
MANUAIS AMBIENTAIS CETESB

**COMPILAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVENÇÃO
À POLUIÇÃO PARA A INDÚSTRIA TÊXTIL**

COMPILAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVENÇÃO À POLUIÇÃO NAS INDÚSTRIAS DO SETOR TÊXTIL

APRESENTAÇÃO

A implementação de Leis e Normas Ambientais cada vez mais restritivas e a criação de mercados cada vez mais competitivos vem exigindo que as empresas sejam mais eficientes, do ponto de vista produtivo e ambiental, ou seja, o aumento da produção industrial deverá estar aliado a um menor gasto de insumos e menor geração de poluentes.

A CETESB, que tem por tradição manter-se atualizada com as tendências mundiais, visando uma atuação mais eficiente e inovadora na proteção do Meio Ambiente vem concentrando seus esforços na institucionalização de ações de Prevenção à Poluição (P2).

A união destes interesses levou a realização de um trabalho de parceria entre a CETESB e as Indústrias do Setor Têxtil dos Municípios de Americana e Santa Bárbara d'Oeste, para o desenvolvimento de um *Projeto Piloto de Prevenção à Poluição*.

O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de auxiliar as empresas na escolha das melhores práticas alternativas, visando a melhoria da qualidade ambiental, reduzindo ou eliminando os resíduos gerados e ainda aumentando a eficiência na produção, com redução de custos.

Técnicas de Prevenção à Poluição

A prevenção à poluição ou redução na fonte refere-se a qualquer prática, processo, técnica e/ou tecnologia que visem a redução e/ou eliminação em volume, concentração e/ou toxicidade dos resíduos na fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, nos processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matéria-prima e melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da entidade/empresa, resultando no aumento de eficiência no uso da matéria-prima, energia, água e outros recursos naturais.

As técnicas de *Prevenção à Poluição* aplicáveis à Indústria Têxtil, nos setores de Engomagem, Tinturaria/Acabamento, apresentadas neste documento foram relacionadas, a partir de observações realizadas durante o desenvolvimento do projeto piloto, bem como de levantamentos bibliográficos.

Foram citadas técnicas operacionais para melhoria do processo produtivo com objetivo de reduzir a geração da carga poluidora. São apresentadas também, recomendações técnicas, visando a otimização do sistema de tratamento de efluentes líquidos, tendo em vista que medidas de prevenção à poluição implementadas refletem diretamente na eficiência do tratamento.

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

1. Redução do Consumo de Água

- Nos processos contínuos que necessitam caixas de lavagem sucessivas, reutilizar a **água em fluxo contra-corrente**, conforme demonstrado no esquema da figura 1.

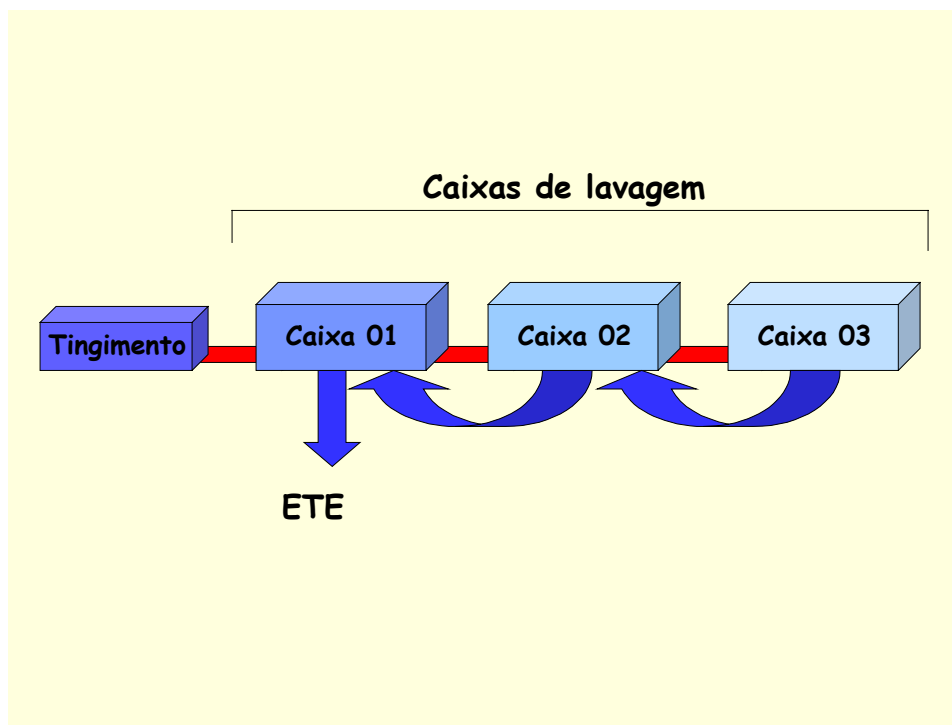


Figura 1 - Esquema de lavagem em fluxo contra-corrente.

- reutilizar a água dos processos de resfriamento na lavagem dos pisos e/ou outras etapas do processo produtivo.
- remover o excesso de água do produto (fio ou tecido), antes dos processos subsequentes com a finalidade de evitar contaminações futuras;
- padronizar a quantidade de água utilizada nos processos, consumindo o mínimo possível, de modo a não alterar a qualidade do produto;
- reutilizar as águas provenientes do processo de neutralização e/ou subsequentes a esta etapa, no processo de lavagem de tecidos impregnados com agentes de alvejamento ou alcalinos (mercerização e caustificação);
- após o término do tingimento, armazenar o banho do processo, e sempre que for possível, refazer sua composição para reuso em um novo tingimento, pois além da economia dos produtos e consumo de água, minimiza-se a carga orgânica enviada à ETE;
- utilizar jatos de água sob pressão nas lavagens de pisos e equipamentos, ao invés de mangueiras não pressurizadas onde é maior o consumo de água. A figura 2 mostra a lavagem efetuada por mangueiras comuns.



Figura 2 - Exemplo de lavagem de pisos com mangueira convencional.

- reutilizar as águas de lavagem dos cozinhadores na composição de uma nova receita de goma (sintética);
- reaproveitar as águas de enxágüe dos tingimentos claros para as primeiras lavagens dos tingimentos escuros.

