

CENTRO PAULA SOUZA



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

TECNOLOGIA TÊXTIL

LEONARDO DOUGLAS CAMIOTTI

Prof.^a Doralice de Souza Luro Balan

TINGIMENTO DE ÍNDIGO E SEUS EFLUENTES

AMERICANA / SP

2011

CENTRO PAULA SOUZA



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

TECNOLOGIA TÊXTIL

LEONARDO DOUGLAS CAMIOTTI

TINGIMENTO DE ÍNDIGO E SEUS EFLUENTES

Trabalho Monográfico desenvolvido em cumprimento a exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia Têxtil da Fatec (Faculdade de Tecnologia de Americana), sobre a Orientação e Supervisão da Profª. e Dra. Doralice de Souza Luro Balan – Área Ambiental e Química.

Orientadora: Doralice de Souza Luro Balan

AMERICANA / SP

2011

LEONARDO DOUGLAS CAMIOTTI – RA 091445

TINGIMENTO DE ÍNDIGO E SEUS EFLUENTES

Trabalho / Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo no curso de Tecnologia Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana.

Banca Examinadora

Orientadora: _____

Professora Doutora Doralice de Souza Luro Balan

Professor da Disciplina: _____

Professor Mestre José Fornazier Camargo Sampaio

Professor Convidado: _____

Professor Especialista Daives Arakem Bergamasco

Defesa : __/12/2011

AMERICANA / SP

2011

Dedico esse trabalho a todos que tem como objetivo aprender e ter um conceito de como se deve produzir e preservar o que temos de mais precioso: A Nossa Água.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me dar saúde e forças para alcançar meus objetivos.

Á minha esposa Sandra e minha filha Ana Julia, por serem as pessoas mais importantes na minha vida.

Aos amigos da faculdade que me deram todo o apoio para que eu não desistisse do meu objetivo.

Á todos os professores que me deram todo o amparo intelectual necessário.

*“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro e, ninguém é totalmente destituído de valores que não possa ensinar algo ao seu irmão”
(São Francisco de Assis).*

RESUMO

Se tratando do processo de tingimento usando o corante índigo é possível ver sua transformação, do azul na sua forma natural já oxidada. Porém quando ele está reduzido sua cor muda completamente da cor azul se torna um amarelo, e então ao entrar em contato com o ar ele volta a sua cor original. Embora o processo seja bonito de se ver, agora sua transformação no tingimento é espetacular ao passar pelas caixas de tingimento o fio de algodão fica completamente verde e ao entrar em contato com o ar volta a ficar azul devido sua oxidação. Lembrando que para se tingir o consumo de água é muito grande para poder lavar o excesso do corante que não se fixou totalmente na fibra. Toda empresa que possui o tipo de maquinário para esse tipo de tingimento tem que ter um tratamento de efluente para se tratar a água que sai dessas máquinas e assim devolve-la limpa e livre de substâncias químicas ao meio ambiente.

Palavra chave: tingimento, índigo, efluente, meio ambiente.

ABSTRACT

About the dyeing process with the indigo pigment, it's possible see his transformation from blue in your natural form already oxidized. But when he is reduced changes completely his color from blue becomes yellow, and then on contact with air ir back to the original color. Although the process is beautiful to see, now the transformation in the dyeing is spectacular when go pass through boxes of dyeing the cotton yarn became completely green and on contact with air retour to blue due to his oxidation. Remember that to dye the water consumption is very large in order to wash the excesso dye that is not totally fixed on the fiber. Every company that has this type of machinery for this dye must have a wastewater treatment to treat the water coming out of these machines and so return clean and free of chemicals to the environment.

Keywords: dyeing, indigo, efluente, environmental.

LISTA DE FIGURAS

Figura1 : Planta do corante índigo (índigofera tinctoria).....	04
Figura2: Blocos de índigo natural.....	05
Figura3: Formula molecular do índigo.....	06
Figura4: Formula molecular do índigo sintético.....	06
Figura5: Esquema de foulardagem, DIP.....	07
Figura6: Corte do fio e as camadas de tingimento.....	08
Figura7: Primeira máquina em continuo em cordas.....	10
Figura8: Fluxo do processo.....	11
Figura9: Ball Warper.....	12
Figura10: Vista traseira de uma máquina de tingimento a corda.....	12
Figura11: Vista dos rolos entrando na máquina para tingimento.....	13
Figura12: Re-beaming.....	13
Figura13: Máquina multi-caixas.....	14
Figura14: Máquina multi-caixa.....	14
Figura15: Centro Ourela.....	16
Figura16: Urdideira continua.....	16
Figura17: Gaiola.....	16
Figura18: Fluxo de Processo.....	17
Figura19: Penetração do Corante na Fibra em Relação ao pH.....	18
Figura20: Distribuição do Corante no Fio.....	19
Figura21: O fluxo do Corante Pré-Reduzido.....	20
Figura22: Distribuição da Água no Mundo.....	23
Figura23: Fluxograma Esquemático da ERA.....	38
Figura24: As Grades.....	42
Figura25: Caixas de Areia.....	43
Figura26: Bombas Parafuso.....	43
Figura27: Decantadores Retangulares.....	44
Figura28: Decantadores Circulares.....	45
Figura29: Sistema de Aeração.....	47

LISTA DE TABELAS

- 1** - Nome e origens das plantas de onde se é extraído o corante índigo
- 2** - Porcentagem de água existente nos continentes.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO Demanda Química de Oxigênio

SUMÁRIO

Introdução	01
Capítulo 1: História do Índigo	02
1.1 Historicamente Temos	02
Capítulo 2: Como se Obtém o Índigo Natural	04
2.1 Obtenção do Índigo Sintético.....	06
2.2 Características do Tingimento no Índigo.....	07
2.3 Tecnologia de Tingimento do Índigo.....	08
2.3.1 Rope Dye.....	09
2.3.2 Entrada das Cordas antes do Tingimento.....	12
2.4 Tipo de Defeito Comum que ocorre no Tingimento do Corante Índigo.....	15
2.5 Parâmetros do Tingimento do Índigo.....	17
2.5.1 Principais Parâmetros.....	17
2.6 Índigo Pré-Reduzido.....	19
Capítulo 3: A Água Nossa de cada Dia	21
3.1 Distribuição Hídrica.....	22
3.2 Bacias Hidrográficas.....	24
3.3 Ciclo da Água.....	24
3.4 Poluição Ambiental.....	25
3.5 Tratamento de Água.....	27
3.5.1 Análise de Água Típica.....	27
3.5.2 Características da Água.....	28
3.5.3 Turbidez.....	28
3.5.4 Cor.....	29
3.5.5 Ferro.....	29
3.5.6 Dureza.....	30
3.5.7 Sílica.....	30
3.5.8 Gases Diversos.....	31
3.6 A Clarificação das Águas.....	31
3.6.1 Noções Básicas.....	31
3.6.2 Sólidos Suspensos.....	32

3.6.3 Coagulação.....	32
3.6.4 Pré-Decantação.....	33
3.6.5 Finalidade da Pré-Decantação.....	33
3.6.6 Tipos de Decantadores.....	34
3.6.7 Resultados Esperados.....	34
3.7 Clarificação.....	35
3.7.1 Finalidade.....	35
3.7.2 Mecanismos de Coagulação.....	35
3.7.3 Compostos Químicos Utilizados.....	35
3.7.4 Propriedades dos Coagulantes.....	36
3.7.5 Coadjuvante de Flocculação.....	36
Capítulo 4: Processos de Tratamento Utilizados pela Indústria Têxtil	37
4.1 Fluxo do Processo de Tratamento de Efluente gerado pela Indústria Têxtil.....	38
4.1.1 Se tratando no Caso de Reutilização da Água Tratada.....	38
4.2 Processos.....	39
4.2.1 O efluente passa pelos Processos.....	39
4.3 Tratamento de Efluentes.....	41
4.4 Grades.....	42
4.5 Caixas de Areia.....	42
4.6 Bombas Parafuso.....	43
4.7 Decantadores Retangulares.....	44
4.8 Decantadores Circulares.....	44
4.9 Tratamento Biológico Aeróbio.....	45
4.10 Sistemas de Aeração.....	46
4.11 Sistema de Desidratação de Lama.....	47
Considerações Finais.....	48
Referências Bibliográficas.....	49
Apêndice.....	50

Introdução

Este trabalho apresentará informações sobre o corante índigo, sua origem e como é realizado seu processo de tingimento. Os tipos de maquinários em que se faz o tingimento, suas vantagens e desvantagens, os tipos de tecnologia para este trabalho.

Conheceremos também as quantidades de água utilizadas nesse processo, o efluente líquido gerado, seu tratamento, por onde passa até chegar novamente ao meio ambiente livre de contaminações e resíduos.

Souto (2007) relata que atualmente estima-se o consumo mundial anual de tecidos tingidos com índigo acima de 3 bilhões de metros lineares. O Brasil é um dos principais produtores destes tecidos com capacidade de 600 milhões de metros lineares/ ano. Os maiores consumidores são Estados Unidos, Europa e Japão representando juntos mais 65% do mercado mundial de consumo.

Sperling (2005) aponta a importância da realização de tratamentos de efluentes e assim, relata que os mais utilizados são os tratamentos físico-químicos e os biológicos por lodo ativado. A escolha do processo de tratamento dependerá das características do efluente, da qualidade final requerida pela legislação, custo, disponibilidade de área e tecnologia adequada.

Capítulo 1: História do Índigo

Segundo Lima e Ferreira (2007); índigo vem do grego “*indikon*” e do latim “*indicum*” que era uma substância vinda da Índia local onde ele era extraído e comercializado, na época do Império Greco-Romano.

O índigo é um dos pigmentos mais utilizado no mundo, há pelo menos 5.000 anos. Foi usado na idade do ferro e ainda nos tempos de hoje é popularmente conhecido como a cor que se tingem as calças *jeans*.

Os pesquisadores e peritos dizem que as múmias egípcias do terceiro milênio, antes de Cristo, já possuíam em suas vestimentas, linho tinto com o índigo.

Sendo assim pode-se perceber que há evidências do uso do índigo em quase todas as civilizações.

O índigo era à base de numerosas tradições têxteis através da África Ocidental, muito utilizado até ser fabricado o índigo sintético.

Na época, transformar o tecido branco no azul era uma habilidade misteriosa e altamente valiosa passada pelos tintureiros de geração a geração.

1.1 - Historicamente temos:

2600 A.C. – As tinturas naturais mais antigas registradas foram produzidas na China por volta desta época.

55 A.C. – Os romanos encontraram na França as “*picti*” (pessoas pintadas) que usavam o anil para pintarem-se.

2 e 3 A.D. – Os têxteis romanos deste período abusavam da cor rubra do azul do índigo.

