**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**


# ENF 483
# CONTROLE DA POLUIÇÃO NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

## Apostila de aulas


Elaborada por:

Prof. Cláudio Mudado Silva (Coordenador)

Ismarley Lage Horta Morais



**VIÇOSA**

**MINAS GERAIS**

# Indústria Têxtil

## 1. Descrição do processo

A indústria têxtil tem como objetivo a transformação de fibras em fios, de fios em tecidos e de tecidos em peças de vestuário ou em artigos para aplicações técnicas. As indústrias têxteis têm seu processo produtivo muito diversificado, podendo possuir todas as etapas do processo têxtil (fiação, tecelagem e beneficiamento) ou apenas um dos processos (somente fiação, somente tecelagem, somente beneficiamento ou somente fiação e tecelagem etc.).

A manufatura dos tecidos é uma das mais antigas tecnologias do homem. Os tecidos conhecidos mais antigos datam aproximadamente do ano de 5.000 AC. As primeiras fibras a serem transformadas em fios e tecidos foram o linho e o algodão. A automação da indústria têxtil coincidiu com a Revolução Industrial, quando as máquinas, até então acionadas por força humana ou animal, passaram a ser acionadas por vapor e, mais tarde, motores elétricos.

O Brasil iniciou o processo de industrialização têxtil no final do século XIX (COSTA, 2008). Nos dias atuais, o país exerce um papel importante no cenário mundial com relação à produção de artigos têxteis, no que se refere aos tecidos de malha é o 2º maior produtor, 5º em confeccionados e 6º na produção de fios, segundo informações fornecidas pelos países membros da Internacional Textile Manufacturers Federation (HASSEMER, 2006).

As fibras têxteis podem ser de origem natural (animal ou vegetal) ou manufaturada (sintéticas). Dentre as fibras de origem natural, destaca-se o algodão pelas suas características de absorção e preço acessível. As fibras manufaturadas podem ser produzidas a partir de celulose regenerada (viscose e acetato) ou totalmente sintéticas (poliéster ou poliamida).

O Quadro 1 apresenta as principais etapas do processo de fabricação de tecidos de algodão.

**Quadro 1 - Processos Unitários da Indústria Têxtil de Algodão**

| | Descrição do processo |
|---|---|
| **Carda** | Batimento do algodão para a remoção de impurezas |
| **Penteadeira** | Remoção de impurezas |
| **Fiação** | Limpeza e seqüência de operações de estiramento e paralelização visando a formação de fios. |
| **Conicaleira** | Repasse do fio, removendo caroços e outras impurezas e aplicação de parafina. O fio é enrolado em conicais. |
| **Tecelagem** | Entrelaçamento dos fios de trama transversal ou longitudinal nos teares formando tecidos |
| **Mercerização** | Alongamento das fibras, onde o tecido é mantido esticado na mercerizadeira e recebe um banho de NaOH. |
| **Purga** | Cozimento do tecido para remoção de óleos, graxas, parafinas e demais impurezas. |
| **Tingimento** | Aplicação de corante nos tecidos. |
| **Lavagem** | Retirada de produtos químicos em excesso e impurezas. Pode ocorrer diversas vezes entre as operações. |
| **Acidulação** | Neutralização da reação do corante com a soda, para evitar que o produto final libere tinta quando lavado. |
| **Ensaboamento** | Remoção de todo o corante que está sobre a fibra. |
| **Amaciamento** | Adição de amaciante ao tecido. |
| **Centrifugação** | Remoção do excesso de água do tecido tingido e lavado. |
| **Secagem** | Secagem total do tecido. |
| **Calandragem** | Processo que passa e dá brilho ao tecido. |
| **Acabamento** | Fixação das fibras através da aplicação de gomas e resinas. |
| **Estampa** | Realizada através de diferentes processos, a quente ou a frio. |

## 2. Fluxograma do processo

Um fluxograma esquemático do processo fabril é apresentado na Figura 1.