2. Redução do Consumo de Energia (recomendações básicas):

São apresentadas algumas sugestões de caráter geral sobre medidas de conservação de energia na indústria:

Distribuição de vapor

As caldeiras industriais empregadas na produção de vapor de água, no aquecimento de fluidos térmicos e os sistema de condução e transferência de calor a elas ligados serão fontes de desperdício de energia, quando não forem adequadamente dimensionadas ou encontrarem falhas na operação e manutenção. Isto acarretará elevação nos custos da produção industrial.

As caldeiras podem ser divididas em dois grandes grupos, segundo a fonte energética empregada: caldeiras elétricas e caldeiras à combustão.

Apesar das caldeiras elétricas apresentarem uma série de vantagens, como o alto rendimento, o seu uso se tornou proibitivo em face à disparidade entre o custo da energia elétrica e o de outras fontes de energia, por isso as caldeiras à combustão são mais amplamente utilizadas. Além disso, medidas de racionamento de energia elétrica serão adotadas pela União devido a atual crise energética que assola o país.

Como medidas de economia de energia em um sistema de produção de vapor, tem-se:

- regular a combustão;
- fuligem e incrustações devem ter um controle rigoroso com objetivo de evitar que se instalem;
- monitorar o rendimento da caldeira;
- evitar as perdas de calor;
- verificar o ponto de carregamento da caldeira; ressalta-se que os máximos rendimentos a serem alcançados dependem da carga a que o equipamento estiver submetido, em função das necessidades de instalação, normalmente uma caldeira estará operando com rendimento otimizado com cargas compreendidas entre 80 e 90% de sua capacidade normal;
- verificar e eliminar vazamentos em toda linha de vapor, como em flanges, uniões e válvulas;
- dimensionar as tubulações de forma adequada, de maneira a não superdimensionar, pois aumentam as perdas de energia por troca térmica com o meio, e subdimensionar aumenta a perda de carga.

Ar Comprimido

As instalações de ar comprimido apresentam grandes oportunidades de economia de energia, desde que se empregue um projeto adequado, com a forma correta de operação, e a implantação de um programa de manutenção eficiente. Algumas medidas importantes, podem ser adotadas:

- posicionar o ponto de captação do ar a ser comprimido, **em local de baixa incidência de calor**. Um acréscimo de 5°C na temperatura do ar aspirado implica em aumento do consumo de energia da ordem de 1%;
- escolher um tipo de compressor adequado às necessidades do processo produtivo, devendo-se verificar, por exemplo, a possibilidade de utilizar compressores com múltiplos estágios de compressão;
- empregar "**reguladores**" para operação automática de compressores, permitindo que o motor seja desativado sempre que houver longos períodos sem consumo de ar. Ressalva-se que atualmente existem motores que ligam e desligam automaticamente;
- instalar **registros** nas linhas de distribuição, pois permite ao operador efetuar manobras de fechamento quando apenas parte da linha estiver sendo utilizada;
- evitar o **uso desnecessário de ar comprimido**, por exemplo, na limpeza de máquinas ou pisos, que além de antieconômico pode danificar partes importantes do equipamento;
- **manutenção adequada em toda a linha de distribuição e equipamentos utilizadores de ar comprimido**, dando especial atenção aos cilindros pneumáticos e suas válvulas de controle, pois a maior causa do desperdício de energia nesses sistemas é devido aos vazamentos.

Para referência da importância do controle de vazamentos, a tabela 1 mostra a energia perdida por vazamentos em uma rede de ar comprimido que opera a 7 bar de pressão durante 6 000 horas por ano.

Tabela 1 - Quantidade de energia perdida por vazamentos em uma rede de ar comprimido.

Diâmetro furo (mm)	Perda (ℓ.min⁻¹)	Potência perdida (kW)	Consumo anual (kWh)
0,8	12	0,1	600
1,5	186	1	6 000
3	660	3,5	21 000
6	2 750	15	90 000

Motores Elétricos

Grande parte do consumo de energia elétrica destina-se à alimentação de motores. Estes equipamentos encontram-se normalmente distribuídos em um amplo espectro de utilizações, que abrange desde máquinas voltadas ao processo industrial até sistemas de ventilação e condicionamento ambiental. Tais equipamentos representam elevada parcela no consumo de energia elétrica, para tanto, algumas medidas para sua contenção faz-se necessário:

- usar racionalmente os equipamentos, desligando motores e máquinas nos períodos ociosos, quando esta medida não provocar problemas ao equipamento ou à instalação elétrica de uma maneira geral;

- não utilizar **motores com potências significativamente superiores às necessárias**, em nome de uma reserva de potência que em contrapartida iria aumentar a confiabilidade do equipamento;
- utilizar motores **respeitando os critérios de dimensionamento**, por exemplo, quando o regime de trabalho for contínuo deve-se especificar o motor para operar entre 75% e 100% da carga, o que corresponde à faixa de rendimento de pico;
- alguns desses motores podem operar com rotações variáveis para controle de carga. Neste caso, o emprego de **controladores de frequência** podem ser mais indicados do que o uso de válvulas ou outros dispositivos de controle dissipativos como *by-pass* ou recirculação;
- onde não se dispõe de um motor elétrico adequado, pode ser interessante adotar inversores e controladores de frequência para uma melhor adequação entre o motor e a carga;
- substituir **os motores convencionais** por **motores de alto rendimento**, fisicamente similares aos modelos standard considerados de uso geral, mediante o emprego de materiais selecionados, maior quantidade de cobre e ferro, processos de fabricação mais aperfeiçoados e tolerâncias mais estreitas.

Estes motores apresentam em média rendimentos da ordem de 10% superiores aos rendimentos de motores convencionais de baixa potência (na faixa de 1 a 5 CV) e 3% superiores aos rendimentos de motores convencionais de potência elevada (200CV).

O emprego de motores de alto rendimento deve ser considerado como um potencial interessante de racionalização do uso de energia.

Condicionamento de ar

O condicionamento do ar consiste no controle simultâneo da temperatura, da umidade, da movimentação e da pureza do ar de recintos fechados. Estes sistemas variam desde simples aparelhos até grandes centrais de ar condicionado. Estas centrais localizam-se numa casa de máquinas de onde distribuem o ar para grandes ambientes.

Particularmente, as centrais de água gelada são empregadas em grandes instalações, que servem vários ambientes simultaneamente, mantendo numa casa de máquinas os equipamentos comuns a todos eles, como a torre de resfriamento, o sistema de aquecimento e o de frio, que será distribuído na forma de água quente ou gelada para os climatizadores de ambiente.

