação ao controle das cargas poluidoras dos efluentes industriais somente veio através da regulamentação da portaria GM 0013, de 15/01/1976. O detalhamento só viria posteriormente através da Resolução n.º 20 do Conama, de 18 de junho de 1986, a qual contribui com a classificação as águas territoriais em termos de águas doces, salobras e salinas. Na sequência temos as classes definidas pela Resolução n.º 20/86 do Conama. As questões têxteis relacionadas em cada uma das classes são destacadas no texto.

Tabela1: Classificação para águas doces

**Para águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,50 %) têm-se:**

Classe especial – não aceita quaisquer tipos de despejos industriais;
Classe I – a DBO cinco (20°C), é de até 3mg/l, o OD não deve ser inferior a 6mg/l a cor original do corpo receptor não deve ser alterada;
Classe III – a DBO cinco (20°C) é de até 10mg/l, o OD não inferior a 4mg/l e a cor é de até 75mg/l PT (platina);
Classe IV – o OD não inferior a 2,0mg/l, os fenóis são de até 1mg/l. Para águas salinas (salinidade superior a 30%) têm-se.
Classe V – a DBO5 (20°C), é de até 5mg/l, o OD não inferior a 6mg/l e o pH entre 6,5 e 8,5, e não poder exceder 0,2 ao pH original do corpo receptor;
Classe VI – a DBO 5 (20°C), é de até 10mg/l, o OD não inferior a 4mg/l, pH entre 6,5 e 8,5, além de não exceder 0,2 ao pH original do corpo receptor estarem corantes artificiais virtualmente ausentes. Para águas salobras (salinidade superior a 0,5 % e

inferior a 30%) têm-se:
Classe VII – a DBO 5 (20°C), é de até 5mg/l, o OD não inferior a 5mg/l e o pH entre 6,5 e 8,5;
Classe VIII – o OD não deve ser inferior a 3 mg/l.

<http://pt.scribd.com/doc/59947171/SISTEMAS-DE-TRATAMENTO-DE-EFLUENTES-TEXTEIS>

O limite de DBO 5 estabelecido para os corpos d'água de classes II e III poderá ter os seus valores elevados, caso se determine que autodepuração do corpo receptor demonstre que o teor mínimo de OD previsto para aquele corpo receptor será respeitado. Em geral os órgãos ambientais dificilmente promovem este tipo de alteração, pois representa um evidente favorecimento ambiental a determinadas unidades industriais de uma dada região. Segundo a classificação das águas territoriais, excluindo-se os corpos d'água classificados como especiais todas as demais classes, de I a VIII, toleram lançamentos de despejos domésticos e industriais, inclusive os efluentes têxteis, desde que se atenda aos dispositivos do artigo 21 da Resolução n.º 20/86 do Conama, que estabelece os limites máximos para os parâmetros de lançamento. Os estados de São Paulo (Lei n.º 977, de 31/05/76 e Decreto n.º 8486, de 08/09/76) confirma a Resolução n.º 20/86 do Conama e faz pequenas ressalvas (alterações), além de determinar a carga orgânica permitida para o despejo.

#### 4.3.1. Legislação Federal

Resolução CONAMA n.º 20, de 18 de Junho de 1996.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso de suas atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA n.º 003, de 5 de junho de 1984;

**Art. 21** – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 30°C;
- c) Materiais Sedimentáveis: até m/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- e) Óleos e graxas:
  - Óleos minerais até 20 mg/L;
  - Óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- f) Ausência de materiais flutuantes;
- g) Valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:
  - Amônia 5,0 mg/L N
  - Arsênio 0,5 mg/L As

Bário 5,0 mg/L Ba  
Boro Total 5,0 mg/L B  
Cádmio Total 0,2 mg/L Cd  
Chumbo Total 0,5 mg/L Pb  
Cianetos 0,2 mg/L CN  
Cobre Total 1,0 mg/L Cu  
Cromo Hexavalente 0,5 mg/L Cr  
Cromo Trivalente 2,0 mg/L Cr  
Estanho Total 4,0 mg/L Sn  
Ferro Solúvel 15,0 mg/L Fe  
Fluoretos 10,0 mg/L F  
Índice de Fenóis 0,5 mg/L C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH  
Manganês Solúvel 1,0 mg/L Mn  
Mercúrio Total 0,01 mg/L Hg  
Níquel Total 2,0 mg/L Ni  
Prata Total 0,1 mg/L Ag  
Selênio Total 0,05 mg/L Se  
Sulfetos 1,0 mg/L S  
Sulfitos 1,0 mg/L SO<sub>3</sub>  
Zinco 5,0 mg/L Zn

Outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA.

h) Tratamento especial, se provirem de hospitalar e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com micro-organismos patogênicos.

#### **4.4. Resíduos sólidos**

O primeiro ato jurídico em relação aos resíduos sólidos (RSs) advém da Portaria do Ministério do Interior - Minter 53/79, de 1.º de março de 1979, que estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição final de RSs, assim como a fiscalização a sua implantação. A preocupação com os RSs só foi consolidada através da Resolução n.º 06 Conama, de 15 de junho de 1988. Este fato ratifica as afirmações anteriores, de que a prioridade inicial dos legisladores eram os efluentes líquidos e que a década de 2000 será dedicada à melhoria dos processos de tratamento dos RSs. É atribuição dos órgãos governamentais (estadual e municipal) o controle ambiental e a classificação dos RSs, segundo as resoluções n.º 06/88 e n.º 05/93 do Conama e as normas NBR 10.004/5/67, 11.174 e 13.463 da ABNT. A Resolução n.º 05 do Conama, de 05/08/1993, dispõe sobre a destinação final de RSs. Estabelece as normas mínimas para tratamento destes resíduos, disposição final e um plano de gerenciamento. É interessante salientar que, diferentemente dos efluentes líquidos, onde a classificação prioritária é relativa aos corpos d'água, no caso dos RSs a classificação é quanto ao tipo de resíduo, ou seja, suas características físicas e biológicas e, não quanto ao solo que vai receber o resíduo. O conceito de poluição nestes dois casos é distinto: na primeira situação classificou-se o local do despejo (considera-se o ambiente como frágil) e na segunda classificou-se o resíduo (considera-se o ambiente como resistente). A classificação dos RSs com potencial de risco à saúde está dividida em

quatro grupos, considerando a origem dos resíduos e as propriedades físicas e biológicas (Conama, 1993).