100 – Primeira produção em grande escala de índigo no Império Romano.

1495 – Após a abertura das rotas pelo mar para a Índia, o comércio de índigo com a Grã Bretanha chegou a ser o mais importante.

1771 – O ácido pícrico é descoberto pela reação do ácido nítrico com o índigo.

1865 – Adolf Von *Baeyer* começou seu trabalho sobre o índigo, que propiciou mais adiante ao descobrimento do *Indoxyl* e a síntese parcial do índigo.

1878 – Síntese do índigo sintético é anunciada por Adolf Von *Baeyer*.

1883 – Adolf Von *Baeyer* anunciou a estrutura química do índigo.

1897 – Comercialização do índigo sintético que resultou na disponibilidade de um processo mais viável comercialmente.

1932 – A produção comercial do índigo natural cessou na Inglaterra.

Capítulo 2: Como se Obtém o Índigo Natural

Pode-se obter o índigo de várias plantas, de diversos tipos e gêneros que existem em vários países do mundo em que vivemos.

As mais conhecidas e importantes são:

Nome científico	Região
Indigofera arrecta	África, Índia, Indonésia
Indigofera suffruticosa	América, África, Ásia
Indigofera tinctoria	Ásia, Índia
Isatis tinctoria	Ásia, Cáucaso, Europa

Tabela 1: Nome e origens das plantas de onde se é extraído o corante índigo. Fonte: “Índigo: Tecnologias – Processos – Tingimento – Acabamento” (13).

A *indigofera* foi uma das mais importantes plantas para a retirada do corante índigo muito comercializada na Índia no século XX



Figura 1 – planta do corante índigo (*indigofera tinctoria*).

A planta que se dá origem ao índigo semeia-se a cada ano por motivos práticos. Quando as flores se abrem são cortadas até a raiz, sua colheita ocorre entre 2 a 3 vezes por ano.

A planta é desidratada e submetida a uma fermentação úmida por meio da bactéria *Clostridium isatidis*.

O indicano que é contido na planta, em forma de glucosídeos, se desdobra pela fermentação em *indoxyl* e uma espécie de açúcar (indiglucina), reduzindo-se a primeira em índigo branco.

Com a ação do oxigênio contido no ar e devido os processos mecânicos (macerado com pás, bastões e outros utensílios.), reoxida-se o índigo branco, e o anil, que se deposita na forma de torrões ou grãos.

Após a deposição, o grão é separado do caldo deixando ele totalmente escuro depois dessa fase, se lava com água e faz o cozimento, após isso ele é desidratado.

Cerca de 100 kg de planta dessecada produzem de 1,5 kg a 2 kg de índigo.

Atualmente, a despeito das inúmeras dificuldades, muitas pessoas na Ásia ainda produzem o índigo natural.



Figura 2 - blocos de índigo natural.

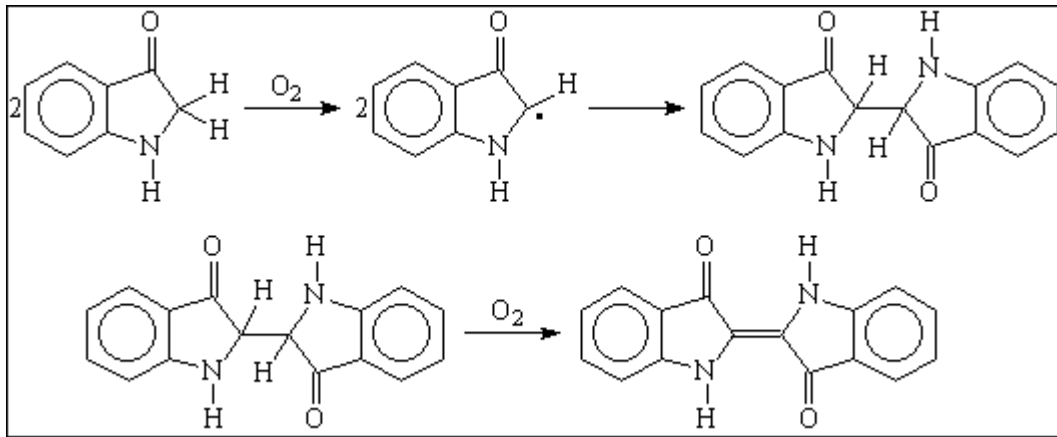


Figura 3 - Fórmula molecular do índigo

2.1 – Obtenção do Índigo Sintético

Ainda segundo Lima e Ferreira (2007), o índigo sintético é produzido pela união de duas moléculas de fenilglicinato de sódio (industrialmente obtida da anilina), hidróxido de sódio e amideto de sódio (sodamina).

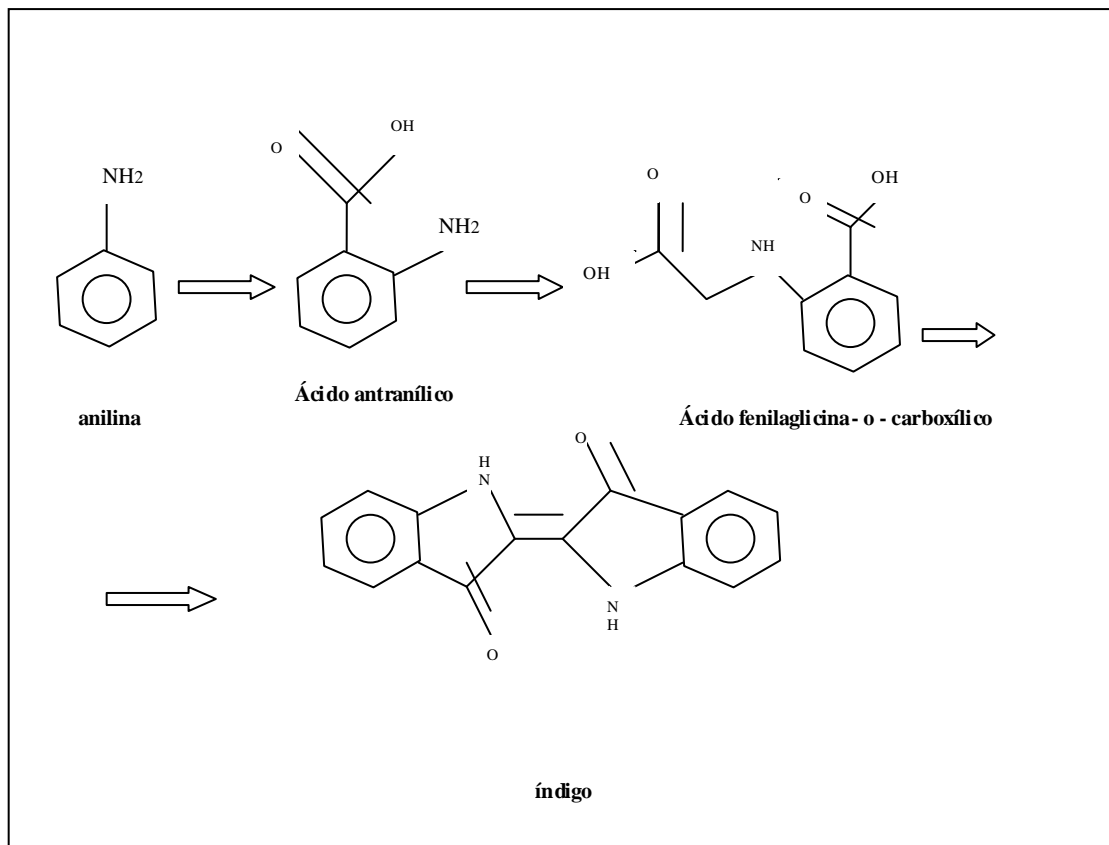


Figura 4 - Formula molecular do índigo sintético.

2.2 - Características do Tingimento do Índigo

O corante índigo por sua vez se torna único, devido o seu método de tingimento sobre os fios de algodão.

O método de tingimento do índigo que se faz hoje em dia pode-se dizer que é o mesmo desde o início da sua síntese, a mais de cem anos.

A única diferença é que hoje em dia temos tecnologias avançadas para fazer esse tingimento.

Apesar de ser um corante muito popular ele tem baixa afinidade com a fibra de algodão, devido sua molécula ser muito pequena.

Para se tingir a fibra de algodão o corante deve estar em sua forma reduzida em uma solução alcalina.

Para conseguir um bom resultado e uma boa impregnação na fibra deve-se passar pelo processo de foulardagem, várias vezes deixando que o próprio ar o oxide naturalmente, a cada vez que a fibra sai de uma das caixas do tingimento, isso é chamado de ciclo ou dip, no tingimento em geral se varia entre 3 a 8 ciclos.

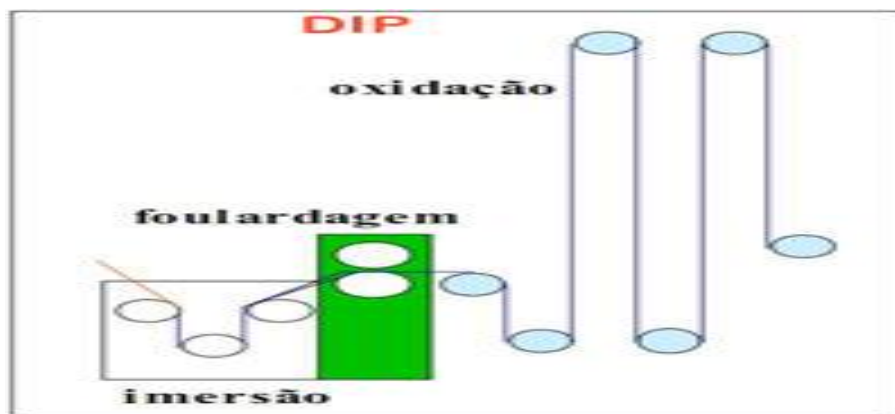


Figura 5 – dip / ciclo.

O número ideal de caixas de tingimento depende da intensidade de cor requerida: poucas caixas fornecem uma intensidade baixa. Outro fator é a solidez, que para uma mesma cor, quanto maior o número de caixas maior será a solidez do tingimento, ou seja,

quanto maior o número de caixas, menor a concentração de índigo no banho de tingimento e com isso a fixação do corante na fibra será maior.

Recomenda-se durante o tingimento que o banho circule no mínimo de 3 a 4 vezes por hora para manter a uniformidade das concentrações de corante, hidrossulfito de sódio e soda cáustica.