Os sistemas de ar condicionado consomem, relativamente, grandes quantidades de energia, quer pelas próprias características dos processos físicos envolvidos, quer pelo uso contínuo a que são submetidos durante longos períodos. Por isso, as instalações de condicionamento de ar constituem-se em um importante item para racionalização de energia.

Dentre as ações que podem ser implementadas para melhorar o rendimento energético ou sistema de ar condicionado, destacam-se:

- ao projetar uma nova instalação, reformar ou ampliar uma instalação existente, recomenda-se levar em consideração o clima da região (quente ou frio), com isto pode-se requerer cargas de resfriamento ou aquecimento muito menores;
- regular as fontes internas de calor (ou de frio) de um ambiente, otimizando o funcionamento de equipamentos e instalações, procedendo o isolamento térmico de tubulações e depósitos de substâncias aquecidas (ou geladas);
- regular a temperatura e a umidade relativa do ar das instalações, **evitando aquecer ou resfriar** demasiadamente os ambientes;
- operar somente as torres de refrigeração, bombas e outros equipamentos que forem essenciais à operação do sistema; operar apenas um equipamento com carga elevada em vez de dois ou mais equipamentos semelhantes com cargas muito abaixo da capacidade nominal;
- instalar recuperadores de calor, resfriando o ar externo através do ar de exaustão, quando o processo exigir a troca de todo o ar interno por ar externo, podendo-se evitar o uso de torres de resfriamento;
- utilizar 100% do ar externo quando sua entalpia for menor do que o ar de retorno, instalando um sistema de controle entálpico.

Secadores

- No final do processo de secagem dos fios/tecidos, procurar manter a sua umidade o mais próximo possível da umidade relativa do ar, para não ocorrer desperdício energético no processo, pois na estocagem haverá reabsorção de água.

Iluminação

Os ambientes não devem ser iluminados além do recomendado nas normas, pois além de não melhorar o desempenho visual, acarretam consumos elevados de energia. A utilização da luz natural é, sob todos os aspectos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente. Para se obter um resultado satisfatório algumas medidas podem ser acatadas, entre elas:

- utilizar telhas translúcidas com finalidade de aproveitar a luz natural.
- apagar a iluminação de setores desativados ou que estão temporariamente em desuso, mesmo que por poucas horas podendo-se **utilizar detectores de presença**;
- empregar lâmpadas que consomem menos energia por lumens. Particularmente pode-se **substituir** iluminação **incandescente por fluorescente ou lâmpadas metálicas**. A tabela 2 mostra os dados de eficiência luminosa dos principais tipos de lâmpadas.

Tabela 2 - Dados de eficiência luminosa dos principais tipos de lâmpada.

Tipo de lâmpada	Eficiência (lm/W)	Tipo de lâmpada	Eficiência (lm/W)
Incandescente		Descarga	
Comum	8 a 18	Fluorescente	56 a 75
Halógena	17 a 22	Vapor de mercúrio	40 a 75
Halógena Dicroica	19	Vapor metálico	68 a 100
		Vapor de sódio	80 a 125
		Luz mista	19 a 27

Nos recintos onde se exercem atividades administrativas, faz-se necessário algumas recomendações de modo a minimizar o consumo de energia, melhorando a eficiência energética desses locais. São elas:

- A tensão de operação deve ser compatível à tensão de rede concessionária. Se a tensão da rede estiver acima da nominal, haverá maior emissão de luz e maior consumo de energia, reduzindo a vida útil das lâmpadas, em contra partida se a tensão estiver abaixo, haverá menor emissão de luz aumentando a necessidade de pontos de luz a serem instalados;
- Evitar o uso de lâmpadas embutidas no teto ou luminárias do **tipo spot** sem refletor, pois provocam perda de luz e produzem um aquecimento excessivo, causando falha prematura no sistema de funcionamento e reduzindo a eficiência. Nestes casos devem ser utilizadas lâmpadas refletoras;
- Não utilizar lâmpadas incandescentes de bulbo fosco ou leitoso dentro de globos translúcidos, pois isto reduz em cerca de 40% o fluxo emitido. Nestes casos devem ser utilizadas lâmpadas transparentes;
- Utilizar lâmpadas de bulbo leitoso apenas quando houver problemas de ofuscamento;
- Verificar a possibilidade de substituição das lâmpadas por outras de menor potência, mais eficientes, de maior durabilidade e que produzam a mesma quantidade luminosa;
- Onde for possível usar uma única lâmpada de maior potência, ao invés de várias lâmpadas de menor potência, pois geralmente lâmpadas do mesmo tipo, de maior potência, são mais eficientes;
- Quando for necessário ter iluminação dirigida sobre o plano de trabalho devem ser utilizadas lâmpadas refletoras, a fim de obter maior rendimento do sistema de iluminação;
- Cada lâmpada demanda uma corrente diferente, por isso há necessidade de diferentes reatores. Além disso, deve-se observar a tensão de alimentação do local, pois uma mesma lâmpada pode receber reatores diferentes, se operar em 220V ou 127 V. Em termos de conservação de energia, deve-se escolher um conjunto que apresente menor consumo de energia possível durante sua vida útil e que tenha maior rendimento, isto é, menores perdas;

- A luminária escolhida deve apresentar a curva de distribuição mais adequada ao seu caso particular e o fator de utilização mais alto;
- Os elementos de controle de luz mal projetados em um determinado ambiente ou luminária diminuem a quantidade de luz emitida, aumentam o consumo de energia e tornam o conjunto menos eficiente;
- Com finalidade de tornar o objeto de iluminação artificial mais eficiente, deve-se considerar a parcela da luz natural que incide em um ambiente e distribuir os circuitos paralelamente ao sentido das janelas, para que estas luminárias possam ser desligadas quando houver luz natural suficiente;
- Quando o ambiente apresenta necessidade de diferentes níveis de iluminação, deve-se combinar a iluminação geral com a localizada, reduzindo o consumo geral de energia.