Tabela 2: Classificação dos resíduos sólidos:

Potencial de risco à saúde.

<b>Grupos</b>	<b>Descrição do enquadramento dos resíduos</b>
Grupo A	Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.
Grupo B	Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas.
Grupo C	Rejeitos radioativos: enquadram-se neste grupo os materiais radioativos ou contaminados com radio nuclídeos.
Grupo D	Resíduos comuns são todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente

.Fonte: Conama (1993) – Resolução nº 05/93

Também pode ser classificado segundo nas normas NBR 10.004/5/6/7 e 11.1174 da ABNT, a qual tem como referencial o grau de periculosidade do resíduo sólido. Os resíduos são divididos em três classes: perigosos, não inertes e inertes. Para ser classe III (inertes) é necessário que no teste de solubilidade do lixiviado os resultados apresentem os mesmos padrões de água potável, o que é muito difícil de ocorrer. Assim, a classificação se restringe a duas classes: perigosos e não inertes, sendo no último a que concentra a maioria dos resíduos inclusive os resíduos têxteis (Groszek, 1999). No quadro 2.04 a seguir é apresentada a classificação dos RSs segundo as normas NBR 10.004/5/6 e 7.

Tabela 3: Classificação dos resíduos sólidos – Norma NBR 10.004/5/6 e 7.

<b>Classe</b>	<b>Descrição do enquadramento dos resíduos</b>
I – Perigosos	São os resíduos que apresentam em suas características as seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogeneidade. Ter risco à saúde, ou ao meio ambiente, quando manipulado ou tratado irregularmente.
.II – Não Inertes	São os resíduos que não se enquadram nas classes I ou III.

III – Inertes São os resíduos que quanto submetidos ao teste de solubilidade, nãoapresentam solubilizados em concentrações superiores aos valores definidos na listagem nº 08 da Norma NBR 10.004.

Fonte: ABNT 1987– Norma NBR 10.004/5/6 e 7

As normas NBR 10.004/5/6 e 7 apresentam também os padrões legais para a disposição de RSs no solo. Em relação a todos os estados brasileiros, os órgãos competentes não fazem distinção entre os RS têxteis e outros resíduos. Assim, os resíduos têxteis devem ser enquadrados como um resíduo qualquer que foi gerado em uma indústria de transformação.

A responsabilidade pelo gerenciamento dos RSI (Resíduos sólidos Industriais) é do próprio gerador, portanto os dados de coleta apresentados não refletem o total dos resíduos gerados.

Dentro destas condições, foram levantadas quantidades de RSI recebidos e tratados no Brasil por empresas privadas, de acordo com a tecnologia utilizada no processo de tratamento. A tabela abaixo apresenta estas quantidades no período de 2006 e 2007

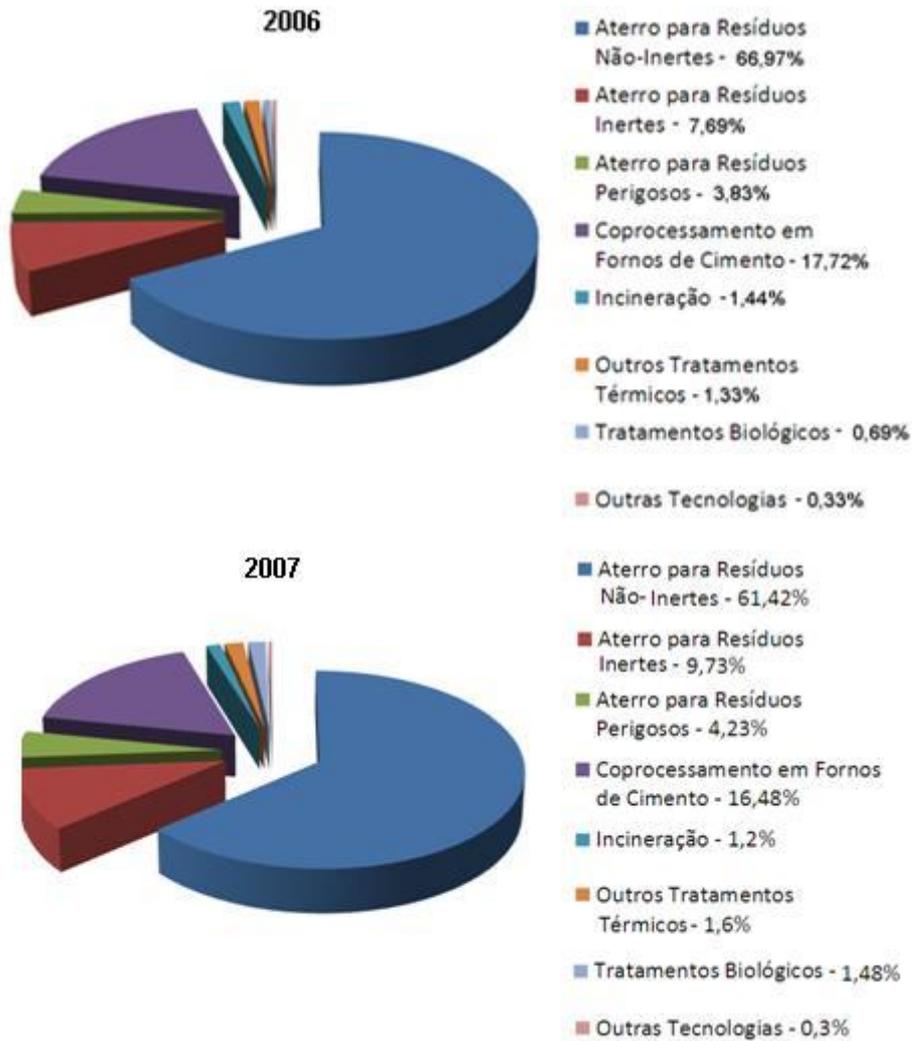
Tabela 4: Quantidades de resíduos sólidos industriais;

Tecnologias	RSI tratados	
	2006	2007
	Quantidade (t/ano)	Quantidade (t/ano)
Aterro para Resíduos Não-Inertes	2.985.521	3.655.372
Aterro para Resíduos Inertes	342.617	579.247
Aterro para Resíduos Perigosos	170.776	251.646
Coprocessamento em Fornos de Cimento	790.000	981.000
Incineração	64.286	71.265
Outros Tratamentos Térmicos	59.225	69.314
Tratamentos Biológicos	30.683	315.909
Outras Tecnologias	14.584	17.746

Fonte: Pesquisas Abetre

Nos gráficos abaixo há a representatividade do percentual destas quantidades, em relação ao total de RSI tratados, em 2006 e 2007, respectivamente.