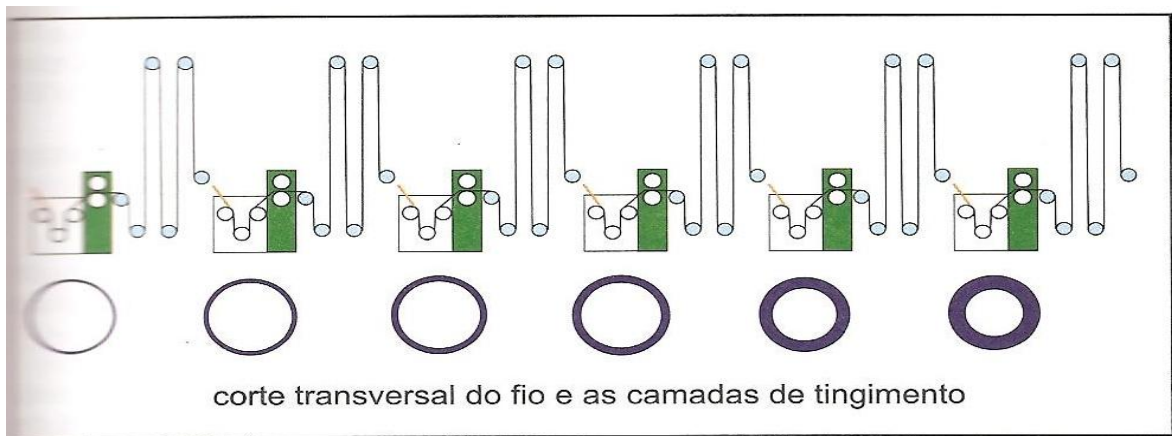


Figura 6 – corte do fio e as camadas de tingimento.

O tempo de imersão se rege pelo tipo de instalação de tingimento e pela velocidade de produção.

Nas instalações das máquinas multi-caixas o tempo de imersão varia de 4 a 15 segundos.

Se o tempo de imersão é inferior a 8 segundos, a solidez em tons escuros é limitada. Tingindo-se em cabo, o tempo de imersão varia de 12 a 20 segundos.

Em teoria, a relação entre imersão e oxidação é de 1,6, para cada metro de imersão são necessários 6 metros de oxidação, exceto para as máquinas equipadas com equipamentos de oxidação forçada.

2.3 - Tecnologia de Tingimento de Índigo

No mundo existem três tecnologias de tingimento de índigo: máquinas em corda, máquinas multi-caixas e máquinas loop, cada uma com suas vantagens e desvantagens, e um motivo claro para sua utilização.

- Rope dye (corda)
- Slasher dye (multi-caixas)
- Loop dye (loop, também chamadas girotex).

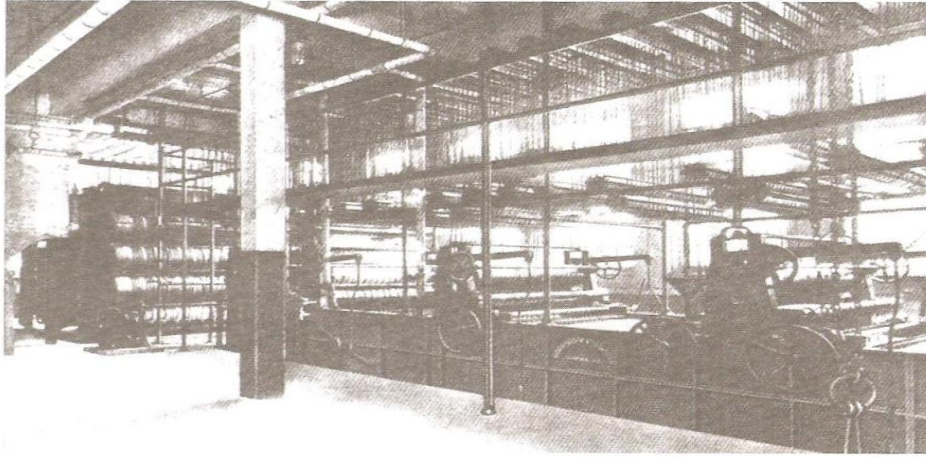
As máquinas em aberto, que trabalham diretamente dos rolos de urdideira, necessitam de um acumulador para evitar paradas no tingimento quando da troca do rolo engomado, que resultariam em metragens manchadas ou de segunda qualidade.

Estes acumuladores podem acumular fio suficiente para até 6 minutos de parada da cabeça da engomadeira sem que o sistema de tingimento sofra qualquer interferência.

Dependendo do fabricante da máquina podem ser instalados após as caixas de lavagens (acumulador em úmido) ou após a secagem (acumulador em seco). Os acumuladores a úmido podem reduzir a elasticidade dos fios tintos e os acumuladores a seco podem aumentar o índice de ruptura nos fios tintos, pois o acúmulo dos fios se dá após a engomagem. A grande maioria das máquinas tipo “loop” tem o acumulador em seco e a grande maioria das máquinas “multi-caixas” têm os acumuladores em úmido. Como as instalações de tingimento são feitas sob encomenda e personalizadas, este assunto deve ser bastante discutido antes de sua definição.

2.3.1 - Rope Dye (corda)

“A primeira máquina de tingimento de índigo em contínuo foi uma máquina em cordas construída em 1920 pela Coocker Machine & Foundry Company (USA), nas instalações da Cone Mills (Greensboro USA) e sua montagem levou seis meses”. (LIMA e FERREIRA, 2007).



Primeira máquina do mundo em contínuo cordas

Figura 7 – primeira máquina em contínuo de cordas.

As máquinas em corda podem trabalhar de 12 a 48 cabos e possuem entre 300 a 450 fios/cabo, dependendo do número total de fios de urdume. Os cabos são alimentados lado a lado na instalação de tintura (rope dye). Depois de tintos, são abertos e re-urdidos (re-beaming), e engomados da forma tradicional.

Principais vantagens:

- Produtividade alta
- Não existem paradas nas trocas de partidas.
- Excelente uniformidade ourela/meio no tecido final.
- Pouco desperdício de fio.
- Altas eficiências de tingimento.
- Alta solidez.

Principais desvantagens:

- Alto investimento.

- Necessidade de espaço físico, geralmente 100% maior do que uma multi-caixas.
- Perda de elasticidade dos fios.
- Os cabos devem abrir-se após a tintura (re-beaming).
- Custos adicionais pelo uso de amaciante para abertura das cordas.
- Grande volume do banho de tingimento.
- Limitação do título do urdume geralmente até Ne 20/1.
- Maior mão de obra requerida.

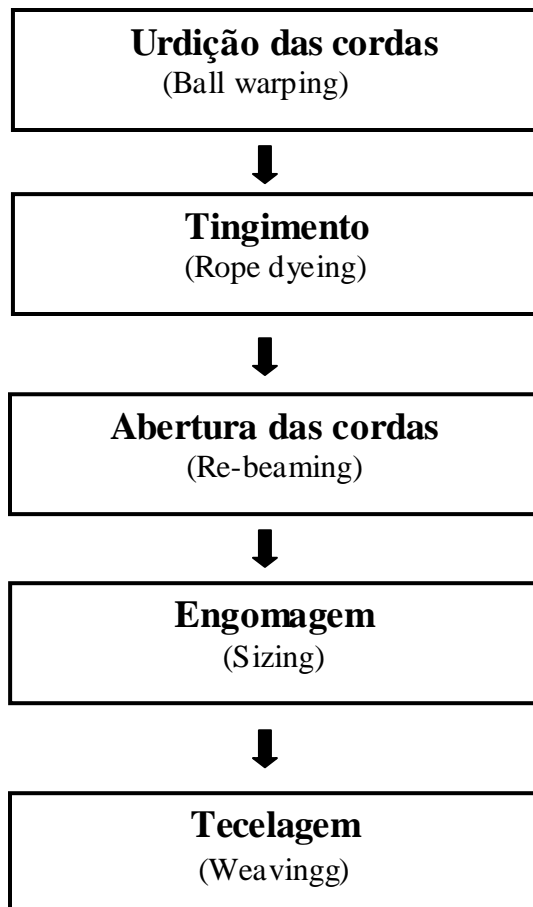


Figura 8 - Fluxo do Processo

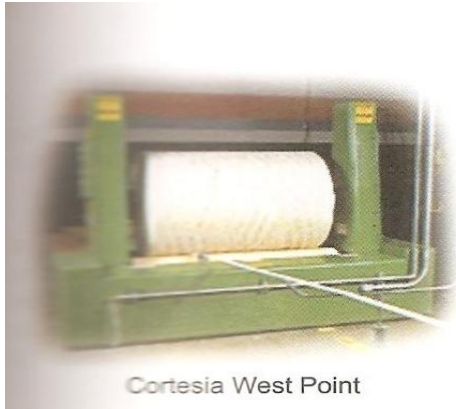


Figura 9 - BALL WAPER

O *Ball Warper* é utilizado para a fabricação de cordas para o carregamento das máquinas.

São feitos rolos onde se colocam na gaiola da máquina para então dar início no tingimento, normalmente se faz com rolos de 300 a 400 fios/corda.

2.3.2 - Entrada das cordas antes do tingimento



Figura 10 - Vista traseira de uma máquina de tingimento a corda.



Cortesia Morrison Textile Machinery

Figura 11 – vista dos rolos entrando na máquina para tingimento.



Re-beaming - cortesia West Point

Figura 12 - RE-BEAMING

Re-beaming são fios que foram tintos na máquina de corda e trazidos para a máquina onde as cordas vão separar fio a fio formando um rolo de urdume já tinto, depois de feitos os rolos vão para outra máquina chamada de engomadeira onde serão engomados e levados direto para tecelagem para fabricar o tecido.



Figura 13 – máquina multi-caixas.



Figura 14 – máquina multi-caixas.

No ano de 1970 se deu início na Europa a tecnologia de tingimento de fios em máquinas multi-caixas.

Devido ser muito simples o tingimento nas máquinas de corda, houve um incremento muito grande nesse equipamento, tornando assim bastante popular.

Neste sistema os rolos de urdume são agrupados a partir de uma gaiola, a da engomadeira de rolos já tintos.

Principais vantagens:

- Instalação compacta (menor espaço requerido em relação a máquina de cordas);
- Possibilidade de tingimento de fios finos para camisaria;
- Produção contínua desde os rolos de urdideira até os rolos da engomadeira;
- Baixo volume do banho de tingimento (em relação à máquina de cordas);
- Flexibilidade na troca de artigos;
- Adequada para tingimento de denim colorido;
- Baixo investimento em relação à máquina de cordas;
- Mão de obra reduzida em relação a máquina de cordas.

Principais desvantagens:

- Possibilidade de variações centro/ourela;
- Perda de produtividade devido à troca de partida;
- Maior tendência à formação de estopas devido às trocas de partidas;
- Ocorrência de manchas na troca de rolada.

2.4 - Tipo de defeito comum que ocorre no Tingimento do Corante Índigo

Esse tipo de defeito é conhecido como centro ourela, para se evitar esse tipo de defeito, a máquina de tingimento deve estar com o Foulard bem regulado, ou seja, alinhados.