3. Utilização/Substituição de Produtos Químicos

- Substituir a **fécula de amido** por **composto modificado** a base de CMC (Carboximetilcelulose) ou CMA (Carboximetilamido) que é passível de recuperação em torno de 80%.
- Reduzir e/ou eliminar a utilização de tensoativos **a base de fenol**, como por exemplo os **alquilariletoxilatos**, por apresentarem toxicidade aos organismos aquáticos.
- Utilizar **corantes líquidos** em lugar de corantes em pó, pois mesmo tendo rendimentos semelhantes, os produtos de dispersão presentes em maior proporção nos corantes em pó, permanecem inalterados no banho e resultam em um aumento da DQO (Demanda Química de Oxigênio) do efluente a ser descartado.
- Evitar, quando possível, o uso de corantes com enxofre, cobre e cromo devido sua alta toxicidade aos organismos aquáticos.
- Utilizar as **sobras** dos corantes de tinturaria para reutilizá-los na formulação de cores escuras.
- Substituir os **oxidantes de cromatos por peróxidos de hidrogênio ou iodados**. Esta substituição elimina o cromo nos processos de tingimento, um contaminante potencialmente tóxico.
- Substituir os **ácidos orgânicos** por **ácido fosfórico**, durante o processo de tingimento, que proporciona fonte de nutriente ao processo de tratamento biológico, representando economia de sais de fósforo para a ETE.
- Na impossibilidade (*) de se utilizar o **ácido fosfórico**, substituí-lo por **ácido acético**, que proporciona condições mais adequadas para a autodepuração durante o tratamento das águas residuárias.
- (*) **Observar a concentração de fósforo no afluente da ETE, pois pode estar em excesso e, neste caso, há necessidade de diminuição do uso de fosfatados no processo industrial.**

- Os processos de acabamento por impregnação (banhos curtos), praticamente não têm suas características alteradas quando armazenados, sendo passíveis de reutilização.
- Controlar adequadamente a temperatura dos banhos de tingimento, pois isto irá favorecer a **redução da quantidade** de produtos químicos, como **igualizantes/retardantes** que são utilizados nesse banho.
- Substituir os **agentes complexantes EDTA** (etileno diaminotetraacetato) e **DTPA** (dietileno diaminotetraacetato) por **fosfatados** (EDTMP e DTPMP).que são biodegradáveis.
- Quando houver **um excedente de fósforo no aflente da ETE**, substituir os **agentes complexantes: EDTMP** (etilenediaminotetrafosfato) e **DTPMP** (dietilenediaminopentafosfato) por **NTA** (nitrilo triacetato) para evitar o fenômeno de **eutrofização** nos corpos receptores.
- Substituir as **enzimas** por **peróxido de hidrogênio** na etapa de engomagem, isto irá contribuir para a redução da carga orgânica do efluente, pois as enzimas degradam amido em dextrinas, que são carboidratos de baixo peso molecular, enquanto que o peróxido decompõe o resíduo em gás carbônico e água.
- Substituir o **hipoclorito e derivados de cloro** nos processos de branqueamento, por **peróxido de hidrogênio** evitando a formação de organoclorados que têm efeito carcinogênico.

3.1 Substituição de Corantes

- Substituir **os corantes do grupo "azo"** que após clivagem das aminas aromáticas produzem compostos carcinogênicos.*

*No processo industrial têxtil, entre os produtos químicos utilizados, destacam-se os corantes do tipo "azo" que podem ser clivados sob certas condições e liberar aminas aromáticas, que possuem efeitos carcinogênicos e mutagênicos. Existem aproximadamente 3200 corantes azóicos, mas somente 130 podem produzir aminas aromáticas (Sanin, 1996 *apud* MURAKAMI, 1998). Alguns desses compostos já foram testados e apresentaram respostas positivas para o teste de Ames.¹

Estes **corantes do grupo "azo"**, ao serem submetidos a redução, têm sua molécula clivada, resultando como subproduto **substâncias carcinogênicas**.

A seguir serão apresentados na tabela 3 **os principais corantes do grupo "azo"** que possuem a base benzidina e na tabela 4 a **relação das aminas aromáticas** provenientes da clivagem desses corantes e a dose resposta positiva para o teste de Ames.

¹ O teste de Ames foi desenvolvido por Ames e colaboradores na década de 70 (AMES, 1971: AMES et al, 1973, 1975), e tem sido utilizado mundialmente por ser relativamente simples, rápido e com baixo custo. O teste emprega usualmente linhagem de bactérias de *Salmonella typhimurium* TA98 e TA100 na presença de S9 (ativação metabólica).

Tabela 3 - Relação dos principais corantes com base benzidínica.

Nº Color Index (C.I.)	Nome
-	Ácido preto 29
-	Ácido preto 209
30 334	Ácido preto 232
30 336	Ácido preto 94
22 195	Ácido laranja 45
26 420	Ácido Vermelho 104
23 635	Ácido Vermelho 114
27 200	Ácido Vermelho 115
-	Ácido Vermelho 119:1
24 125	Ácido Vermelho 128
26 665	Ácido Vermelho 148
20 530	Ácido Vermelho 158
-	Ácido Vermelho 167
16 140	Ácido Vermelho 24
18 129	Ácido Vermelho 265
18 065	Ácido Vermelho 35
22 245	Ácido Vermelho 85
37 085	Azóico diazo componete 11
37 105	Azóico diazo componete 12
37 235	Azóico diazo componete 48
37 225	Azóico diazo componete 112
-	Azóico diazo componete 113
21 010	Básico marrom 4
-	Básico amarelo 103
76 035	Revelador 14 = oxidação base 20
-	Direto preto 154
22 580	Direto preto 29
30 235	Direto preto 38
30 245	Direto preto 4
24 410	Direto azul 1
22 590	Direto azul 2
23 705	Direto azul 3
22 610	Direto azul 6
24 140	Direto azul 8

Nº Color Index (C.I.)	Nome
24 155	Direto azul 9
24 340	Direto azul 10
23 850	Direto azul 14
24 400	Direto azul 15
23 710	Direto azul 21
24 280	Direto azul 22
23 790	Direto azul 25
24 145	Direto azul 35
24 175	Direto azul 151
-	Direto azul 160
23 630	Direto vermelho 39
22 500	Direto vermelho 44
23 050	Direto vermelho 46
29 175	Direto vermelho 62
23 505	Direto vermelho 67
22 570	Direto violeta 1
22 555	Direto violeta 4
22 550	Direto violeta 12
24 080	Direto violeta 13
23 520	Direto violeta 21
22 480	Direto violeta 22
22 250	Direto amarelo 1
22 010	Direto amarelo 24
23 660	Direto amarelo 48
-	Disperso laranja 60
-	Disperso vermelho 221
-	Disperso amarelo 218
22 310	Mordante vermelho 57
-	Mordante amarelo 16
-	Solvente vermelho 19
26 105	Solvente vermelho 24
26 120	Solvente vermelho 26
-	Solvente vermelho 164
-	Solvente vermelho 215

Tabela 4 - Relação das aminas provenientes da clivagem dos corantes tipo "azo" e dose positiva no teste de Ames.