Gráfico1: Percentual de RSI tratados em 2006 e 2007



Fonte: Pesquisas Abetre

## 5. Parâmetros Sanitários

São os indicadores utilizados para o dimensionamento e o controle da poluição por efluentes industriais. Após a utilização das águas pelas indústrias, os diversos resíduos e ou energias são incorporados alterando-lhes as suas características físicas, químicas e sensoriais, gerando assim os efluentes líquidos. Para a avaliação da carga poluidora dos efluentes industriais e esgotos sanitários são necessárias às medições de vazão *in loco* e a coleta de amostras para análise de diversos parâmetros sanitários que representam a carga

orgânica e a carga tóxica dos efluentes. Os parâmetros utilizados são conjugados de forma que melhor signifiquem e descrevam as características de cada efluente. A **poluição térmica**, devido às perdas de energia calorífica nos processos de resfriamento ou devido às reações exotérmicas no processo industrial, também é importante fonte de poluição dos corpos hídricos. Neste caso o parâmetro de controle é a **temperatura** do efluente. As características sensoriais dos efluentes notadamente o odor e a cor **aparente** são muito importantes, pois despertam as atenções inclusive dos leigos podendo ser objeto de atenção das autoridades. O **odor** nos efluentes industriais pode ser devido à exalação de substâncias orgânicas ou inorgânicas devidas a: reações de fermentação decorrentes da mistura com o esgoto (ácidos voláteis e gás sulfídrico); amônia do chorume. A **cor** dos efluentes é outra característica confusamente controlada pela legislação (GIORDANO, 1999). As características físico-químicas são definidas por parâmetros sanitários que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns de seus componentes orgânicos ou inorgânicos. Os **sólidos** são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica. Analiticamente são considerados como sólidos dissolvidos àquelas substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a 1,2  $\mu\text{m}$  e como sólidos em suspensão as que possuem diâmetros superiores. É importante ressaltar que partículas com diâmetro entre 0,001 e 1,2  $\mu\text{m}$  são coloidais (suspensão), mas pela metodologia analítica padronizada são quantificadas como sólidos dissolvidos. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade. Além do aspecto relativo à solubilidade, os sólidos são analisados conforme a sua composição, sendo classificados como fixos e voláteis. Os primeiros de composição inorgânica e os últimos com a composição orgânica.

## 5.1 Matéria orgânica

A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indireta pelas **demanda bioquímica de oxigênio (DBO)** e **demanda química de oxigênio (DQO)**. A **DBO** mede a quantidade de oxigênio necessária para que os micro-organismos biodegrade a matéria orgânica. A **DQO** é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria orgânica ao ser biodegradado nos corpos receptores causa um decréscimo da concentração de **oxigênio dissolvido (OD)** no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática. A matéria orgânica pode ser medida também como **carbono orgânico total**

(**COT**), sendo este parâmetro utilizado principalmente em águas limpas e efluentes para reuso. Outros componentes orgânicos tais como os detergentes, os fenóis e os óleos e graxas podem ser analisados diretamente. Os **detergentes** são industrialmente utilizados em limpezas de equipamentos, pisos, tubulações e no uso sanitário. Podem ser utilizados também como lubrificantes. Existem os detergentes catiônicos e os aniônicos, mas somente os últimos são controlados pela legislação.

Os **fenóis** podem originar-se em composições desinfetantes, em resinas fenólicas e outras matérias primas. Os **óleos e graxas** estão comumente presentes nos efluentes tendo as mais diversas origens. É muito comum a origem nos restaurantes industriais. As oficinas mecânicas, casa de caldeiras, equipamentos que utilizem óleo hidráulico além de matérias primas com composição oleosa (gordura de origem vegetal, animal e óleos minerais).

O **potencial hidrogeniônico (pH)** indica o caráter ácido ou básico dos efluentes. Nos tratamentos de efluentes o **pH** é um parâmetro fundamental para o controle do processo.

## 5.2. Matéria inorgânica

A matéria inorgânica é toda àquela composta por átomos que não sejam de carbono (exceto no caso do ácido carbônico e seus sais). Os poluentes inorgânicos são os sais, óxidos, hidróxidos e os ácidos. A presença excessiva de sais, mesmo sais inertes tais como o cloreto de sódio pode retardar ou inviabilizar os processos biológicos (GRADY Jr et.al., 1980), por efeito osmótico. Em casos extremos podem inviabilizar o uso das águas por salinização. Os sais não inertes são também analisados separadamente, sendo os principais: os sulfatos que podem ser reduzidos em sulfetos; os nitratos e nitritos que podem ser desnitrificados; sais de amônia que podem ser nitrificados. O **nitrogênio** e o **fósforo** são elementos presentes nos esgotos sanitários e nos efluentes industriais e são essenciais às diversas formas de vida, causando problemas devido à proliferação de plantas aquáticas nos corpos receptores. Nos esgotos sanitários são provenientes dos próprios excrementos humanos, mas atualmente têm fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e ou industriais tais como detergentes e amaciantes de roupas (VON SPERLING, 1996, p. 31). Nos efluentes industriais podem ser originados em proteínas, aminoácidos, ácidos fosfóricos e seus derivados. Os **metais** são analisados de forma elementar. Os que apresentam toxicidade são os seguintes: alumínio; cobre; cromo; chumbo; estanho; níquel; mercúrio; vanádio; zinco. A toxicidade dos metais é função também de seus números de oxidação (cromo trivalente e hexavalente, etc). Outros metais tais como o sódio, cálcio, magnésio, e potássio são analisados principalmente em casos de reuso de águas ou em casos nos quais a salinidade do efluente influencie significativamente em processos de corrosão, incrustação e osmose. Os principais anions são: amônio; cianeto; carbonato, bicarbonato; hidróxido; nitrato; nitrito; fosfato; sulfato; sulfito; sulfeto.