Figura 15 – centro ourela.



Figura 16 – urdideira contínua.

A urdideira é a máquina responsável em fazer os rolos de urdume para o carregamento da gaiola da multi-caixa.



Figura 17 – gaiola.

A Gaiola é a parte da máquina multi-caixa onde se coloca os rolos que saíram da urdideira.

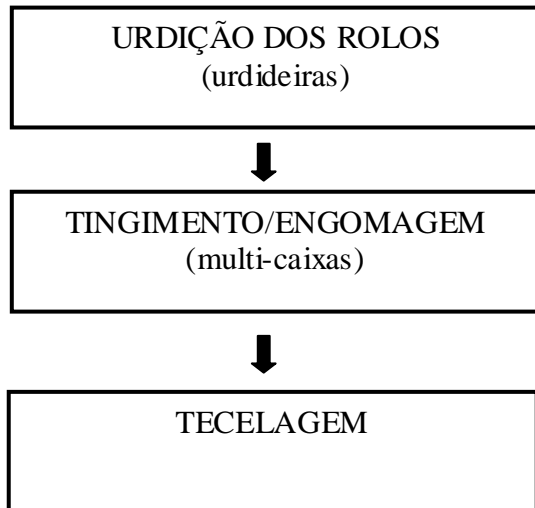


Figura 18 – fluxo do processo.

2.5 - Parâmetros do Tingimento do Índigo

No tingimento de índigo deve-se ter um controle rigoroso para que se possa garantir uma boa qualidade.

2.5.1 - Principais parâmetros:

Água: deve ser limpa, livres de partículas, seu PH deve estar neutro, e também deve estar livre de ferro e sais minerais, ou seja, deve ser uma água com dureza baixa.

Velocidade: deve se manter sempre igual para evitar tonalidades diferentes no mesmo lote de tingimento.

Concentração do corante: se deve manter um controle constante da concentração do banho de tingimento para se evitar tonalidades diferentes. Para fazer isso o ideal seria medir a concentração do banho pelo menos a cada trinta minutos para ter um controle correto.

Concentração do hidrossulfito de sódio: também se deve ter um bom controle desse produto, devido ele ser o principal redutor do corante índigo, num tingimento o ideal é ele ficar entre 0,25 g/l a 0,50g/l se no caso ficar abaixo disso a tendência é a cor ficar mais suja e opaca. No caso se a concentração ficar mais alta do que 0,50 g/l a tendência é ficar mais limpa e esverdeada.

PH: também deve ter um controle rigoroso do pH pois ele também influencia na cor, o pH ideal para se trabalhar é de 11,5 se ficar acima desse valor sua tendência é que o corante penetre mais dentro da fibra e sua coloração passa a ficar avermelhado-brilhante, no caso de ficar abaixo do ideal sua tendência é penetrar menos na fibra e sua coloração passa a ficar esverdeado-opaco.

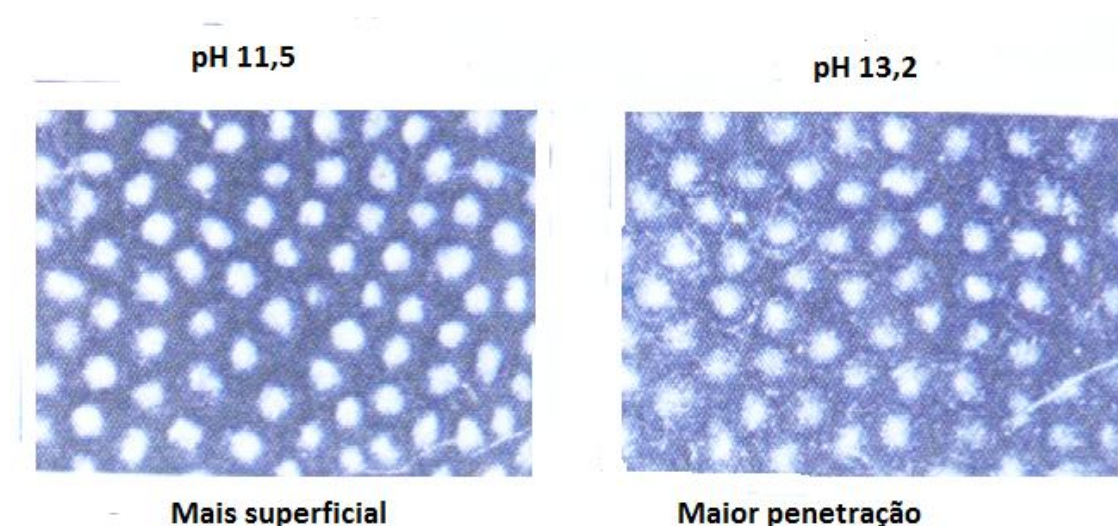


Figura 19 – penetração do corante na fibra em relação ao PH.

DISTRIBUIÇÃO DO CORANTE DE ÍNDIGO NO FIO EM FUNÇÃO DO pH

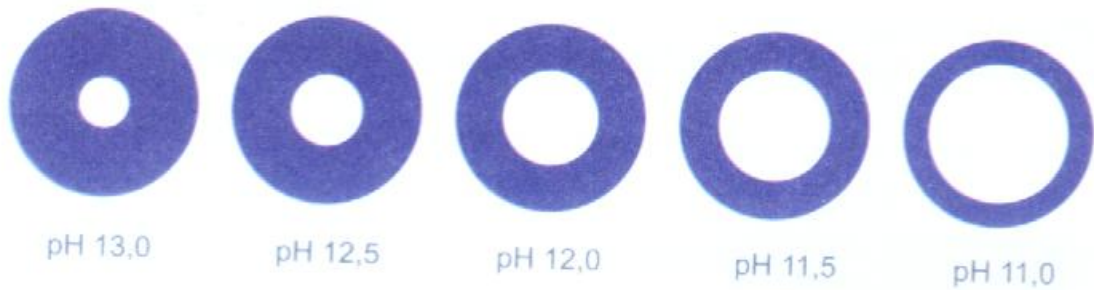


Figura 20 – distribuição do corante no fio.

Temperatura do banho: deve ser em temperatura ambiente, o aumento da temperatura no tingimento pode acarretar em variação de tonalidade e o aumento do consumo do hidrossulfito de sódio.

2.6 - Índigo Pré-Reduzido

Hoje em dia a maioria das empresas que realizam esse tipo de tingimento utiliza o índigo pré- reduzido devido ser muito simples e fácil de manusear, normalmente o índigo vem em container ou caminhões fechados, as empresas possuem tanques que varia o tamanho de acordo com sua produção, o sistema é bem simples, do tanque existem tubulações pressurizadas que vão até a cozinha química.

Da cozinha química tem as distribuições através de encanamentos que vão até a máquina, ou seja, do tanque de índigo, passa pelo tanque mix onde se adiciona o hidro e a soda para redução do banho e através de bombas são distribuídos para as máquinas.

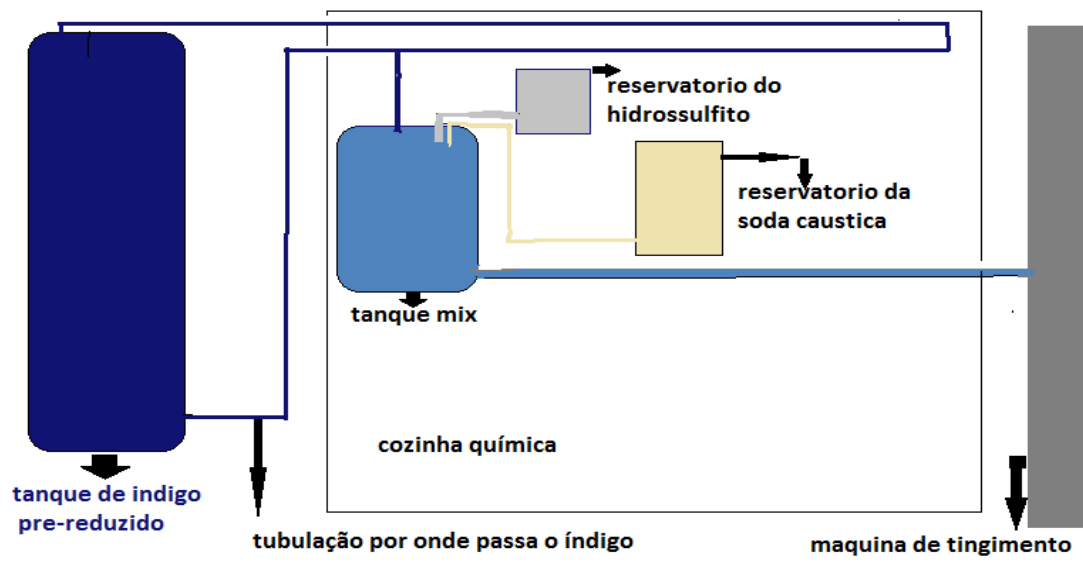


Figura 21 – o fluxo do corante pré-reduzido.

Capítulo 3: A Água nossa de cada Dia

Sabe-se que o ser humano necessita de uma quantidade mínima de água, para ser resposta no organismo. Essa água tem que possuir características mínimas de potabilidade, ou seja, isenção de impurezas e patogenias. Dar essas características a água oferecida à população, junto com a abundância necessária para suprir uma demanda cada vez maior, tem sido um desafio crescente.

Os recursos hídricos estão cada vez mais escassos e a qualidade cada vez pior e, isso tem sido exigido investimentos em tecnologia nos processos de tratamento, o que por sua vez encarece o produto final, a água potável.

Segundo a Apostila do Colégio Pró-Cultura de Americana do 1º Semestre do Curso Técnico de Química:

O quadro de escassez destes recursos, imprescindíveis a nossa vida tem levado a construção de um cenário pessimista, por vários especialistas de diversas organizações mundiais, que apontam um aumento da população sem acesso a água tratada e um conseqüente comprometimento na produção de alimentos. Acredita-se até, que disputas armadas possam ocorrer no que tange ao uso da água. Alguns organismos financeiros cogitam a especulação da disponibilidade hídrica como fator preponderante no desenvolvimento de um país e especulam até que a água será o recurso natural mais importante deste século.(2003)

Embora o nosso planeta seja coberto por mais de 70% de água apenas 0,0081% dessa água é doce e está disponível para o consumo humano.

Os mananciais próximos as grandes concentrações populacionais tem sofrido com o descaso e estão a mercê das maiores atrocidades quanto ao lançamento de detritos de origem doméstica, industrial ou agrícola, o que agrava sensivelmente o nosso quadro de desolação e de dúvida num futuro...