Nº. CAS	Composto	Dose Positiva para o Teste de Ames (µg/ placa)	
		TA98-S9	TA98+S9
92-67-1	4 aminobiphenyl	2	10
97-87-5	Benzidine	0,4	não disponível
95-69-2	4-chloro-o-toluidine	200 (nmol)	400
91-59-8	2-naphthylamine	2	2,5
97-56-3	0-aminoazotoluene	0,025	não disponível
99-55-8	5-nitro-o-toluidine	33,3	10
106-47-8	p-chloroanililine	100	1000
615-05-4	4-methoxy-m-phenylenediamine	50	não disponível
101-77-9	4,4-methylenedianiline	50	250
91-94-1	3,3-dichlorobenzidine	10(nmol)	50
119-90-4	3,3-dimethoxybenzidine	1	333
119-93-7	3,3-dimethylbenzidine	4	100(nmol)
838-88-0	4,4-methylenedi-o-toluidine	1000	não disponível
120-71-8	6-methoxy-m-toluidine	3,33	62,5
101-14-4	4,4-methylene bis(2-chloraniline)	33	100
101-80-4	4,4-oxydianiline	10	333
139-65-1	4,4-thiodianiline	5	10
95-53-4	0-toluidine	40	não disponível
95-80-7	4-methyl-m-phenylenediamine	10	10000
137-17-7	2,4,5-thimethylaniline	10	não disponível

Fonte: Tomes Plus – RETCS – Micromedex vol.29 de 31/07/96

- Substituir ou limitar a utilização **de corantes que apresentam metal** em sua estrutura molecular. A tabela 5 mostra os corantes mais usuais.

Tabela 5 - Relação dos corantes mais usuais que apresentam metal em sua estrutura molecular

Metal	Corante
Cobalto	Azul Ingrain 5 Azul Vat 29
Níquel	Azul Ingrain 14
Cobre	Azul Ácido 249 Azul Direto 86 e 87 Azul Ingrain 1; 13 Verde Ingrain 3 Azul Pigmento 15; 17 Verde Pigmento 7; 37 Azul Reativo 7

- Substituir **os corantes sulfurosos** por aqueles denominados **sulfurosos ecológicos**, pois utilizam como agente redutor carbohidrato (dextrose) ou mistura de carbohidrato e hidrossulfito de sódio, favorecendo a redução do teor de enxofre no banho. O alto teor de sulfatos no efluente líquido pode ocasionar, sob condições anaeróbias, a redução do sulfato a sulfeto, formando o **gás sulfídrico**, que é tóxico para o ser humano, possuindo odor desagradável e provocando corrosão nas tubulações;
- Utilizar, sempre que possível, **corantes com níveis de fixação elevados**, pois, em sua maioria, não apresentam níveis de fixação na faixa de 100%. Pode-se dizer que quanto menor a taxa de fixação do corante, maior a quantidade de corante não absorvido pela fibra, isto acarretando elevação da carga gerada. A tabela 6 apresenta a porcentagem de corante retida no banho.

Tabela 6 - Porcentagem de corante retida no banho.

Classe do corante	% do Corante retido no banho
Básico	2 - 3
Ácido	7 - 20
Complexo metálico	1 - 5
Direto	5 - 30
Reativo	5 - 50
À cuba	5 - 20
Sulfuroso	30 - 40
Disperso	5 - 20

4. Modificações no Processo

Tamanho da cuba apropriado à quantidade de goma utilizada: em muitos casos, a redução do tamanho das cubas, como nas engomadeiras, *foulards* e ramas, acarretará uma diminuição da quantidade residual da goma a ser descartada.. A figura 3 ilustra uma cuba de goma com dimensões convencionais.



Figura 3 - Cuba de goma de tamanho convencional.

Tanques de armazenagem da goma: em caso de empresas que possuem dois ou mais tanques de armazenagem de goma, recomenda-se a interligação de modo a permitir que a goma restante ao término de um processo, possa ser reutilizada por outra engomadeira, evitando-se o descarte desnecessário. A figura 4 mostra os tanques sem a interligação.



Figura 4 - Tanques de armazenagem de goma sem interligação.

5. Recuperação/Reuso de Produtos

- Recuperar as gomas (sintéticas e/ou modificadas) para reutilização como por exemplo, através do **processo de ultra-filtração**.

O processo de recuperação da goma através do **processo de ultra-filtração** consiste em filtrar o banho de desengomagem, com finalidade de reutilizar a goma no processo de engomagem. Esta medida é aplicável para gomas cujo amido encontra-se modificado (compound) e artificiais.

O **processo de ultra-filtração** para recuperação da goma é descrito a seguir:

1. O efluente proveniente da desengomagem é encaminhado a um filtro de grelhas onde ficarão retidas todas as impurezas indesejáveis;
2. O efluente filtrado é armazenado em um tanque, à 80°C com finalidade de não propiciar crescimento bacteriano.
3. Uma bomba de alimentação envia o efluente do tanque de armazenamento até o sistema de UF – Ultra-filtração.
4. A medida que o efluente entra em contato com as membranas, inicia-se o processo de separação molecular. O solvente que atravessou as membranas é armazenado em um tanque para posterior utilização.
5. O resíduo restante, isto é, a parte que não atravessou a membrana é enviado a um novo tanque, onde se manterá aquecido.

O fluxograma do processo de ultra-filtração é apresentado na figura 5 de maneira simplificada.