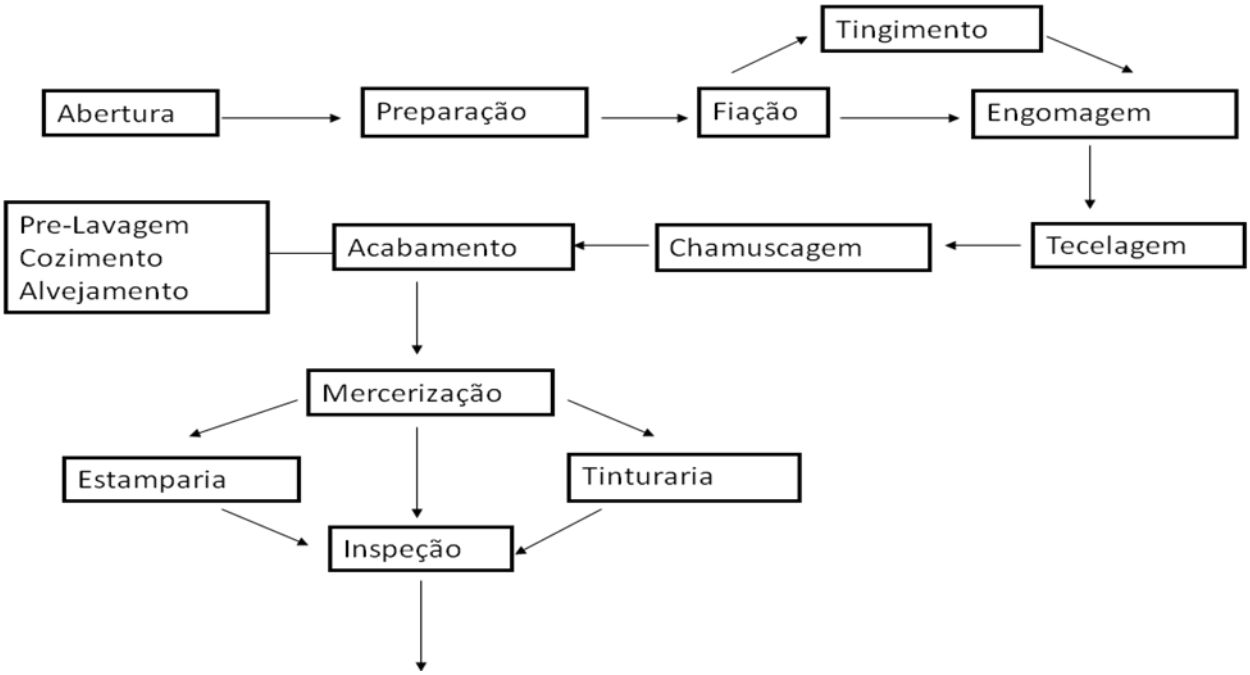


**Figura 1 -** Fluxograma da indústria têxtil/malhas.

## 3. Aspectos ambientais

### 3.1. Efluentes

A indústria têxtil consome uma quantidade grande de água. São requeridos de 80 a 150 litros de água por quilo de tecido. Estima-se que 88% desse volume seja descartado como efluente e os 12% restantes compões as perdas por evaporação (Minas Ambiente, 2002). O alto consumo de água demandado por essa tipologia industrial advém das operações de lavagens, tingimento e acabamento dos tecidos, bem como as lavagens de pisos e equipamentos.

Os efluentes industriais contêm inúmeras substâncias contaminantes, devido a utilização de produtos químicos durante o processo, que podem causar danos ao meio ambiente se não forem tratados adequadamente.

A Tabela 1 apresenta alguns parâmetros típicos desses efluentes.

**Tabela 1 - Caracterização média dos efluentes têxteis**

| Parâmetro | Faixa típica |
|---|---|
| $DBO_5$, mg/L | 196 -350 |
| Sólidos totais, mg/L | 3400 - 5000 |
| Sólidos em suspensão, mg/L | 77 - 300 |
| DQO, mg/L | 942 - 1000 |
| Óleos e graxas, mg/L | 50 - 65 |
| pH | 9 - 10,2 |
| Temperatura, $^oC$ | > 45 |
| Nitrogênio amoniacal, mg/L | 10 - 15 |
| Fósforo solúvel, mg/L | 1- 2 |
| Cloretos, mg/L | 900 - 1100 |

Fonte: Adaptado de Minas Ambiente.

Geralmente, os poluentes resultantes dos processos têxteis são orgânicos e solúveis.

Um aspecto muito importante em relação à qualidade dos efluentes têxteis relaciona-se com os corantes utilizados na indústria. Corantes têxteis são compostos orgânicos cuja finalidade é conferir coloração a um determinado substrato, ou seja, a uma determinada fibra, seja ela sintética ou natural. A fixação do corante ao substrato têxtil ocorre geralmente em solução aquosa e envolve basicamente interações do tipo: ligações iônicas, ligações de hidrogênio, de Van der Walls e ligações covalentes.

Os corantes são compostos químicos orgânicos, que possuem a propriedade de absorver luz visível seletivamente, razão pela qual aparecem coloridos, devido à presença de grupos cromóforos tais como nitro, nitroso, carbonila e azo. A cor

destes compostos é intensificada e/ou modificada por grupos auxocromos tais como etila, nitro, amino, sulfônico, hidroxila, metóxi, etóxi, cloro e bromo (KIMURA, 1999).