É necessária uma postura do Estado de respeito aos recursos naturais no desenvolvimento de seus projetos, no incentivo a programas de Educação Ambiental em todos os níveis de educação formal ou informal, no investimento de técnicas nas concessionárias responsáveis pelo fornecimento de água à população, em campanhas de orientação quanto à forma de uso adequado e racional da água e do combate efetivo ao desperdício.

Porém não é só do Estado que se devem esperar ações, mas na verdade de todos, a Comunidade deve desempenhar o seu papel se auto policiando através de medidas simples aplicadas no seu dia-a-dia visando a redução do consumo e principalmente do desperdício da água. Já o setor Industrial também tem sua parcela de participação no investimento de projetos e processos que exijam consumo de água cada vez menor e tratamentos eficientes de seus efluentes, entre outros.

Para que a água não seja um privilégio de poucos, ou de nenhum, é necessária a ação de todos com responsabilidade e empenho.

3.1 – Distribuição Hídrica

De toda água existente no planeta, ou seja, 1.380,000 Km³, 97,30% é água salgada e apenas 2,70% água doce. Da água doce disponível na terra, cerca de 37.000 Km³, 77,20% encontra-se na forma de gelo nas calotas polares (28.564 Km³), 22,40% é de água subterrânea (8.288 Km³), 0,35% encontra-se nos lagos e pântanos (128,00 Km³), 0,04% encontra-se na atmosfera (16,00 Km³) e apenas 0,01% da água doce estão nos rios (4,00 Km³). (Apostila do Colégio Pró-Cultura de Americana do 1º Semestre do Curso Técnico de Química).

Assim restam efetivamente cerca de apenas 0,0081% de toda água doce do planeta com qualidade para captação direta e conseqüentemente nossas necessidades mais imediatas.

Podemos quantificar a utilização de água em escala mundial, sendo 73% utilizada na agricultura, 21% nas indústrias e restando apenas 6% para atender a demanda da população mundial.

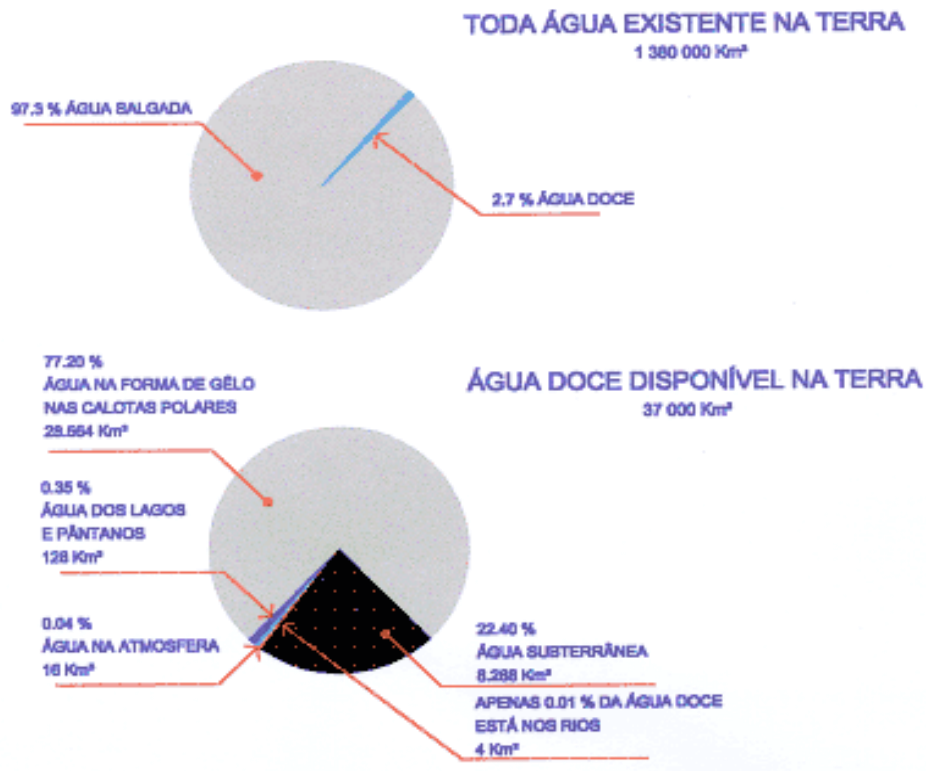


Figura 22 – distribuição da água no mundo.

Em cada continente existe uma porcentagem de água, como podemos verificar abaixo:

ÁFRICA:	10,00%
AMÉRICA DO NORTE:	18,00%
AMÉRICA DO SUL:	23,10%
ÁSIA:	31,60%
EUROPA:	07,00%
OCEANIA:	05,30%
ANTÁRTIDA:	05,00%

Tabela 2 – Porcentagem de água existente nos continentes – Fonte: www.dae.sp.gov.br / acessado em 11/11/2011.

O Brasil pode se considerar numa situação de privilégio quanto à disponibilidade de água em relação ao mundo, pois dispomos de cerca de 12,00% de toda água doce do planeta. Porém o maior problema está relacionado com a distribuição desta água no país e, sua maior concentração é inversamente proporcional à distribuição populacional, assim a região norte detém os maiores percentuais. Já o Estado de São Paulo que possui o maior índice demográfico do país, possui apenas cerca de 1,60% da água doce brasileira.

3.2 - Bacias Hidrográficas

Podemos definir como sendo uma bacia hidrográfica a área que delimitada pelos divisores de água, contribui para um curso d'água. Ela abrange uma área na superfície da terra, onde todas as ações que envolvem os diversos usos de água ou de líquidos provocam seu escoamento para os rios e córregos existentes no fundo do vale. A nossa região faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba que se localiza em dois estados brasileiros. A maior parte da Bacia, cerca de 93%, está localizada no território do estado de São Paulo e o restante no Estado de Minas Gerais.

3.3 – Ciclo da Água

Nos primeiros tempos de formação de terra, a água surgiu na atmosfera em conseqüência da atividade vulcânica. Hoje, o maior acúmulo dela se encontra nos oceanos. Mas indiscutivelmente, ela se constitui num fator imprescindível para a vida. Por isso, vamos encontrá-la num constante ciclo, passando ora pela composição dos seres vivos, ora circulando pelo meio abiótico.

A água encontrada no estado líquido, integrando o talassociclo e o limnociclo, está permanentemente sujeita à evaporação. Nas altas camadas atmosféricas, ao nível das montanhas, há condensação do vapor de água, nas nuvens, o que resulta nas chuvas. Pode ocorrer, também, que ela se precipite em forma de neve ou de granizo (pedras de gelo). A precipitação pluvial nas montanhas ocasiona a formação de lençóis subterrâneos e de

nascentes de rios. Os rios drenam para os mares suas águas e, lavando, conduzem os sais, aumentando gradativamente a salinidade do ambiente marinho. Ao nível do mar, a evaporação também é constante. Assim, o ciclo se perpetua.

Ao mesmo tempo em que a água passa por esse ciclo no sistema abiótico, também é extremamente aproveitada pelos sistemas vivos. As plantas absorvem-na por suas raízes, e os animais a utilizam ingerindo-a isolada ou combinada com os alimentos.

É interessante lembrar que, no protoplasma celular, a água surge através de muitas reações, principalmente na síntese de proteínas, lipídios, polissacarídeos e ácidos nucléicos, bem como se constitui em produto final da cadeia respiratória.

A água eliminada pelos seres vivos sob múltiplos aspectos (transpiração, respiração, excreção) vai também entrar no ciclo abiótico, completando o seu **turnover** pela natureza.

3.4 – Poluição Ambiental

A despeito do fato de que os elementos químicos e diversas substâncias passam por um contínuo reprocessamento na Natureza, alguns compostos decorrentes de fenômenos naturais ou provocados pela atividade humana, mormente a atividade industrial, se acumulam na atmosfera, no solo ou nas águas dos rios e mares, provocando a poluição ambiental e pondo em risco o equilíbrio ecológico.

Evidentemente, é raro que isso ocorra como fenômeno natural; todavia, um exemplo bem típico dessa circunstância nos é dado pelas chamadas “marés vermelhas”. Elas consistem num processo de reprodução descontrolada de microrganismos marinhos de natureza planctônica (protistas do grupo dos dinoflagelados ou pirrófitas), cuja atividade metabólica descarrega na água do mar grande quantidade de catabólicos tóxicos por considerável mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos. A superpopulação das pirrófitas ocorre ciclicamente, a largos períodos, e, durante o fenômeno, a água do mar assume uma coloração avermelhada que justifica o nome da manifestação.

As marés vermelhas, de certa forma, se enquadram dentro do fenômeno denominado EUTROFIZAÇÃO. Entende-se por eutrofização o aumento exagerado da concentração de nutrientes e fertilizantes de plantas nas águas de rios, mares, lagos e

estuários, por drenagem contínua a partir de despojos de indústrias, lavouras e latifúndios, justificando a superpopulação de microorganismos, o que leva ao desequilíbrio ecológico.

O exagerado desenvolvimento populacional de certas algas e outros organismos aquáticos ocasiona um consumo exagerado de oxigênio e diminuição da quantidade desse gás nas águas profundas, inclusive dificultando a penetração de luz nas camadas mais internas, o que torna menos viável a realização da fotossíntese. O ambiente acaba ficando inóspito à vida e a mortalidade surge como consequência inevitável.

Mas de fato, a poluição ambiental é muito mais freqüente como produto da atividade indiscriminada do homem, cujo progresso tecnológico e industrial contribuiu, constantemente, para o lançamento de materiais tóxicos e não biodegradáveis no solo nas águas e no ar.

Alguns desses produtos, por não serem destruídos naturalmente pelos decompositores, nas cadeias alimentares, passando por produtores aos consumidores dos diversos níveis.

Como você já estudou que apenas cerca de 10% da matéria e da energia de um determinado nível trófico são efetivamente aproveitados pelo nível imediatamente superior, pode entender que, para suprir suas necessidades alimentares e metabólicas, os componentes de certo nível trófico tem que consumir uma biomassa dez vezes maior do que sua própria.

Assim produtos tóxicos não reprocessavam como DDT, por exemplo, vão passando do ambiente para os produtores, destes para os consumidores primários, daí para os secundários, e depois para os terciários sempre numa concentração acumulativa, inevitavelmente crescente.

Quando o DDT (dimentil-difenil-tricloroetano) foi descoberto, considerando como poderoso inseticida tornou-se largamente usado no combate aos piolhos, moscas, mosquitos e pragas do campo. Seu uso em pós e em suspensão difundiu-se largamente pelo mundo.

Ele é um produto sintético que atua sobre o sistema nervoso dos insetos causando-lhes a morte.

Mas não tardou o aparecimento de espécies mutantes resistentes ao DDT.

Criou-se, então o BHC (benzeno-hexaclorito), mais venenoso ainda que o DDT e que, da mesma forma, também não biodegradável, se acumula nos organismos das cadeias alimentares.