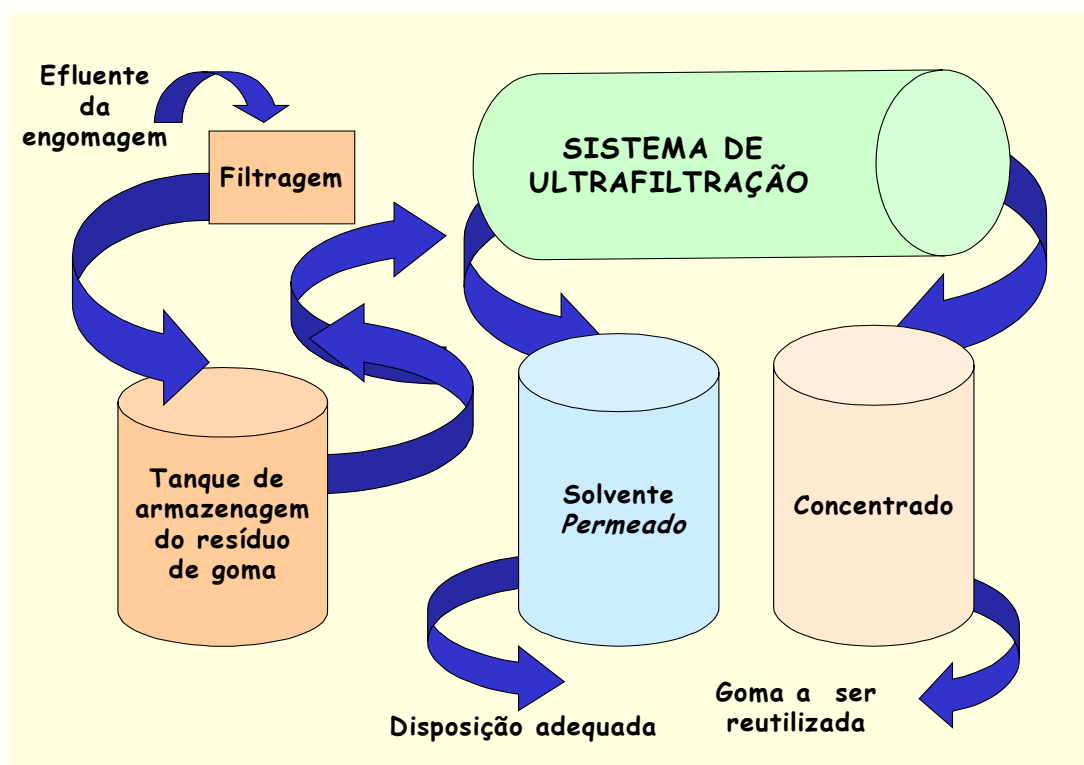


Figura 5 - Fluxograma simplificado de um processo de ultra-filtração.

Nota: O uso da goma sintética aumenta a vida útil dos banhos de engomagem e reduz a frequência e o volume de descarte.

- Recuperar o hidróxido de sódio, quando este se mostrar economicamente viável. Este procedimento depende do tipo de processo empregado na indústria e produtos utilizados.
- Recuperar, sempre que possível, a solução alcalina proveniente dos processos de mercerização ou caustificação para reuso.
- Comercializar as águas de lavagem, provenientes dos banhos de mercerização e caustificação, visto que são alcalinas e podem contribuir para neutralizar efluentes ácidos de outros segmentos industriais (sinergismo).
- Reutilizar as gomas (sintéticas e/ou modificadas) restantes de cada processo, em nova receita, considerando a compatibilidade para o fio.

6. Remoção de Cor do Efluente Têxtil

Ozonização

O ozônio (O_3) é um potente agente oxidante, duas vezes mais que o cloro. É utilizado no tratamento de efluente industriais, reduzindo a concentração de DQO e destruindo alguns composto químicos como fenóis e cianetos. É considerado eficiente na remoção de cor por oxidar matéria orgânica dissolvida e formas coloidais presentes nos corantes, restabelecendo a coloração natural do efluente. A sua ação é instantânea, enquanto o cloro necessita de elevadas doses e longo tempo de contato para se obter o mesmo efeito.

O custo de implantação do sistema pode ser elevado no caso de grandes vazões, uma vez que o sistema requer grande quantidade de energia elétrica.

A maior vantagem resultante da utilização do ozônio quando comparado com outros agentes oxidantes ou desinfetantes, é a geração de um efluente com baixa toxicidade e alta concentração de oxigênio dissolvido.

A cloração pode produzir organoclorados com alta toxicidade e cloraminas que além de tóxicas têm potencial mutagênico, isto é, podem causar modificação no código genético; enquanto que o ozônio tem produção parcial ou completa de matéria orgânica oxidada e oxigênio.

Recentemente foram desenvolvidos estudos em que o ozônio é aplicado no pré-tratamento de águas residuárias contendo especificamente corantes azo – *Orange II*, (Liakou, S e outros) tendo demonstrado efeito sobre a biodegradabilidade desses compostos. A ozonização é capaz de converter rapidamente a molécula de corante com um concomitante reduzindo a DQO e gerando compostos intermediários biodegradáveis. Estes compostos podem ser identificados como **oxalatos e benzenosulfonatos**.

▪ Uso de Polieletrólitos

O emprego do processo de tratamento físico-químico, associado ao tratamento biológico, foi implementado em uma determinada indústria têxtil, cujos resultados mostraram-se eficientes, com relação ao efluente final tratado.

Após equalização, o efluente é enviado a uma caixa de mistura acoplada a um tanque onde são adicionados sulfato de alumínio, resina e polieletrólitos, respectivamente.

As partículas que dão cor ao efluente são adsorvidas pelo polieletrólito, formando flocos que são direcionados para o decantador físico-químico, sendo que a massa sólida do decantador é lançada em um tanque de mistura, com adição de cal para posterior passagem pelo filtro prensa.

O líquido sobrenadante é encaminhado ao processo de lodos ativados, onde recebe também o esgoto oriundo da própria indústria. O lodo gerado é separado no decantador **biológico**, 80% do efluente final tratado, isento de cor, é reutilizado no processo industrial e o restante lançado ao corpo receptor.

O processo de aplicação de resinas e polieletrólitos é ilustrado no fluxograma da figura 6.