Estima-se que em torno de 1.000. t / ano de corantes são descartados junto aos despejos dos efluentes da indústria têxtil (WONG, 2003). Estes compostos provocam a poluição de corpos hídricos, além de inúmeros outros danos ao meio ambiente, como a poluição visual e alterações em ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese promovendo distúrbios na solubilidade dos gases, causando danos nas guelras e brânquias dos organismos aquáticos e perturbando seus locais de desova e refúgio. Estima-se que estes contaminantes possam permanecer cerca de 50 anos em ambientes aquáticos (ZANONI & CARNEIRO, 2001).

O risco para saúde do seres humanos ocorre pela exposição destes produtos à pele e/ou ao sistema respiratório, acarretando problemas de ordem toxicológica promovendo a sensibilização da pele (dermatites) e/ou das vias respiratórias. Isto é explicado porque alguns corantes reativos solúveis em água apresentam grande absorção pelo organismo reagindo facilmente com substâncias contendo grupos amina e hidroxila, presente nas fibras naturais que também estão presentes em todos os organismos vivos constituídos de proteínas, enzimas e etc. Entretanto, o maior risco se dá pela ingestão oral destes compostos, isto porque, corantes se catalisados por enzimas específicas do organismo, podem gerar substâncias com propriedades carcinogênicas e/ou mutagênicas (ROYER, 2008).

Tais resíduos orgânicos podem manifestar um efeito cumulativo e atingir as estações de tratamento de água municipais, por este motivo a remoção desses compostos dos rejeitos industriais é um dos grandes problemas enfrentados pelo setor têxtil.

### 3.2. Resíduos sólidos

A produção de resíduos da indústria têxtil compreende desde cinzas a grandes embalagens e tambores. Os principais resíduos são:

- Restos de fios e aparas;

- Embalagens de insumos e matérias-prima;
- Materiais de escritório e refeitório;
- Resíduos de varrição;
- Óleos lubrificantes;
- Pós, cinzas e lodos dos sistemas de tratamento.

### 3.3. Emissões aéreas

Os diversos produtos químicos utilizados no processo e as caldeiras para produção de vapor são os principais responsáveis pelas emissões aéreas das indústrias têxteis.

Os principais poluentes são materiais particulados e gases. O material particulado é originado, principalmente, na operação de caldeiras a lenha ou a óleo combustível, sob a forma de cinzas e fuligem. Dentre os gases inclui-se o dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e compostos orgânicos voláteis (Minas Ambiente).

## 4. Controle preventivo

### 4.1. Controle dos efluentes líquidos

As operações de limpeza e tingimento são responsáveis por grande parte do efluente gerado. A recirculação ou recuperação dos produtos químicos e sub-produtos do tingimento, reduziria o volume e, conseqüentemente, os custos com o tratamento dos efluentes.

Mudanças no processo, como substituição de insumos com elevado potencial poluidor, redução do uso de corantes contendo enxofre, cobre e cromo, e a utilização de amaciantes com menor quantidade de fósforo; torna mais fácil o tratamento das águas residuárias na ETE.

Além disso, a substituição das máquinas por equipamentos mais modernos que trabalhem com menor quantidade de água necessária para as operações de tingimento; implantação de práticas operacionais para evitar perdas por derramamento; melhoria dos processos de limpeza; entre outras medidas, contribuem para reduzir a poluição líquida do processo produtivo.

### 4.2. Controle dos resíduos sólidos

Melhorias nos processos industriais como, por exemplo, procedimentos padronizados na operação dos equipamentos, treinamento operacional, conscientização dos operadores, melhor planejamento da produção evitando desperdícios e substituição de equipamentos com defeitos ou pouco eficientes, são meios que contribuem muito para a redução de resíduos e do desperdício.

A devolução das embalagens de produtos químicos para os fornecedores ou a comercialização deste material reduz a quantidade de resíduo encaminhado ao aterro sanitário.

### 4.3. Controle de emissões atmosféricas

A principal fonte de emissões atmosféricas é a caldeira, por isso deve-se minimizar a geração da poluição na fase de projeto da caldeira, através da seleção de equipamentos e de combustíveis apropriados, além de adotar procedimentos que garantam a operação adequada da fonte de poluição.

Para redução das emissões atmosféricas nas caldeiras algumas medidas podem ser tomadas como:

- renovação de caldeiras
- mudança de combustível
- otimização da operação da caldeira

# 5. Tratamento externo

## 5.1. Tratamento de efluentes líquidos

Os tratamentos mais comuns dos efluentes líquidos de indústrias têxteis envolvem remoção de cor e matéria orgânica, através de processos biológicos e físico-químicos. O tratamento biológico apresenta elevada eficiência de remoção de matéria orgânica, mas é deficiente na remoção de cor, que deve ser feita por tratamento físico-químico.