Só então o homem se deu conta do grave problema que avia criado para si mesmo, como integrante que é das maiorias das cadeias alimentares aquáticas e terrestres.

Mas apesar dessa consciência já reconhecida, esses e outros pesticidas e agrotóxicos continuam a ser industrializados.

O fenômeno descrito como o acúmulo progressivo do DDT nos diversos níveis tróficos das cadeias e teias alimentares recebe o nome de MAGNIFICAÇÃO TRÓFICA e se processa igualmente com o mercúrio, nos garimpos de ouro da Amazônia e outras áreas do Brasil, bem como com produtos radioativos decorrentes de experimentos nucleares, como o estrôncio-90, que chegam à espécie humana através do leite da vaca e que responde pelo acentuado aumento da incidência de câncer ósseo e leucemias nos últimos 25 anos, em todo mundo.

Como se vê, EUTROFIZAÇÃO E MAGNIFICAÇÃO TRÓFICA apesar dos nomes bem parecidos são fenômenos distintos que traduzem processo de poluição ambiental com desequilíbrio ecológico ou, pelo menos com sérios danos aos componentes das cadeias ecológicas.

3.5 – Tratamento de Água

3.5.1 - Análise de Água Típica

Por definição, tratamentos primários são todos os processos físico-químicos a que é submetida uma água, para modificar sua qualidade, tornando-a com características que atendem as especificações solicitadas para uma determinada aplicação industrial, ou para consumo potável.

A água pode ser subdividida, quanto a o seu uso, em: - água de uso potável – água de uso industrial. Podemos definir, para melhor compreensão, que um tratamento primário de água é aquele que modifica as qualidades da água quanto ao aspecto, cor, turbidez, etc., bem como modifica as características químicas, AM alguns casos de forma bastante intensa.

3.5.2 - Características da Água

A água, “in natura”, nunca é pura. Mesmo quando ela é proveniente de uma precipitação pluviométrica, quando é considerada pura, ela contém sólidos dissolvidos e suspensos e alguns gases dissolvidos.

Após o último contato com o solo, quer seja por percorrer a superfície terrestre ou por percolar pelas camadas rochosas, as impurezas contidas na água são incrementadas, devido ao grande poder de dissolução que ela possui. Daí a necessidade de purificação e condicionamento antes de seu uso.

A quantidade dissolvida depende dos seguintes fatores:

- a solubidade dos materiais contatados;
- a intimidade do contato;
- o tempo de permanência em contato.

No caso de impurezas suspensas, os fatores determinantes de sua presença são:

- quantidade de material finamente dividido;
- diâmetro das partículas;
- peso específico das partículas;
- velocidade de fluxo do corpo de água.

Para o desenvolvimento do estudo em pauta, é necessário o conhecimento de alguns conceitos das impurezas encontradas na água.

3.5.3 - Turbidez

Turbidez é o termo aplicado a matéria suspensa de qualquer natureza, presente em um corpo de água.

É necessária uma distinção entre matéria suspensa, que precipita rapidamente, chamada sedimento, e aquela que precipita vagarosamente, que provoca a turbidez.

A turbidez é encontrada em quase todas as águas de superfície, em valores elevados, e normalmente ausente em águas subterrâneas.

Em águas de superfície ela pode atingir valores de até 2000 mg/l, como SiO₂, ou mais. Águas de lagos, lagoas, açudes e represas são, geralmente, possuidoras de turbidez baixa, porém variável em função dos ventos que revolvem seus fundos.

Águas de rios e riachos apresentam alta turbidez.

De uma forma geral, após uma precipitação de chuvas as águas de superfície tendem a aumentar seus valores de turbidez.

3.5.4 - Cor

Cor em água é quase que, invariavelmente, devido a presença de matéria orgânica proveniente de matéria vegetal em decomposição.

Quase todas as águas de superfície apresentam cor enquanto que as subterrâneas são, geralmente, isentas.

A presença de cor em água é indesejável na grande maioria das aplicações industriais.

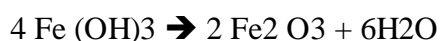
Em fábricas de papel, por exemplo, a cor na água de processos irá atingir as fibras de celulose.

Em aplicações de água para alimentação de caldeiras, a matéria orgânica, que produz a cor tende a se carbonizar provocando incrustações nos tubos da caldeira.

3.5.5 - Ferro

A forma mais comum, em que o ferro solúvel é encontrado nos corpos de água, é como bicarbonato ferroso – Fe (HCO₃)₂.

É encontrado, nesta forma, em águas subterrâneas profundas, limpas e incolores que em contato com o ar se turvam e sedimentam um depósito amarelo-marrom avermelhado. A reação envolvida é a seguinte:



Da mesma forma que a cor, o ferro contido em águas de uso industrial provoca problemas, que vão desde o aparecimento de depósitos e crostas de óxido de ferro, Fe_2O_3 , até a coloração de produtos que a água contacta e interferências em processos industriais.

3.5.6 – Dureza

A dureza de uma água é proporcional ao conteúdo de sais de cálcio e magnésio.

Estes sais, e em ordem decrescente de abundância na água, são bicarbonatos (HCO_3), sulfatos (SO_4), cloretos (Cl^-) e nitratos (NO_3).

A quantidade de cálcio é, normalmente, duas vezes maior do que a do magnésio. Logicamente, estes valores são valores médios que podem ser diferentes em determinados tipos de água.

No Brasil, a dureza de uma água pode variar desde 5 mg/l até 500 mg/l como carbonato de cálcio.

3.5.7 - Sílica

Sílica é um constituinte de todas as águas naturais. Independente da fonte de água os valores de sílica, normalmente encontrados, estão na faixa de 3 a 50 mg/l como SiO_2 . Águas altamente alcalina podem em certas ocasiões apresentar valores, talvez maiores dos que acima.

3.5.8 - Gases diversos

É comum o aparecimento de gases dissolvidos nas águas brutas.

Podemos citar os seguintes:

- Dióxido de Carbono
- Oxigênio
- Sulfeto de Hidrogênio
- Metano

O Dióxido de Carbono provém da decomposição de materiais orgânicos na água.

O Oxigênio é proveniente do contacto do ar com a água.

O Sulfeto de Hidrogênio tem a mesma proveniência do Dióxido de Carbono.

O Metano, raramente encontrado, é proveniente da decomposição de material biológico.

3.6 - A Clarificação das Águas

3.6.1 - Noções básicas

A Clarificação das águas é empregada para a remoção de sólidos suspensos (turbidez) nas águas. A extensão desta remoção de impurezas depende do equipamento e do tratamento químico empregado na Clarificação.

3.6.2 - Sólidos Suspensos

Sólidos suspensos consistem de partículas insolúveis e de sedimentação lenta.

As razões básicas do porque as partículas suspensas demoram a decantar, são:

- tamanho muito pequeno (inferior a 10 *microns*)
- carga negativa

Nas condições acima, a água mantém as pequenas partículas em suspensão, com influência direta do peso específico da partícula, carga das partículas, viscosidade da água, temperatura da água, número de Reynolds do fluxo de água, etc.

Partículas do mesmo tamanho têm condições de sedimentação diferentes em águas de temperaturas diferentes.

Geralmente os sólidos suspensos tem uma carga negativa de cerca de 25 milivolts e se repelem mutuamente. A esta carga dá-se o nome de Potencial Zeta.

3.6.3 - Coagulação

De alguma forma pode-se concluir que um processo de clarificação de água consiste na manutenção de condições físico-químicas tais, que os sólidos suspensos na água são removidos por uma sedimentação.

Todavia, é necessário trabalhar-se em conjunto com as cargas das partículas para se obter um resultado final melhorado. O processo de alteração de cargas das partículas se chama de coagulação.

Coagulação é o processo de neutralização das cargas negativas das partículas que faz com que as mesmas se atraiam, promovendo aglomeração, formando partículas maiores, aumentando a velocidade de sedimentação.

A carga negativa das partículas é causada por uma camada fixa de ânions, seguida de uma camada fixa de cátions e ânions.

A predominância de ânions na estrutura resulta numa carga negativa. Para que ocorra a neutralização das cargas negativas é necessário se substituir os cátions monovalentes na estrutura externa, por cátions polivalentes. Íons de alumínio e íons férricos são usados para este fim.

A redução da carga da partícula para $-5,0$ a $0,0$ milivolts diminuem as forças de repulsão a tal ponto que as partículas podem colidir e aderir umas as outras. Formam-se micro-aglomerados.

Este é o primeiro efeito resultante do processo de floculação.

A segunda reação, que segue a neutralização de cargas, é a formação do floco.

Este fenômeno é o agrupamento de micro-aglomerados para formar massas maiores que sedimentarão.

3.6.4 - Pré - Decantação

O processo puro e simples de decantação é aquele aplicado quando a água apresenta sólidos em suspensão em condições de decantar normalmente sem o auxílio do processo de floculação.

3.6.5 - Finalidade da Pré - Decantação

A pré-decantação é empregada para separar partículas suspensas de grande tamanho, acima de 10 microns. Para que isto ocorra é necessário que haja um tempo de retenção, no pré-decantador, suficiente para que ocorra o processo.

O tempo de retenção necessário é calculado considerando-se os seguintes fatores:

- Porcentagem de remoção de sólidos suspensos;
- Profundidade do decantador;

- Velocidade de sedimentação das partículas;
- Dimensões do decantador;
- Velocidade de passagem da água pelo equipamento.

A velocidade de sedimentação de uma partícula que decanta através de uma distância equivalente a profundidade do tanque decantador, em um período de retenção específico, pode ser considerado como velocidade de passagem da água.

3.6.6 - Tipos de Decantadores

Existem dois tipos de pré-decantadores que podem ser mencionados:

- naturais;
- construídos.

Os pré-decantadores naturais são, geralmente, constituídos por açudes, lagoas, represas, etc. que uma determinada indústria utiliza, sem preocupação de avaliação do perfil de lama, nível do mesmo, ou remoção voluntária da lama.

Os construídos têm, geralmente, formas variadas, com entradas e saídas de água pelos lados menores e um sistema de remoção de lama, formada pelas partículas decantadas.

3.6.7 - Resultados Esperados

Todo sistema de pré-decantação é empregado quando, e se: - houver disponibilidade de área – a água apresentar turbidez superior a 200 ppm – existir partículas em suspensão maiores que 10 microns de tamanho.

Uma pré-decantação deveria, quando aplicada corretamente apresentar:

- uma água livre de areia e outros sólidos maiores;
- uma água com turbidez inferior a 100 ppm.

3.7 – Clarificação

3.7.1 - Finalidade

A clarificação propriamente dita é o processo utilizado para remover sólidos em suspensão, quando a pré-decantação não for suficiente para fornecer uma água com as especificações adequadas.