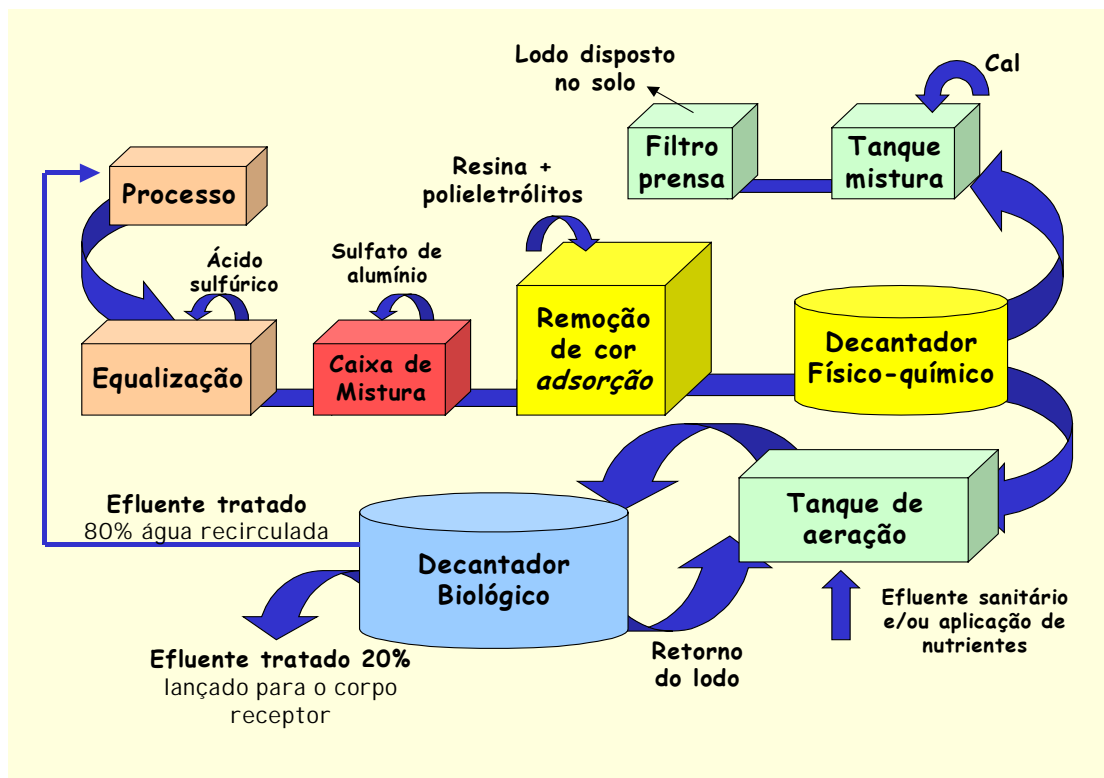


Figura 6 - Fluxograma de aplicação de resinas e polieletrólitos.

▪ Uso de Cloreto Férrico

A remoção de cor do efluente industrial através da adição de cloreto férrico como agente flocculante, foi estudada em uma indústria utilizando-se uma solução contendo $0,06492 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de $\text{FeCl}_3(\text{P.A.})$. A metodologia consistiu na utilização de testes de jarro (Jar-test) com 6 (seis) cubas com capacidade de 1 litro cada, empregando-se o liquor do tanque de aeração, onde continha diversas concentrações de FeCl_3 a serem testadas e uma cuba controle.

Os resultados observados mostram que a concentração de FeCl_3 ideal para remoção de cor no efluente do tanque de aeração, especificamente desta indústria estudada, está compreendido na faixa entre $194,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e $207,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, para um efluente bruto com 9.340 unidades de cor e $4.100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de sólidos em suspensão totais no tanque de aeração. A tabela 7 e a figura 7 apresentam os resultados do teste para remoção de cor (notar que a cuba *controle* apresenta **702** unidades de cor).

Tabela 7 - Resultado de remoção cor para adição de cloreto férrico no tanque de aeração.

Volume de FeCl ₃ 40% adicionado (ml)	Concentrações (mg.ℓ ⁻¹)	Valores obtidos para detecção de cor (Unid. Pt-Co)
-	Branco	702
2,6	168,7	26
2,8	181,7	21
3,0	194,7	16
3,2	207,7	17
3,4	220,7	24

Unid (Pt – Co) = unidades de cor - platina - cobalto

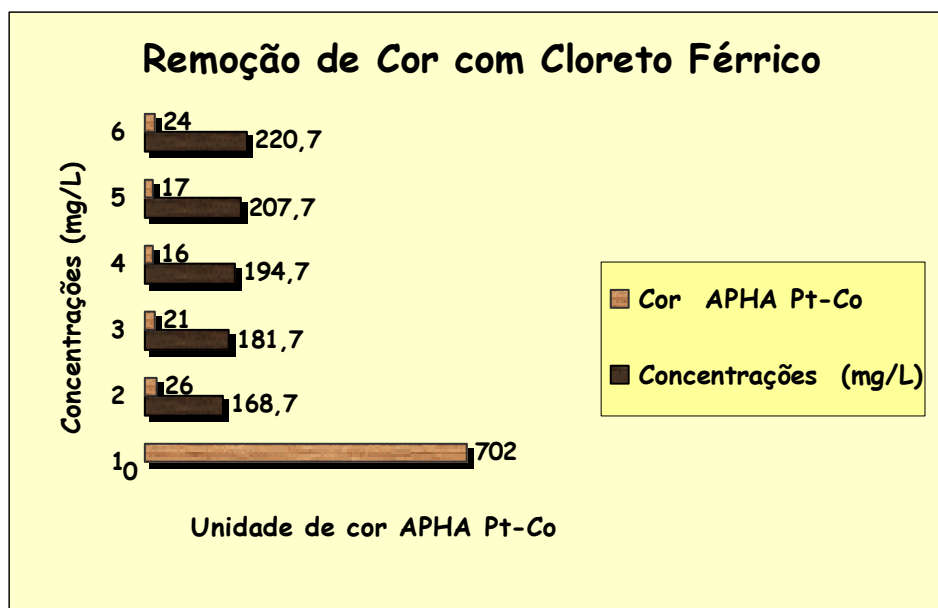


Figura 7 - Resultados do teste para remoção de cor no efluente do tanque de aeração

A concentração de FeCl₃ considerada eficiente para remoção de cor depende de alguns fatores, como a concentração de sólidos em suspensão totais e a unidade de cor presentes no tanque de aeração. É importante considerar a atividade microbiana dentro do processo, pois dependendo da concentração de FeCl₃ poderá ocorrer inibição dos microrganismos.

O emprego do cloreto férrico como floculante para remoção de cor no efluente do tanque de aeração, somente poderá ser consolidado após a determinação do efeito crônico deste composto no processo de tratamento, bem como no lodo biológico. Os resultados descritos neste manual são relativos ao efeito agudo, não sendo portanto conhecido os efeitos após longo período de aplicação.