**A Lei Estadual 11.520** de 3 de agosto de 2000 (Código Estadual do Meio Ambiente): define água residuária como *“qualquer despejo ou resíduo líquido com potencialidade de causar poluição”* sendo pelo art. 132 *“proibida à disposição direta de poluentes e resíduos de qualquer natureza em condições de contato direto com corpos d’água naturais superficiais ou subterrâneas, em regiões de nascentes ou em poços e perfurações ativas ou abandonadas, mesmo secas”* não deixando dúvida em relação à necessidade de seu tratamento no art. 137, o qual diz claramente: *“Todos os esgotos deverão ser tratados previamente quando lançados no meio ambiente”* e que *“todos os prédios situados em logradouros que disponham de redes coletoras de esgotos sanitários deverão ser*

*obrigatoriamente ligados a elas, a expensas dos proprietários, excetuando-se da obrigatoriedade prevista no "caput" apenas as situações de impossibilidade técnica, que deverão ser justificadas perante os órgãos competentes"* o não cumprimento das disposições do "caput" será considerado infração grave para fins de aplicação das penalidades previstas neste Código, sem prejuízo das sanções penais cabíveis.

## **6. Licenças ambientais**

Quando da implantação de qualquer empreendimento industrial gerador de impacto ambiental (incluem-se aqui os processos têxteis, principalmente os de beneficiamento), é necessária a implantação de alguns procedimentos e regularizações junto aos órgãos competentes, da União, dos estados e dos municípios. Estes procedimentos se caracterizam pelas licenças ambientais a serem obtidas, que são: a prévia, a de instalação e a de operação. Antes dos pedidos de licença, pode haver a necessidade da apresentação de estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental - EIA-RIMA. A Resolução do Conama n.º 001/86, de 23/01/1986, lista os tipos de empreendimento que estão obrigados a realizar o EIA-RIMA. As unidades industriais têxteis não estão incluídas nessa obrigatoriedade, mas a critério dos órgãos competentes poderá ser exigido de qualquer tipo de unidade industrial, quando entenderem esses órgãos que o porte e a localização dessas unidades podem provocar sérios danos ambientais, apesar das ações mitigadoras dos STETs (Conama, 1986). A legislação brasileira, através dos órgãos ambientais estaduais (por delegação alguns municipais), exige das empresas que estejam implantando complexo industrial o licenciamento ambiental, que é composto por três licenças distintas:

Prévia (LP), de instalação (LI) e de operação (LO), as quais são expedidas sequencialmente em fases distintas da consolidação do empreendimento e do sistema de tratamento dos resíduos.

A LP é uma espécie de consulta de viabilidade, em que o órgão ambiental responsável pelo licenciamento, baseado na legislação vigente, realiza uma análise em nível ambiental do empreendimento e do local de instalação da indústria e se manifesta favorável ou não à implantação. Caso a resposta seja favorável é emitida a LP, com os parâmetros de lançamento permitidos para o local objeto da solicitação. Essa licença não autoriza qualquer tipo de construção, apenas referente à viabilidade do local para aquele tipo de empreendimento. Caso a LP seja negada, isso demonstra que o referido local de implantação não apresenta as condições para absorver o impacto poluidor previsto, mesmo após a mitigação pelo STET. Somente com os parâmetros de lançamento definidos pela LP é possível iniciar o processo de pedido da LI. Baseado nos parâmetros de despejo final, definidos na LP, o projetista pode desenvolver o projeto físico e operacional do STET, com todos os detalhes de engenharia, demonstrando de que forma serão atendidas as condições e restrições impostas pela LP. Somente depois de emitida a LI é que se pode iniciar a construção da estação de tratamento. Finalmente, após a conclusão das obras civis e a instalação dos equipamentos, pede-se a LO. Para a concessão da licença, o órgão ambiental faz uma vistoria na obra do STET e verifica se ela foi executada conforme as especificações do projeto apresentado quando da expedição da LI. No caso de estar em

desacordo com o projeto, a LO não é expedida; se, porém, as edificações e os equipamentos estejam conforme o especificado no projeto é expedida a LO e o empreendimento industrial terá permissão para ser operado durante um determinado período. Terminadas todas as etapas do licenciamento e concedidas todas as licenças, a empresa estará autorizada a operar industrialmente por um período de 2 a 5 anos, dependendo do órgão licenciador. Durante esse período, a critério do órgão ambiental, a empresa poderá ser obrigada a manter um programa de controle ambiental e periodicamente apresentar os resultados ao órgão fiscalizador. Esporadicamente o órgão poderá realizar análises físico-químicas e biológicas nos efluentes finais para verificar se os parâmetros de despejo estão sendo atingidos e conseqüentemente cumpridos, conforme determine a legislação vigente para a referida situação (Fatma 2002).

Deve-se destacar que, no Estado de São Paulo, a licença de operação não apresentava tempo de validade até o ano de 2002. Somente com o Decreto 47.397, de 04/12/2002, é que, partir de janeiro de 2003, as licenças de operação passaram a ter validade de até 5 (cinco) anos. O período de validade decorre de um fator de complexibilidade do processo, valor esse atribuído pela CETESB. No caso específico da indústria têxtil de beneficiamento, o prazo de validade das licenças de operação será de 3 anos, sendo que as empresas já instaladas terão até 5 anos para regularizarem sua situação (CETESB 2003). Alterações mais recentes: CONAMA - Resolução 357 / 2005 Classificação de Águas e Padrões para Lançamento de Efluentes, Resolução 397 / 2008 Novos padrões para descarte de efluentes, Resolução 396 / 2008 Classificação de Águas Subterrâneas.

### **6.1. Penalidades e multas ambientais**

As empresas que não cumprirem a legislação ambiental estão sujeitas às penalidades previstas na Lei Federal n.º 9.605, de 12/02/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao ambiente. É relevante citar os artigos 11, 54, 60 e 75, que tipificam as agressões ambientais como crime ambiental e estabelecem os limites as multas (Juras, 2000).

“Art. 11. A suspensão de atividades será aplicada quando estas não estiverem obedecendo às prescrições legais”; “Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem em danos à saúde humana, em que provoquem mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Pena: reclusão de um ano a quatro anos, e multa”.