O processo de clarificação envolve duas etapas que são:

- coagulação;
- sedimentação.

3.7.2 - Mecanismos de Coagulação

A coagulação resulta de dois mecanismos básicos: a coagulação eletrocinética, onde o Potencial Zeta é reduzido por íons ou colóides de cargas opostas e a ortocinética, onde as misturas se agregam e formam flocos que aglomeram as partículas em suspensão.

3.7.3 - Compostos Químicos Utilizados

Conforme visto anteriormente para ocorrer a coagulação, é necessária a adição de cátions de alumínio ou ferro.

Os compostos geralmente usados para fornecer estes cátions são sais de reação ácida.

A alcalinidade consumida pode ser de procedência natural ou adicionada.

Tipos de coagulantes existentes: Sulfato de alumínio; Alumen Amoniacal; Sulfato Ferroso; Sulfato Ferroso Clorado; Sulfato Férrico; Cloreto Férrico.

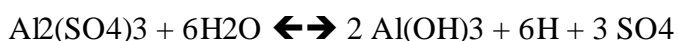
Se a água a ser tratada não tem alcalinidade suficiente, então é necessário proceder-se a adição de um composto alcalino.

Em alguns casos é necessário reduzir-se ao invés de se adicionar alcalinidade. O produto utilizado, normalmente, é o ácido sulfúrico.

3.7.4 - Propriedades dos Coagulantes

O coagulante mais popular empregado em tratamentos primários de água é o sulfato de alumínio.

Quando adicionado a uma água quimicamente pura, a seguinte reação ocorre:



Esta reação é reversível e qualquer que seja a alteração de pH (alcalinidade) fornecida a solução, existirá um desequilíbrio sensível. Como regra geral, para que esta reação se processe de forma satisfatória, será necessário que o pH do meio esteja na faixa de deslocamento da reação para o sentido esquerdo.

3.7.5 - Coadjuvante de Flocação

Diz-se que um produto é coadjuvante de flocação (coagulação) a todos aqueles que de alguma forma aumentam, sensivelmente ao desempenho dos coagulantes comuns, quando usado em conjunto.

Capítulo 4: Processos de Tratamentos Utilizados pela Indústria Têxtil.

As técnicas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, a remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos mostra-se deficientes. Os processos de adsorção em carvão ativado apresentam uma eficiência significativamente maior, contudo em função da superfície química do carvão ser positiva, a adsorção de corantes de caráter catiônico é uma limitação bastante importante.

Além das desvantagens aqui assinaladas, é importante salientar que todos os processos anteriormente citados correspondem a sistemas não destrutivos. Embora o volume dos resíduos possa ser significativamente diminuído, a disposição final das fases sólidas continua sendo um problema sem solução.

Em função destes inconvenientes, existe certa predileção pela utilização de processos que realmente possam degradar as espécies de interesse. Dentro do contexto dos processos destrutivos, cabe aos processos biológicos um lugar de destaque, principalmente em função da relativa facilidade encontrada na implantação de sistemas que operem em grande escala.

Os processos biológicos utilizados com maior frequência estão representados pelos sistemas de lodos ativados. Este processo consiste na agitação dos efluentes na presença de microorganismos e ar, durante o tempo necessário para metabolizar e flocular uma grande parte da matéria orgânica. Infelizmente, o processo apresenta o grande inconveniente de ser bastante susceptível à composição do efluente (cargas de choque), além de produzir um grande volume de lodo.

4.1 - Fluxo do processo de tratamento de efluente gerado pela indústria têxtil:

4.1.1 - Se tratando no caso de reutilização da água tratada.

Fluxograma esquemático da ERA

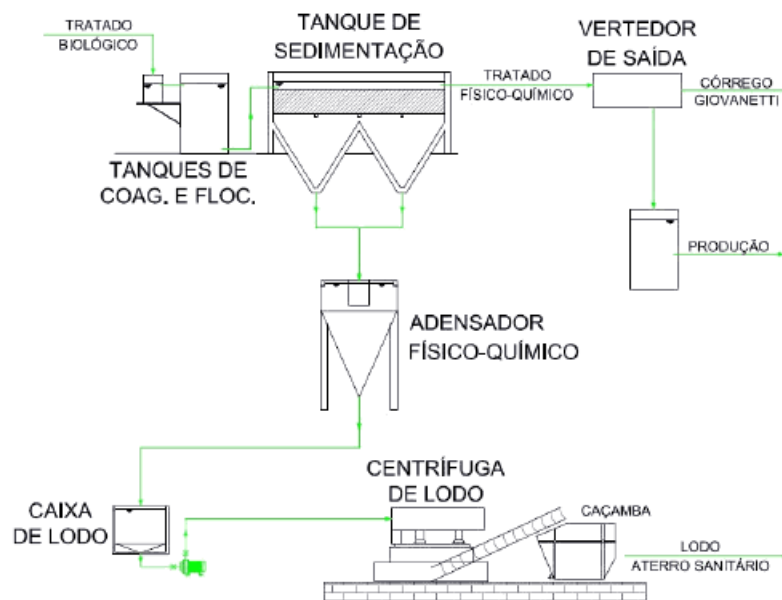


Figura 23 – fluxograma esquemático da ERA (Estação e Reutilização da Água).

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. O sistema apresenta uma eficiência relativamente alta, permitindo a remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes. Infelizmente, o problema relacionado com o acúmulo de lodo torna-se crítico, uma vez que o teor de corantes adsorvido é bastante elevado, impedindo qualquer possibilidade de reaproveitamento.

4.2 - Processos

4.2.1 - O efluente passa pelos processos de:

Equalização – controla os caudais no sistema, caudais constantes facultam um melhor controle das condições de tratamento, pois pode evitar sobrecargas no sistema ou ao providenciar menores variações nas quantidades de reagentes adicionados a alguns processos; evita variações na carga orgânica para não afetar a atividade microbológica; controla o pH do efluente; evita elevadas concentrações de substâncias tóxicas.

Neutralização – muitos efluentes industriais contém elevadas cargas ácidas ou alcalinas que requerem neutralização antes de serem submetidas a tratamento químico ou biológico, ou antes de serem descarregadas. No tratamento biológico, o pH deverá estar entre 6,5 e 8,5 para garantir uma atividade microbiana ótima.

Coagulação e floculação – esses processos fazem com que os sólidos suspensos e as partículas coloidais se aglomerem, criando novas partículas de maiores dimensões, afim de que a cor, turbidez e outros sólidos sejam removidos.

Os coagulantes mais comuns usados são os sais trivalentes de Ferro ou Alumínio. E os polímeros orgânicos são vulgarmente utilizados como floculantes para melhorar a formação de flocos.

Precipitação – utilizada na remoção de metais pesados, que precipitam sob forma de hidróxidos pela adição de uma solução cáustica até um nível de pH correspondente à solubilidade mínima. É necessário pré tratar o efluente de modo a eliminar substâncias que possam interferir nesse processo.

Arejamento – ar ou oxigênio puro é injetado para misturar a lama e tratar com água residual e fornecer oxigênio suficiente para os microorganismos degradarem os compostos orgânicos; e a adição de oxigênio também serve para remover alguns poluentes eliminando compostos orgânicos que resistam aos processos biológicos e como meio de repor os níveis de oxigênio na água antes de ser rejeitada para o meio receptor.

Flutuação – remove óleos, gorduras e sólidos suspensos e também é utilizado na separação e concentração de lamas. Este processo divide-se em duas fases:

- **Formação de bolhas de ar** – o efluente pressurizado na presença de ar suficiente para se aproximar de saturação. Quando esta mistura ar/líquido é libertada à pressão atmosférica na unidade de flutuação, formam-se pequenas bolhas de ar que são libertadas da solução.
- **Remoção de lamas** – flocos, sólidos suspensos e partículas de óleos são flutuados a estas bolhas de ar, que se agregam e imiscuem nas partículas. A mistura ar/sólidos sobe à superfície, onde é removida. O efluente limpo é removido pelo fundo da unidade de flutuação.

Tratamento biológico – remove a maior parte dos compostos orgânicos presentes numa água residual e a remoção de matéria orgânica por degradação biológica acarreta um consumo de oxigênio e um crescimento microbiano.

Sedimentação – baseada na diferença de densidades entre a água e sólidos suspensos, ou outros contaminantes, a sedimentação consiste na deposição e posterior remoção dos sólidos suspensos totais (SST) e ocorre em tanques normalmente chamados sedimentadores ou clarificadores.

Adsorção – remove compostos orgânicos refratários, presentes em muitos efluentes industriais, e cuja remoção se torna difícil ou impossível por processos de tratamentos biológicos convencionais. É utilizada também para remover os metais pesados.

Filtração – remove os sólidos suspensos ou os flocos resultantes das operações de floculação/coagulação.

Permuta iônica – remove ânions e cátions indesejáveis das águas residuais.

4.3 – Tratamento de Efluentes

Quando não tratado, o efluente líquido industrial pode representar alto risco ao equilíbrio ecológico. Porém vão desde instalações de pequeno porte até sofisticados sistemas, fazendo-se presente em todos os segmentos industriais. As estações de tratamento de efluentes são, em geral, compostas por:

- Grades
- Caixas de areia
- Bombas parafuso
- Decantadores retangulares (primário e secundário)
- Decantadores circulares (primário e secundário)
- Tratamento biológico aeróbio
- Sistema de aeração
- Tratamento de lamas
- Lagoas de esgoto de diversos tipos.

4.4 – Grades

O gradeamento constitui a primeira etapa de uma estação de tratamento de esgoto.

Destinado à retenção de sólidos grosseiros em suspensão e de corpos flutuantes, têm por finalidade a proteção de tubulações, válvulas, registros, bombas e outros equipamentos à sua jusante, contra obstruções. A remoção de sólidos pode ser feita mediante grades de barras de limpeza manual ou mecânica, conjugadas ou não com trituradores, ou ainda mediante peneiras rotativas, dependendo das características dos sólidos a serem removidos.



Figura 24– as grades.

4.5 – Caixas de Areia

Têm como função a retirada de materiais abrasivos do fluxo principal numa estação de tratamento de água ou esgoto, para proteção dos equipamentos e tubulações à sua jusante contra desgastes e obstruções.

É conveniente evitar a saída de matéria orgânica junto com a areia removida, o que acarretaria problemas de mau cheiro. Para isto, pode-se prever, em conjunto com a caixa de areia, o fornecimento de um sistema de lavagem do material separado.



Figura 25 – caixas de areia.

4.6 – Bombas Parafuso

São unidades de alta eficiência para recalque de líquidos e/ou recirculação, contendo sólidos, tais como esgoto bruto ou lodo, permitindo elevações de até 7500 mm em um único estágio.