▪ Biodegradação de Corantes "azo" sob Condições Anóxicas

Estudos recentes têm demonstrado a possibilidade de biodegradar corantes do tipo "azo" sob condições anóxicas. O *Bacillus subtilis* foi adaptado em meio de cultura artificial por Zizi e Lyberatos (1996). Constatou-se que, sob estas condições, estas bactérias, que não têm capacidade fermentativa, utilizam o nitrato ou nitrito como aceptor de elétron terminal, possibilitando a oxidação biológica de corantes "azo". Este mecanismo é descrito sucintamente na figura 8.



Figura 8 - Mecanismo de degradação dos corantes do tipo "azo" sob condições anóxicas.

Partindo desta hipótese, poderá ocorrer o mesmo **em sistemas de tratamento biológico por lodos ativados que possuem tanque anóxico**, pois se observou remoção de cor neste tipo de tanque na empresa Santista Têxtil S/A - Unidade de Americana, demonstrando a possibilidade de microrganismos estarem agindo na remoção de cor.

A remoção de cor observada no referido tanque anóxico pode ser atribuída a ação biológica de bactérias filamentosas, uma vez que estas, predominam nesse ambiente. A suposta bactéria responsável pela remoção de cor foi identificada pelos laboratórios da CETESB, como sendo do **tipo 1851**, segundo a taxonomia descrita no manual de David Jenkins, (1993). A figura 9 mostra as características morfológicas desse tipo de bactéria filamentosa.



Figura 9 - Características morfológicas da bactéria filamentososa *tipo 1851*, identificada nos laboratórios da CETESB, segundo manual de taxonomia de David Jenkins.

7. Otimização do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias (recomendações técnicas)

Considerando-se que as medidas de prevenção à poluição aplicadas no processo industrial, tais como: a segregação de efluentes, a substituição de produtos químicos, entre outros, refletem de maneira significativa no desempenho do sistema de tratamento de efluentes, são apresentadas recomendações técnicas, objetivando a otimização do processo de tratamento e a geração de um efluente final de melhor qualidade.

- A separação da solução alcalina de soda, presente em elevada concentração no efluente da tinturaria, para ser reaproveitada em outro segmento industrial. Esta medida acarretará menor consumo de agentes neutralizantes, com conseqüente redução de gastos e a possibilidade de se manter o pH dos tanques de aeração numa faixa ideal para proliferação dos microrganismos que irão depurar a matéria orgânica.
- A reutilização do efluente final do processo de tratamento para lavagens do filtro-prensa em substituição à água subterrânea.
- Nos sistemas de tratamento que apresentam elevadas variações de carga, mesmo após o tanque de equalização, sugere-se que o lançamento dos efluentes, principalmente do setor de engomagem, ocorra de forma gradual, evitando-se assim aumento repentino de carga orgânica, causando desequilíbrio na eficiência do tratamento.

8. Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, Mário et Mello e Castro, E. M., *Manual de Engenharia Têxtil*, Vol. II, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- CASTILHO, M. A., *Testes de Ozonização Alpargatas Santista*.
- CETESB. *Relatório Técnico Cermatex Indústria de Tecidos Ltda - Projeto Piloto de Prevenção à Poluição nas Indústrias do Setor Têxtil*, CETESB São Paulo, 2001.
- CETESB. *Relatório Técnico Santista Têxtil S/A - Projeto Piloto de Prevenção à Poluição nas Indústrias do Setor Têxtil*, CETESB São Paulo, 2000
- David Jenkins, Michael G. Richard and Glen T. Daigger “*Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*”, 1993 (2ª ed.).
- EPA. *Manual Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry*, EPA. Ohio, 1996.300 p (EPA/625/R-96/004).
- EVANS, Francis L., *Ozone in Water and Wastewater Treatment*.
- LYBERATOS, G. et Zizzi, U., “Azo-dye Biodegradation Under Anoxic Conditions,” *Water Quality International*. Vol.34, nº 5, pp. 495, 1996.
- SECRETARIA DE ENERGIA, Agência para Aplicação de Energia. *Manual de Administração de Energia*, São Paulo, 1998.
- McGEORGE, L.S.; Louis, J.B.; Athehold, T.B.; McGarraty, G.J., *Mutagenicity Anlysis of Industrial Effluents: Results and Consideration for Integration into Water Pollution Control Programs.*, New York, Plenum Press, p.247-67, 1985.
- MURAKAMI, D., *Utilização do Teste de Ames para Avaliação da Mutagenicidade de Lodos Biológicos Provenientes de Indústrias Têxteis*, São Paulo, 1998. [Monografia para obtenção do grau de bacharel em Biologia – Universidade Mackenzie].
- SCHONBEREGER, Harald. *Pollution Prevention and Waste Reduction in the Testile Industry*. Gottenheim, Germany, 1999
- SNOWDEN-SWAN, Lesley J., *Pollution Prevention in Textile Industries*. Richoland, Washington.
- Tomes Plus – RETCS – Micromedex vol. 29 de 31/07/96.
- TUNAY, O. et al, ”Color Removal From Textile Wastewaters,” *Water Science & Technology*. Vol.34, nº 11, pp. 0-16, 1996.

Expediente

**Departamento de
Desenvolvimento e Capacitação Tecnológica**
Eng^a Tânia Mara T.Gasi

Coordenação Técnica
Eng^a Elza Yuriko Onishi Bastian
**Divisão de Desenvolvimento da Qualidade
e Instrumentos de Gestão**

Equipe Técnica
Quim. Mateus Sales dos Santos
Biom. Lucila Ramos Ferrari
Biol. Maria da Glória Figueiredo
Setor de Técnicas de Prevenção a Poluição

Apoio
Agência Ambiental de Americana

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP: 05459-900 - São Paulo - SP
Fone: (011) 3030-6000 – Fone/Fax: (011) 3030-6402
Site: <http://www.cetesb.sp.gov.br>

**Diretoria da
CETESB**

Diretoria de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia

Fernando Cardozo Fernandes Rei

Diretoria de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental

Primo Pereira Neto

Diretoria de Controle da Poluição Ambiental

Orlando Zuliani Cassetari

Diretoria Administrativa e Financeira

Galba de Faria Couto

Governo do Estado de São Paulo
Geraldo Alckmin • *Governador*

Secretaria de Estado do Meio Ambiente
José Goldemberg • *Secretário*

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Dráusio Barreto • *Diretor Presidente*



**SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE**



**GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO**

*Firme e presente,
cuidando de gente.*