“Art. 60. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos competentes, ou contrariando as normas legais pertinentes. Pena: reclusão, de um a quatro anos, e multa”.

“Art. 75. O valor da multa ambiental é fixado no regulamento desta Lei e corrigido periodicamente, com base nos índices estabelecidos na legislação pertinente, sendo o valor

mínimo de R\$ 50,00 (cinquenta reais) e o valor máximo de R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais), (Brasil, 1998)”.

Pode-se considerar que a Lei de Crimes Ambientais, promulgada em 1998, é um fator motivador para empresas industriais buscarem a preservação ambiental, pois o não cumprimento da legislação implica em penalidades e sanções extremamente severas para o padrão brasileiro, tanto para as pessoas físicas quanto para as jurídicas. A aludida lei é tão severa que não restringe a imputabilidade criminal ao responsável pelo crime (dano), mas a estende a todo aquele que “... sabendo da conduta criminoso de outrem, deixar de impedir sua prática quando podia agir para evitá-la”, (art. 2º da Lei 9.605/98). A lei atribui responsabilidade a todos, desde o presidente da empresa até aos diretores, engenheiros e operadores, cada um comum grau de envolvimento. Assim, o receio da penalidade e das sanções passa a ser um fator de motivação para se ter projetos e sistemas de tratamento de resíduos eficientes, operando regularmente e dentro dos padrões exigidos pela legislação (Panella, 2000).

## **7. Características dos efluentes industriais**

As características dos efluentes industriais são inerentes à composição das Matérias-primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. A concentração dos poluentes nos efluentes é função das perdas no processo ou pelo consumo de água. (Eng. Ghandi Giordano) As características físicas, químicas e biológicas do efluente industrial são variáveis com o tipo de indústria, com o período de operação, com a matéria-prima utilizada, com a reutilização de água etc. Com isso, o efluente líquido pode ser solúvel ou com sólidos em suspensão, com ou sem coloração, orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada. Entre as determinações mais comuns para caracterizar a massa líquida estão às determinações físicas (temperatura, cor, turbidez, sólidos etc.), as químicas (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais etc.) e as biológicas (bactérias, protozoários, vírus etc.).

O conhecimento da vazão e da composição do efluente 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. Desse modo, é preciso quantificar e caracterizar os efluentes, para evitar danos ambientais, demandas legais e prejuízos para a imagem da indústria junto à sociedade. Um fator importante que determina o grau de controle da poluição por efluentes líquidos é a localização da indústria. Podemos citar como exemplo o caso de uma indústria que esteja localizada em uma bacia hidrográfica de classe especial, que não poderá lançar nesta nem mesmo os efluentes tratados. Nestes casos é necessário além do tratamento, que seja feito uma transposição dos efluentes tratados para outra bacia, logicamente com maiores custos. Além de atender aos requisitos específicos para o lançamento de efluentes, as características dos efluentes tratados devem ser compatíveis com a qualidade do corpo receptor.

**Tabela - Características dos despejos do processamento do algodão.**

<b>Processo</b>	<b>Composição</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>pH</b>	<b>Consumo de água (L/kg)</b>
Engomagem	Amidos naturais, PVA e carboximetilcelulose (CMC).	620-2500	7-9	0,5-7,8
Desengomagem	Glicose da hidrólise do amido, PVA solúvel e CMC solúvel.	200-5200	6-8	2,5-20,8
Cozimento	Ceras, pectinas, alcoóis, gomas, óleos e graxas, detergentes e NaOH.	100-2900	10-13	2,5-42,6
Mercerização	NaOH	50-800	5,5-14	16,7-309,0
Alvejamento	Agentes oxidantes: hipoclorito de sódio, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .	100-1700	8,5-12	2,5-124,5
Tingimento e Estamparia	Corantes e auxiliares de tingimento	60-600	6-12	41,8-250,6
Acabamento	Amidos, resinas, surfactantes, etc.	20-500	6-8	12,5

Fonte: [http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/textil/efluentes.htm](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/efluentes.htm)

### **7.1. O que define que houve tratamento**

Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida / líquida. Sendo assim se não houver a formação de gases inertes ou lodo estável, não podemos considerar que houve tratamento. A Lei de Lavoisier, sobre a conservação da matéria é perfeitamente aplicável, observando-se apenas que ao remover as substâncias ou materiais dissolvidos e em suspensão na água estes sejam transformados em materiais estáveis ambientalmente. A poluição não deve ser transferida de forma e lugar. É necessário conhecer o princípio de funcionamento de cada operação unitária utilizada bem como a ordem de associação dessas operações que definem os processos de tratamento. Os sistemas de tratamento devem ser utilizados não só com o objetivo mínimo de tratar os efluentes, mas também atender a outras premissas. Um ponto importante a ser observado é que não se devem gerar resíduos desnecessários pelo uso do tratamento. A estação de tratamento não deve gerar incômodo seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo. Deve-se sempre tratar também os esgotos sanitários gerados na própria indústria, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Assim cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora. Podemos sintetizar que um bom sistema de tratamento é aquele que pode ser visitado.

## 8. Alternativas de tratamento

A prevenção à poluição refere-se a qualquer prática que vise à redução e/ou eliminação, seja em volume, concentração ou toxicidade, das cargas poluentes na própria fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos e substituição de matérias-primas e substâncias tóxicas que resultem na melhoria da qualidade ambiental.