As bombas parafuso consistem basicamente em um canal inclinado com o “parafuso” de aço que, por seu movimento rotativo, transporta o líquido canal acima. Sua construção permite funcionamento contínuo a uma velocidade constante, mesmo para vazões variáveis, eliminando desta forma dispositivos de controle sofisticados.

A instalação dispensa a construção de poços de bombeamento de casas de bombas, e elimina a necessidade de grades ou caixas de areia para a proteção do equipamento.



Figura 26 – bombas parafuso.

4.7 - Decantadores Retangulares

Os removedores de lodo deste tipo são constituídos por uma pá raspadora de lodo e por um escumador, montados numa ponte rolante que executa um movimento alternado ao longo do tanque. Quando o movimento se dá num sentido o raspador remove o lodo ao longo do fundo do tanque e o escumador permanece levantado acima do nível do líquido. Ao se inverter o sentido, o raspador é elevado acima do fundo do tanque e o escumador é baixado à superfície do líquido para recolher o sobrenadante à calha de coleta da espuma. Esses removedores são fabricados para tanques com largura de 4 a 30 m. Dependendo da ponte é executada em viga de aço contínua, ou em estrutura treliçada.

Na extremidade do tanque o lodo é removido em sentido transversal através de um transportador do tipo rosca sem fim ou por pressão hidrostática.

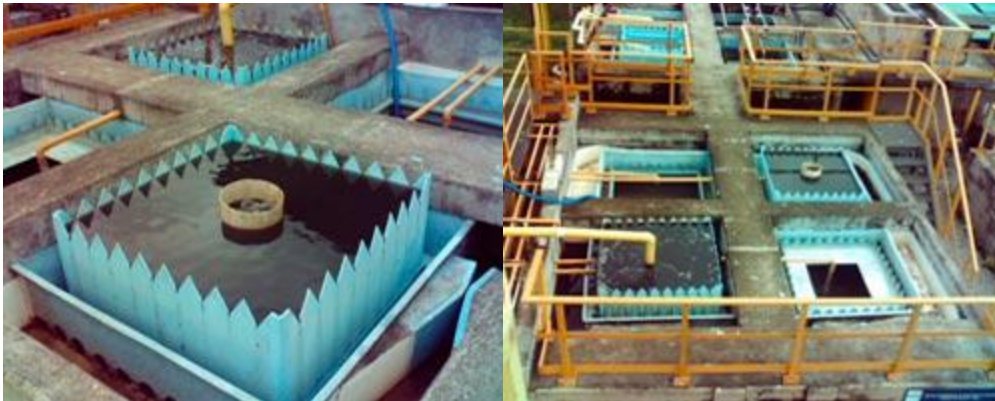


Figura 27 – decantadores retangulares.

4.8 - Decantadores Circulares

Os removedores de lodo para tanques circulares são usados em estações de tratamento de água e esgotos sanitários ou industriais, para a remoção econômica e efetiva do lodo decantado.



Figura28 – decantadores circulares.

4.9 - Tratamento Biológico Aeróbio

Este é um processo de tratamento secundário, que se destina à remoção da carga orgânica solúvel e somente em pequena parte a carga orgânica em suspensão. Este é o motivo pelo qual o tratamento biológico, especificamente no caso de efluentes industriais, é precedido de um tratamento físico-químico de remoção da carga suspensa ou coloidal, além de outros compostos orgânicos ou inorgânicos precipitáveis por via química (metais pesados) que podem ser tóxicos para os processos biológicos.

No tratamento biológico aeróbio, os microorganismos, mediante processos oxidativos, degradam as substâncias orgânicas, que são assimiladas como “alimento” e fonte de energia.

Fatores que influenciam o tratamento biológico por lodos ativados:

- Temperatura;
- pH;
- Mistura;
- Nutrientes;
- Salinidades;
- Produtos tóxicos e inibidores;

- Carga orgânica;
- Oxigênio.

4.10 - Sistemas de Aeração

É classificado de acordo com a maneira que o ar é introduzido no tanque de aeração. Pode ser feito de três maneiras:

- Por difusores;
- Por aeradores;
- Pela combinação dos dois sistemas: é possível utilizar um sistema combinado para introduzir oxigênio no meio líquido através de difusores colocados no fundo e, ao mesmo tempo, utilizar a ação de aerador mecânico superficial tipo turbina. Este é o sistema menos usado.

Sistemas de Aeração por Difusores: É adotado em qualquer tipo de tanque de aeração, desde estações compactas até as maiores unidades de tratamento. Sua fixação pode ser de maneira uniforme no fundo do tanque de aeração, ou ao longo de um dos lados do tanque, também próximo ao fundo. No caso de montagem fixa, sua limpeza e/ou substituição só é possível com o esvaziamento do tanque móvel, bastando em seguida suspender o braço sobre o qual o sistema está instalado.

Sistemas de Aeração por Aeradores: O oxigênio é introduzido no tanque de aeração pela exposição à atmosfera de pequenas partículas do líquido quando é levantado em grande quantidade e sob intensa agitação até determinada altura acima do nível da água do tanque, permitindo a transferência de oxigênio e a dispersão e incorporação do ar no meio líquido. Os aeradores podem ter a montagem fixa em tanques com profundidade de 3,5 a 4,5m, existindo tipos adequados para atender tanques de até 8,00m; ou flutuante normalmente utilizado em tanques com profundidade de 1,5 a 4,5; como no caso de lagoas aeradas.



Figura 29 – sistema de aeração.

4.11 - Sistema de Desidratação de Lama

O lodo gerado nos sistemas descritos anteriormente é encaminhado para a desidratação de lama. O efluente proveniente do tanque de aeração vai para o tanque de decantação. O lodo decantado é, então, enviado, uma parte para a recirculação e o excesso de lodo para a desidratação. Esse lodo entra no adensador de lodo, que pode ser por gravidade ou mecanizado, em função da vazão e quantidade de sólidos.

A finalidade do adensamento é aumentar a concentração de sólidos, isto é, “engrossar o lodo” para ser enviado para a desidratação. Isto significa dizer que a concentração de sólidos deve aumentar em média de 2% para acima de 15%. Os seguintes produtos que compõem o sistema de desidratação são:

- Adensamento: por gravidade, mecanizado, flotação;
- Desidratação do lodo, com a aplicação de prensa desaguadora, centrífuga decanter; *screw press*, filtro prensa de placas, filtro a vácuo e outros;
- Dosagem de produtos químicos;

Além dos sistemas acima, que podem ser combinados entre si, pode-se partir também para os processos de secagem por incineração.

Considerações Finais

Conclui-se que a pesquisa feita teve um bom resultado se tratando do tingimento de índigo.

Foi interessante saber os tipos de tecnologia e também como são feitos esses tingimentos que desde a antiguidade até os dias de hoje não sofreu alteração, em se tratando do processo de tingimento utilizando o corante índigo, tendo também a informação de que o corante índigo mesmo não tendo afinidade com a fibra de algodão é um dos corantes que mais se consome no mundo.

Nos processos industriais encontramos muitos componentes e resíduos químicos que comprometem e muitas vezes contamina o efluente com cargas e quantidades muito grandes de poluentes.

O tratamento varia de uma indústria para outra, dependendo do processo e produto químico utilizado.

Foi possível observar que as indústrias nem sempre reutilizam os efluentes tratados, isso porque, no caso de reuso do efluente existem outros processos com um pouco mais de custo o que faz as empresas optarem por não fazer, a não ser que para elas seja extremamente viável reutilizá-lo. Minimizando assim, o consumo de água dos nossos rios.

Referências Bibliográficas

LIMA, Fernando; FERREIRA, Paulo. **Índigo: Tecnologia- Processos- Tingimento – Acabamento.**

SOUTO, K.K.O. (2007). Caracterização do efluente líquido no processo de beneficiamento do índigo têxtil. Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SPERLING, M.V. (2005). Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos, vol. 1, 3ª edição, DESA/UFMG, Editora Revista Belo Horizonte.

Apostila do Colégio Pró-Cultura de Americana do 1º Semestre do Curso Técnico de Química.

SITES:

DAEE – disponível em: <www.dae.sp.gov.br> acessado em 11/11/2011.

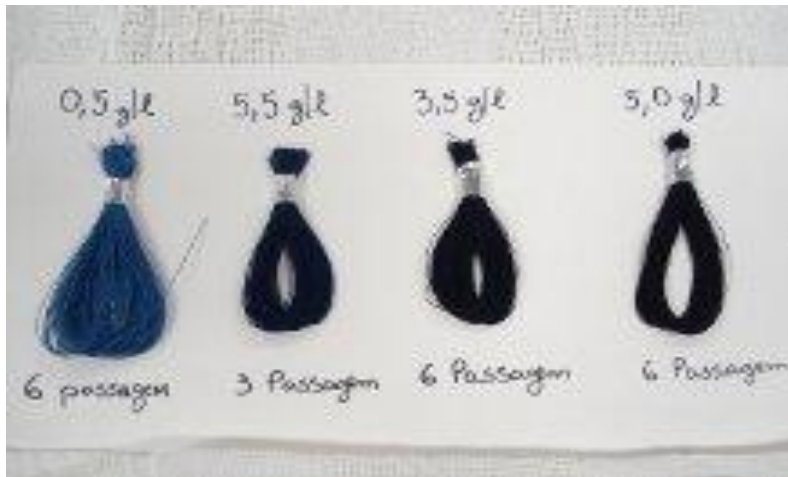
Disponível em <www.etno-botanica.com> acessado em 01/11/2011.

Disponível em <www.quimica.com.br> acessado em 31/10/2011.

Disponível em <www.wikipedia.org> acessado em 11/11/2011.

APÊNDICE:

Amostras referentes à apresentação do dia 02/12/2011



Distribuição do corante índigo na fibra.



Distribuição do corante índigo combinado com corante enxofre.

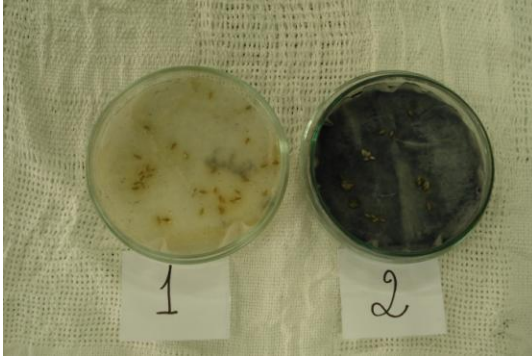


Amostras das águas residuais:

1. Água do tanque de aeração
2. Água do decantador com partículas já decantadas.
3. Tratado biológico quando sai dos decantadores.



Lodo líquido, lodo centrifugado e o lodo seco.



1: água já tratada

2: água bruta:

Teste realizado com sementes prova que as águas estão realmente com grau de toxicidade devido as mesma não germinares como mostra a imagem.