Além da remoção de carga orgânica e cor, um processo adicional muitas vezes necessário em efluentes líquidos de indústrias têxteis é o ajuste de pH.

De maneira geral, obtém-se bons resultados no tratamento desse tipo de efluente através da utilização do processo de lodos ativados seguido por coagulação-floculação com sulfato de alumínio ou cloreto férrico.

O uso de membranas de ultrafiltração tem sido uma opção interessante como tratamento terciário para remoção de cor dos efluentes têxteis.

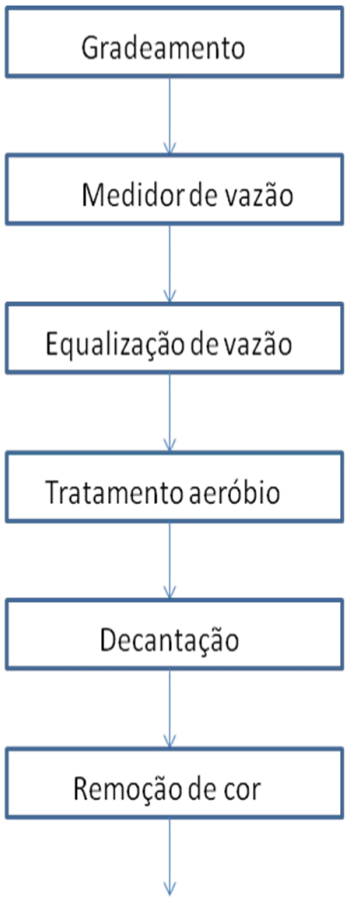


**Figura 2 -** Fluxograma típico de uma ETE de indústria têxtil.

### 5.2. Tratamento dos resíduos sólidos

Os materiais recicláveis gerados pela indústria têxtil devem ser encaminhados para uma empresa de reciclagem para que possam ser reaproveitados.

O lodo gerado na estação de tratamento de efluentes e as cinzas provenientes das caldeiras podem ser dispostos em aterros sanitários ou aplicados no solo após um processo de compostagem.

Outras destinações finais possíveis para as cinzas das caldeiras é a incineração ou o co-processamento em fornos de cimento.

### 5.3. Tratamento das emissões aéreas

A maior parte das emissões atmosféricas da indústria têxtil é proveniente das caldeiras. A queima de combustíveis produz fuligens e gases que são liberadas das caldeiras.

Equipamentos de controle, como ciclones e multiciclones, são eventualmente utilizados eventualmente utilizados para controlar as emissões de fuligem da caldeira.

Para o controle de aerossóis e de partículas é utilizado precipitadores eletrostáticos que se baseiam na carga elétrica das partículas. Estas são atraídas pela carga elétrica oposta por meio de placas e fios de eletrodos, localizados na passagem dos gases a serem limpos.

É um coletor de partículas bastante eficiente, conseguindo eficiência na faixa de 80 a 99% e utilizando uma grande gama de fluxo de gases. Estes precipitadores têm aplicação para poeiras (partículas de 0,1 a 100$\mu$ m); névoas (partículas líquidas suspensas no ar, que se aglutinam na forma de gotículas que caem na tremonha); e fumos (partículas sólidas ou líquidas formadas por condensação de vapor).

A instalação do filtro se localiza ao lado da fonte poluidora, não sendo necessária a instalação de chaminés, redes de dutos, etc. podendo descarregar o ar filtrado no próprio ambiente e no caso de máquinas operadoras climatizadas não se perde energia térmica com descarga de ar frio para o exterior.

## 6. Legislação específica

A legislação vigente sobre sobre efluentes baseia-se na Resolução CONAMA 357, de 17 de Março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Os padrões de emissão constituem-se na estratégia básica do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar-PRONAR, instituído pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente –CONAMA, através da Resolução CONAMA n°5, de 15 de junho de 1989. A estratégia básica do programa é a de limitar, em nível nacional,

as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

A Resolução CONAMA 5/89 estabeleceu também as condições de aplicação dos padrões de emissão, ou seja, os padrões deverão ser diferenciados em função da classificação de usos pretendidos paras as diversas áreas e serem mais rígidos paras as fontes novas de poluição.

A disposição final dos resíduos sólidos deverá ser feita de acordo com a classificação de resíduos estabelecida pela série de normas 10.004 a 10.007 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

## 7. Referências bibliográficas

MINAS AMBIENTE/CETEC. Controle Ambiental na Indústria Têxtil: Acabamento de malhas. Belo Horizonte, 2002.