Qualquer que seja a solução adotada para o lançamento dos resíduos originados no processo produtivo ou na limpeza das instalações, é fundamental que a indústria disponha de sistema para tratamento ou condicionamento desses materiais residuais. Para isso é preciso que sejam respondidas algumas perguntas, como:

- **Qual o volume e composição dos resíduos gerados?**
- **Esses resíduos podem ser reutilizados na própria indústria?**
- **Esse material pode ser reciclado e comercializado?**
- **Quanto custa coletar, transportar e tratar esses resíduos?**
- **Existe local adequado para destino final desses resíduos?**

### 8.1. Tratamento de águas residuais

A recuperação das águas residuais é realizada *em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)* (Brito A. Guerreiro, 2006). Os processos de tratamento da água são tão numerosos quanto às características poluentes da água a tratar. Os fatores decisivos na escolha dos tratamentos, para construção deste tipo de estações, são variados, destacando-se o conhecimento da origem, caracterização e volume de efluente e, fundamentalmente, as metas delineadas para a qualidade final da água tratada. O funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) compreende basicamente as seguintes etapas:

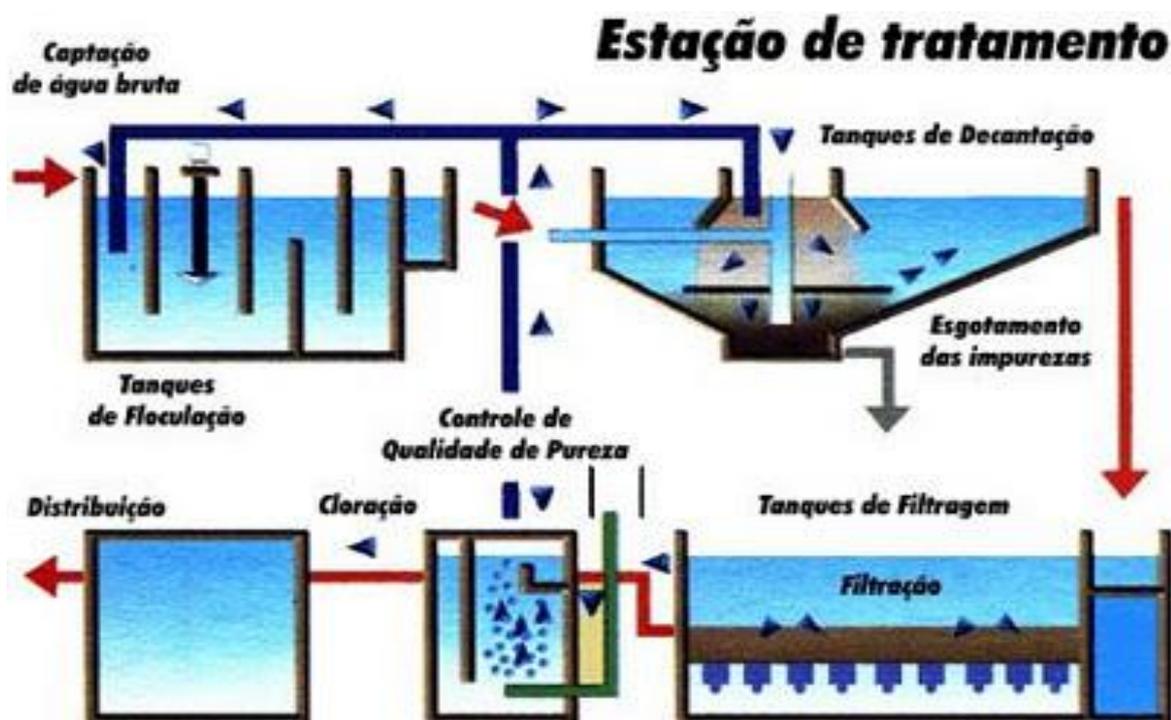
- Pré-tratamento (gradeamento e desarenação).
- Tratamento primário (floculação e sedimentação).
- Tratamento secundário (processos biológicos de oxidação), tratamento do lodo.
- Tratamento terciário (polimento da água).

Breve descrição dessas quatro etapas:

- ✓ **Pré-tratamento:** esta fase inclui normalmente um sistema para a remoção de sólidos, flutuantes ou em suspensão, de elevadas dimensões (por gradagem e/ou tamisagem). Dependendo das características do efluente pode, ainda, incluir um desengordurador (para remoção de óleos e gorduras), um neutralizador (ajuste de pH), um tanque de homogeneização e regularização de caudais e arejamento preliminar.

- ✓ **Tratamento primário:** destina-se a retirar, por decantação ou precipitação, os sólidos de pequena dimensão (finos), tais como partículas granulares e floculentas.
- ✓ **Tratamento secundário:** visa à remoção de colóides e de matéria dissolvida. Os tratamentos biológicos são, atualmente, os mais aplicados devido à eficácia comprovada na maioria das aplicações, sendo usual a opção pelos sistemas de lamelas ativadas, leitos percoladores ou lagoas de depuração.
- ✓ **Tratamento terciário ou de afinação:** destina-se a complementar os processos anteriores, aumentando a eficiência de remoção de sólidos em suspensão, de nutrientes (azoto ou fósforo) ou compostos tóxicos específicos que não possam ser eliminados pelos processos de tratamento secundários convencionais. Em cada um destes passos visa-se, sobretudo reduzir a quantidade de matéria orgânica, bem como a de outros sólidos suspensos presentes no efluente a tratar. A eficiência de cada tipo de tratamento é geralmente determinada em função da capacidade de remoção de um ou mais compostos chave, ou de um indicador como, por exemplo, o índice de carga orgânica.

Figura 8: ETE (estação de tratamento) básica



Fonte: <http://meioambientedjc.blogspot.com.br/2011/10/etar-estacao-de-tratamento-de-aguas.html>

No pré-tratamento, a eficiência é repartida pela etapa de homogeneização, equalização e arejamento, sendo o contributo deste último mais significativo, com remoção de 25-35 % de CQO, 23-27 % de CBO5 e 20-30 % de SST. As etapas do tratamento primário floculação e decantação têm uma eficiência de remoção de 60-70 % de CQO, 50-60 % de CBO5 e 55-65 % de SST. Quanto ao tratamento secundário, este possui uma eficiência global de 90 % na transformação de elementos que contribuem para a diminuição destes parâmetros. Finalmente, o tratamento terciário ou de afinação, constituído essencialmente por filtros, tem uma eficiência bastante variável, em função do meio filtrante. Como exemplo, um filtro de areia permite reduzir o CQO de 14 % a 16, 16 a 18 % na remoção de CBO5 e 30-40 % na remoção de SST. A recorrência às etapas acima enunciadas, nomeadamente ao tratamento secundário a nível industrial, é apenas efetuada quando se pretende eficácias elevadas de tratamento, ou quando constitui um método essencial para a eliminação de um poluente específico.

Os custos associados ao tratamento completo de um efluente são, para as indústrias, um fardo pesado, quer ao nível do investimento, quer pelos custos de operação. Por estes motivos surgem redes coletoras dos efluentes industriais para o seu tratamento – instalações de grandes dimensões – situadas sobre tudo em zonas industriais, que visam à economia de escala que é possível obter num processo centralizado de tratamento, subsistindo pela venda do serviço prestado às indústrias, taxando em função do caudal e carga poluente. Estes sistemas integrados de despoluição permitem aliviar o esforço económico das empresas relativamente ao tratamento dos efluentes, existindo casos em que é totalmente desnecessário investir em qualquer equipamento de tratamento, devido à descarga direta dos efluentes. Noutras situações é proveitoso o investimento em pequenas estações de pré-tratamento (EPTAR) ou de tratamento incompleto, para controle das condições de descarga no sistema. Estas soluções apresentam-se apenas quando as tarifas de descarga direta são tão elevadas que o investimento associado a estas estações poderá ser amortizado, se a taxa cobrada pelo serviço for consideravelmente reduzida.

Sistema de decantação primária



Fonte: <http://www.guirado.com.br/servicos/Tratamento-de-Efluentes>

## 8.2. Processos de tratamento

A tabela abaixo lista as operações usualmente empregadas para os diferentes tipos de contaminantes existentes nos efluentes industriais.

Tabela 6: Operações usadas para diferentes tipos de contaminantes de efluentes industriais

CONTAMINANTES	OPERAÇÃO OU TRATAMENTO
Sólidos suspensos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gradeamento</li><li>- Remoção de areia</li><li>- Sedimentação</li><li>- Filtração</li><li>- Flotação</li><li>- Adição de polímeros químicos</li><li>- Coagulação/Sedimentação</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Orgânicos biodegradáveis	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lodos ativados</li><li>- Reatores de filme fixo: filtros biológicos e contactadores biológicos rotativos</li></ul>
Orgânicos voláteis	<ul style="list-style-type: none"><li>- Striping</li><li>- Tratamento de gás pós-striping</li><li>- Adsorção por carvão</li></ul>
Patogênicos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cloração</li><li>- Cloreto de Bromo</li><li>- Ozonação</li><li>- Radiação UV</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Nutrientes (Nitrogênio)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nitrificação e desnitrificação com culturas em suspensão ou filme fixo</li><li>- Stipping de amônia</li><li>- Troca iônica</li><li>- Cloração</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"><li>- Adição de sais metálicos</li><li>- Coagulação/Sedimentação com cal</li><li>- Remoção biológica</li><li>- Remoção química-biológica</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Nitrogênio e Fósforo	<ul style="list-style-type: none"><li>- Remoção de nutrientes biológica</li></ul>
Orgânicos refratários	<ul style="list-style-type: none"><li>- Adsorção por carvão</li><li>- Ozonação</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Metais Pesados	<ul style="list-style-type: none"><li>- Precipitação química</li><li>- Troca iônica</li><li>- Sistemas Naturais</li></ul>
Sólidos dissolvidos orgânicos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Troca iônica</li><li>- Osmose reversa</li><li>- Eletrodíálise</li></ul>

Fonte:

Os processos de tratamento utilizados são classificados de acordo com princípios físicos, químicos e biológicos:

- ✓ **Processos físicos:** dependem das propriedades físicas do contaminante tais como, tamanho de partícula, peso específico, viscosidade, etc. Exemplos: gradeamento, sedimentação, filtração, flotação, regularização/equalização, etc.
- ✓ **Processos químicos:** dependem das propriedades químicas dos contaminantes e das propriedades químicas dos reagentes incorporados. Exemplos: coagulação, precipitação, troca iônica, oxidação, neutralização, osmose reversa, ultrafiltração.
- ✓ **Processos biológicos:** utilizam reações bioquímicas para a eliminação dos contaminantes solúveis ou coloidais.

Podem ser anaeróbicos ou aeróbicos. Exemplo: lodos ativados, lagoas aeradas, biodiscos (RBC), filtro percolador, valas de oxidação, reatores sequenciais descontínuos (SBR).

O tratamento físico-químico apresenta maiores custos, em razão da necessidade de aquisição, transporte, armazenamento e aplicação dos produtos químicos. No entanto, é a opção mais indicada nas indústrias que geram resíduos líquidos tóxicos, inorgânicos ou orgânicos não biodegradáveis.

Normalmente, o tratamento biológico é menos dispendioso, baseando-se na ação metabólica de microrganismos, especialmente bactérias, que estabilizam o material orgânico biodegradável em reatores compactos e com ambiente controlado. No ambiente aeróbio são utilizados equipamentos eletromecânicos para fornecimento de oxigênio utilizado pelos microrganismos, o que não é preciso quando o tratamento ocorre em ambiente anaeróbio.

Apesar da maior eficiência dos processos aeróbios em relação aos processos anaeróbios, o consumo de energia elétrica, o maior número de unidades, a maior produção de lodo e a operação mais trabalhosa justificam, cada vez mais, a utilização de processos anaeróbios. Assim, em algumas estações de tratamento de resíduos líquidos industriais estão sendo implantadas as seguintes combinações:

- Unidades anaeróbias seguidas por unidades aeróbias;
- Unidades anaeróbias seguidas de unidades físico-químicas.

### 8.2.1 Operações de tratamento físico-químico

**Oxidação de cianetos** Para eliminar os cianetos presentes nos efluentes, há a necessidade de previamente oxidá-los pela ação de oxidantes fortes, como o hipoclorito de sódio, em meio alcalino, que se pode obter através da adição de soda cáustica.

**Redução de cromo hexavalente** Este processo é efetuado por adição de um agente redutor, como o bissulfito de sódio, num meio ácido, como o ácido sulfúrico, necessário para se dar a reação.

**Homogeneização e Neutralização** Nesta etapa procedem-se à homogeneização dos diferentes tipos de efluentes e ao ajuste de pH de forma a serem criadas as condições necessárias à precipitação dos metais pesados. Normalmente, dão entrada nesta operação os efluentes da linha de oxidação de cianetos, de redução de cromo e restantes efluentes, ácidos e alcalinos, com metais pesados.

### **Floculação**

Nesta operação adiciona-se ao efluente homogeneizado uma substância floculante para que assim se verifique a aglutinação dos flocos de menores dimensões de forma a ficarem mais densos e com maior velocidade de sedimentação.

### **Decantação**

É nesta fase que se dá a separação dos flocos sólidos em suspensão que se formaram na fase anterior, por sedimentação, num decantador de tipo lamelar.

**Desidratação mecânica** Por este processo consegue-se uma lama desidratada com uma percentagem de humidade em torno dos 35%. Para tal, pode recorrer-se a filtros banda por placas. As lamas com origem nesta operação são recolhidas em recipiente tipo big-bag, sendo levados para uma zona de armazenagem temporária de lamas.

## **8.2.2. Operações conjuntas usadas nos processos e sistemas de tratamento para remover a maior parte dos contaminantes encontrados em efluentes têxteis:**

As técnicas de tratamento para estes efluentes constituem-se de processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, processos estes que apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, para remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos estes se mostram deficientes, necessitando de tratamento complementar, por exemplo, por filtros de carvão ativado. Os processos de adsorção em carvão ativado apresentam em geral excelente desempenho, todavia, em função da superfície química do carvão ser positiva, a adsorção de corantes de caráter catiônico é uma limitação bastante importante. Para estes casos, pode-se utilizar de processos tais como resina de troca iônica, ultrafiltração e osmose reversa.

A utilização de tecnologias de membranas, como osmose reversa (OR), microfiltração (MF), nano filtração (NF) e ultrafiltração (UF), têm se tornado muito atrativas devido ao fato de possibilitarem o reuso da água no processo industrial. Isto é especialmente interessante se analisarmos as perspectivas futuras não muito animadoras de escassez, elevação dos custos para captação de água e legislação cada vez mais restritiva para emissão de efluentes. Além dos processos físico-químicos, podem ser utilizados em conjunto, em algumas ocasiões, sistemas biológicos de tratamento. O sistema mais usualmente empregado é de lodos ativados. Em geral, na indústria têxtil os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. Essa concepção permite em geral remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes.

A utilização de bactérias, como *Pseudomonas* sp e *Sphingomonas* SP tem sido reportada na degradação de corantes. Outra alternativa recente para o tratamento de efluentes em compostos resistentes à degradação refere-se ao uso de agentes quelantes naturais, produzidos por alguns fungos e bactérias. Estes compostos, denominados sideróforos, apresentam uma alta afinidade por metais, principalmente ferro, formando complexos de alta estabilidade. Estudos recentes mostram resultados muito interessantes com alguns fungos e bactérias produtoras destes compostos que permitem a descoloração de efluentes e a degradação de compostos de difícil degradação.

## **9. Conclusão**

De acordo com este trabalho apresentado podemos perceber que nos dias em que vivemos é cada vez maior a preocupação com o meio ambiente, principalmente com o consumo excessivo da água este recurso tão precioso e vital para todos os seres vivos. Vimos o quanto a cadeia produtiva têxtil é poluidora não só de resíduos líquidos como também resíduos sólidos portanto o aumento da complexidade e dificuldade para o tratamento de efluentes têxteis e indústrias de um modo geral, tem levado a busca constante de novas metodologias para tratamento destes rejeitos. Dispomos de uma variedade de métodos físicos, químicos e biológicos e a escolha do melhor, ou melhores, métodos seguramente deve ser feita levando-se em conta os objetivos a serem alcançados com o tratamento.

Aliado a isso, uma visão moderna com relação a efluentes industriais deve estar baseada não somente no tratamento deste e sim na busca constante da minimização de resíduos gerados através de tecnologias limpas, ou seja, o pensamento deve se voltar para a fonte do efluente dentro da fábrica e não somente como resolver o problema após sua geração.

Então a conclusão que se torna perceptível é que o conhecimento atrelado à informação sobre quais os tipos de processos de tratamento de efluentes, as leis envolvidas para obtenção de licença para uso e reúso da água e a tecnologia que vem sendo usada em favor de um bem comum é a única solução possível para amenizar este problema da falta de água que em alguns anos será inevitável.

## BIBLIOGRAFIA

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A , Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo, CETESB, 1993.

BRAGA, BENEDITO e colaboradores. Introdução a Engenharia Ambiental. Prentice Hall, São Paulo, 2002.

TORNISIELO, SAMIA MARIA T e colaboradores. Análise Ambiental – estratégias e ações. Editora da UNESP, e Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, 1995.

DIEGO DE OLIVEIRA E SILVA, ANTONIO R.P. CARVALHO Etapas do tratamento de efluentes PDF disponível em [www.kurita.com.br](http://www.kurita.com.br)

NATALIA ANTONIALE e colaboradores. Caracterização e propostas de tratamento de efluentes para indústrias têxteis PDF disponível em:  
[WWW.unicentro.br/graduação/deamb/semana\\_estudos/pdf\\_09/](http://WWW.unicentro.br/graduação/deamb/semana_estudos/pdf_09/)

ANA RORIZ, IZABEL MACHADO E JORGE CUNHA Tratamento de efluentes de uma indústria do ramo têxtil disponível em:  
[WWW.biologica.eng.uminho.pt/pep/projectos/2007/.../relatorio.pdf/](http://WWW.biologica.eng.uminho.pt/pep/projectos/2007/.../relatorio.pdf/)

Guia técnico ambiental da indústria têxtil / Elaboração Elza Y. Onishi Bastian, Jorge Luiz Silva Rocco ; colaboração Eduardo San Martin ... [et al.]. - - São Paulo : CETESB : SINDITÊXTIL, 2009.

TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS autor Eng. Gandhi Giordano, D.Sc Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ Diretor Técnico da Tecma-Tecnologia em Meio Ambiente Ltda disponível em [WWW.cepuerj.uerj.br/](http://WWW.cepuerj.uerj.br/)

EFLUENTES TÊXTEIS acessado as 15:30h de 06/03/12 disponível em:  
[http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/textil/efluentes.htm](http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/efluentes.htm)

A indústria é responsável pela água que polui. Disponível em:  
[http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/6969-industria-e-responsavel-pela-agua-que-polui](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/6969-industria-e-responsavel-pela-agua-que-polui)

Legislação sobre efluentes disponível em: [www.luftech.com.br](http://www.luftech.com.br)  
<http://WWW.txt.estado.com.br/editorias/2009/01/05/edi-1.93.5.20090105.3.1.xml>

Artigo: EFLUENTES INDUSTRIAIS. Acessado dia 19/05/12 as 15:12H disponível em:  
[http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/3669-efluentes-industriais/](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3669-efluentes-industriais/)

